



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO



PROYECTO FIPA 2019-27

ID 4728-61-LP19

“IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS OCEANOGRÁFICOS, AMBIENTALES Y USO DEL ESPACIO MARÍTIMO PARA ELABORAR LA NORMATIVA QUE PERMITA LA IMPLEMENTACIÓN DE ACUICULTURA OCEÁNICA SUSTENTABLE EN LAS REGIONES DE LOS LAGOS Y AYSÉN DEL GENERAL CARLOS IBÁÑEZ DEL CAMPO (ETAPA 1)”

INFORME FINAL

Valparaíso, diciembre de 2021



TÍTULO DEL PROYECTO:

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS OCEANOGRÁFICOS, AMBIENTALES Y USO DEL ESPACIO MARÍTIMO PARA ELABORAR LA NORMATIVA QUE PERMITA LA IMPLEMENTACIÓN DE ACUICULTURA OCEÁNICA SUSTENTABLE EN LAS REGIONES DE LOS LAGOS Y AYSÉN GENERAL CARLOS IBÁÑEZ DEL CAMPO (ETAPA 1).

MANDANTE:

Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

UNIDAD EJECUTORA:

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Ciencias del Mar y Geografía, Escuela de Ciencias del Mar. Av. Altamirano 1480, Valparaíso. Fono: (56) 32 2274251, (56) 32 2274268

EQUIPO DE TRABAJO:

Carlos Felipe Hurtado, Director del Proyecto
Samuel Hormazábal Fritz, Director Alterno
Marcela Cornejo D'Ottone, Investigadora
Exequiel González Poblete, Investigador
Jean Pierre Toledo Alvarado, Investigador
Eduardo Quiroga Jamett, Investigador
Joaquim Pereira Bento, Investigador
Erika M. Sagardía, Investigadora
Miguel Fernández Díaz, Investigador
Luis Valencia Castro, Investigador
Carla Acuña Silva
Gabriela Polanco Cabrera, Investigadora
Andrea Salinas Espinoza, Investigadora
Jesus Lopez Alarcón, Investigador

Equipo de trabajo		
Nombre	Profesión	Contribución a los objetivos específicos del proyecto
Carlos Felipe Hurtado	Dr. Ingeniero Pesquero	OE1, OE5 Y OE6
Samuel Hormazábal Fritz	Dr. Oceanografo	OE2
Marcela Cornejo D'Ottone	Dr. Oceanografo	OE3 Y OE6
Exequiel González Poblete	Msc. Ingeniero pesquero	OE4
Jean Pierre Toledo Alvarado	Ingeniero civil oceánico	OE1, OE5 Y OE6
Eduardo Quiroga Jamett	Dr. Biologo Marino	OE3
Joaquim Pereira Bento	Oceanografo	OE2 Y OE5
Erika M. Sagardía	Oceanografo	OE2
Miguel Fernández Díaz	Meteorologo	OE2
Luis Valencia Castro	Oceanografo	OE2
Carla Acuña Silva	Oceanografo	OE3
Gabriela Polanco Cabrera	Oceanografo	OE3
Andrea Salinas Espinoza	Oceanografo	OE3
Jesus Lopez Alarcón	Msc. Ingeniero acuicultor	OE5 Y OE6

INDICE GENERAL

1	RESUMEN EJECUTIVO	1
2	ANTECEDENTES	4
3	JUSTIFICACIÓN	6
4	OBJETIVO	8
4.1	Objetivo general	8
4.2	Objetivos específicos	8
5	METODOLOGÍA	9
5.1	Metodología general	9
5.2	Metodología por objetivo	11
5.2.1	Recopilar antecedentes bibliográficos, tanto nacionales como internacionales, relacionados con el desarrollo de actividades de acuicultura oceánica o en zonas expuestas y la normativa asociada a dicha actividad.	11
5.2.2	Determinar las características oceanográficas y meteorológicas, que se deben considerar para el desarrollo de la acuicultura oceánica, incluyendo las características para instalación, operación y la sustentabilidad ambiental de la actividad.	12
5.2.3	Determinar las características ambientales químicas (e.g. oxígeno disuelto, nutrientes, pH, etc.) y biológicas (e.g. clorofila, FAN, AMBI, etc.) que se deben considerar para el desarrollo de la acuicultura oceánica dentro del marco de la sustentabilidad ambiental.	14
5.2.3.1	Estado del Arte.....	14
5.2.3.2	Normativas de acuicultura oceánica internacionales.....	15
5.2.3.3	Variabilidad horizontal, vertical y temporal de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto	15
5.2.4	Analizar la información espacial referente al uso del espacio marítimo en torno a las potenciales áreas de acuicultura oceánica, que dada las características identificadas en los objetivos específicos 2 y 3, permitirían el desarrollo de dicha actividad.	16
5.2.5	Identificar las áreas óptimas para realizar la actividad de acuicultura oceánica, en base a las capas identificadas en los objetivos 2, 3 y 4, para promover la actividad de acuicultura oceánica sustentable, para las regiones de Los Lagos y Aysén.	18
5.2.5.1	Metodología taller de expertos.....	27

5.2.6	Identificar las variables ambientales que podrían ser incluidas dentro del marco regulatorio ambiental para la implementación y operación sustentable de la acuicultura oceánica.	42
6	RESULTADOS	43
6.1	Recopilar antecedentes bibliográficos, tanto nacionales como internacionales, relacionados con el desarrollo de actividades de acuicultura oceánica o en zonas expuestas y la normativa asociada a dicha actividad.....	43
6.1.1	Incertidumbre y necesidades de la acuicultura en el mundo	43
6.1.2	Equilibrio ecológico y problemas ambientales	44
6.1.3	Planificación espacial marina	45
6.1.4	Acuicultura Oceánica	46
6.1.5	Experiencia internacional en AO	48
6.1.5.1	Estados Unidos.....	48
6.1.5.2	Noruega.....	49
6.1.5.3	Unión europea	59
6.1.5.4	China.....	61
6.1.5.5	Chile.....	62
6.1.6	Normativas en el ámbito biogeoquímico de otros países.....	64
6.1.6.1	Normativa ambiental de la Unión Europea	64
6.1.6.2	Normativa Australiana y Neozelandesa	67
6.1.6.3	Normativa Canadiense	68
6.1.6.4	Normativa Estadounidense.....	70
6.1.6.5	Normativa Noruega.....	71
6.1.7	Medidas de adaptación al cambio climático	76
6.1.8	Propuesta de criterios e indicadores para una normativa de AO nacional	78
6.2	Determinar las características oceanográficas y meteorológicas, que se deben considerar para el desarrollo de la acuicultura oceánica, incluyendo las características para instalación, operación y la sustentabilidad ambiental de la actividad.	79
6.2.1	Análisis Meteorológico.....	79
6.2.1.1	Características generales Pacífico Sudoriental.....	79
6.2.1.2	Análisis de la distribución espacial de las variables meteorológicas en la zona de estudio. 81	
6.2.1.3	Análisis estaciones virtuales	86
6.2.2	Análisis oceanográfico	88
6.2.2.1	Descripción de la estadística básica de los campos estudiados	95
6.2.2.2	Valores extremos en los campos estudiados	105
6.2.2.3	Características del oleaje en la región de estudio	116

6.3	Determinar las características ambientales químicas (e.g. oxígeno disuelto, nutrientes, pH, etc.) y biológicas (e.g. clorofila, FAN, AMBI, etc.) que se deben considerar para el desarrollo de la acuicultura oceánica dentro del marco de la sustentabilidad ambiental.....	122
6.3.1	Variabilidad biogeoquímica y acuicultura oceánica	122
6.3.1.1	Oxígeno disuelto	122
6.3.1.2	Concentración de material particulado.....	124
6.3.1.3	Nutrientes	126
6.3.1.4	pH.....	126
6.3.1.5	Sedimentos.....	128
6.3.1.6	Floración de Algas Nocivas	129
6.3.1.7	Recomendaciones de ubicación de cultivos oceánicos.	132
6.3.2	Caracterización de la distribución de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en las aguas oceánicas entre superficie y 100 m de profundidad frente a las regiones de Los Lagos y Aysen	137
6.3.2.1	Distribución de temperatura.....	137
6.3.2.2	Distribución de salinidad.....	143
6.3.2.3	Distribución de oxígeno disuelto.....	148
6.3.2.4	Nutrientes	157
6.3.2.5	Clorofila-a	170
6.3.2.6	Caracterización biológica y ambiental de los ambientes bentónicos.....	183
6.3.2.7	Contexto internacional de la zona de estudio.	190
6.3.2.8	Aplicación de índices bióticos para la caracterización del estatus ambiental (AMBI – AZTI MARINE BIOTIC INDEX).....	202
6.4	Analizar la información espacial referente al uso del espacio marítimo en torno a las potenciales áreas de acuicultura oceánica	204
6.4.1	Definición y características sobre medidas de administración del borde costero:	204
6.4.1.1	Espacios Costeros Marinos de Pueblos Originarios (EMPO)	204
6.4.1.2	Áreas Marinas protegidas (AMP)	207
6.4.1.3	Parque Marino.....	209
6.4.1.4	Reservas marinas.....	210
6.4.1.5	Santuario de la Naturaleza:	211
6.4.1.6	Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiple Uso (AMCP - MU)	211
6.4.1.7	Áreas Aptas para Acuicultura (AAA)	212
	Características de las A.A.A.	212
6.4.1.8	Concesiones de Acuicultura.....	213
6.4.1.9	Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB)	214
6.4.1.10	Rutas de Migraciones Mamíferos Marinos	216

6.4.1.11	Transporte marítimo (personas, mercancía, wellboats, entre otros)	217
6.4.1.12	Sistema Portuario	218
6.4.1.13	Cabotaje	219
6.4.1.14	Cabotaje de Personas	220
6.4.1.15	Cabotaje de Carga	220
6.4.1.16	Wellboats – Industria Acuicultura.....	220
6.4.1.17	Usos e interacciones con el área base de interés	221
6.4.1.18	Actividad y flotas Pesqueras	221
6.4.1.19	Transporte marítimo.....	226
6.4.1.20	Espacios Costero Marinos de los Pueblos Originarios (ECMPOs).....	230
6.4.1.21	Áreas Marinas Protegidas (AMPs).....	232
1.1.1.1	Santuarios de la naturaleza marinos	233
6.4.1.22	Planes de Manejo de Pesquerías Bentónicas (PMPBs), Áreas de explotación y Manejo de Recursos Bentónicos (AMERBs) y Concesiones de acuicultura	236
1.1.1.2	AMERBs y Concesiones de Acuicultura	236
6.4.1.23	Rutas de migración de grandes mamíferos.....	238
6.5	Identificar las áreas óptimas para realizar la actividad de acuicultura oceánica, en base a las capas identificadas en los objetivos 2, 3 y 4, para promover la actividad de acuicultura oceánica sustentable, para las regiones de Los Lagos y Aysén.....	240
6.6	Identificar las variables ambientales que podrían ser incluidas dentro del marco regulatorio ambiental para la implementación y operación sustentable de la acuicultura oceánica.....	285
7	Resultados taller de difusión.....	294
7.1	Taller de difusión	294
	294	
7.1.1	Capturas presentación via <i>Zoom</i> de los resultados del Proyecto FIPA 2019-27.....	296
7.2	Asistentes taller de difusión	298
7.3	Recomendaciones asistentes taller de difusión	299
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES.....	300
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	304
10	ANEXOS	328
10.1	OE2: Comportamiento del viento en las distintas estaciones virtuales.....	328

10.1.1	Rosa de los vientos por estación virtual.....	338
10.1.2	Estadística de Temperatura del Aire	348
10.2	Anexo OE3:	358
10.3	Anexo OE3: Estaciones de muestreo y ambiental recolectada en el área de estudio	
	365	
10.4	Anexo OE4: Distribución del esfuerzo de pesca por trimestre, período 2016-2018	374
10.4.1	Esfuerzo pesquero por trimestre flota de arrastre.....	374
10.4.2	Esfuerzo pesquero por trimestre flota de palangrera.....	378
10.4.3	Esfuerzo pesquero por trimestre flota de artes fijos.....	382
10.4.4	Esfuerzo pesquero por trimestre flota de cerco.....	385

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del desarrollo sostenible y los objetivos simultáneos a considerar.	9
Figura 2. Enfoque ecosistémico para la pesca y la acuicultura. Fuente: Adaptado de García y Cochrane (2005).	10
Figura 3. Esquema del procedimiento general para la ejecución del proyecto.	11
Figura 4. Ubicación de las estaciones virtuales sobre la línea de costa con base recta utilizada para este estudio.....	13
Figura 5. Mapa general zona oceánica y mar interior de las regiones de Los Lagos y de Aysén (Fuente: elaboración propia).....	17
Figura 6. Esquema metodología objetivo específico 5. Propuesta adaptada de Stelzenmüller <i>et al.</i> (2017).	19
Figura 7. Utilización y consumo de pescado Per Cápita a nivel mundial (Fuente: FAO 2018).	43
Figura 8. Estudios y/o experiencias a nivel mundial de AO (Fuente: Galparsoro <i>et al.</i> , 2020).	47
Figura 9. Vista isométrica <i>Sea Station</i> , balsa jaula sumergida. InnovaSea.com / Brochure 2017.	48
Figura 10. Aquapod semi sumergida; verificación de estado de estructura y malla. InnovaSea.com / Brochure 2017.	49
Figura 11. <i>Ocean Farm 1</i> transportado a Noruega luego de construirse en China. Vista isométrica <i>Ocean Farm 1</i>	51

Figura 12. Sistema de cultivo rígido AQUATRAZ (Fuente: mnh.no/aquatraz/).	52
Figura 13. <i>Arctic Offshore Farming</i> . Tecnología innovadora (Fuente: https://www.arcticoffshorefarming.no/).	52
Figura 14. Nordlaks- Havfarm, futuro de la acuicultura sostenible (Fuente: https://www.nordlaks.no/havfarm).	53
Figura 15. Balsa jaula en condiciones oceánicas. Reposte anual año 2018 de <i>Exposed</i> (Foto de Marius Olsen).	54
Figura 16. Estructuras flotantes en China.	62
Figura 17. Construcción de la balsa sumergible de <i>EcoSea Farming Spa</i> para prototipaje en centro Traiguén 2 de Invermar. Foto: EcoSea Farming Spa 2019.	64
Figura 18. Diagrama de adaptación del cambio climático (IPCC, 2014).	76
Figura 19. Propuesta de criterios e indicadores para una normativa de Acuicultura nacional.	78
Figura 20. El anticiclón experimenta cambios menores en su posición longitudinal (100–90°W) e intensidad (1021–1024 hPa), siendo un poco más intenso en primavera. El anticiclón alcanza su posición más austral durante el verano con su centro en ~35°S, retrayéndose hacia el norte durante en otoño e invierno cuando su centro se encuentra en ~27°S. Fuente: Fundación Mar de Chile.	80
Figura 21. Oscilación del Pacífico Sur (SPO) muestra el patrón de anomalías de presión a nivel del mar. Izquierda la fase positiva (El Niño) y a la derecha la fase negativa (La Niña). Colores amarillos indican presiones sobre lo normal y colores azules presiones bajo lo normal. Los vectores indican anomalías del viento cercano a la superficie. Fuente: Dirección Meteorológica de Chile.	81
Figura 22. Distribución de la presión atmosférica en las diferentes estaciones del año a) Verano, b) Otoño, c) Invierno y d) Primavera. Fuente: National Centers for Environmental Prediction (NCEP).	83
Figura 23. Climatología de la distribución espacial de los vectores de viento para los años 1989-1998, en las diferentes estaciones del año; a) Verano, b) Otoño, c) Invierno y d) Primavera. Fuente: National Centers for Environmental Prediction (NCEP).	84

Figura 24. Distribución espacial de la temperatura promedio en las diferentes estaciones del año a) Verano, b) Otoño, c) Invierno y d) Primavera. Fuente: National Centers for Environmental Prediction (NCEP).	85
Figura 25. Ciclo anual de la temperatura del aire de la Estación Virtual N°6 ubicada en 45,25°S, 75,25°W.	87
Figura 26. Región de estudio. En colores se muestra la topografía submarina y continental. Los contornos indican las isobatas de 100, 250, 500, 1000, 2000, 3000 y 5000 m.	89
Figura 27. Batimetría del sector más costero de la región de estudio. En el panel vertical de la izquierda se presenta un acercamiento al sector costero de la región de estudio, mostrando la topografía submarina y continental (mapa de colores), las isobatas de 50 y 100 a 900 cada 100 m (contornos negros), y los polígonos de 0-5, 5-10, 10-15 mn fuera de la costa (líneas rojas). Los paneles horizontales de la derecha muestran los histogramas y distribución de probabilidad (barras celestes y líneas rojas, respectivamente) de las profundidades dentro de cada polígono.....	90
Figura 28. Topografía Dinámica media obtenida de las anomalías del nivel del mar proveniente de altímetros, de mediciones de gravedad satelital, y de registros <i>in situ</i> . Las alturas se muestran como mapa de colores en una grilla de 0,25°. Las velocidades geostróficas calculadas a partir de estas alturas se muestran con la misma resolución (flechas negras). Las flechas blancas son los promedios cada 2° del campo de velocidades geostróficas. Figura tomada y modificada de Strub <i>et al.</i> (2019).....	92
Figura 29. Esquemas de verano e invierno (paneles izquierdos y derechos, respectivamente) de la circulación geostrófica en la región de estudio, basados en Strub et al. (2019). Los paneles superiores muestran la variación zonal del promedio meridional de las anomalías en el nivel del mar obtenidas del producto Ssalto/Duacs.....	93
Figura 30. Esquema de surgencia de verano basado en Strub et al. (2019). Patrones advectivos (panel izquierdo) de las aguas superficiales relativamente más frías del sur (en celeste) caracterizando su movimiento hacia el norte por la banda costera, mientras que el agua más cálida se mantiene mar afuera (en rojo). Además, se muestra la distribución meridional de la temperatura superficial del mar (panel derecho) en la banda de 0-50 km de la costa y en 78°W (línea azul y roja, respectivamente) obtenida del producto GHRSSST-MUR.	94

Figura 31. Esquema de hundimiento de invierno basado en Strub et al. (2019). Lo mismo que en el panel izquierdo de la Figura 30, pero caracterizando el movimiento hacia el sur de las aguas del norte (en rojo) y como las aguas más frías del sur (en celeste) se mantienen lejos de la costa. En el panel derecho se muestra lo mismo que en Figura 30, pero durante invierno. 95

Figura 32. Patrón espacial del promedio (AVG, a-c) y desviación típica (STD, d-f) temporal del campo del índice de turbulencia inducida por el viento (W^3 , a y d, respectivamente), del esfuerzo del viento (Tau, b y e, respectivamente), y rotor del esfuerzo del viento (WSC, c y f, respectivamente) en la región de estudio. En b, los colores indican la magnitud y las flechas la orientación del esfuerzo del viento. En e, los colores indican la magnitud de las desviaciones y las flechas la orientación de estas..... 97

Figura 33. Variabilidad estacional de los campos medios del índice de turbulencia inducida por el viento (W^3 , a-d), del esfuerzo del viento (Tau, e-h), y rotor del esfuerzo del viento (WSC, i-l) en la región de estudio. En e-h los colores indican la magnitud y las flechas la orientación de Tau. 98

Figura 34. Patrón espacial del promedio (AVG, a-d) y desviación típica (STD, e-h) temporal del campo de la profundidad de la capa de mezcla (MLD, a y e, respectivamente), de las corrientes dentro de la capa de mezcla (U, b y f, respectivamente), temperatura dentro de la capa de mezcla (T, c y g, respectivamente), y salinidad dentro de la capa de mezcla (S, c y g, respectivamente) en la región de estudio. En b, los colores indican la magnitud y las flechas la dirección de las corrientes. En f, los colores indican la magnitud de las desviaciones y las flechas la orientación de estas. 99

Figura 35. Variabilidad estacional de los campos medios de la profundidad de la capa de mezcla (MLD, a-d), y de las corrientes (e-h), temperatura (i-l) y salinidad (m-o) en ella, dentro de la región de estudio..... 101

Figura 36. Patrón espacial del promedio (AVG, a-d) y desviación típica (STD, e-h) temporal del campo de anomalías en el nivel del mar (SLA, a y e, respectivamente), de las corrientes geostroficas (Ug, b y f, respectivamente) y temperatura superficial del mar (SST, d y h, respectivamente) en la región de estudio. En b, los colores indican la magnitud y las flechas la dirección de las corrientes. En f, los colores indican la magnitud de las desviaciones y las flechas la orientación de estas. 103

Figura 37. Variabilidad estacional de los campos medios de anomalías en el nivel del mar (SLA, a-d), corrientes geostróficas (e-h) y temperatura superficial del mar (i-l) en la región de estudio.....	104
Figura 38. Patrón espacial de los máximos (MAX, a-d) y mínimos (MIN, e-h) extremos en el campo del Índice de turbulencia inducida por el viento (W3, a y e, respectivamente), del esfuerzo del viento zonal (Tx, b y f, respectivamente), del esfuerzo del viento meridional (Ty, c y g, respectivamente), y rotor del esfuerzo del viento (WSC, d y h, respectivamente) en la región de estudio.....	106
Figura 39. Patrón espacial de los valores asociados al percentil de 95% (a-d) y percentil de 5% (e-h) en el campo del Índice de turbulencia inducida por el viento (W3, a y e, respectivamente), del esfuerzo del viento zonal (Tx, b y f, respectivamente), del esfuerzo del viento meridional (Ty, c y g, respectivamente), y rotor del esfuerzo del viento (WSC, d y h, respectivamente) en la región de estudio.....	107
Figura 40. Patrón espacial de los máximos (MAX, a-c) y mínimos (MIN, d-f) extremos en el campo de la profundidad de la capa de mezcla (MLD, a y d, respectivamente), de las corrientes zonales dentro de la capa de mezcla (Ux, b y e, respectivamente), y de las corrientes meridionales dentro de la capa de mezcla (Uy, c y f, respectivamente) en la región de estudio.....	109
Figura 41. Patrón espacial de los valores asociados al percentil de 95% (a-d) y percentil de 5% (e-h) en el campo de la profundidad de la capa de mezcla (MLD, a y d, respectivamente), de las corrientes zonales dentro de la capa de mezcla (Ux, b y e, respectivamente), y de las corrientes meridionales dentro de la capa de mezcla (Uy, c y f, respectivamente) en la región de estudio.....	110
Figura 42. Patrón espacial de los máximos (MAX, a-b) y mínimos (MIN, c-d) extremos en el campo de temperatura dentro de la capa de mezcla (T, a y c, respectivamente), y de salinidad dentro de la capa de mezcla (S, b y d, respectivamente) en la región de estudio.	111
Figura 43. Patrón espacial de los valores asociados al percentil de 95% (a-d) y percentil de 5% (e-h) en el campo de temperatura dentro de la capa de mezcla (T, a y c, respectivamente), y de salinidad dentro de la capa de mezcla (S, b y d, respectivamente) en la región de estudio.	112

Figura 44. Patrón espacial de los máximos (MAX, a-d) y mínimos (MIN, e-h) extremos del campo de anomalías en el nivel del mar (SLA, a y e, respectivamente), de las corrientes geostróficas zonales (Ugx, b y f, respectivamente), de las corrientes geostróficas meridionales (Ugy, c y g, respectivamente) en la región de estudio.	114
Figura 45. Patrón espacial de los valores asociados al percentil de 95% (a,b,c) y percentil de 5% (e, f, g) del campo de anomalías en el nivel del mar (SLA, a y e, respectivamente), de las corrientes geostróficas zonales (Ugx, b y f, respectivamente) y de las corrientes geostróficas meridionales (Ugy, c y g, respectivamente) en la región de estudio.	115
Figura 46. Climatología bimensual de la rosa de alturas significativas para Bahía Mansa. Las alturas y meses respectivos se muestran en la esquina superior izquierda e inferior derecha, respectivamente, de cada rosa.	119
Figura 47. Climatología bimensual de los histogramas de frecuencias relativas (barras azules) y frecuencia acumulada (línea roja) de alturas significativas para Bahía Mansa.	119
Figura 48. Climatología bimensual de la rosa de alturas significativas para Chiloé. Las alturas y meses respectivos se muestran en la esquina superior izquierda e inferior derecha, respectivamente, de cada rosa.	120
Figura 49. Climatología bimensual de los histogramas de frecuencias relativas (barras azules) y frecuencia acumulada (línea roja) de alturas significativas para Chiloé.	121
Figura 50. Climatología bimensual de la rosa de alturas significativas para el Archipiélago de Chonos. Las alturas y meses respectivos se muestran en la esquina superior izquierda e inferior derecha, respectivamente, de cada rosa.	121
Figura 51. Climatología bimensual de los histogramas de frecuencias relativas (barras azules) y frecuencia acumulada (línea roja) de alturas significativas para Archipiélago de Chonos.	122
Figura 52. Estaciones de monitoreo de marea roja realizado por el Instituto de Fomento Pesquero en a) el Pacífico y b) en los fiordos de la Patagonia chilena.....	132
Figura 53. Distribución vertical de los valores promedios entre 1 y 100 m de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu) y Oxígeno disuelto (mg/L) de la región de estudio en otoño (línea naranja), invierno (línea azul), verano (línea verde) y primavera (línea rosada). Las barras horizontales muestran la desviación estándar de los valores promedio de cada profundidad.	139

Figura 54. Climatología de la distribución de temperatura por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en invierno.	140
Figura 55. Climatología de la distribución de temperatura por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en otoño... ..	140
Figura 56. Climatología de la distribución de temperatura por estrato de profundidad a 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en invierno.	141
Figura 57. Climatología de la distribución de temperatura por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en primavera.	142
Figura 58. Climatología de la distribución de salinidad por estrato de profundidad a 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en verano.	145
Figura 59. Climatología de la distribución de salinidad por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en otoño.....	146
Figura 60. Climatología de la distribución de salinidad por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en invierno. ...	147
Figura 61. Climatología de la distribución de salinidad por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en primavera..	148
Figura 62. Distribución vertical de los valores promedios entre 1 y 100 m oxígeno disuelto (mg/L) de la región de estudio en otoño (línea naranja), invierno (línea azul), verano (línea verde) y primavera (línea rosada). Las barras horizontales muestran la desviación estándar de los valores promedio de cada profundidad.	151
Figura 63. Perfiles verticales de oxígeno disuelto [mg/L] en diferentes estaciones seleccionadas del área de estudio.	152
Figura 64. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en verano.	153
Figura 65. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en otoño.....	154

Figura 66. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en invierno.	155
Figura 67. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en primavera.....	156
Figura 68. Distribución vertical de los valores promedios entre 1 y 100 m de a) nitrato (μM), b) fosfato (μM) y razón nitrato:fosfato considerando todas las estaciones con disponibilidad de información de la región de estudio en otoño (línea naranja), invierno (línea azul), verano (línea verde) y primavera (línea rosada). Las barras muestran la desviación estándar de los valores promedio de cada profundidad.....	161
Figura 69. Climatología de la distribución de nitrato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en verano.	162
Figura 70. Climatología de la distribución de nitrato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en otoño... ..	163
Figura 71. Climatología de la distribución de nitrato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en invierno.	164
Figura 72. Climatología de la distribución de nitrato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en primavera.	165
Figura 73. Climatología de la distribución de fosfato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en verano.	166
Figura 74. Climatología de la distribución de fosfato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en otoño.	167
Figura 75. Climatología de la distribución de fosfato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en invierno.	168

Figura 76. Climatología de la distribución de fosfato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en primavera.	169
Figura 77. Patrón espacial del promedio (AVG) y desviación típica (STD) temporal del campo de anomalías clorofila-a satelital (CHL).....	173
Figura 78. Variabilidad estacional de los campos medios de anomalías en clorofila-a satelital en la región de estudio.	173
Figura 79. Patrón espacial de los máximos (a) y mínimos (b) extremos del campo de anomalías en clorofila-a satelital (CHL) en la región de estudio.	174
Figura 80. Patrón espacial de los valores asociados al percentil de 95% (a) y percentil de 5% (b) del campo de anomalías en clorofila-a satelital en la región de estudio.	174
Figura 81. Distribución promedio mensual superficial de clorofila-a (satelital) en enero, abril, julio y octubre de los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2002 y 2003 entre 40° y 50° S y desde 5 mn de la costa hasta 84° W.....	175
Figura 82. Distribución promedio mensual superficial de clorofila-a (satelital) en enero, abril, julio y octubre de los años 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009 entre 40° y 50° S y desde 5 mn de la costa hasta 84° W.....	176
Figura 83. Distribución promedio mensual superficial de clorofila-a (satelital) en enero, abril, julio y octubre de los años 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015 entre 40° y 50° S y desde 5 mn de la costa hasta 84° W.....	177
Figura 84. Distribución promedio mensual superficial de clorofila-a (satelital) en enero, abril, julio y octubre de los años 2016, 2017, 2018 y 2019 entre 40° y 50° S y desde 5 mn de la costa hasta 84° W.	178
Figura 85. Distribución temporal de clorofila-a superficial satelital al a) norte ($40,5^\circ\text{S}/75,1^\circ\text{W}$), b) centro ($44,0^\circ\text{S}/75,2^\circ\text{W}$) y sur ($48,0^\circ\text{S}/76^\circ\text{W}$) dela zona costera.	182
Figura 86. Ubicación estaciones de muestreo biológico y sedimentario (40°S y 48°S latitud). Se señala la información biológica cuantitativa- cualitativa (círculos verdes) y sedimentaria como pH, potencial REDOX, MOT y COT (círculos rojos).....	187
Figura 87. Curvas de número esperado de especies (ES) para las estaciones frente a la costa de la Isla de Chiloé (42°S). La riqueza de especies estimadas fue obtenida de muestras cuantitativas de macrofauna bentónica reportadas por Palma et al. (2005).	188

Figura 88. Análisis de ordenación no métrica multidimensional (nMDS) basado en la macrofauna bentónica frente a 42°S (Palma et al., 2005). 1= 160 m, 2= 290 m, 3=460 m, 4= 960 m, 5=1961 m y 6=1224 m (valor de stress=0.22).....	189
Figura 89. Área de significancia biológica y ecológica definida por la convención para la conservación de la diversidad (https://chm.cbd.int/database/record?documentID=204089). Esta área se restringe entre 41,5°S y 47°S frente a la costa de Chile.	192
Figura 90. Ubicación de montes y colinas submarinos (Knoll) identificados mediante métodos de altimetría (Fuente: https://data.unep-wcmc.org/datasets , círculos rojos = montes submarinos, círculos azules = colinas submarinas o knoll, Yesson et al., 2011).	193
Figura 91. Altura (m) y área basal (Km ²) de montes y colinas submarinas entre los 41,5°S y 46,5°S (Fuente: https://data.unep-wcmc.org/datasets).	194
Figura 92. Relación entre la altura (m) y el área basal (Km ²) de los montes y colinas submarinas entre 41,5°S y 46,5°S (Fuente: https://data.unep-wcmc.org/datasets , círculos blancos= montes submarinos, círculos negros = colinas submarinas o knoll).	195
Figura 93. Ubicación de cañones de submarinos (círculos rojos) y ambientes quimiosintéticos (círculos verdes) registrados en el área de estudio (Hebbeln et al., 2001, García et al., 2019).	196
Figura 94. Número total de especies migratorias como mamíferos, aves marinas, tortugas, rayas y tiburones; siendo las regiones del Caribe Este y Pacífico Sur Oeste las regiones con las mayores riquezas de especies de acuerdo a la convención de especies migratorias (CMS= Convention of Migratory Species, Anexo II).	197
Figura 95. Jurisdicción en Borde Costero que muestra los bienes comprendidos bajo la supervigilancia y administración del Ministerio de Defensa Nacional (Fuente: MINECON, 2014. Guía para la Aplicación de la Ley de Espacios Costeros Marinos para Pueblos Originarios).....	206
Figura 96. Etapas de la tramitación de un ECMPO (Fuente: MINECON, 2014. Guía para la Aplicación de la Ley de Espacios Costeros Marinos para Pueblos Originarios).	206
Figura 97. Distribución geográfica del esfuerzo pesquero total (horas de pesca) para distintos tipos de artes en la zona de interés para el período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch).	222

Figura 98. Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de arrastre (horas de pesca) en la zona de interés para el período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch).	223
Figura 99. Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de palangre (horas de pesca) en la zona de interés para el período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch).	224
Figura 100. Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de artes fijos (horas de pesca) en la zona de interés para el período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch).	225
Figura 101. Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de cerco (horas de pesca) en la zona de interés para el período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch).	226
Figura 102. Transporte marítimo subsidiado por el Estado en las regiones de Los Lagos y Aysén (Fuente: extraído de MMT).	227
Figura 103. Principales rutas de transporte marítimo entre Los Lagos y Magallanes (Fuente: extraído de DIRECTEMAR http://web.directemar.cl/pilotaje/paginaC.html).	229
Figura 104. Distribución geográfica de los ECMPO en la región de Los Lagos y de Aysén (Fuente: elaborado en base a información SUBPESCA).	232
Figura 105. Distribución geográfica de las AMCP-MU región de Aysén (Fuente: elaborado en base a información SUBPESCA).	235
Figura 106. Distribución geográfica de AMERBs en las regiones de Los Lagos y de Aysén (Fuente: Elaboración propia en base a información oficial SUBPESCA).	237
Figura 107. Distribución geográfica de Concesiones de Acuicultura en las regiones de Los Lagos y de Aysén (Fuente: Elaboración propia en base a información oficial SUBPESCA).	238
Figura 108. Rutas de migración de Ballena azul en 2014-2015. Fuente: Elaboración propia en base a información de WWF (2020).	239
Figura 109. Capa temática Potencial impacto altamente positivo para la variable altura de ola significativa en la región de estudio.	248
Figura 110. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable altura de ola significativa en la región de estudio.	249

Figura 111. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable altura de ola significativa en la región de estudio.	250
Figura 112. Capa temática del potencial area para desarrollar acuicultura oceanica según la variable Altura de ola significativa para la región de estudio	251
Figura 113. Capa temática Potencial impacto altamente positivo para la variable velocidad del viento en la región de estudio.	252
Figura 114. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable velocidad del viento en la región de estudio.	253
Figura 115. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable velocidad del viento en la región de estudio.	254
Figura 116. Capa temática Potencial impacto altamente negativo para la variable velocidad del viento en la región de estudio.	255
Figura 117. Capa temática del potencial area para desarrollar acuicultura oceanica según la variable velocidad del viento para la región de estudio.	256
Figura 118. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 0,5 m en la región de estudio.	257
Figura 119. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 0,5 m en la región de estudio.	258
Figura 120. Capa temática Potencial impacto altamente negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 0,5 m en la región de estudio.	259
Figura 121. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 10 m en la región de estudio.	260
Figura 122. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 10 m en la región de estudio.	261
Figura 123. Capa temática Potencial impacto altamente negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 10 m en la región de estudio.	262
Figura 124. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 20 m en la región de estudio.	263
Figura 125. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 20 m en la región de estudio.	264

Figura 126. Capa temática Potencial impacto altamente negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 20 m en la región de estudio.	265
Figura 127. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 40 m en la región de estudio.	266
Figura 128. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 40 m en la región de estudio.	267
Figura 129. Capa temática Potencial impacto altamente negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 40 m en la región de estudio.	268
Figura 130. Capa temática del potencial área para desarrollar acuicultura oceánica según la variable velocidad de corriente a una profundidad de 0,5 m para la región de estudio	269
Figura 131. Capa temática del potencial área para desarrollar acuicultura oceánica según la variable velocidad de corriente a una profundidad de 10 m para la región de estudio	270
Figura 132. Capa temática del potencial área para desarrollar acuicultura oceánica según la variable velocidad de corriente a una profundidad de 10 m para la región de estudio	271
Figura 133. Capa temática del potencial área para desarrollar acuicultura oceánica según la variable velocidad de corriente a una profundidad de 40 m para la región de estudio	272
Figura 134. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable temperatura superficial del mar en la región de estudio.	273
Figura 135. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable temperatura superficial del mar en la región de estudio.	274
Figura 136. Capa temática del potencial área para desarrollar acuicultura oceánica según la variable temperatura superficial del mar para la región de estudio	275
Figura 137. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable clorofila en la región de estudio.	276
Figura 138. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable clorofila en la región de estudio.	277
Figura 139. Áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica en la región de Los Lagos y Aysén. Este mapa tiene considerado todas las variables ambientales de estudio, excepto salinidad, oxígeno y profundidad.	278
Figura 140. Áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica 1998-2018 enero. ...	279
Figura 141. Áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica 1998-2018 febrero. ..	279

Figura 142. Areás potenciales para desarrollar acuicultura oceanica 1998-2018 marzo. ..	280
Figura 143. Areás potenciales para desarrollar acuicultura oceanica 1998-2018 Abril.....	280
Figura 144. Areás potenciales para desarrollar acuicultura oceanica 1998-2018 mayo. ...	281
Figura 145. Areás potenciales para desarrollar acuicultura oceanica 1998-2018 junio.	281
Figura 146. Areás potenciales para desarrollar acuicultura oceanica 1998-2018 Julio.	282
Figura 147. Areás potenciales para desarrollar acuicultura oceanica 1998-2018 agosto...	282
Figura 148. Areás potenciales para desarrollar acuicultura oceanica 1998-2018 septiembre.	283
Figura 149. Areás potenciales para desarrollar acuicultura oceanica 1998-2018 octubre.	283
Figura 150. Areás potenciales para desarrollar acuicultura oceanica 1998-2018 noviembre.	284
Figura 151. Areás potenciales para desarrollar acuicultura oceanica 1998-2018 Diciembre.	284
Figura 152. Clasificación de parámetros estresantes en ambientes marinos. Fuente: (Anzecc & Armcanz, 2000).	286
Figura 153. Profundidades (m) zona oceánica (>5 mn de la costa) frente a la región de Los Lagos y Aysén.	288
Figura 154 - Invitación digital del taller de difusión	294
Figura 155. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de enero.	358
Figura 156. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de febrero.....	358
Figura 157. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de marzo.	359
Figura 158. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de abril.....	359

Figura 159. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de mayo.	360
Figura 160. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de junio.	360
Figura 161. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de julio.	361
Figura 162. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de agosto.	361
Figura 163. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de septiembre.	362
Figura 164. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de octubre.	362
Figura 165. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de noviembre.	363
Figura 166. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones real	364
Figura 167 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de arrastre (horas de pesca) en la zona de interés, primer trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)	374
Figura 168 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de arrastre (horas de pesca) en la zona de interés, segundo trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)	375

Figura 169 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de arrastre (horas de pesca) en la zona de interés, tercer trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)	376
Figura 170 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de arrastre (horas de pesca) en la zona de interés, cuarto trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Wat.....	377
Figura 171 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de palangre (horas de pesca) en la zona de interés, primer trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)	378
Figura 172 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de palangre (horas de pesca) en la zona de interés, segundo trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)	379
Figura 173 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de palangre (horas de pesca) en la zona de interés, tercer trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)	380
Figura 174 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de palangre (horas de pesca) en la zona de interés, cuarto trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)	381
Figura 175 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de artes fijos (horas de pesca) en la zona de interés, primer trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)	382
Figura 176 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de artes fijos (horas de pesca) en la zona de interés,segundo trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)	383
Figura 177 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de artes fijos (horas de pesca) en la zona de interés, cuarto trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)	384
Figura 178 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de cerco (horas de pesca) en la zona de interés, primer trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)	385

Figura 179 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de cerco fijos (horas de pesca) en la zona de interés, segundo trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)	386
---	-----

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo de asignación de valores de importancia en variables ambientales físicas sobre las tensiones que se generan en el sistema de fondeo.	22
Tabla 2. Ejemplo asignación de Escala para oleaje.....	23
Tabla 3. Ejemplo de una matriz final de coeficientes.....	24
Tabla 4. Tabla de valores de importancia relativa de la magnitud e importancia de los impactos.....	25
Tabla 5. Análisis para cada zona oceánica entre la región de Los Lagos y Aysén	25
Tabla 6. Tabla ejemplo CIR para cada variable.	27
Tabla 7. Tabla ejemplo CSE para cada variable cuantificada.	28
Tabla 8. Ejemplo tabla resumen CIR – CSE.	29
Tabla 9. Tabla de valores de importancia relativa de la magnitud e importancia de los impactos.....	30
Tabla 10. Análisis para cada zona oceánica entre la región de los Rios de los Lagos y Aysen.	30
Tabla 11 - Asistentes al taller de expertos	31
Tabla 12. Clasificación de sitios respecto al tipo de oleaje.	57
Tabla 13. Clasificación de sitios respecto a la velocidad de corriente.	57
Tabla 14. Combinación de clases de oleaje y corrientes.	57
Tabla 15. Categorización de los sitios según la combinación de parámetros de oleaje y corriente.	58
Tabla 16. Factores de seguridad de elementos que pertenecen a un sistema de fondeo.	59
Tabla 17. Lista de características, presiones e impactos. Directiva 2008/56/Ce Del Parlamento Europeo y del Consejo.	59
Tabla 18. Lista para evaluar impacto. Directiva 2008/56/Ce del Parlamento Europeo y del Consejo.	61

Tabla 19. Definición general de calidad ecológica del ambiente.	65
Tabla 20. Indicadores de calidad físico-químicos.	66
Tabla 21. Frecuencia de muestreos para monitoreo de actividad acuícola.	66
Tabla 22. Valores que se utilizan para evaluar el riesgo de efecto adversos debido a nutrientes, materia orgánica biodegradable y pH, valores proporcionados por los estados y territorios australianos. Chl-a = clorofila-a, TP = fósforo total, FRP = fosfato reactivo filtrable, TN = nitrógeno total, NOx = óxidos de nitrógeno, NH ₄ ⁺ = amonio, DO = oxígeno disuelto	68
Tabla 23. Normas para la Descarga de Residuos Líquidos aplicables al medio marino de la normativa canadiense.	69
Tabla 24. Objetivos para la protección de la vida acuática Marina. Water Quality Control Plan Ocean Waters of California, 2015.	71
Tabla 25. Estándares de calidad ambiental para sustancias prioritarias y sustancias prioritarias en aguas marinas. Establecida por el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Petróleo y Energía el 27 de marzo de 2012 de conformidad con la Ley Núm. 6 de 13 de marzo de 1981 sobre protección contra la contaminación y los desechos (Ley de Contaminación) (Real Decreto n°15, 2006).	72
Tabla 26. Límites ambientales establecidos para el aseguramiento de calidad de ambientes con desarrollo de actividad de acuicultura oceánica.	74
Tabla 27. Distribución en porcentaje del viento, por dirección, para cada Estación Virtual.	86
Tabla 28. Valores extremos de temperatura del aire por estación virtual 1980-2018.	87
Tabla 29. Sensación de frío que siente una persona a través de la piel según una combinación de parámetros meteorológicos de la temperatura y el viento.	88
Tabla 30. Nodos utilizados para obtener información de Atlas de Oleaje de Chile (Beyá et al., 2016).	117
Tabla 31. Variables a tener en cuenta al instalar un sistema IMTA (Integrated Multi-Trophic Aquaculture) que influyen en las variables biogeoquímicas en la acuicultura oceánica (Buck and Buchholz, 2004, Buck and Buchholz, 2005, Buck et al., 2004, Rosenberg and Loo, 1983; Wildish and Kristmanson, 1988, Scarratt, 1993, Pogoda et al., 2012, Skår an Mortensen, 2007; Molloy et al., 2011; Bartsch et al., 2013, Buck et al., 2005; Pogoda et al., 2011, Buck, 2018.).	134

Tabla 32. Algunos riesgos ambientales clave para la acuicultura alimentada, no alimentada y autótrofa que pueden mitigarse mediante la planificación espacial, junto con estrategias de planificación que probablemente minimicen el riesgo, y ejemplos de herramientas analíticas disponibles que pueden utilizarse para evaluar estos riesgos. (Gentry et al., 2017).	135
Tabla 33. Valores promedio (\pm desviación estándar), rangos de valores [mínimo máximo] y número de datos (n) por estrato de profundidad para cada estación del año de temperatura y salinidad.....	143
Tabla 34. Valores promedio (\pm desviación estándar), rangos de valores [mínimo máximo] y número de datos (n) por estrato de profundidad para cada estación del año de oxígeno disuelto en mg/L y mL/L.....	157
Tabla 35. Valores promedio (\pm desviación estándar), rangos de valores [mínimo máximo] y número de datos (n) por estrato de profundidad para cada estación del año de nitrato, fosfato y razón nitrato: fosfato.....	170
Tabla 36. Valores promedio (\pm desviación estándar) de la concentración promedio mensual de clorofila-a satelital superficial (mg/m^3), rangos de valores [mínimo máximo] y número de datos (n) en enero, abril, julio y octubre entre los años 1998 y 2019.....	179
Tabla 37. Descripción de los principales antecedentes bióticos existentes para el área de estudio.....	183
Tabla 38. ECMPO Decretadas (Fuente: Elaboración en base a información de la Página Web SUBPESCA).....	230
Tabla 39. Reservas Marinas en Chile (Fuente: Elaboración en base a información de la Página Web MMA).	233
Tabla 40. Santuarios de la Naturaleza de las Regiones Los Lagos y Aysén (Fuente: Elaboración en base a información de la Página Web MMA)	233
Tabla 41. AMCP - MU de las Regiones Los Lagos y Aysén (Fuente: Elaboración en base a información de la Página Web MMA)	234
Tabla 42. Vértices Zona Oceánica Área Marina protegida Múltiples Usos Tortel.	235
Tabla 43. Vértices Zona de Influencia Glaciar Área Marina protegida Múltiples Usos Tortel.	236
Tabla 44 - Resumen final CIR - CSE por variable	241

Tabla 45- Impacto potencial por variable que permite desarrollar acuicultura oceánica en la región de Los lagos y Aysén.....	243
Tabla 46. Categoría concesiones de acuicultura con requerimientoS INFA.....	287
Tabla 47. Porcentaje de áreas con rangos de profundidades característicos en la zona de estudio.....	288
Tabla 48 - Cronograma taller de difusión Proyecto FIPA 2019-27	295
Tabla 49. Información de las estaciones de muestreo y ambiental recolectada del área de estudio.....	365
Tabla 50. Lista de especies pertenecientes al macrobentos y sus abundancias relativas recolectadas en la Expedición PUCK 2001 (42,5°S). Fuente: Palma et al. (2005).....	367
Tabla 51. Identificación y características de montes submarinos entre 41,5°-46,5°S. Fuente: https://data.unep-wcmc.org/datasets/41	369
Tabla 52. Identificación y características de montes submarinos entre los 41,5°-46,5°S. Fuente: https://data.unep-wcmc.org/datasets/41	370
Tabla 53. Identificación y características de sumideros fríos (cold seeps) y cañones submarinos entre los 41,5°-46,5°S	373

1 RESUMEN EJECUTIVO

La acuicultura oceánica está supeditada a la competencia y demanda por espacios marítimos oceánicos a través de la pesca, turismo y conservación del medio ambiente (Douvere, 2008; Yates & Bradshaw 2017) con necesidad de planificación espacial para su desarrollo (Kapetsky *et al.*, 2013). Existe disponibilidad global de grandes áreas con condiciones ambientales aptas para el cultivo (Kapetsky *et al.*, 2013; Gentry *et al.*, 2017; Oyinlola *et al.*, 2018; Weiss *et al.*, 2018), especialmente en zonas expuestas y/o alta mar con presencia de flujo constante que reduce los riesgos de enfermedades y la concentración de nutrientes (Sims y Key, 2011). Además, las velocidades favorecen el desarrollo del pez ya que nada como si se encontrara en estado salvaje (Cifuentes, 2016). La calidad del agua es excelente (Hu *et al.*, 2016), estable y cercana al estado natural (Ignatius, 2016), útil para obtener una buena calidad de peces (Gopakumar, 2009). En este contexto, hay varios países que están desarrollando tecnología para realizar acuicultura oceánica, tal como: Estados Unidos, Noruega, China y recientemente en Chile.

En la región de estudio del presente proyecto, el viento es el principal forzante de la circulación costera y oceánica, y del clima de oleaje. Considerando que este, además de poseer una significativa variabilidad estacional, exhibe una persistente y energética variabilidad sinóptica. De esta manera, se sugieren estudios en la región basados en mediciones directas de oleaje y corrientes con series temporales que puedan resolver las modulaciones temporales. Los resultados de esos estudios permitirían evaluar los patrones de variabilidad observados en los análisis climatológicos y de reanálisis basados en modelos numéricos.

En el ámbito de las variables ambientales químicas, el oxígeno disuelto es una variable vital para los procesos fisiológicos de distintas especies biológicas. Su disminución, entonces, determinará la presencia o ausencia de estas especies, así como también el buen desarrollo de actividades como la acuicultura. En la zona de estudio, la presencia de hipoxia se limitó a algunos pocos puntos en la parte norte bajo 30 m de profundidad, y principalmente en verano. Sin embargo, la limitación de información no permite concluir que estos eventos no tengan una variabilidad espacial determinada en la zona que abarquen una mayor área, o que no ocurran en otras estaciones del año. Por esta razón, y debido a que las actividades acuícolas pueden producir o intensificar la hipoxia, es esencial el monitoreo de esta variable en distintos puntos de la zona costera y con una alta resolución vertical en los primeros 100 m de la columna de agua y con una menor resolución bajo esta profundidad. Por otra parte, la presencia de macro y micro nutrientes, pueden favorecer la ocurrencia de eventos de marea roja. Así, es recomendable realizar un monitoreo de las especies fitoplanctónicas en la zona de estudio y analizar su relación con variables biogeoquímicas, especialmente en aquellos sectores en donde se presenta un aumento de la concentración de clorofila cada primavera y verano. Finalmente, la información sobre la influencia que tiene la productividad en la

columna de agua sobre los sedimentos es escasa o nula en la mayor parte de la región de estudio. Más bien está enfocada en la zona de fiordos y canales. Por esta razón, realizar estudios sobre la dinámica hidrográfica, estado de los sedimentos y productividad biológica en la región y el acoplamiento pelágico-bentónico permitirá establecer la respuesta del fondo marino ante eventuales aumentos de aporte de materia orgánica por la productividad acuícola.

Por otra parte, la información de usos marítimos disponible y accesible muestra que las mayores interacciones potenciales por uso se darían con la actividad pesquera, cuya mayor zona de uso se encuentra meridionalmente entre la Isla Guafo por el norte y la península de Taitao por el sur. En términos longitudinales se da entre las 5 mn por el este y 75° 30' W por el oeste a la altura de Isla Guafo y las 5 mn por el este y 76° W por el oeste a la altura de la península Taitao. La información pesquera también muestra usos a la cuadra al oeste del Golfo de Penas y hasta el límite sur de la zona de interés de este estudio, pero mucho menor intensidad.

Los usos fijos como las AMPs muestran baja interacción con solo una pequeña interacción en la boca del Golfo de Penas. Las ECMPOs ya decretadas no muestran interacción potencial, aunque existen ocho áreas en fase de estudio que pudiesen generar en el futuro una interacción con el área de interés, como: Comunidad Indígena Purretrun Pucatrihue, Comunidades Ancapan y Mapu-Lafken, Comunidades Huilliches De Huentemo, Chanquin Palihue, Chanquin, Cucao, Quilque, Chaique Cole Cole y Montaña, y Comunidades Indígenas Antunen Rain, Pewmayen y Aliwen. Otros usos fijos como AMERBs no muestran interacción con el área de interés.

Respecto de los mamíferos marinos se obtuvo información de tracks para ballena azul por parte de WWF para una temporada (2014 – 2015), que muestra que estos grandes mamíferos transitan de entrada y salida al mar interior de la región de Los Lagos a través del canal del Guafo. Es necesario que se genere mayor información respecto de los potenciales impactos de la acuicultura oceánica y estos grandes mamíferos marinos entre Isla Guafo e Isla Guamblin, al menos. No se cuenta con información respecto de otros mamíferos marinos en el área de interés, siendo importante en el futuro identificar si existe potencial de interacción con estas otras especies.

Finalmente, al identificar las variables ambientales de la región de estudio se analizó su impacto a través de un panel de expertos para identificar áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica en la región de Los Lagos y Aysén, culminando que las variables más importantes para desarrollar acuicultura oceánica en orden descendente son: oxígeno disuelto, altura de ola, velocidad de corriente, profundidad, velocidad del viento, clorofila, temperatura superficial del mar y salinidad. El panel de expertos según la variabilidad de los datos de salinidad determinó que es un variable irrelevante o con potencial impacto neutro para desarrollar acuicultura oceánica, siendo para la zona de estudio en particular no tan importante. Estos resultados son propios y exclusivos para la región de Los Lagos y Aysén,

por lo tanto, no se recomienda extrapolar a las demás regiones oceánicas ya que todas tienen su particularidad, por ende, la hidrodinámica, los procesos biológicos, la disponibilidad de nutrientes, las especies químicas, etc., frecuentemente serán diferentes en términos espaciales y temporales.

Las variables recomendadas para incorporar en un marco regulatorio de acuicultura oceánica en orden de importancia son: oxígeno disuelto, altura de ola significativa, velocidad de corrientes, profundidad, velocidad del viento, temperatura superficial de agua y clorofila. Cabe destacar que no se consideró potencial redox, granulometría, macrofauna y nutrientes para el marco regulatorio, ya que en el área de estudio no se registran profundidades menores a 60 m (Reso. 3612 del 2009) y, además, no hay registros en estas variables. Por esta razón, no es posible establecer una línea base de la condición ambiental actual del área de estudio en relación a estas, ni inferir sobre su relevancia en la selección de áreas potenciales para el desarrollo sustentable de la acuicultura oceánica en la región de Los Lagos y Aysén.

2 ANTECEDENTES

El futuro de la acuicultura estará marcado por la innovación y el desarrollo tecnológico. El cultivo en zonas expuestas se está expandiendo a ambientes marinos más profundos y oceánicos en respuesta a la creciente demanda de productos del mar y al aumento de desarrollo tecnológico para desarrollar dicha actividad. El desarrollo sostenible de la acuicultura requerirá de la cuantificación y minimización de sus impactos sobre otras actividades y el medio ambiente, a través de una adecuada planificación y correcta regulación. En la actualidad la información científica disponible sobre estos ambientes es escasa y limitada para dicha planificación. Sin embargo, en el área oceánica existe amplia literatura e investigación multidisciplinaria para proporcionar información sobre las interacciones entre la acuicultura en alta mar y el medio ambiente circundante a través de un espectro de escalas espaciales. Si bien siguen existiendo importantes lagunas en la información, existen suficientes antecedentes para comenzar a abordar esta problemática y tomar decisiones informadas sobre los efectos de la ubicación de la acuicultura oceánica y lograr una industria de acuicultura sustentable en áreas expuestas u oceánicas, que complemente otros usos del medio ambiente marino (Gentry *et al.*, 2017).

En la sexta Conferencia de maricultura en alta mar, que tuvo lugar en Barcelona, España en el año 2016, los expertos mundiales en acuicultura en alta mar concluyeron que el sector expuesto u oceánico es actualmente una pequeña fracción de la acuicultura global, pero jugará un papel cada vez más importante para satisfacer la demanda anticipada de productos pesqueros a medida que la población mundial crezca por sobre ocho mil millones de personas para 2030. Un estudio realizado por Weiss *et al.* (2018) analizó las áreas más idóneas para el desarrollo de la acuicultura expuesta de siete especies de peces, incluidas el salmón Atlántico (bacalao europeo, dorada, atún, corvina, pez limón y cobia). Se analizaron en conjunto tres variables que determinaron las oportunidades de cultivo en distintas zonas geográficas: i) las condiciones biológicas para el crecimiento de cada especie, ii) la resistencia estructural de las jaulas, y iii) la viabilidad de las actividades de operación y mantención. Dicho análisis permitió identificar las zonas adecuadas para el cultivo de cada especie, las que se concentran en América del Sur (Pacífico Sur y Océano Atlántico Sur), África (Océano Atlántico Norte), Mar Mediterráneo, Mar Japonés, Mar Chino y Oceanía. Para el caso específico del salmón Atlántico, las zonas templadas y tropicales mostraron ser las áreas más adecuadas para el cultivo en zonas expuestas, las que se ubican entre las latitudes de 30°S a 60°S, y 35°N a 70°N (Weiss *et al.*, 2018).

Por otro lado, aunque existe un creciente interés por la acuicultura expuesta u oceánica, no hay consenso sobre cómo definir un sitio de estas características o cómo se evalúan los efectos de la acuicultura en alta mar, en comparación con la acuicultura más cercana a la costa. Según el estudio de Froehlich *et al.* (2016), la falta de acuerdo sobre lo que constituye la acuicultura expuesta tiene el potencial de transformar la comunicación, crear incertidumbre en los procesos regulatorios, e impedir la comprensión de las implicaciones ecológicas de la acuicultura en estas áreas. Para comenzar a abordar estos problemas, se revisó y analizó la literatura existente que categoriza y cuantifica las características de la acuicultura expuesta de todo el mundo. Se identificaron algunas descripciones de

acuicultura expuesta (*offshore*), definida relativamente cerca de la costa (<3 mn) y a una profundidad ≤ 30 m, profundidad menor de lo que se podría suponer (Froehlich *et al.*, 2016). Por otra parte, existe inconsistencia en la literatura referente a la ubicación considerando la distancia desde la costa, profundidad de la columna de agua y velocidad de corrientes, así como escasa información sobre el impacto de la contaminación por nutrientes u otras especies químicas u otros impactos ecológicos negativos o positivos de la acuicultura expuesta (Froehlich *et al.*, 2016).

La acuicultura expuesta u oceánica no se entiende de igual manera en todas las naciones y partes interesadas. La California Environmental Associates (CEA, 2018) la define como aquella que se desarrolla a una distancia >2 km o fuera de la vista de la costa, en profundidades de agua > 50 m, con alturas de olas de 5 m o más, marejadas, vientos variables y fuertes corrientes oceánicas, en lugares expuestos (mar abierto) y cuando exista la necesidad de operaciones remotas, alimentación automática, y cuando se requiera monitoreo remoto del sistema operacional (FAO, 2010).

En Estados Unidos la acuicultura expuesta típicamente es definida como aquella que tiene lugar “en aguas federales” (generalmente entre 3 y 200 mn en alta mar (4,8 a 322 km)) (Knapp and Rubino, 2016). En la Cámara de Representantes del Congreso de Estados Unidos (H. R. 2010: National Aquaculture Act of 2007) se elaboró la Ley Nacional de Acuicultura 2007 donde se definió la acuicultura en zonas expuestas como: “Todas las actividades, incluyendo la operación de instalaciones acuícolas en alta mar, involucradas la reproducción y crianza, o intento de reproducción y crianza, de especies marinas en la Zona Económica Exclusiva de los Estados Unidos” (S.1609 -110th Congress, 2007).

En Noruega, país líder en acuicultura de salmón, las operaciones en zonas expuestas y alta mar son apoyadas a través de licencias de desarrollo. Las autoridades noruegas han reconocido las limitaciones de crecimiento a las que se enfrenta la industria acuícola noruega, (e.g., el piojo de mar, la fuga de peces y la escasez de la superficie costera), e introdujeron concesiones de libre desarrollo para “allanar el camino para las posibilidades de cultivo oceánico” que no están limitadas por las mismas condiciones.

En Chile, aun no existe una definición ni normativa para este tipo de actividad, por lo que uno de los desafíos para el futuro es generar un marco legal que establezca las métricas para este tipo de actividad. De acuerdo a la Política Oceánica Nacional de Chile (2019), el desafío de la acuicultura en Chile es la generación de condiciones sanitarias y medio ambientales perfeccionadas que permitan un desarrollo armónico de la acuicultura nacional, con énfasis en la diversificación de las especies afectas a cultivo y la diversificación de los mercados de destino, disminuyendo así la exposición al riesgo de esta industria. La acuicultura en Chile deberá contemplar la mejora del modelo de regulación y ordenamiento territorial de la acuicultura, el desarrollo de una actividad oceánica y/o de zonas expuestas y el fomento de la acuicultura de pequeña escala (Política Oceánica Nacional de Chile, 2019). Dicha Política fue elaborada por el Consejo de Ministros para el desarrollo de la Política Oceánica, con los aportes sectoriales de los Ministerios de Relaciones Exteriores, de Defensa Nacional, de Economía, Fomento y

Turismo, y del Medio Ambiente. Además, se contó también con la opinión representativa del sector académico y científico a nivel nacional.

Por otro lado, en Chile se han construido las hojas de ruta de los diferentes Programas Estratégicos de Especialización Inteligente (PEEI), impulsados por el Ministerio de Economía y CORFO en conjunto con el sector público y privado. Se han identificado brechas tecnológicas en sectores o ámbitos estratégicos, relacionadas con la generación de conocimiento científico y tecnológico, infraestructura y capital humano avanzado. En base a lo anterior, CORFO convocó, el año 2017, a la postulación de Programas Tecnológicos Estratégicos para la "Adaptación, Desarrollo e Incorporación de Tecnologías para la Acuicultura Oceánica", como resultado de las actividades priorizadas en las Hojas de Ruta del Programa Transforma Nacional Pesca y Acuicultura Sustentable y Meso Regional Salmón Sustentable. Según CORFO, teniendo una base productiva acuícola excepcional, entre las más sofisticadas y masivas del planeta, junto a un ecosistema de proveedores con alto contenido tecnológico, el país tiene la oportunidad de aprovechar este desafío para desarrollar una sofisticada industria local productora de ingeniería, equipos y servicios asociada a los distintos sistemas de cultivo, para atender las necesidades futuras de la acuicultura chilena y, en paralelo, posicionarse como un proveedor especializado de paquetes o modelos tecnológicos de acuicultura oceánica para el resto de América Latina y el mundo.

Dado lo anterior, los estudios en mar abierto o zonas expuestas ya han comenzado en Chile y empiezan a dar sus primeros avances hacia cultivos que se consideran mucho más sustentables que los actuales. La acuicultura oceánica es ciertamente una vertiente productiva de la que Chile no puede quedar fuera, por lo cual se hace necesario identificar y evaluar los requerimientos oceanográficos, ambientales, uso del espacio marítimo y económico (logística), para implementar acuicultura oceánica sustentable en Chile, e implementar la regulación necesaria para alcanzar el desarrollo de la actividad. De acuerdo con la escala de análisis, una evaluación a nivel de planificación local es esencial para estimar la viabilidad de la implementación de esta actividad.

3 JUSTIFICACIÓN

La acuicultura en zonas expuestas u oceánicas es cada vez más considerada como una alternativa para satisfacer la creciente demanda de proteínas proveniente de los productos del mar. Además, los estudios muestran que minimiza las consecuencias adversas sobre el medio ambiente y otros usos en los océanos.

La acuicultura en alta mar puede involucrar cultivo de bivalvos, macroalgas y/o peces. Los bivalvos son filtradores que se alimentan del plancton natural y materia orgánica disuelta, mientras que las macroalgas son organismos autótrofos fotosintetizadores. Sin embargo, el cultivo de peces es considerado, en general, como una actividad con un potencial efecto deletéreo significativo, que alteraría los ecosistemas marinos. A esto se suma el aumento de problemáticas asociadas a enfermedades o especies alóctonas, y los problemas asociados con la ubicación física de los artes de cultivo (por ejemplo, enredos

de ballenas). La acuicultura en zonas expuestas tendría un menor impacto ambiental al disminuir su huella resultando en un menor riesgo ambiental que la acuicultura costera (e.g., mayor dispersión de nutrientes y menor requerimiento de antibióticos para garantizar altas tasas de supervivencia). Sin embargo, se debe considerar y evaluar el riesgo de escape, la propagación de enfermedades y parásitos, el efecto sobre biodiversidad bentónica (e. g. la destrucción del suelo oceánico por fondeos y amarres o grandes construcciones), las interacciones de la vida silvestre con la estructura física y las interacciones ecológicas.

Es así como el Estado ha comenzado a apoyar la adopción y/o desarrollo de tecnologías habilitantes para el progreso de la acuicultura oceánica, a través del Programa Tecnológico Estratégico, creando un Consorcio Tecnológico para la Acuicultura Oceánica, durante el año 2017 a través de CORFO. Esto permitirá explorar las potenciales zonas de cultivo, propiciando la creación y fortalecimiento de proveedores locales y así crear una red industrial sofisticada orientada a la provisión de bienes y servicios en Chile y el extranjero, contribuyendo a mantener la competitividad y posicionamiento internacional de la industria acuícola nacional.

Sin embargo, si bien el interés y esfuerzos por estudiar la acuicultura expuesta han aumentado, no existe consenso sobre qué medidas definen comúnmente un sitio de estas características o, considerando que sus efectos sobre el medio ambiente son distintos a los que presenta la acuicultura costera, o de fiordos y canales, cómo se deberán evaluar los efectos de la actividad oceánica.

Por otro lado, para la implementación de la acuicultura oceánica se requiere que la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura avance, junto con otras iniciativas como las desarrolladas por CORFO, para suplir la falta de conocimiento sobre los requerimientos ambientales, del uso del borde costero y aspectos económicos (e.g., logística operativa). Con ello se podrán identificar áreas óptimas para realizar la actividad de acuicultura oceánica en zonas expuestas. Dado lo complejo de las componentes ambientales y la variabilidad oceanográfica y meteorológicas a lo largo de la costa de Chile, la etapa 1 del proyecto solo aborda las regiones de Los Lagos y Aysén del General Ibañez del Campo. Los resultados de este proyecto constituirán la información base para identificar las variables ambientales que podrían ser incluidas dentro del marco regulatorio ambiental para la implementación y operación sustentable de la acuicultura oceánica.

4 OBJETIVO

4.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar y evaluar los requerimientos oceanográficos, ambientales y uso del espacio marítimo para elaborar la normativa que permita la implementación de acuicultura oceánica sustentable, en Las regiones de Los Lagos y Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Recopilar antecedentes bibliográficos, tanto nacionales como internacionales, relacionados con el desarrollo de actividades de acuicultura oceánica o en zonas expuestas y la normativa asociada a dicha actividad.
- 2) Determinar las características oceanográficas y meteorológicas, que se deben considerar para el desarrollo de la acuicultura oceánica, incluyendo las características para instalación, operación y la sustentabilidad ambiental de la actividad.
- 3) Determinar las características ambientales químicas (e.g. oxígeno disuelto, nutrientes, pH, etc.) y biológicas (e.g. clorofila, FAN, AMBI, etc.) que se deben considerar para el desarrollo de la acuicultura oceánica dentro del marco de la sustentabilidad ambiental.
- 4) Analizar la información espacial referente al uso del espacio marítimo en torno a las potenciales áreas de acuicultura oceánica, que dada las características identificadas en los objetivos específicos 2 y 3, permitirían el desarrollo de dicha actividad.
- 5) Identificar las áreas óptimas para realizar la actividad de acuicultura oceánica, en base a las capas identificadas en los objetivos 2, 3 y 4, para promover la actividad de acuicultura oceánica sustentable, para las regiones de Los Lagos y Aysén.
- 6) Identificar las variables ambientales que podrían ser incluidas dentro del marco regulatorio ambiental para la implementación y operación sustentable de la acuicultura oceánica

5 METODOLOGÍA

5.1 METODOLOGÍA GENERAL

Para dar cumplimiento al objetivo general, referente a la identificación y evaluación de los requerimientos oceanográficos, ambientales y uso del espacio marítimo para elaborar la normativa que permita la implementación de acuicultura oceánica sustentable, en las regiones de Los Lagos y Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, se adoptó el enfoque de Desarrollo Sostenible, que se plasma en el Enfoque Ecosistémico a la Acuicultura (EEA) propuesto por FAO (2010). Entendiéndose, por tanto, que la visión de desarrollo futuro de la Acuicultura Oceánica (AO) en Chile debe ser alcanzada mediante el equilibrio de los objetivos de crecimiento económico, sustentabilidad ambiental y equidad social, en el contexto del territorio en el que esta se inserta (Figura 1).

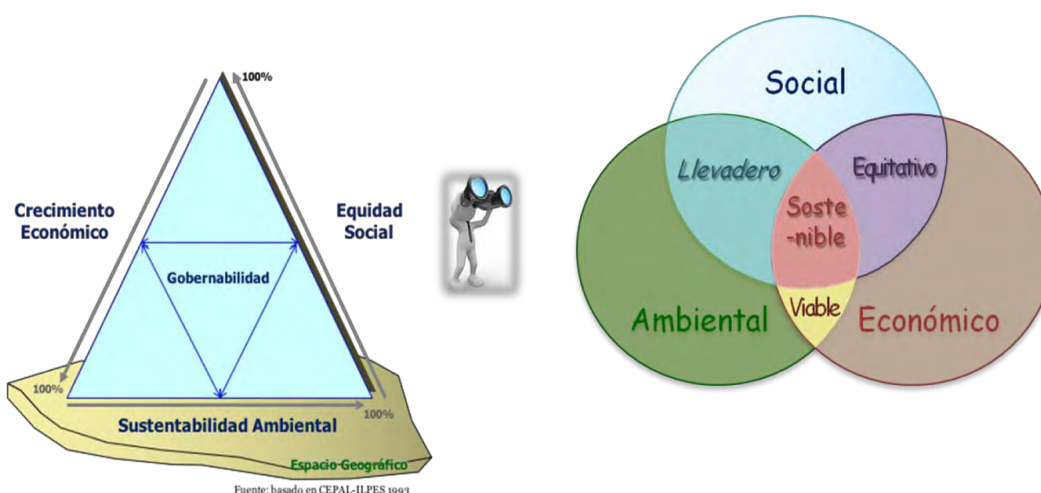


Figura 1. Esquema del desarrollo sostenible y los objetivos simultáneos a considerar.

Para el logro de lo anterior, se requiere adoptar una visión sistémica de la AO, que lleve a una plena comprensión del funcionamiento de sus componentes y de sus interacciones, tanto con los componentes ambientales y los recursos naturales que la sustentan, como con los componentes tecnológicos, económicos, sociales y de gobernanza (*i.e.*, institucionales, legales y conocimientos y capacidades) que determinan el desempeño del sistema y la actividad. Nótese, que para la aplicación del enfoque de desarrollo sostenible y del EEA se debe aplicar una mirada territorial que permita reconocer la diversidad y las características propias del territorio y ecosistema en el que se insertan las actividades humanas (Figura 2).

Por tanto, en este contexto, los enfoques del desarrollo sostenible y del EEA se aplican de manera complementaria para integrar los objetivos específicos 1 al 4 de este estudio, generar la base de información que permita la identificación de las áreas óptimas para el desarrollo de la AO (objetivo específico 5) y de las variables ambientales y de uso como indicadores de la implementación y operación de una actividad que contribuya efectivamente al desarrollo sostenible de dichas regiones (objetivo específico 6).

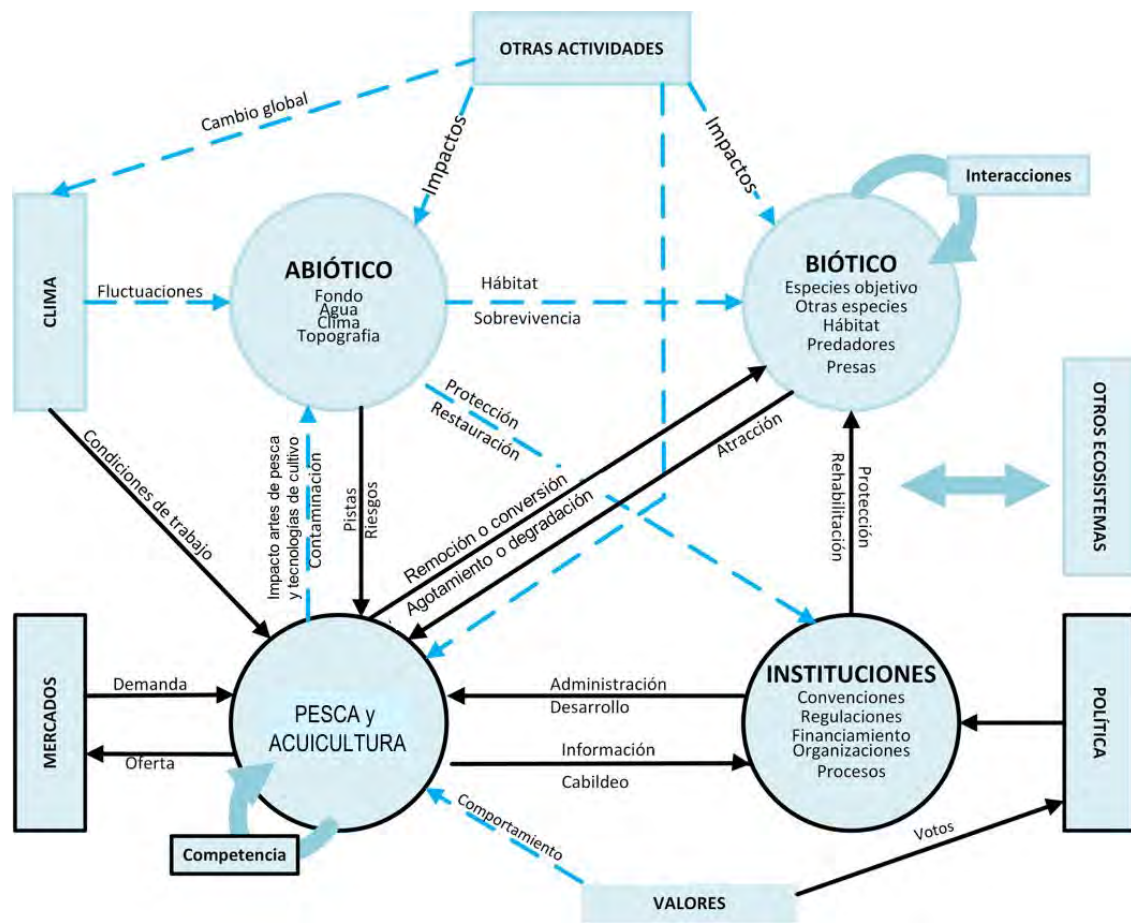


Figura 2. Enfoque ecosistémico para la pesca y la acuicultura. Fuente: Adaptado de García y Cochrane (2005).

Es así, que la información obtenida como resultado de los objetivos específicos 1, 2, 3 y 4 se presenta en diferentes capas temáticas de dimensiones oceanográficas, meteorológicas, ambientales y de usos competitivos del espacio marítimo, e integradas mediante un SIG. Esta información fue utilizada para el análisis en el objetivo específico 5 (Figura 3). Toda la información obtenida y definida como insumo para la identificación de las áreas óptimas para el desarrollo de la AO en el objetivo específico 5 fue validada mediante un Panel de Expertos, con el propósito de identificar su idoneidad. Adicionalmente, en el Panel de Expertos se determinó la información adicional que requería ser incorporada. Una vez ejecutado el panel de expertos se revisó el conjunto de capas temáticas realizadas y se incorporaron las mejoras requeridas. A partir de este conjunto de capas temáticas mejoradas, se procedió a la integración de información sobre dimensiones oceanográficas, meteorológicas, ambientales, de usos competitivos y complementarios del espacio marítimos, manteniendo en mente las tecnologías de producción y su potencial de desarrollo, con el fin de identificar áreas óptimas como base para el desarrollo sostenible de la AO, entre las regiones de Los Lagos y de Aysén, en Chile. Esta integración de información se realizó mediante la construcción y análisis de una matriz de riesgos, explicada en la metodología del objetivo específico 5, cuyos

resultados fueron incorporados en un SIG en donde se generó la propuesta de zonas óptimas para el desarrollo de la AO.

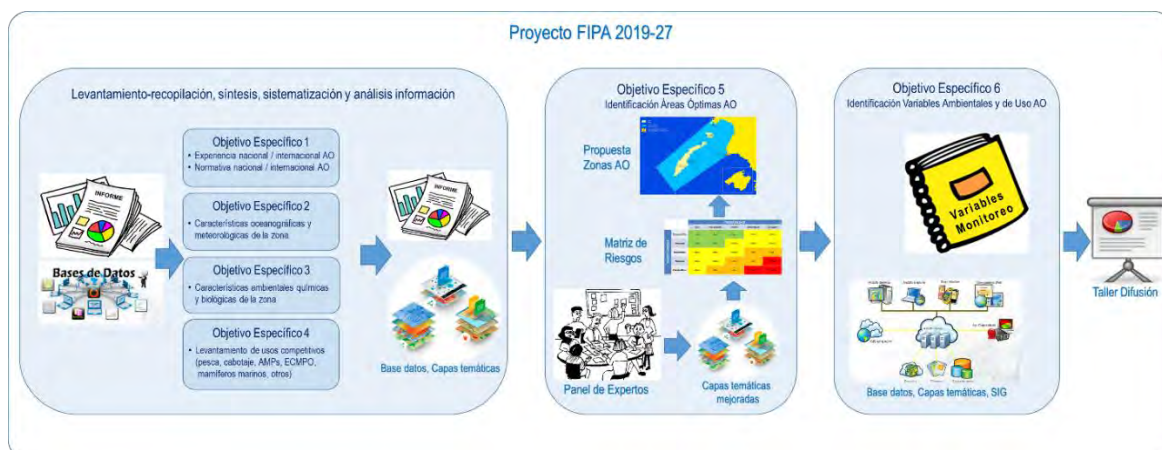


Figura 3. Esquema del procedimiento general para la ejecución del proyecto.

Finalmente, tal como muestra la Figura 3, a partir de los resultados del objetivo específico 5, se identificaron y describieron el conjunto de variables ambientales y de uso incluidas en el marco regulatorio nacional que sirvan de lineamiento para el logro de una actividad económica en el territorio nacional (objetivo específico 6). Esta información igualmente fue sistematizada y almacenada mediante el SIG utilizado con anterioridad.

5.2 METODOLOGÍA POR OBJETIVO

5.2.1 **Recopilar antecedentes bibliográficos, tanto nacionales como internacionales, relacionados con el desarrollo de actividades de acuicultura oceánica o en zonas expuestas y la normativa asociada a dicha actividad.**

Se realizó una rigurosa recopilación de información respecto a las normativas existentes, a nivel nacional e internacional, que regulan la acuicultura para zonas expuestas u oceánicas, teniendo especial consideración con aquellas que regulan las condiciones de operación desde un ámbito oceanográfico físico, biológico y químico. Para ello se consultaron recursos en línea como *Library of Congress* (<https://www.loc.gov>), Biblioteca del Congreso Nacional (<https://www.bcn.cl>), FAO (<http://www.fao.org>), entre otros. Además, se analizaron los acuerdos internacionales referentes al impacto que genera la acuicultura en el medio ambiente. Sumado a lo anterior, se consideró literatura científica, como *papers* de investigación y normativas de Casas Clasificadoras como Bureau Veritas (BV), *American Bureau of Shipping* (ABS) y *Lloyd's Register*, que proponen parámetros o métodos de operación en zonas oceánicas, de tal forma que se pueda adaptar y aplicar a las legislaciones y normativas chilenas existentes que regulan el espacio marítimo. Se identificaron los alcances, ventajas y desventajas de este nuevo marco regulatorio, basado en las experiencias internacionales, legislaciones y normativas existentes. Además, se contempló el uso de indicadores que regulen el diseño de los elementos mínimos que pertenecen a la unidad de cultivo (sistema de fondeo, sistema de flotación, redes, sistemas de conexión, etc.) a través de factores de seguridad con el fin

de asegurar la integridad estructural para disminuir las probabilidades de colapso en el tiempo debido a la fatiga de material, lo que podría llevar a un escape de peces.

Finalmente, una vez recopilada la información existente de las normas que regulan los cultivos acuícolas en alta mar, se proponen criterios y/o indicadores que se deben incluir en una normativa de estas características.

5.2.2 Determinar las características oceanográficas y meteorológicas, que se deben considerar para el desarrollo de la acuicultura oceánica, incluyendo las características para instalación, operación y la sustentabilidad ambiental de la actividad.

Para la determinación de las características oceanográficas y meteorológicas a considerar en el desarrollo de la AO, se realizó una completa recolección de datos, tanto meteorológicos como oceanográficos, los que fueron obtenidos a partir de la información satelital e *in-situ* disponible para el área de estudio. Además, se consideró la información proveniente de modelos.

Para el análisis oceanográfico se utilizaron los datos de Temperatura Superficial del Mar (TSM) del producto nivel 4 GHRSSST MUR (*Group for High Resolution Sea Surface Temperature–Multi–scale Ultra high Resolution*, <https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/MUR-JPL-L4-GLOB-v4.1>), el cual es un producto combinado de las observaciones satelitales provenientes de los sensores AMSRE, MODIS, AVHRR, y del radiómetro de microondas de la armada de Estados Unidos a bordo de WindSat, junto a mediciones *in-situ* de la temperatura superficial del mar asociadas al proyecto iQuam de la NOAA. En cuanto a los datos de corrientes geostroficas, y nivel del mar fueron obtenidos a partir del producto combinado de los tres satélites con mayor continuidad temporal, las misiones Jason 2, Cryosat-2 y Saral, del producto Ssalto/Duacs AVISO 204 (Duacs/AVISO, 2014), distribuido por CMEMS (http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=SEALEVEL_GLO_PHY_L4_NRT_OBSERVATIONS_008_046). Además, se utilizó el campo de corrientes obtenido de un producto de reanálisis distribuido por *Copernicus Marine Environment Monitoring Service* (CMEMS), disponible en <http://marine.copernicus.eu/>, el cual resuelve la dinámica de mesoescala (resolución horizontal de 1/12). En particular, se utilizó la base de datos asociada al producto GLORYS12V1, correspondiente a los resultados de la plataforma de simulación numérica hidrodinámica NEMO forzada por el producto atmosférico de reanálisis ECMWF ERA-Interim. Además, GLORYS asimila datos de altimetría de anomalía en el nivel del mar (along-track), datos satelitales de temperatura superficial del mar y concentración de hielo marino, y perfiles verticales in situ de temperatura y salinidad. Esta información fue complementada con datos *in-situ* (olas, corrientes, temperatura, salinidad, etc.), provenientes de mediciones realizada por boyas, puntos fijos de medición (*e.g.*, mareógrafos de la Armada) o cruceros realizados en el área de estudio, como los proyectos exASIPA, FIPA, CIMAR, FONDECYT, boyas

ARGO, etc., que incluyen las variables de interés como oxígeno disuelto, floraciones algales nocivas (FAN), entre otros.

En cuanto al análisis meteorológico, se obtuvieron datos de las variables meteorológica de presión, viento y temperatura, las cuales fueron obtenidas del sistema de reanálisis atmosférico global ERA5 (<https://rda.ucar.edu/datasets/ds633.0/index.html#!description>) que proporciona estimaciones por hora de una gran cantidad de variables climáticas atmosféricas, terrestres y oceánicas para la tierra con una resolución espacial de 30 km, utilizando 137 niveles verticales para resolver la atmósfera hasta una altura de 80 km. Además de combinar grandes cantidades de observaciones históricas en estimaciones globales utilizando sistemas avanzados de modelado y asimilación de datos, es capaz de estimar los sesgos entre observaciones y tamizar datos de buena calidad a partir de datos deficientes. Los datos obtenidos cubren un periodo de 40 años (1979-2019), con los que se confeccionaron mapas de distribución espacial, agrupados por estación del año, y se crearon 10 estaciones virtuales ubicadas estratégicamente sobre la línea de costa de base recta, las que se distribuyeron de tal manera de evaluar los cambios en el recorrido de norte a sur de la zona en estudio (Figura 4), en la cuales se analizaron con detalle el comportamiento de las variables mencionadas en la línea de tiempo, obteniéndose valores estadísticos de medias, máximos, mínimos, frecuencia, etc.



Figura 4. Ubicación de las estaciones virtuales sobre la línea de costa con base recta utilizada para este estudio.

En este caso esta información, al igual que la oceanográfica, será complementada con datos *in-situ* provenientes de estaciones meteorológicas fijas, pertenecientes al Servicio Meteorológico de la Armada (*e.g.*, Faro Punta Corona, Faro Isla Guafo) ubicadas en la zona de estudios.

Una vez recopilada la información, mediante técnicas de análisis de serie de tiempo, se estudiaron las condiciones medias y variabilidad del ambiente en el área de estudio. Utilizando la implementación en MATLAB del *MultiTaper Method–Singular Value*

Descompostion (MTM-SVD) de Correa-Ramirez & Hormazabal (2012), se identificaron las fluctuaciones estadísticamente significativas y espacialmente coherentes en las variables estudiadas dentro de esta región. Este método realiza estimaciones espectrales mediante el uso de un conjunto de ventanas ortogonales o Tapers, los que actúan como filtros óptimos pasa banda sobre cada serie de tiempo, reduciendo la varianza asociada a dicha estimación (Thomson, 1982). Al emplear una descomposición del valor singular (SVD, por sus siglas en inglés) sobre cada estimación espectral obtenida con el MTM de todas las series de tiempo, el método realiza una descomposición ortogonal de la variabilidad del campo estudiado en el dominio espacio-frecuencia, generando una combinación lineal óptima de cada estimación espectral que maximiza la varianza explicada, tanto en amplitud y fase, de las oscilaciones presentes para cada frecuencia (para detalles del método ver Mann & Park, 1999; Correa-Ramirez & Hormazabal, 2012). La estimación espectral que este método realiza resulta de componer por cada frecuencia, de manera independiente, el valor propio del primer modo normalizado respecto a los demás modos. Debido a que la potencia de la señal se realiza localmente en cada una de las frecuencias del dominio espectral, el espectro resultante es comúnmente denominado como el espectro de “Varianza Local Fraccional” (LFV, por sus siglas en inglés). En este estudio el análisis MTM-SVD se realizó con un parámetro de ancho de banda igual a dos y tres ventanas ortogonales (Tapers). Los niveles de 50, 80, 90, 95 y 99% de significancia, se obtuvieron del promedio de los LFV de 10000 estimaciones iterativas bootstrap (remuestreo temporalmente aleatorio), separándolos en secular y no secular. Con los resultados obtenidos se discutirán los posibles procesos oceanográficos involucrados.

Finalmente, se generará un repositorio de los datos obtenidos que servirán como apoyo para la selección de potenciales áreas de cultivo *off-shore*, dentro de los próximos capítulos. Este repositorio de datos se realizará de acuerdo con los requerimientos técnicos presentados en la sección 13 de las Bases Técnicas del Proyecto.

5.2.3 Determinar las características ambientales químicas (e.g. oxígeno disuelto, nutrientes, pH, etc.) y biológicas (e.g. clorofila, FAN, AMBI, etc.) que se deben considerar para el desarrollo de la acuicultura oceánica dentro del marco de la sustentabilidad ambiental.

5.2.3.1 Estado del Arte

La elaboración del estado del arte de la AO y su relación con la variabilidad biogeoquímica, se realizó una rigurosa búsqueda de trabajos científicos a través de la siguiente base de datos:

- Web of science, <http://www.webofknowledge.com/>
- Scopus, <https://www.scopus.com/>
- Scholar Google, <https://scholar.google.com/>
- Scielo, <https://scielo.org/es/>

- Biblioteca Electrónica de Información Científica (BEIC), <https://www.beic.cl>

5.2.3.2 Normativas de acuicultura oceánica internacionales

Adicionalmente, se realizó una recopilación de los principales aspectos biogeoquímicos que consideran diferentes legislaciones y normativas internacionales en los cuales se desarrolla activamente la AO.

5.2.3.3 Variabilidad horizontal, vertical y temporal de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto

La zona de estudio, se caracterizó en términos de variabilidad espacial y estacional de temperatura salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes (nitrato y fosfato) considerando las siguientes fuentes de información:

- Información del World Ocean Data Base (<https://www.nodc.noaa.gov>).
- Información de los cruceros oceanográficos solicitada al Centro Nacional de Datos Hidrográficos y Oceanográficos de Chile (CENDHOC).
- Boyas derivadoras que, para la zona de estudio, cuentan con mediciones de temperatura y salinidad, pero no de oxígeno.

Utilizando esta información, se determinó la variabilidad vertical promedio de cada variable, por estación del año (i.e., verano, otoño, invierno y primavera). Adicionalmente, se realizaron capas de distribución horizontal de cada variable en 11 estratos de profundidad entre la superficie y 100 m de profundidad. Esto se realizó para cada estación del año. Cada una de estas distribuciones se caracterizó definiendo los principales patrones. La información utilizada para cada variable se detalla a continuación.

Temperatura. La descripción de la variabilidad de temperatura incluye mediciones realizadas en cruceros oceanográficos y boyas derivadoras. Un total de 148162 mediciones en los primeros 100 m de la columna de agua y entre la costa y 84°W fueron considerados para realizar la climatología y distribución vertical de temperatura. La información de cruceros oceanográficos se obtuvo del Centro Nacional de Datos Hidrográficos y Oceanográficos (CENDHOC) y del World Ocean Atlas (<https://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa18/>). La información de boyas derivadoras se obtuvo de (<http://www.argodatamgt.org/>).

Salinidad. La descripción de la variabilidad de salinidad en la zona de estudio, incluye mediciones realizadas en cruceros oceanográficos y boyas derivadoras. Un total de 127401 mediciones de salinidad en los primeros 100 m de la columna de agua y entre la costa y 84°W fueron considerados para realizar la climatología y distribución vertical de

salinidad. La información de cruces oceanográficos se obtuvo del Centro Nacional de Hidrografía y Oceanografía de Chile (CENDHOC) y del World Ocean Atlas (<https://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa18/>). La información de boyas derivadoras se obtuvo de (<http://www.argodatamgt.org/>).

Oxígeno. La descripción de la variabilidad de oxígeno disuelto se realiza con una menor cantidad de datos que para la descripción de la variación de temperatura y salinidad. Debido a que la información disponible proveniente de boyas derivadoras en la región no cuenta con mediciones de oxígeno disuelto, los datos de oxígeno considerados para la descripción de la región, se limitaron a información obtenida de cruces oceanográficos a través de la información entregada por CENDHOC y obtenida del World Ocean Atlas (<https://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa18/>). Esta información cubre gran parte de la región de estudio, aunque la frecuencia en el tiempo es baja. En total, entre superficie y 100 m de profundidad, se cuenta con un total de 7214 datos. Sin embargo, la cantidad de datos varía por estrato de profundidad entre 72 y 294 dependiendo de la estación del año. La distribución de oxígeno disuelto en 11 estratos de profundidad (1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m) por mes del año, considerando toda la información disponible. Sin embargo, debido a que la mayoría de los meses presentan muy pocos datos disponibles, se realizaron los análisis de distribución de oxígeno por estación del año (verano, otoño, invierno y primavera).

Nutrientes. La información de nutrientes en la zona de estudio se obtuvo de cruces oceanográficos a través de la información entregada por CENDHOC y obtenida del World Ocean Atlas (<https://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa18/>). Esta información incluye solo datos de nitrato y fosfato y cubre una parte de la región de estudio, principalmente en la región más cercana a la costa. Sin embargo, existen algunas mediciones provenientes de cruces puntuales en aguas más oceánicas. En total, entre superficie y 100 m de profundidad, se cuenta con un total de 1034 datos de la concentración de nitrato y 3365 datos de la concentración de fosfato. La cantidad de datos varía por estrato de profundidad entre 2 y 47 para nitrato y entre 4 y 185 para fosfato dependiendo de la estación del año.

Clorofila-a satelital. Los datos de concentración de clorofila-a superficial corresponden al producto semanal L3 Chlorophyll-a Case I, de 4 km de resolución, generado y distribuido por *GlobColour* (<http://www.globcolour.info/>), el cual combina las misiones *SeaWiFS*, *MODIS-Aqua*, *MERIS* y *VIIRS*, mejorando la cobertura espacial y temporal del registro, que normalmente es afectada por la nubosidad de la región.

5.2.4 Analizar la información espacial referente al uso del espacio marítimo en torno a las potenciales áreas de acuicultura oceánica, que dada las características identificadas en los objetivos específicos 2 y 3, permitirían el desarrollo de dicha actividad.

Para el análisis espacial de uso del espacio marítimo en torno a las potenciales áreas de AO, se consideró un área que abarca, de norte a sur, desde la frontera marina entre la región de Los Ríos y la región de Los Lagos (40°14'50" S y 73°43'04" W) y la frontera marina sur entre la región de Aysén y la región de Magallanes (41°48'23" S y 74°03'06" W).

W). De este a oeste se consideró las zonas expuestas al Océano Pacífico a partir del límite de las 5 mn de reserva para la pesca artesanal por el este, sin especificar a priori un límite hacia el oeste. La Figura 5 muestra la zona geográfica considerada.

Para la visualización de los usos potencialmente competitivos de estas zonas, se realizó un mapeo de los principales usos asociados, considerando la pesca, el cabotaje y transporte marítimo (personas y mercancías, incluyendo wellboats). De manera complementaria se consideró zonificaciones de otros usos como son los Espacios Costeros Marinos de los Pueblos Originarios (ECMPO) y las Áreas Marinas Protegidas (AMPs). Igualmente, se consideró las rutas de migraciones de grandes mamíferos (cetáceos, delfines, marsopas y otros) con miras a minimizar los potenciales efectos de la AO.

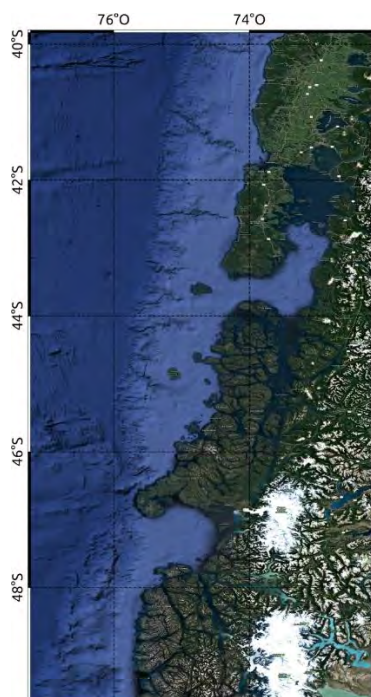


Figura 5. Mapa general zona oceánica y mar interior de las regiones de Los Lagos y de Aysén (Fuente: elaboración propia).

Para la información de los usos pesqueros se determinó las zonas de pesca más utilizadas mediante sistema de monitoreo de embarcaciones tales como *Global Fishing Watch* (<https://globalfishingwatch.org/map/>), a través de información de SERNAPESCA y DIRECTEMAR. Respecto del cabotaje utilizó la información de la DIRECTEMAR para determinar las rutas de navegación más utilizadas, incluyendo número y frecuencia de viajes al año.

Para la información sobre los ECMPO y de AMPs se utilizó la información del Visualizador de Mapas de la SUBPESCA (<https://mapas.subpesca.cl/ideviewer/>). Para la obtención de información sobre la migración de mamíferos marinos se consideró información secundaria de la literatura internacional incluyendo artículos científicos e informes técnicos de organizaciones nacionales e internacionales (*e.g.*, Atlas 2012, CPPS/PNUMA sobre distribución, rutas migratorias, hábitats críticos y amenazas para

grandes cetáceos; <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:-77.3/centery:-44.0/zoo m:6>). A partir de la información anterior se construyó un conjunto de capas temáticas con las cuáles se geo-referenció para el análisis posterior en la ejecución del objetivo específico 5.

5.2.5 Identificar las áreas óptimas para realizar la actividad de acuicultura oceánica, en base a las capas identificadas en los objetivos 2, 3 y 4, para promover la actividad de acuicultura oceánica sustentable, para las regiones de Los Lagos y Aysén.

Para la identificación de las áreas óptimas para la realización de la AO, se consideró la información obtenida en el objetivo 1, correspondiente a legislaciones, experiencias y normativas existentes en el mundo de la AO, sumado a los resultados de los objetivos 2 y 3, correspondientes a parámetros oceanográficos de operación aptos para el desarrollo sustentable de la actividad, en ámbitos físicos, biológicos y químicos. Además, se consideró los usos del espacio marítimo (pesca, cabotaje, migración de mamíferos, zonas ECMPO y AMPs) en la región de Los Lagos y Aysén que fueron identificados en el objetivo 4.

Por lo tanto, las áreas óptimas para desarrollar la AO nacional fueron definidas bajo diferentes metodologías de impacto ambiental que permitieron seleccionar las variables y actividades adecuadas. Sin embargo, las metodologías no proporcionan respuestas completas a todas las preguntas sobre los impactos posibles de un proyecto o conjunto de alternativas. Como consecuencia, las decisiones finales son producto de la experiencia profesional, aplicación continuada de juicio crítico sobre los insumos de datos y del análisis e interpretación de los resultados. En la Figura 6, se describe esquemáticamente la metodología propuesta adaptada de Stelzenmüller *et al.*, (2017) para este objetivo en particular.

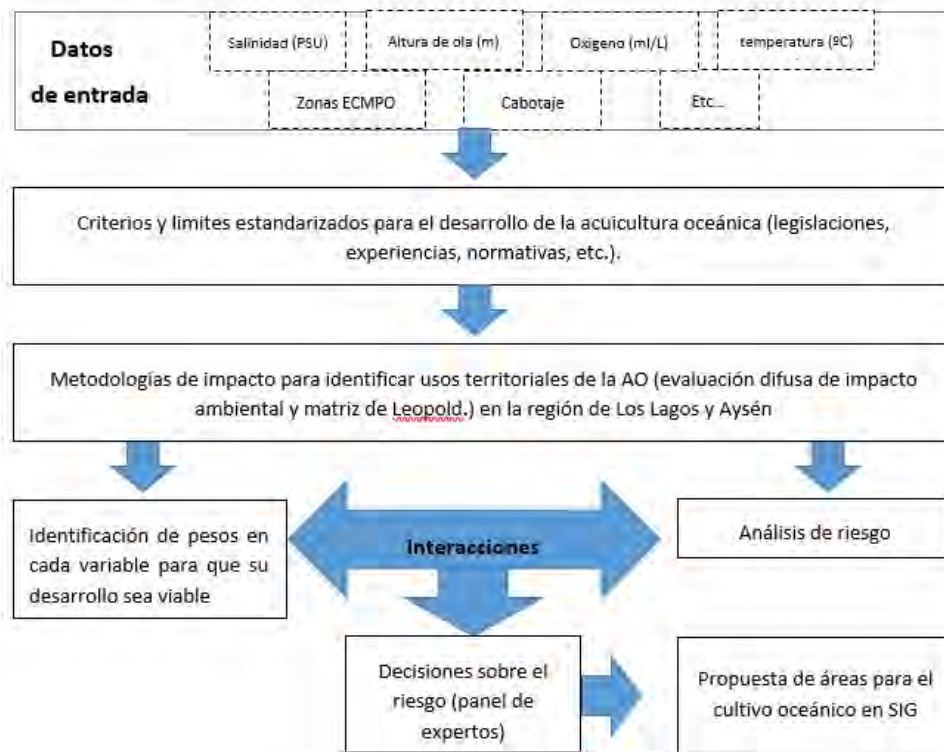


Figura 6. Esquema metodología objetivo específico 5. Propuesta adaptada de Stelzenmüller *et al.* (2017).

1. Clasificación de impactos

Antes de describir algunos métodos tradicionales para estimar el impacto ambiental de las áreas de desarrollo de la AO, se entrega una clasificación de los impactos, que apoyan la evaluación del mismo (Coneza Fdez-Vítora, 1993):

A. Carácter del impacto

Define el sentido del cambio producido por una acción del proyecto sobre el ambiente, respecto al estado previo a esta acción. Este puede ser:

- a) Impacto benéfico o positivo (+): consideración positiva respecto al estado previo de la acción del proyecto.
- b) Impacto dañino o negativo (-): consideración negativa respecto al estado previo a la acción del proyecto.
- c) Impacto neutro (n): consideración neutral
- d) Impacto previsible (x), difícil de calificar sin estudios específicos.

B. Magnitud del impacto

La magnitud del impacto califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental producido sobre un determinado recurso o elemento del ambiente. Para el presente estudio se

propuso el cálculo de una magnitud relativa a través de la comparación entre el valor impactado de un recurso sobre el valor total de dicho recurso en toda la zona del proyecto o en la zona de influencia. Expresada en porcentajes, entre los siguientes rangos:

- Muy alta (80-100%): 8 a 10
- Alta (60-79%): 6 a 7,9
- Media (40-59%): 4 a 5,9
- Baja (20-39%): 2 a 3,9
- Muy baja (0-19%): 0 a 1,9

C. Importancia del impacto

Se refiere a la significación humana del impacto. Esto está en relación directa con la calidad del recurso afectado.

- Sin importancia = 0
- Menor importancia = 1
- Moderada = 2
- Mayor importancia = 3
- Muchísimo mayor = 4

D. Certidumbre del impacto

Se refiere a su probabilidad de ocurrencia y se estima mediante “juicio de expertos”. Se utiliza la siguiente escala:

- Cierto: c
- Probable: p
- Improbable: i
- Desconocido: d

E. Tipo de impacto

Se refiere al modo de producirse el efecto de la acción sobre los elementos o características ambientales. En este sentido puede ser:

- a) Impacto primario (Pr). Es aquél cuyo efecto tiene una incidencia inmediata en algún factor ambiental (i.e. tala de árboles en bosque).
- b) Impacto acumulativo (Ac). Aquel que, al prolongarse en el tiempo, la acción del agente inductor incrementa progresivamente su gravedad al carecer el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la acción causante del impacto (i.e., la construcción de un área recreativa junto a un camino).

- c) Impacto sinérgico (Sn). Aquél que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes o acciones supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente. Se incluye también aquellos que con el tiempo induce la aparición de otros nuevos.

F. Reversibilidad del impacto.

Tiene en cuenta la posibilidad, dificultad o imposibilidad de retornar en forma natural a la situación anterior a la acción. Se clasifica como:

- a) Efecto reversible: las condiciones originales reaparecen al cabo de cierto tiempo.
- b) Efecto irreversible: la sola acción de los procesos naturales es incapaz de recuperar las condiciones originales. Duración del efecto
- c) Efecto temporal: se presenta en forma intermitente o continuada solo mientras dura la actividad.
- d) Efecto permanente: se presenta en forma continuada más allá de la duración de la actividad del proyecto. Puede también ser permanente si tiene un efecto intermitente, pero sin final.

G. Plazo en que se manifestará el efecto

Se define y califica el tiempo en que el impacto tarda en desarrollarse completamente, es decir, califica la forma como evoluciona el impacto, desde que se inicia y manifiesta, hasta que se hace presente plenamente con sus consecuencias. Puede calificarse entre los siguientes rangos:

- Muy rápido (1 mes): 8 a 10
- Rápido (1 a 6 meses): 6 a 7,9
- Medio (12 a 24 meses): 4 a 5,9
- Lento (12 a 24 meses): 2 a 3,9
- Muy lento (24 meses o más): 0,1 a 1,9

H. Efecto considerado en el proyecto

- Si (S): El efecto genera acciones en el Proyecto.
- No (N): El efecto no genera acciones en el Proyecto.

Existen muchas maneras de clasificar los impactos. Diferentes autores sugieren distintos nombres y escalas (Ej., Estevan, 1981).

2. Metodologías de impacto ambiental y socioeconómico

La evaluación ambiental nace como una herramienta de protección ambiental que, apoyada por la institucionalidad acorde a las necesidades de los distintos países, fortalece la toma de decisiones a nivel de políticas, planes, programas y proyectos.

A. Evaluación difusa del impacto ambiental

La primera metodología para desarrollar es la Evaluación difusa del impacto ambiental que fue propuesta por la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud - Eco (OPS). (Doc. CPPS / PNUMA / OCA-PAC / ECO (OPS) WG.1) con el fin de determinar potenciales conflictos. Esta metodología tiene especial aplicación en la localización de proyectos y uso futuro del territorio. La evaluación incluye la consideración de la importancia de algunas variables sobre otras (**peso**) y de los impactos absolutos o relativos de las alternativas (**escalas**) sobre cada variable, ya sea ambiental o socioeconómica (DIRECTEMAR, 1989).

Para entender la metodología de una forma sencilla, se ejemplificará con variables ambientales físicas que pueden intervenir en un módulo de cultivo emplazado en alguna zona oceánica, determinando sus incidencias en las tensiones que se pueden generar en su sistema de fondeo debido a las cargas dinámicas. Cada variable debe ser comparada con todas las demás para determinar cuál de ellas es más importante para el área que se estudia. A la variable que se considere más importante se le asigna el valor de 1, y a la otra el valor de cero. Si no se puede tomar una decisión en lo que a la importancia relativa respecta, o si se considera a las variables como iguales en importancia, a cada una se le asigna el valor 0,5 (Tabla 1).

Tabla 1. Ejemplo de asignación de valores de importancia en variables ambientales físicas sobre las tensiones que se generan en el sistema de fondeo.

Variable	Peso relativo de las variables entre sí					
	Oleaje	Corrientes	Vientos	Marea	Suma	CIR
Oleaje	0,5	1	0,5	1	3,0	0,38
Corrientes	0	0,5	0	1	1,5	0,18
Vientos	0,5	1	0,5	1	3,0	0,38
Marea	0	0	0	0,5	0,5	0,06
Total					8,0	1,0

En la Tabla 1, las columnas bajo el encabezado “Peso relativo de las variables” representan los resultados de las comparaciones variable-por-variable. Los valores asignados a cada variable se suman (ver columna de suma). Cada suma es dividida por el total de sumandos (en este caso 8) para determinar el Coeficiente de Importancia Relativa (CIR) (ver última columna). Se pueden hacer dos verificaciones, en lo que a cálculos se refiere, utilizando los totales en la tabulación: el total de la columna “suma” debe totalizar

$N(N-1)/2$, donde N es igual al número de variables consideradas y la columna del CIR debe totalizar la unidad que muestra el peso de cada variable.

Para este caso de ejemplo, el oleaje y el viento en condiciones oceánicas poseen un coeficiente de importancia relativa mayor respecto a las demás variables, por lo tanto, son candidatos para generar mayores tensiones en el sistema de fondeo en un módulo de cultivo. A continuación, las variables se deben analizar para cada alternativa (escala) existente de aplicación (límites ambientales de operación, frecuencias de probabilidad de ocurrencia, etc.). En la Tabla 2, se muestra un ejemplo del uso de la escala donde se deben comparar para cuatro planes alternativos (o más, o menos, según sea el caso), incluyendo los impactos en cada variable X. El procedimiento sugiere cuál de los planes o alternativas, tomados de a dos, tendrá un impacto más benéfico según sea el caso. Se le asigna un valor de 1 al más deseable del par, y cero al menos deseable. Si dos planes tienen un impacto similar, se le asigna un valor de 0,5 a cada uno. En este ejemplo se han predicho los impactos de cuatro alternativas sobre la variable oleaje de la manera siguiente:

Alternativas

- A: Tormenta con un periodo de retorno de 5 años
- B: Tormenta con un periodo de retorno de 10 años
- C: Tormenta con un periodo de retorno de 25 años
- D: Tormenta con un periodo de retorno de 50 años

Tabla 2. Ejemplo asignación de Escala para oleaje

Alternativas	Escala relativa entre alternativas					
	5 años	10 años	25 años	50 años	Suma	CSA
5 años	0,5	1	1	1	3,5	0,44
10 años	0	0,5	1	1	2,5	0,31
25 años	0	0	0,5	1	1,5	0,19
50 años	0	0	0	0,5	0,5	0,06
Total					8	1,0

Las columnas bajo el título de “Escala relativa entre alternativas” presentan los resultados de las comparaciones entre pares de alternativas. Los valores asignados para cada alternativa se suman (ver columna suma). Cada suma es dividida por el total de los sumandos (en este caso 8) para determinar el Coeficiente de Selección de Alternativas (CSA) (ver última columna). Por lo tanto, este procedimiento se debe repetir para cada una de las variables (viento, corriente, marea, etc.).

➤ Presentación de resultados

Los resultados de la técnica de escala y peso se presentan en una matriz final de coeficientes. Un ejemplo de una matriz final de coeficientes que enumera los CIR cuatro

variables y los CSA para cuatro alternativas se muestran en la Tabla 3, la matriz final de coeficientes representa los productos del CIR (óvalo vertical) y del CSA (óvalo horizontal) de cada alternativa para cada variable, que se está considerando. La suma de los valores individuales, como se ve en la matriz final de coeficientes conduce a la identificación de las alternativas más favorables para que **NO** colapse el módulo de cultivo respecto al caso de estudio.

En el ejemplo presentado en la Tabla 3, la alternativa más favorable para el caso de estudio es el oleaje con una tormenta que tiene una probabilidad de ocurrencia en 5 años, debido a que su impacto en las tensiones del sistema de fondeo es bajo respecto a los demás eventos extremos. Por lo tanto, tiene menos probabilidades de colapso, por ende, menos probabilidades de escape de peces.

Tabla 3. Ejemplo de una matriz final de coeficientes.

Variable	CIR	CSA de alternativas				CIR X CSA			
		5 años	10 años	25 años	50 años	5 años	10 años	25 años	50 años
Oleaje	0,38	0,44	0,31	0,19	0,06	0,17	0,12	0,07	0,02
Corrientes	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-
Vientos	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-
Marea	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
Total						0,17	0,12	0,07	0,02

Luego de realizar los análisis de cada variable obtenida en los objetivos anteriores, se complementará la metodología presente con la matriz de Leopold.

B. Matriz de Leopold

Para la utilización de la matriz de Leopold, el primer paso consiste en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual, se deben tomar en cuenta todas las actividades que pueden tener lugar debido al proyecto. La matriz de Leopold es global ya que cubre las características geofísicas, socioeconómicas, biológicas, físicas y químicas de un proyecto en particular a través de la magnitud e importancia de cada una de ellas (Leopold *et al.*, 1971).

- a) Magnitud (M): Valoración del impacto o de la alteración potencial a ser provocada, grado, extensión o escala; se coloca en la mitad superior izquierda del cuadro. Hace referencia a la intensidad, a la dimensión del impacto en sí mismo y se califica de 1 a 10 de menor a mayor, anteponiendo un signo + para los efectos positivos y – para los negativos.
- b) Importancia (I): Valor ponderal, que da el peso relativo del potencial impacto, se escribe en la mitad inferior derecha del cuadro. Hace referencia a la relevancia del

impacto sobre la calidad del medio, y a la extensión o zona territorial afectada, se califica también de 1 a 10 en orden creciente de importancia.

Esta metodología se basa en cada área disponible de análisis en el cual se pueda desarrollar la AO sustentable, determinando los posibles riesgos (Tabla 4). Donde cada uno tendrá una importancia relativa para determinar las áreas aptas para la acuicultura oceánica (AAAO). Considerando que factores y limitaciones del espacio son proporcionados por la geografía, el mecanismo de planificación espacial marina (restricciones regulatorias, pautas de sedimento, agua y calidad ecológica, áreas de importancia de la pesca salvaje, áreas marinas protegidas y preocupaciones de navegación) y requisitos para el desarrollo (batimetría, calidad del agua para crecimiento y supervivencia, hidrodinámica, etc.) (Inglis *et al.*, 2000; McKindsey *et al.*, 2006). Para explicar de mejor manera esto, se presenta una tabla ejemplo para la aplicación de la matriz de Leopold para obtener los niveles de riesgo de cada variable en cada zona oceánica (Tabla 4 y

Tabla 5).

Tabla 4. Tabla de valores de importancia relativa de la magnitud e importancia de los impactos.

Valor de M*I	Color	Significado
+100 a +50		Riesgo altamente positivo
+49 a +1		Riesgo positivo
0		No aplica
-1 a -50		Riesgo negativo
-50 a -100		Riesgo altamente negativo

Tabla 5. Análisis para cada zona oceánica entre la región de Los Lagos y Aysén

Variables importantes para el desarrollo de la AO		Zona X oceánica entre la región de los Lagos y Aysén para instalar un centro de cultivo	Tipo de riesgo
Variables oceanográficas físicas	Condiciones de oleaje	(Magnitud/importancia)	M*I
	Condiciones de viento	(Magnitud/importancia)	M*I
	Condiciones de corriente	(Magnitud/importancia)	M*I
	Condiciones de marea	(Magnitud/importancia)	M*I
Variables oceanográficas químicas	Condiciones de oxígeno	(Magnitud/importancia)	M*I
	Condiciones de nutrientes	(Magnitud/importancia)	M*I
	Condiciones de PH	(Magnitud/importancia)	M*I
Zonificación	ECMPO	(Magnitud/importancia)	M*I
	AMPs	(Magnitud/importancia)	M*I

	Rutas de migración	(Magnitud/importancia)	M*I
Usos competitivos de la zona	Pesca	(Magnitud/importancia)	M*I
	Cabotaje marítimo	(Magnitud/importancia)	M*I
Etc.	Etc.	(Magnitud/importancia)	M*I

Luego de obtener los niveles de riesgo para cada variable se deben considerar los resultados de la primera metodología para procesar la información con un panel de expertos (*es también referido como dictamen profesional que representa un método ampliamente utilizado para los procesos de impactos medio ambientales. Este método se utiliza normalmente para señalar los impactos específicos de un proyecto sobre los diferentes componentes medios ambientales. El objetivo es recoger el conocimiento profesional de expertos en áreas temáticas específicas y de actualidad. Tal conocimiento codificado a través de una serie de reglas o experiencias prácticas*) para determinar las zonas geográficas que son óptimas para el desarrollo de la AO.

3. Propuesta de posibles áreas de cultivo para la acuicultura oceánica

Una vez realizados los análisis anteriormente mencionados, se confeccionó un Sistema de Información Geográfica (SIG) adecuado a las necesidades particulares de este proyecto, en donde se mapearon las posibles áreas de cultivo para AO. El SIG propuesto tendrá la función de extraer, manipular, cruzar y generar nueva información a partir de los datos indexados espacialmente procedentes de la etapa de compilación y pre-procesamiento de datos indicados en la sección 6.2 y 6.3. La confección de un SIG permitió manejar las bases de datos heterogéneas, por ejemplo, compuesta de capas vectoriales y *raster*, y de múltiples capas y desde ellas realizar consultas sobre de la existencia, ubicación y las propiedades de diversos objetos y áreas en base a reglas previamente establecidas que se configuran como flujos seguidos en un análisis de modelado de datos, por ejemplo, la operacionalización de la metodología presentada.

El procesamiento masivo de datos dentro de los *SIGs* ocurre generalmente bajo un lenguaje de programación acoplado al sistema y sus paquetes, disponible mediante un entorno específico, como *shell/prompt* del lenguaje de programación. Python es actualmente el lenguaje de programación más utilizada en el campo del análisis espacial de datos geográficos y está disponible en muchas herramientas *SIG*.

En este contexto, el pre-procesamiento de los datos ambientales para el presente proyecto (*e.g.*, la confección de climatologías, anomalías o extracción de series temporales) se realizó en *scripts* Python 3

Para el presente proyecto se consideró la confección de un SIG basado en las herramientas SIG Qgis o ArcGis.

4. Confección de una base de datos espaciales

Una base de datos geográfica, también conocida por base de datos espaciales, es un sistema gestor de base de datos que almacena y maneja información geográfica y datos espaciales. La principal ventaja de las bases de datos espaciales es que permiten que una herramienta SIG utilice sistemas de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS), lo que incluye soporte para SQL y la capacidad de generar consultas geoespaciales complejas. Para el presente proyecto se consideró la confección de una base de datos espaciales *GeoPackage de Qgis o FileGDB (Gedodatabase) de ArcGIS (ESRI)*. Esta base de datos se realizó de acuerdo con los requerimientos técnicos presentados en la sección 13 de las Bases Técnicas del Proyecto. Toda información geográfica producida en el presente proyecto o banco de datos espaciales, cumple con las normas presentes en la Secretaría Ejecutiva del SNIT- IDE Chile, Ministerio de Bienes Nacionales del Gobierno de Chile (<http://www.ide.cl/acerca-de/que-es-una-ide/normas-y-estandares.html>).

5.2.5.1 Metodología taller de expertos

PRIMER PASO DEL TALLER

Evaluación difusa de impacto ambiental

Esta metodología tiene especial aplicación en la localización de proyectos y uso futuro del territorio. La evaluación incluye la consideración de la importancia de algunas variables sobre otras (peso) y de los impactos absolutos o relativos de las alternativas (escalas) sobre cada variable, ya sea ambiental o socioeconómica.

Para entender la metodología de una forma sencilla, se ejemplificará con variables ambientales físicas que pueden intervenir en un módulo de cultivo emplazado en alguna zona oceánica, determinando sus incidencias en las tensiones que se pueden generar en su sistema de fondeo debido a las cargas dinámicas. Cada variable debe ser comparada con todas las demás para determinar cuál de ellas es más importante para el área que se estudia. **A la variable que se considere más importante se le asigna el valor de 1, y a la otra el valor de 0.** Si no se puede tomar una decisión en lo que a la importancia relativa respecta se puede asignar 0,75 o 0,25, o si se considera a las variables como iguales en importancia, a cada una se le asigna **el valor 0,5**.

Tabla 6. Tabla ejemplo CIR para cada variable.

Variable	Peso relativo de las variables					
	Oleaje	Corrientes	Viento	Marea	Suma	CIR
Oleaje	0,5	1	0,5	1	3,0	0,38
Corrientes	0	0,5	0	1	1,5	0,18
Viento	0,5	1	0,5	1	3,0	0,38

Marea	0	0	0	0,5	0,5	0,06
				Total	8,0	1,0

Las columnas bajo el encabezado “Peso relativo de las variables” representan los resultados de las comparaciones variable-por-variable. Los valores asignados a cada variable se suman (ver columna de suma). Cada suma es dividida por el total de sumandos (en este caso 8) para determinar el Coeficiente de Importancia Relativa (CIR) (ver última columna). Se pueden hacer dos verificaciones, en lo que a cálculos se refiere, utilizando los totales en la tabulación: el total de la columna “suma” debe totalizar $N(N-1)/2$, donde N es igual al número de variables consideradas y la columna del CIR debe totalizar la unidad que muestra el peso de cada variable. Para este caso en particular, el oleaje y el viento en condiciones oceánicas poseen un coeficiente de importancia relativa mayor respecto a las demás variables, por lo tanto, son candidatos para generar mayores tensiones en el sistema de fondeo en un módulo de cultivo.

A continuación, las variables se deben analizar para cada alternativa (escala) existente de aplicación (límites ambientales de operación, frecuencias de probabilidad de ocurrencia, etc.). En la siguiente Tabla, se muestra un ejemplo del uso de la escala donde se deben comparar para cuatro planes alternativos (o más, o menos, según sea el caso), incluyendo los impactos en cada variable. El procedimiento trata simplemente de decir cuál de los planes o alternativas, tomados de a dos, tendrá un impacto más benéfico según sea el caso. **Se le asigna un valor de 1 al más deseable del par, y 0 al menos deseable.** Si dos planes tienen un impacto similar, se le asigna un **valor de 0,5 a cada uno.** En este ejemplo se han predicho los impactos de cuatro alternativas sobre la variable oleaje de la manera siguiente:

Ejemplo - ESCALA

Alternativas

A: Oleaje con Altura de ola significativa (Hs) de 1 m.

B: Oleaje con Altura de ola significativa (Hs) de 3 m.

C: Oleaje con Altura de ola significativa (Hs) de 5 m.

D: Oleaje con Altura de ola significativa (Hs) de 7 m.

Tabla 7. Tabla ejemplo CSE para cada variable cuantificada.

Alternativas	Escala relativa entre alternativas					Suma	CSA
	Hs : 1 [m]	Hs : 3 [m]	Hs : 5 [m]	Hs : 7 [m]			
Hs : 1 [m]	0,5	1	1	1	3,5	0,44	
Hs : 3 [m]	0	0,5	1	1	2,5	0,31	

Hs : 5 [m]	0	0	0,5	1	1,5	0,19
Hs : 7 [m]	0	0	0	0,5	0,5	0,06
Total					8,0	1,0

Las columnas bajo el título de “Escala relativa entre alternativas” presentan los resultados de las comparaciones entre pares de alternativas. Los valores asignados para cada alternativa se suman (ver columna suma). Cada suma es dividida por el total de los sumandos (en este caso 8) para determinar el Coeficiente de Selección de Escalas (CSE) (ver última columna). Por lo tanto, este procedimiento se debe repetir para cada una de las variables.

SEGUNDO PASO DEL TALLER

Presentación de resultados

Los resultados de la técnica de escala y peso se presentan en una matriz final de coeficientes. Un ejemplo de una matriz final de CIR cuatro variables y los CSE para cuatro alternativas se muestran en la Tabla 44. La matriz final de coeficientes representa los productos del CIR (óvalo vertical) y del CSE (óvalo horizontal) de cada alternativa para cada variable, que se está considerando. La suma de los valores individuales, como se ve en la matriz final de coeficientes conduce a la identificación de las alternativas más favorables para que **NO colapse el módulo de cultivo respecto al caso de estudio (en este ejemplo en particular)**.

Tabla 8. Ejemplo tabla resumen CIR – CSE.

Variable	CIR	CSA de alternativas			
		Hs : 1 [m]	Hs : 3 [m]	Hs : 5 [m]	Hs : 7 [m]
Oleaje	0,38	0,44	0,31	0,19	0,06
		m/s	m/s	m/s	m/s
Corrientes	0,18	-	-	-	-
		m/s	m/s	m/s	m/s
Viento	0,38	-	-	-	-
		m	m	m	m
Marea	0,06	-	-	-	-

En la Tabla 8 se puede observar que la alternativa más favorable es la altura significativa de 1 m debido a que su impacto en las tensiones del sistema de fondeo es bajo respecto a las demás condiciones. Por lo tanto, tiene menos probabilidades de colapso, por ende, menos probabilidades de escape de peces.

En este contexto, la **matriz final de coeficientes nos permite identificar qué variable y a qué escala es favorable el desarrollo de la AO en ámbitos de producción, oceanografía, meteorología y operación e infraestructura**. Por lo tanto, cada **experto** en base a su **experiencia empírica y teórica** debe relacionar la variable con cada ámbito mencionado anteriormente. Por ejemplo, relacionar el oxígeno disuelto con el ámbito de producción y/o la velocidad del viento con la operación, etc.

TERCER PASO DEL TALLER

Matriz de Leopold

Para desarrollar la matriz de Leopold es necesario identificar las interacciones existentes, para lo cual, se deben tomar en cuenta todas las actividades que se desarrollaran en el proyecto. La matriz de Leopold es global ya que cubre las características geofísicas, socioeconómicas, biológicas, físicas y químicas de un proyecto en particular a través de la magnitud e importancia de cada una de ellas.

a) Magnitud (M): Valoración del impacto o de la alteración potencial a ser provocada, grado, extensión o escala; se coloca en la mitad superior izquierda del cuadro. Hace referencia a la intensidad, a la dimensión del impacto en sí mismo y se califica de 1 a 10 de menor a mayor, anteponiendo un signo + para los efectos positivos y – para los negativos.

b) Importancia (I): Valor ponderal, que da el peso relativo del potencial impacto, se escribe en la mitad inferior derecha del cuadro. Hace referencia a la relevancia del impacto sobre la calidad del medio, y a la extensión o zona territorial afectada, se califica también de 1 a 10 en orden creciente de importancia.

Tabla 9. Tabla de valores de importancia relativa de la magnitud e importancia de los impactos.

Valor de M*I	Color	Significado
+100 a +50		Potencial impacto altamente positivo
+49 a +1		Potencial impacto positivo
0		Potencial impacto neutro
-1 a -50		Potencial impacto negativo
-50 a -100		Potencial impacto altamente negativo

Tabla 10. Análisis para cada zona oceánica entre la región de los Rios de los Lagos y Aysen.

Variables importantes para el desarrollo de la AO	Zona X oceánica entre la región de los Lagos y Aysén para instalar un centro de cultivo	Tipo de impacto
Condiciones de oleaje	(Magnitud/importancia)	M*I

Variables oceanográficas físicas	Condiciones de viento	(Magnitud/importancia)	M*I
	Condiciones de corriente	(Magnitud/importancia)	M*I
	Condiciones de marea	(Magnitud/importancia)	M*I
Variables oceanográficas químicas	Condiciones de oxígeno	(Magnitud/importancia)	M*I
	Condiciones de nutrientes	(Magnitud/importancia)	M*I
	Condiciones de PH	(Magnitud/importancia)	M*I
Etc.	Etc.	(Magnitud/importancia)	M*I

Considerando lo anterior, en el taller estuvieron presentes los siguientes expertos para discutir y desarrollar la metodología propuesta:

INVITADOS DEL TALLER

Tabla 11 - Asistentes al taller de expertos

Nombre	Institución
Eugenio Zamorano	Subsecretaria de pesca y acuicultura
Susana Giglio	Subsecretaria de pesca y acuicultura
Felipe Hurtado	Pontificia Universidad Catolica de Valparaíso
Jean Pierre Toledo	Pontificia Universidad Catolica de Valparaíso
Jesús Lopez	Pontificia Universidad Catolica de Valparaíso
Marcela Cornejo	Pontificia Universidad Catolica de Valparaíso
Joaquim Neto	Pontificia Universidad Catolica de Valparaíso
Miguel Fernández	Pontificia Universidad Catolica de Valparaíso
Luis Valencia	Pontificia Universidad Catolica de Valparaíso
Erika Sagardia	Pontificia Universidad Catolica de Valparaíso
Andrea Salinas	Pontificia Universidad Catolica de Valparaíso
Alonso Echeverria	Aex group

Álvaro Pérez	Mowi
Alejandro de la Maza	Directemar
Fabián Gómez	Universidad de concepción
Patricio Winckler	Universidad de Valparaíso
Jaime Aguilera	Pontificia Universidad Catolica de Valparaíso
Mauricio Reyes	Akva Group
Osvaldo Lorca	Experto plataforma offshore - brasil
Walter Bushman	Wallbusch
Cristian Olivares	Invermar
Nicolás Castillo	EcoSea Farming
Manuel Castillo	Universidad de Valparaíso
Ivan Pérez	Universidad de lo Lagos
Elías Pinilla	Instituto fomento pesquero
Alejandro Barrientos	Subsecretaria de pesca y acuicultura
Marcelo Campos	Acuasesoria
Ximena Rojas	Intesal
Carlos Carroza	Franhoufer
Claudio Ojeda	Cermac
Oscar Troesel	Scaleq (España)

Taller de expertos – invitación digital

MARTES 20 DE OCTUBRE 2020

Producción
acuícola



Condiciones
oceanográficas y
meteorológicas



Operación e
infraestructura



Ponderación de variables ambientales relevantes que permiten identificar áreas aptas para la acuicultura oceánica en la región de Los Lagos y Aysén del General Carlos Ibáñez del campo, Chile.

Bienvenida Directrices Proyecto FIPA 2019 - 27 Resultados Consultas Discusión **Conclusiones**

Hora	Expositor	Actividad
09:00 - 09:10	Luis Carroza	Bienvenida
09:10 - 09:20	Susana Giglio	Directrices Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
09:20 - 09:35	Dr. Felipe Hurtado	Presentación Proyecto FIPA 2019 – 27 PUCV
09:35 - 09:50	Miguel Fernández – Luis Valencia	Caracterización oceanográfica física y meteorológica de la región de los Lagos y Aysén - PUCV
09:50 - 10:05	Dr. Marcela Cornejo	Caracterización oceanográfica biológica y química de la región de los Lagos y Aysén - PUCV
10:05 - 10:20	Exequiel González	Caracterización espacial del uso marítimo - PUCV
10:20 - 10:30	Break	
10:30 - 10:40	Joaquim Bento	Reducción y análisis de datos: Océano - atmosfera
10:40 - 11:00	Jean Pierre Toledo	Metodología de trabajo para taller de expertos (Ponderación de variables para el desarrollo factible de la acuicultura oceánica en la región de Los Lagos y Aysén)
11:00 - 12:40	Desarrollo del taller	
12:40 - 13:30	Dr. Felipe Hurtado	Discusión y conclusión

CONFIRMAR ASISTENCIA CON DR. FELIPE HURTADO
DIRECTOR DEL PROYECTO FIPA 2019 -27
 felipe.hurtado@pucv.cl
 Cc: jean.toledo@pucv.cl

DESARROLLO DEL TALLER

El objetivo de este taller fue discutir las variables y ponderaciones que se asignan para identificar áreas óptimas para la AO en la región de Los Lagos y Aysén, por lo tanto, la idea es que cada experto complete las siguientes tablas respecto a su experiencia:

PRIMER PASO (PESO - ESCALA)

Peso relativo entre variables									Suma	CIR
Variable	Altura de ola significativa	Velocidad del viento	Velocidad de Corrientes geostroficas	Temperatura superficial del mar	Profundidad	Clorofila	Salinidad	Oxígeno disuelto		
Altura de ola significativa	0,5									
Velocidad del viento		0,5								
Velocidad de Corrientes geostroficas			0,5							
Temperatura superficial del mar				0,5						
Profundidad					0,5					
Clorofila						0,5				
Salinidad							0,5			
Oxígeno disuelto								0,5		
Total										

Altura de ola significativa								
Alternativas [m]	Escala relativa entre alternativas						Suma	CSA
	1	2	3	4	5	≥ 6		
1	0,5							
2		0,5						
3			0,5					
4				0,5				
5					0,5			
≥ 6						0,5		
Total								

Velocidad del viento								
Alternativas [m/s]	Escala relativa entre alternativas						Suma	CSA
	1	5	10	15	20	≥ 25		
1	0,5							
5		0,5						
10			0,5					
15				0,5				
20					0,5			
≥ 25						0,5		
Total								

Velocidad de corriente geostrófica								
Alternativas [m/s]	Escala relativa entre alternativas						Suma	CSA
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	≥ 1,2		
0,2	0,5							
0,4		0,5						
0,6			0,5					
0,8				0,5				
1,0					0,5			
≥ 1,2						0,5		
Total								

Temperatura superficial del mar								
Alternativas [°C]	Escala relativa entre alternativas						Suma	CSA
	2	4	8	12	16	≥ 18		
2	0,5							
4		0,5						
8			0,5					
12				0,5				
16					0,5			
≥ 18						0,5		
Total								

Profundidad									
Alternativas [m]	Escala relativa entre alternativas							Suma	CSA
	50	100	150	200	250	≥ 300			
50	0,5								
100		0,5							
150			0,5						
200				0,5					
250					0,5				
≥ 300						0,5			
Total									

Clorofila									
Alternativas [mg/m3]	Escala relativa entre alternativas							Suma	CSA
	10	20	30	40	50	≥ 60			
10	0,5								
20		0,5							
30			0,5						
40				0,5					
50					0,5				
≥ 60						0,5			
Total									

Salinidad								
Alternativas [PSU]	Escala relativa entre alternativas						Suma	CSA
	1	2	3	4	5	≥ 6		
32,5	0,5							
33		0,5						
33,5			0,5					
34				0,5				
34,5					0,5			
≥ 35						0,5		
Total								

Oxígeno disuelto								
Alternativas [mL/L]	Escala relativa entre alternativas						Suma	CSA
	2	3	4	5	6	≥ 7		
2	0,5							
3		0,5						
4			0,5					
5				0,5				
6					0,5			
≥ 7						0,5		
Total								

SEGUNDO PASO (PRESENTACIÓN DE RESULTADOS)

Variable	CIR	RESUMEN						Unidad
		CSE						
ALTURA DE OLA SIGNIFICATIVA								
		[0-2 [	[ 2- 4 [	[ 4-6 [	[ 6-8 [	[ 8-10 [	> 10	m
ALTURA DE OLA SIGNIFICATIVA								
VELOCIDAD DEL VIENTO								
		[0-10 [	[ 10-20 [	[ 20-30 [	[ 30-40 [	[ 40-50 [	> 50	kn
VELOCIDAD DEL VIENTO								
VELOCIDAD CORRIENTE								
		[0-0,4 [	[ 0,4-0,8 [	[ 0,8-1,2 [	[ 1,2-1,6 [	[ 1,6-2,0 [	> 2,0	kn
VELOCIDAD CORRIENTE								
TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR								
		[6-8 [	[ 8-10 [	[ 10-12 [	[ 12-14 [	[ 14-16 [	> 16	°C
TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR								
PROFUNDIDAD								
		[30 -100 [	[ 100 -300 [	[ 300 -500 [	[ 500 -700 [	[ 700 -900 [	> 900	m
PROFUNDIDAD								
CLOROFILA								
		[0 -10 [	[ 10 -20 [	[ 20 -30 [	[ 30 -40 [	[ 40 -50 [	> 50	mg/m3
CLOROFILA								
SALINIDAD								
		[32 -32,5 [	[ 32,5 -33 [	[ 33 -33,5 [	[ 33,5 -34 [	[ 34 -34,5 [	> 34,5	PSU
SALINIDAD								
OXIGENO DISUELTO								
								mg/L
OXIGENO DISUELTO								

TERCER PASO (MATRIZ DE RIESGO)

Variables importantes para el desarrollo de la AO			Magnitud	importancia	Valor M*I	Tipo de impacto	Color impacto
Variables	Parámetro	Condición					
Ambientales	Altura de ola [m]	[0-2 [
		[2-4 [
		[4-6 [
		[6-8[
		[8-10 [
		> 10					
	Velocidad del viento [m/s]	[0-10 [
		[10-20 [
		[20-30 [
		[30-40 [
		[40-50 [
		> 50					
	Velocidad de corriente [m/s]	[0-0,4 [
		[0,4-0,8 [
		[0,8-1,2 [
		[1,2-1,6 [
		[1,6-2,0 [
		> 2,0					
	Temperatura superficial del mar [°C]	[6-8 [
		[8-10 [
		[10-12 [
[12-14 [
[14-16 [
> 16							
Profundidad [m]	[30 -100 [

	[100 - 300 [
	[300 - 500 [
	[500 - 700 [
	[700 - 900 [
	> 900					
Clorofila [mg/m3]	[0 -10 [
	[10 -20 [
	[20 -30 [
	[30 -40 [
	[40 -50 [
	> 50					
Salinidad [PSU]	[32 -32,5 [
	[32,5 -33 [
	[33 -33,5 [
	[33,5 -34 [
	[34 -34,5 [
	> 34,5					
Oxígeno disuelto [mg/L]	[1,4-2,1 [
	[2,1-2,8 [
	[2,8-3,5 [
	[3,5-4,2 [
	[4,2-4,9 [

5.2.6 Identificar las variables ambientales que podrían ser incluidas dentro del marco regulatorio ambiental para la implementación y operación sustentable de la acuicultura oceánica.

Para cumplir con el objetivo 6, se utilizaron los resultados del objetivo específico 5 con el propósito de identificar las variables ambientales, físicas, químicas y biológicas más relevantes de ser monitoreadas, como indicadores del estado del ecosistema en que se desarrollará la actividad de la AO. Para la selección de dichas variables, como método del análisis del impacto potencial de las mismas, se utilizó su importancia relativa descrita en la literatura, además del nivel o magnitud de importancia determinado para cada una de ellas mediante la matriz de riesgos aplicada en el objetivo específico 5, para la identificación de las áreas óptimas determinadas.

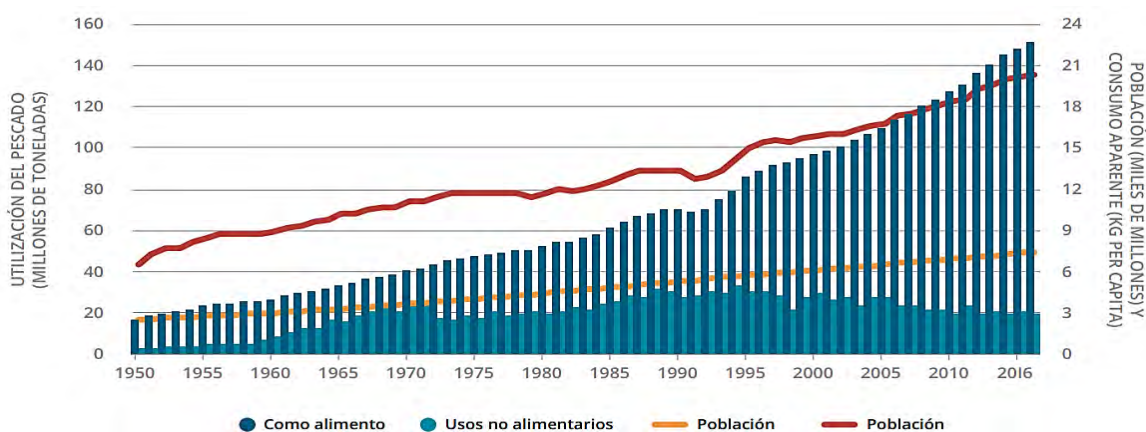
Adicionalmente, para el conjunto de variables ambientales identificadas se explicitó la frecuencia de monitoreo de estas, así como los métodos y procedimientos más apropiados de acuerdo con las condiciones de operación en la zona.

6 RESULTADOS

6.1 RECOPILAR ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS, TANTO NACIONALES COMO INTERNACIONALES, RELACIONADOS CON EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE ACUICULTURA OCEÁNICA O EN ZONAS EXPUESTAS Y LA NORMATIVA ASOCIADA A DICHA ACTIVIDAD.

6.1.1 Incertidumbre y necesidades de la acuicultura en el mundo

Se prevé que, por lo menos durante la próxima década, la mayoría de las poblaciones de peces seguirán siendo capturadas en el máximo grado sostenible o sobreexplotadas, por lo que la acuicultura debe suplir la brecha creciente entre el suministro de alimentos acuáticos y la demanda de una población mundial en crecimiento (Figura 7) (FAO, 2018). La acuicultura debe cerrar la brecha creciente entre la oferta y la demanda de alimentos acuáticos y ayudar a los países a alcanzar sus metas económicas, sociales y ambientales. Por lo tanto, el desarrollo de la actividad debe ser apropiado, planificado y gestionado (Lester *et al.*, 2018), contribuyendo así a la consecución de la Agenda 2030 (Hambrey, 2017; FAO, 2017c). Sin embargo, el crecimiento de la acuicultura plantea una serie de interrogantes en relación con los recursos que consume (uso de espacios marítimos, sostenibilidad de la materia prima (alimento)), sus productos (alteraciones en el medio), y también, factores externos como el cambio climático y enfermedades (FAO, 2018).



NOTA: Excluidos los mamíferos acuáticos, cocodrilos, lagartos y caimanes, las algas y otras plantas acuáticas

Figura 7. Utilización y consumo de pescado Per Cápita a nivel mundial (Fuente: FAO 2018).

6.1.2 Equilibrio ecológico y problemas ambientales

Hoy en día, algunos productores de acuicultura marina conscientes del equilibrio ecológico consideran que la producción debe considerar la gestión ambiental y la utilización de la costa (Baki y Ozturk, 2017). Por lo tanto, la determinación de las propiedades naturales de las áreas de producción y sus impactos ambientales son muy importantes para la acuicultura sostenible. Sin embargo, el sector de la acuicultura se enfrenta a las críticas de los grupos ambientalistas debido a la carga de nutrientes y desechos que libera al medio ambiente. El concepto de agua limpia en el sector no solo es necesario para la producción, sino también para su liberación al medio ambiente y para la protección del recurso cultivado. Los métodos de alimentación incorrectos, el almacenamiento intensivo, el exceso de nitrógeno y fósforo en el medio ambiente aumentan excesivamente la producción de microalgas, disminuyendo las cantidades de oxígeno y la eutrofización (Jahncke, M.L., Schwarz. H.M., 2002). Esto, a su vez, reduce la cantidad de oxígeno disponible en el área de producción y amenaza la vida en las aguas.

En Chile, por ejemplo, el año 2016, existió una intensa floración de la microalga *Pseudochatonella verruculosa* debido a claras anomalías de temperatura y presión por causa del fenómeno ENOS (Buschmann *et al.*, 2016), que modificó los patrones de viento y generó surgencias costeras. Luego, a partir de la última semana de febrero, comenzó a manifestarse una floración del dinoflagelado tóxico *Alexandrium catenella* que se caracterizó principalmente por su extensión geográfica y distribución. El evento abarcó desde la zona central de la región de Aysén (45° 27' S) hasta las costas de la región de Los Ríos (39° 45' S) (Buschmann *et al.*, 2016) ocasionando la muerte a 26 mil toneladas de salmones, equivalente al 15% de la producción del año 2016 (Revista AQUA, 3 de marzo del 2016).

El fósforo, el nitrógeno, las sustancias orgánicas y sólidos suspendidos en el agua se encuentran entre los factores que causan la contaminación en los sistemas de cultivos (Yıldırım & Korkut, 2004). Aunque la cantidad y la calidad de las aguas residuales del sector cambian según ubicación y tipo de sistema. Por ejemplo, Siddiqui, (2003) determinaron que, en las producciones intensivas, el 30% de las aguas residuales se libera al medio ambiente como alimento no consumido y el 30% de las aguas residuales es liberado al medio ambiente como heces.

El uso excesivo de antibióticos y productos químicos en acuicultura se utilizan para controlar las enfermedades de los peces, mejorar los criterios de calidad del agua y disminuir la contaminación biológica. Los productos químicos antiincrustantes, desinfectantes, alguicidas, herbicidas, pesticidas, parasiticidas y bactericidas son los principales productos químicos utilizados en la acuicultura. En los sistemas balsa jaula, los pesticidas se usan para evitar los piojos de mar. En algunas aplicaciones de pesticidas, la resistencia de los piojos a las drogas aumentó y sus usos disminuyeron (Igboeli *et al.*, 2012). La contaminación biológica es un problema de producción desafiante y costoso para el sector de la acuicultura.

Las pinturas antiincrustantes son productos químicos utilizados para reducir la contaminación biológica en los equipos de acuicultura (principalmente para redes de confinamiento). El cobre se usa como agente activo para la mayoría de los productos químicos antiincrustantes y, además de ser altamente dañino para el medio ambiente, se informa que tiene efectos tóxicos en especies no objetivo. Así, por ejemplo, las sustancias antiincrustantes tienen efectos negativos sobre el crecimiento y la reproducción de las ostras (Munari & Mistri, 2007), dañan las branquias de los peces (Mochida *et al.*, 2006), e inhiben el crecimiento del fitoplancton (Cid *et al.*, 1995; Franklin *et al.*, 2001). Además, también debe considerarse que las sustancias antiincrustantes se acumulan en el fondo del mar. Por ejemplo, Dean *et al.* (2007) detectaron cobre en edimento recolectado a 300 m de una concesión de acuicultura de salmón en Escocia.

Por otra parte, el escape de peces es otro problema de la acuicultura ocasionado por error humano, fallas mecánicas (principalmente redes) o animales depredadores. Las especies cultivadas escapadas, cuyas propiedades genéticas son diferentes a las del stock natural, pueden sobrevivir y desarrollar su ciclo de vida, como resultado del alto crecimiento y las bajas actividades de caza, obteniendo una baja adaptación a la vida natural o, por el contrario, pueden volverse dominantes en el entorno natural e hibridarse con el stock natural y provocar la aparición de nuevos stocks que tienen baja adaptación al ecosistema. El escape tiene el potencial de causar problemas como establecerse en los ambientes naturales como especies invasoras, comensalismo y propagación de enfermedades y especialmente el deterioro del acervo genético. Por ejemplo, Kastanevakis *et al.* (2013), informaron que la acuicultura era responsable del 16,4% de todas las especies marinas invasoras en Europa.

6.1.3 Planificación espacial marina

Este siglo está marcado por la rápida aparición e intensificación de los usos humanos de los océanos que presentan una inmensa oportunidad económica. Sin embargo, si no se manejan adecuadamente, podrían conducir a un paisaje marino abarrotado y disfuncional con graves impactos ambientales y costosos conflictos socioeconómicos (Halpern, 2008; McCauley *et al.*, 2015). Así, existe la necesidad de enfoques de planificación basados en los ecosistemas que puedan equilibrar de manera estratégica e integral la ubicación, el tipo y la intensidad de los grupos o sectores de usuarios oceánicos en todo el espacio marítimo. La planificación espacial marina (PEM/MSP en inglés) es un enfoque de toma de decisiones multisectorial basado en el lugar que se está promoviendo ampliamente para reducir los conflictos e impactos comúnmente encontrados en la actualidad (Alexander *et al.*, 2012; Lester *et al.*, 2013; White *et al.*, 2012; Foley *et al.*, 2010). En teoría, la consideración exhaustiva y proactiva de las interacciones intersectoriales y los impactos ambientales puede contribuir de manera significativa al valor de MSP sobre la planificación convencional (White *et al.*, 2012; Douvere, 2013; Grantham *et al.*, 2013). En la Unión Europea, por ejemplo, la Directiva de planificación espacial marítima (Directiva 2014/89 / UE) establece en la base legal un enfoque de gestión integrado, y se reconoce el desarrollo de la planificación espacial como

medida para promover la acuicultura (CE, 2013; Lester et al., 2018). Sin embargo, se han desarrollado diferentes iniciativas de planificación espacial en todo el mundo para lograr un equilibrio sostenible, desarrollo de actividades marítimas con salud del ecosistema (Vince, 2014; Feng *et al.*, 2016; Barbanti *et al.*, 2017; BuhlMortensen et al., 2017; Peart, 2017), entre otros, así como la consideración de la huella e intensidad de las actividades humanas actuales y futuras (Stelzenmuller *et al.*, 2013). Además, el enfoque requiere que la acuicultura (i) sea desarrollada en el contexto de las funciones y servicios del ecosistema (incluida la biodiversidad) (Custodio *et al.*, 2019), con y sin degradación más allá de la resiliencia; (ii) mejorar el bienestar humano con equidad para todas las partes interesadas relevantes (*e.g.*, derechos de acceso y participación justa en los ingresos); y (iii) desarrollarse en el contexto de otros sectores, políticas y objetivos, como apropiado (Aguilar-Manjarrez *et al.*, 2017).

La planificación de la AO representa una oportunidad principal para MSP (Gentry *et al.*, 2017, Sanchez-Jerez *et al.*, 2016). La creciente demanda de productos acuáticos y de comercio mundial (Asche *et al.*, 2015), la sobre explotación de recursos silvestres, el espacio y los recursos limitados para la expansión de la acuicultura, genera que la AO sea la próxima frontera (Marra, 2015; FAO, 2016). De hecho, tal como se mencionó anteriormente, se prevé que casi todo el crecimiento proyectado en la producción de los recursos acuáticos en las próximas décadas provenga de la acuicultura (Kobayashi *et al.*, 2015) y la AO es una industria rápidamente emergente con potencial de enormes beneficios económicos y sociales (Gentry *et al.*, 2017). La AO, ofrece oportunidades significativas para la producción sostenible de alimentos y para el desarrollo de muchas comunidades costeras, especialmente en regiones donde la disponibilidad de tierra, espacios cercanos a la costa y agua dulce es limitada.

6.1.4 Acuicultura Oceánica

Existe interés global en el desarrollo de la acuicultura, incluso en regiones oceánicas, las estimaciones exhaustivas de la asignación potencial de espacio para el crecimiento de la industria son escasas (Lovatelli *et al.*, 2013). Las Zonas Económicas Exclusivas (ZEE), reclamadas por casi todos los países, son las principales áreas en las que la acuicultura puede expandirse de las operaciones actuales en áreas costeras (0,5–2 km y 10–50 m de profundidad) y oceánicas (> 2 km y > 50 m de profundidad) (Lovatelli *et al.*, 2013). A nivel mundial la acuicultura contribuye de manera importante a la producción; de los 145 países soberanos con ZEE, solo 17 de ellos representan el 98% de producción acuícola (Lovatelli *et al.*, 2013).

La industria acuícola es relativamente nueva en la mayoría de los países, lo que significa que las negociaciones son necesarias para asegurar sus necesidades ambientales y espaciales debido a la competencia económica que se genera con el turismo (Hofherr *et al.*, 2015), la pesca (Coccoli *et al.*, 2018), y la conservación y protección del medio ambiente (Le Gouvello *et al.*, 2017). Además, se prevé que una aceleración de las actividades en alta mar aumentará

la demanda y la competencia por el espacio oceánico (Douve, 2008; Yates & Bradshaw 2017). La prospección de ubicaciones adecuadas es una parte fundamental de planificación espacial para el desarrollo de la acuicultura oceánica (Kapetsky *et al.*, 2013). Si bien la falta de espacio se ha considerado como uno de los principales obstáculos para la expansión de la acuicultura marina (Sánchez-Jerez *et al.*, 2016), estudios recientes destacan la disponibilidad global de grandes áreas con condiciones ambientales, especialmente en alta mar (Kapetsky *et al.*, 2013; Gentry *et al.*, 2017; Oyinlola *et al.*, 2018; Weiss *et al.*, 2018). Pero, actualmente la producción de AO experimental o comercial sigue siendo mínima (Soto & Wurmman, 2019). Por ejemplo, solo alrededor del 3% de la zona costera europea (UE) se utiliza para la acuicultura y el sector de peces marinos ocupan una superficie insignificante en alta mar (Hofherr *et al.*, 2015).

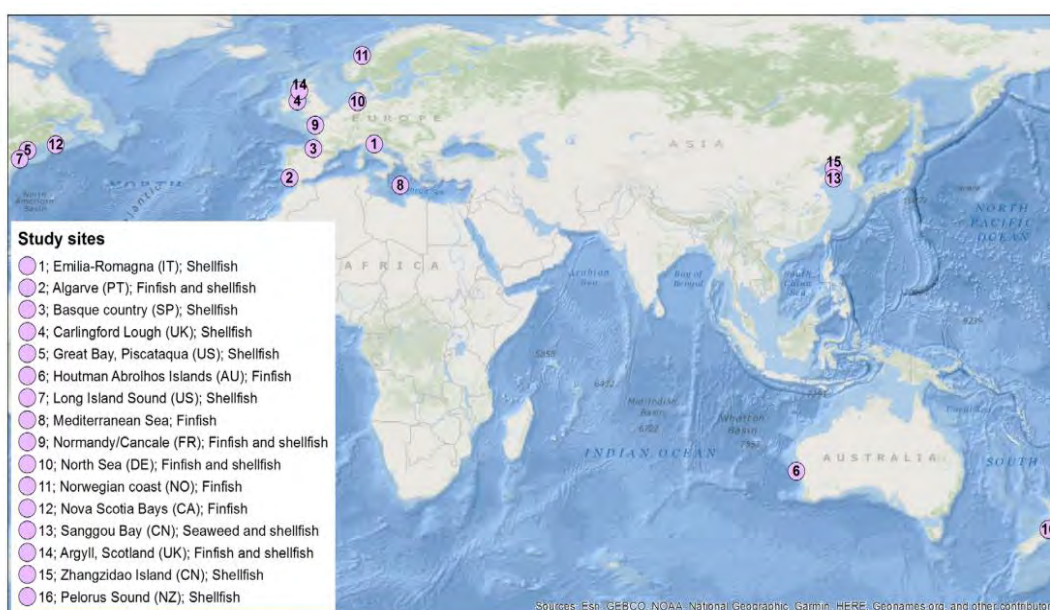


Figura 8. Estudios y/o experiencias a nivel mundial de AO (Fuente: Galparsoro *et al.*, 2020).

Galparsoro *et al.* (2020) basaron sus resultados en una consulta mundial de *AquaSpace* (enfoque ecosistémico para hacer espacio para la sostenibilidad), un proyecto de AO (<http://www.aquaspaces-h2020.eu>), donde se caracterizan 16 sitios de estudios ubicados en Australia, Canadá, China, en toda Europa, Nueva Zelanda y Estados Unidos (Figura 8). Los resultados del estudio muestran que, en total, el 39% de los problemas para su expansión están relacionados con aspectos políticos y de gestión, 25% relacionado con factores ambientales (refiriéndose a las limitaciones de las condiciones ambientales), 19% relacionado a los conflictos de uso de espacios marítimo respecto a otras actividades marítimas y un 17% relacionados con aspectos económicos tales como costos de producción, beneficios y problemas de mercado. Los resultados obtenidos de este proceso de participación muestran que involucrar a las partes interesadas puede resaltar problemas específicos del sector, actuando como brújula para la investigación y para implementar

soluciones. Esto significa que la escala y el método para abordar cada problema (o problemas de interconexión) pueden establecerse discusiones con grupos de partes interesadas más amplios y comunidades de interés.

6.1.5 Experiencia internacional en AO

6.1.5.1 Estados Unidos

En el año 2016, Estados Unidos de América aprobó su primera norma reguladora para la acuicultura en Alta Mar (zona del Caribe, Golfo y Atlántico del Sur). Esta señala que se deben mantener inalterables las estructuras operacionales y naturalmente la zona de cultivo y regula los procedimientos de solicitudes de permisos, sus costos, el tiempo de duración del permiso (10 años), los costos de renovación y la gestión de las autoridades para resolver las solicitudes (Bcn, abril 2019). El propósito de la norma es desarrollar acuicultura es especies nativas (para otras se requieren permisos especiales), y, además, prohíbe el cultivo de especies transgénicas. También cuenta con criterios de seguridad para la navegación, operación comercial y escape de peces. Los centros de cultivo están obligados a informar sobre hallazgos de patógenos reportables, interacciones con mamíferos marinos, especies protegidas o aves migratorias. Todos estos eventos deben comunicarse dentro de 24 horas.

La AO para EE. UU. son aquellas actividades que incluye la operación de instalaciones acuícolas en alta mar, reproducción y crianza en la zona económica exclusiva.

6.1.5.1.1 Experiencia

A. *Sea Station (Single Rim)*

Sea Station (Figura 9) es una estructura flotante oceánica que ha sobrevivido a huracanes categoría 2 y 4. Posee mallas de aleación de cobre que no permiten las incrustaciones biológicas y tiene la capacidad de sumergirse y emerger rápidamente, evitando problemas de marea rojas y temperaturas inoportunas para el cultivo.



Figura 9. Vista isométrica *Sea Station*, balsa jaula sumergida. InnovaSea.com / Brochure 2017.

Los tipos de mallas disponible son Dyneema, Kikko Net y Copper Alloy variadas en tamaño respecto a la especie de cultivo particular. El sistema de cultivo puede estar amarrado a un solo punto o múltiples puntos. Las profundidades preferidas para Sea Station es de 50 y 100 m y puede tener volúmenes de cultivo de 3100 m³, 6400 m³, 8000 m³ y 14500 m³.

B. Aquapods

La estructura flotante Aquapod (Figura 10) puede funcionar parcialmente en superficie o totalmente sumergida contra tormentas. La estructura mantiene la forma y el volumen en corrientes fuertes o bajo remolque. Los volúmenes disponibles de cultivo son de 212 m³, 1660 m³, 3600 m³ y 4700 m³.

Posee mallas de acero galvanizado tensados para la contención y compensación de un control contra depredadores y pérdidas de biomasa. El marco exterior proporciona fuerza y rigidez en las corrientes más fuertes impulsadas por huracanes y las opciones disponibles ofrecen un sistema de fondeo de único punto o múltiple, preferentemente para profundidades entre 35 y 100 m.

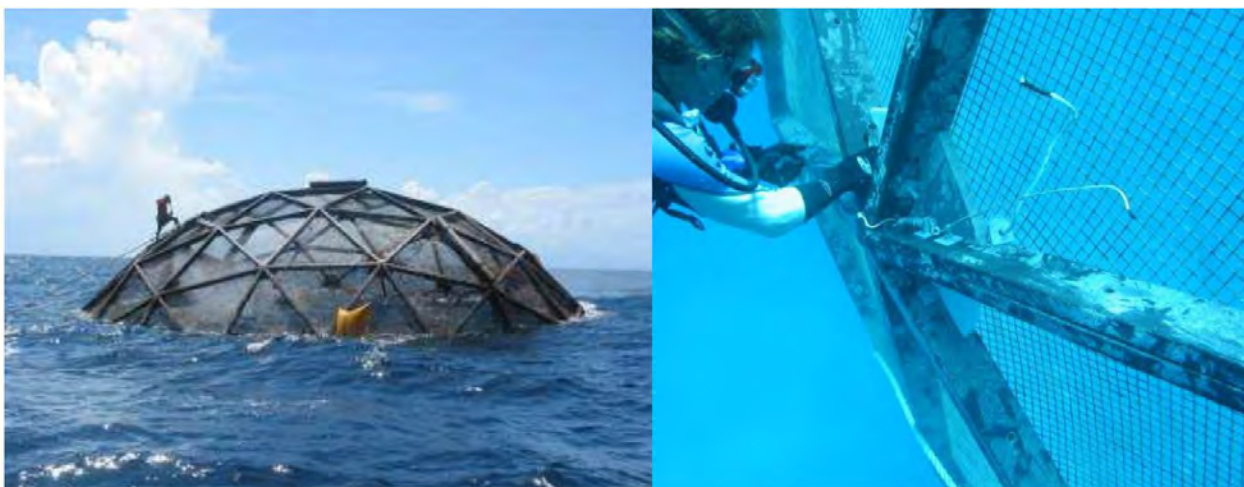


Figura 10. Aquapod semi sumergida; verificación de estado de estructura y malla. InnovaSea.com / Brochure 2017.

6.1.5.2 Noruega

En Noruega, la Ley de Acuicultura de 2005, la Ley de Seguridad alimentaria de 2003 y la Ley de Bienestar Animal de 2009 son los tres cuerpos legales más importantes que, en conjunto con otras regulaciones, rigen la acuicultura en dicho país. El departamento de Pesca y Acuicultura, como órgano ejecutivo dentro del Ministerio de Comercio, Industria y Pesca, es el responsable de la administración y ejecución de la Ley de Acuicultura y sus regulaciones específicas. El objetivo de esta Ley es disponer de una legislación habilitante para promover la rentabilidad y competitividad de la industria de la acuicultura en el marco del desarrollo

sostenible y contribuir a la creación de valor en la costa. En lo particular, este cuerpo normativo establece:

- Un sistema de licencias de acuicultura.
- La coordinación entre las autoridades que otorgan licencias.
- La utilización de los espacios terrestres y costeros.
- La transferencia e hipotecas de licencias.
- La fiscalización y las sanciones.
- La sostenibilidad ambiental para cualquier tipo de acuicultura.

En este último tiempo y de acuerdo con un informe de *California Enviromental Associates* (CEA, 2018) las autoridades noruegas han reconocido las limitaciones de crecimiento a las que se enfrenta la industria acuícola noruega (por piojos de mar, escape de peces y escasez de superficie costera) y por ello han introducido concesiones de desarrollo libre para allanar el camino a las posibilidades de cultivo oceánico las que no están limitadas por las mismas restricciones.

En el caso de estas concesiones, se opera mediante licencias de desarrollo, otorgadas para la producción en alta mar y se apunta a facilitar el desarrollo de la tecnología para resolver desafíos ambientales o territoriales en la industria de la acuicultura.

La concesión es un acuerdo temporal de 15 años que ofrece licencias para ciertos proyectos basados en la innovación y los requisitos de recursos, y requiere compartir la tecnología desarrollada para generar mejoras en toda la industria. Si el proyecto cumple un conjunto de requisitos fijos, las licencias se pueden convertir en licencias comerciales a un costo de US\$ 1,2M. Esto está significativamente por debajo del precio de US\$ (6 – 7,4M) que es el valor de las concesiones de licencias comerciales costeras.

6.1.5.2.1 Experiencias

A. Ocean farm

Un ejemplo de estas licencias de desarrollo lo tiene la empresa Salmar que en el año 2016 recibió de la Dirección de Pesca de Noruega ocho licencias de desarrollo por un período de siete años a nombre de *Ocean Farming AS*. La instalación piloto denominada *Ocean Farm 1* (Figura 11), llegó a su destino en *Frohavet*, frente a la costa de *Trøndelag*, en septiembre de 2017. Esta instalación fue construida por la Corporación de la Industria de Construcción Naval de China (CSIS) en Qingdao, China.



Figura 11. *Ocean Farm 1* transportado a Noruega luego de construirse en China. Vista isométrica *Ocean Farm 1*.

Posee un diámetro de 110 m y tiene una capacidad para producir 6200 toneladas de pescados (aproximadamente un millón de ejemplares) y su costo de infraestructura esta evaluado en 157 millones de euros. Posee 12 unidades de sonar y cuatro cámaras para medir el comportamiento de los peces. Además, hay 16 sensores que miden datos de CTD y dos instrumentos ADCP para medir el perfil de corriente vertical y horizontal. Esta es también el primer centro de cultivo en el mundo que ha instalado un hidrófono (un micrófono subacuático). El centro está equipado con una gran cantidad de equipos electrónicos marítimos, no diferente a un barco o una plataforma petrolera. Esto incluye:

- MBR (radio de banda ancha marítima).
- AIS (Sistema de identificación automática) que proporciona a la jaula la misma zona de seguridad que una plataforma petrolera y que alerta a todos los buques de la vecindad.
- MRU (unidad de referencia de movimiento) que mide los movimientos en todos los ejes. Radio, un sistema de posicionamiento dinámico.

B. Midt-Norsk Havbruks (MNH) / Seafarming Systems AS

Midt-Norsk Havbruk AS y *Seafarming Systems AS* desarrollaron en conjunto el proyecto *Aquatraz* un centro de cultivo oceánico rígido y elevable desarrollado para mejorar la salud de los peces, reducir el riesgo de escape y aumentar el área disponible para el cultivo de salmón y trucha (Figura 12).



Figura 12. Sistema de cultivo rígido AQUATRAZ (Fuente: mnh.no/aquatraz/).

Es una jaula de acero semicerrada a prueba de escape que garantiza al salmón un ambiente estimulante, libre de piojos y rico en oxígeno. La jaula se levanta completamente del agua vaciando y lavando / limpiando la estructura utilizando el sistema de elevación eléctrico especialmente desarrollado. La construcción de acero rígido de Aquatraz se basa en el mismo principio que los barcos y las estructuras en alta mar y, por lo tanto, puede soportar más que las jaulas que se usan actualmente. El diseño automatiza muchas operaciones, incluida la entrega de pescado. Esto se hace levantando la jaula fuera del agua mientras el pez se bombea directamente al bote del pozo a través de puntos de salida fijos en el fondo de la jaula. Al retirar el pez del fondo de la jaula, no hay tanta presión y estrés del pez.

C. The Artic Offshore Farming

El desarrollo de este Proyecto esta siendo ejecutado por la empresa *Norway Royal Salmon (NRS) / Aker Solutions / Aker*. Respecto al sistema y unidad de cultivo corresponden a balsas jaulas de acero de 2250 ton con un diámetro de 79 m, con una capacidad: 3000 ton por unidad, puede resistir oleaje de hasta 15 m de altura. El costo estimado asciende a un valor aproximado de USD\$ 74-77 MM (2 unidades). Actualmente, se encuentra en estado de desarrollo como licencia otorgada en marzo 2018. Se proyecta en operaciones en Noruega en verano del año 2021.



Figura 13. *Arctic Offshore Farming*. Tecnología innovadora (Fuente: <https://www.arcticoffshorefarming.no/>).

D. Nordlaks – Havfarm

Nordlaks– Havfarm (Figura 14) tiene como objetivo mejorar las condiciones de producción ambiental y de bienestar de los peces en la industria de la acuicultura. Con *Ocean Farms*, *Nordlaks* moverá la última y más intensa parte de la fase de crecimiento del salmón fuera de los fiordos y más lejos de otros sitios de acuicultura de lo que es habitual hoy. Las granjas marinas deben ubicarse en áreas que no pueden utilizarse para la acuicultura con el equipo disponible en la actualidad. Estas son áreas marinas más expuestas con vientos complejos, condiciones de corriente y olas, y típicamente mayores profundidades. Estos sitios proporcionarán buenas condiciones ambientales, de bienestar de los peces y de producción.

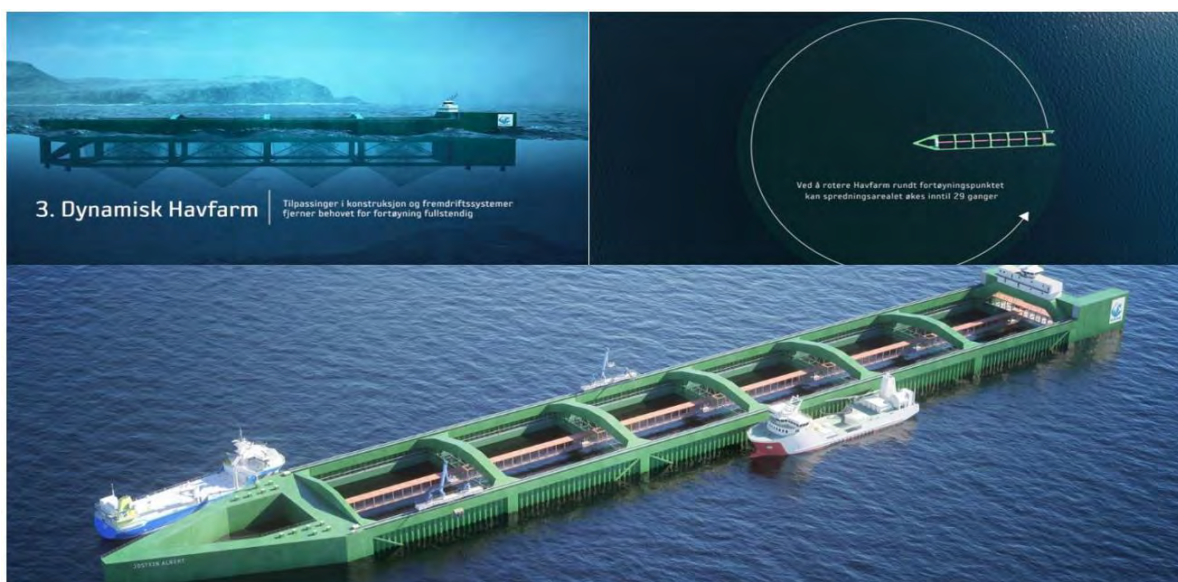


Figura 14. Nordlaks- Havfarm, futuro de la acuicultura sostenible (Fuente: <https://www.nordlaks.no/havfarm>).

Uno de los requisitos previos más importantes para el diseño fue un diseño que pueda proteger a los peces contra las mayores cargas ambientales (viento, electricidad y olas) que pueden convertirse en un desafío en áreas marinas más expuestas. Al mismo tiempo, el diseño tenía que permitir un intercambio de agua suficiente incluso durante períodos de menor corriente. Adicionalmente, se busca conferir seguridad y comodidad a los operadores de la planta, así como un diseño que, junto con la ubicación expuesta, reduzca la huella ambiental que la actividad causa al fondo marino, además de contribuir de manera preventiva a los piojos del salmón. El equipo de acuicultura necesario se ubicará en Havfarmen, incluso en vagones de servicio ferroviario. Esto también ayuda a reducir la necesidad de interacción con otras plantas, lo que aumenta la bioseguridad de la planta en comparación con las plantas tradicionales.

E. Proyecto Exposed 2018

El proyecto Exposed reúne a cultivadores líderes en Salmón a nivel mundial, proveedores de servicios y tecnología y grupos de investigación (tales como SINTEF, Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología (NTNU) y el centro noruego de excelencia en operaciones marinas autónomas (AMOS)) para desarrollar conocimiento y tecnología robusta y segura para la AO (Figura 15). La idea es aprovechar la fuerte posición de Noruega en el sector acuícola, marítimo y *offshore* para permitir producción segura de recursos acuáticos, innovaciones tecnológicas, sistemas autónomos, embarcaciones aptas, etc.



Figura 15. Balsa jaula en condiciones oceánicas. Reposte anual año 2018 de *Exposed* (Foto de Marius Olsen).

En cuanto a las catividades científicas y resultados del proyecto Exposed, se obtuvo lo siguiente:

a) Sistema robot de operación múltiple en balsa jaula para inspección e intervención:

El objetivo de este proyecto fue desarrollar y demostrar la funcionalidad autónoma de un vehículo robótico submarino equipado con las herramientas necesarias para llevar a cabo operaciones frecuentes en instalaciones de acuicultura en áreas expuestas. La inspección frecuente y completa de las redes es una tarea clave que se lleva a cabo en las instalaciones modernas de piscifactorías y probablemente será cada vez más importante si este tipo de sistema de producción se va a utilizar en localidades más expuestas. Se supone que el uso de tecnología mejorada permitirá inspecciones más efectivas y menos costosas que los enfoques manuales actuales que emplean buzos. El uso de buzos también estará más restringido en las localidades expuestas debido a las condiciones climáticas. Las plumas de red son estructuras flexibles con geometrías variables, y esto impone requisitos estrictos sobre los sistemas de navegación y prevención de colisiones. El uso de la visión artificial para las inspecciones es un desafío debido a las condiciones variables de luz (abastecimiento energético), ensuciamiento y agua turbia.

Este proyecto se ha centrado en abordar algunos de los desafíos básicos que enfrenta un sistema de inspección autónomo. Resultados principales de un sistema de cámara asistido por láser para el posicionamiento ligero de AUV / ROV, algoritmos de posicionamiento relativo neto, estudio conceptual del sistema ROV-LARS, análisis de trabajo autónomo, herramienta de diseño para operaciones autónomas, potencial uso de un ROV equipado con funciones autónomas para inspección, mantenimiento y reparación en los sistemas de red actuales.

b) Interacción entre buques y unidades de cultivo en áreas oceánicas

Las operaciones de acuicultura en localidades expuestas impondrán nuevas demandas a los buques y equipos en términos de operaciones seguras, operatividad eficiente y rentabilidad. Las interacciones entre las instalaciones y los buques de apoyo serán un factor clave durante las operaciones. El proyecto ha estado estudiando nuevos conceptos de diseño de embarcaciones y la interfaz con instalaciones de acuicultura con el objetivo de mejorar la confiabilidad operativa en localidades expuestas. Se anticipa que el uso de embarcaciones más grandes exigirá nuevos requisitos para el diseño del sistema de flotación y fondeo. Suponiendo que las tecnologías de red actuales adaptarán su uso en localidades expuestas su interacción con los cascos de buques será un factor importante. En la operación será clave la mitigación de riesgos y el aumento de los niveles de seguridad, operatividad y rentabilidad. Una mayor comprensión permitirá operaciones más seguras dentro de un mayor rango de condiciones climáticas.

c) Seguridad en el mar: gestión de riesgos y mejores prácticas operativas

El objetivo de este proyecto era mejorar la seguridad operativa en instalaciones de acuicultura en lugares expuestos. Una ambición general es desarrollar sistemas integrados de gestión de riesgos para activos materiales, bienestar animal, entorno externo y escapes. Actualmente informan que, en algunos casos, las operaciones deben ajustarse al personal disponible. Este fue el trasfondo de dos talleres destinados a desarrollar recomendaciones, preparar recomendaciones para la competencia.

La planificación operativa es cada vez más importante para garantizar que los recursos y el personal estén disponibles cuando sea necesario. La evaluación de los riesgos y el análisis del trabajo seguro también contribuye a una comprensión común entre los trabajadores de los riesgos operativos potenciales y las medidas que deben implementarse para reducir esos riesgos.

d) Comportamiento y bienestar de los peces

La acuicultura en condiciones expuestas requiere un conocimiento fundamental sobre cómo y qué tan bien los peces hacen frente a las corrientes y al oleaje. Las condiciones expuestas requieren un mayor gasto de energía para los peces que en los sitios de cultivo protegidos convencionales. Los desafíos adicionales, como las enfermedades y el estrés vinculados a

operaciones como la limpieza, aumentarán aún más la carga. Además, las condiciones climáticas pueden generar problemas de bienestar relacionados con interrupciones en la alimentación y supervisión. Los resultados principales indican que se deben determinar los límites de tolerancia para la velocidad de la corriente, comprensión fundamental de la fisiología y el comportamiento de la temperatura, oxígeno, salinidad y estrés, evaluar nuevo sistema de comunicación para etiquetas de pescado (*Internet of Fish*) y abordar las necesidades biológicas en la innovación de la estrategia, el diseño y la construcción de los sistemas de cultivo como herramientas de observación para su uso en el desarrollo y verificación de las operaciones expuestas

e) Diseño estructural de sistemas de cultivo oceánicos y/o expuestos

El objetivo del proyecto es desarrollar nuevos conocimientos sobre problemas críticos relacionados con una mayor exposición y nuevos métodos de diseño, simulación y análisis de sistemas de cultivos en sitios expuestos. El objetivo es contribuir al desarrollo de estructuras confiables para operar. El resultado principal dictamina una revisión de los métodos para describir las condiciones ambientales en las zonas costeras, incluido un análisis de exposición al oleaje. Centrarse en las mediciones de olas y corrientes, y la incertidumbre vinculada a la estimación de las condiciones de diseño basadas en estadísticas de valores extremos. Desarrollo de un modelo computacional integrado para la simulación en tiempo real de estructuras de jaula de red. Y un análisis del sistema de fondeo expuesta a corrientes y condiciones de mar variables.

Los datos de mediciones meteorológicas, de movimiento y de calidad del agua crean una plataforma para el desarrollo de nuevos sistemas. Se utilizaron series de medición a largo plazo para olas, corrientes y viento para producir datos estadísticos sólidos relacionados con condiciones extremas y operativas. Estas estadísticas se pueden aplicar en la preparación de requisitos de diseño para nuevas tecnologías, embarcaciones e instalaciones utilizadas en operaciones cotidianas. Las series de mediciones también se pueden aplicar en evaluaciones de salud, medioambientales y de seguridad para el personal asignado a trabajar en futuras concesiones de cultivo expuestas. Otras mediciones de parámetros como la temperatura del agua, la salinidad, las concentraciones de oxígeno, etc., se pueden utilizar en la planificación de la producción y, como tales, proporcionan un apoyo clave a los datos económicos realizados por el operador. Las mediciones de la calidad del agua también se pueden utilizar en evaluaciones de la salud, bienestar de los peces, evaluaciones de riesgo de incrustaciones y transmisión de enfermedades y parásitos.

6.1.5.2.2 Condiciones de operación de un sistema de cultivo, según NS9415

Para la localización del centro de cultivo es necesario establecer una clasificación del sitio respecto a las condiciones ambientales. La idea es determinar si aquel sitio es factible para la instalación y operación de acuerdo con los niveles de riesgos.

En la 12 y 13 se propone una clasificación de sitios respecto al oleaje y la velocidad de corriente que describe la norma de Noruega (NS9415 -Norwegian Standard).

Tabla 12. Clasificación de sitios respecto al tipo de oleaje.

Clase de oleaje	Hs [m]	Tp [s]	Designación
A	0,0 - 0,5	0,0 - 2,0	Exposición mínima
B	0,5 - 1,0	1,6 - 3,2	Exposición moderada
C	1,0 - 2,0	2,5 - 5,1	Exposición considerable
D	2,0 - 3,0	4,0 - 6,7	Exposición alta
E	>3,0	5,3 - 18	Exposición extrema

Tabla 13. Clasificación de sitios respecto a la velocidad de corriente.

Clase de corriente	Velocidad de corriente [m/s]	Designación
a	0,0 - 0,3	Exposición mínima
b	0,3 - 0,5	Exposición moderada
c	0,5 - 1,0	Exposición considerable
d	1,0 - 1,5	Exposición alta
e	>1,5	Exposición extrema

➤ *Combinación de clases de oleaje y corrientes*

A continuación, se presenta la combinación de los parámetros de oleaje y corriente:

Tabla 14. Combinación de clases de oleaje y corrientes.

Altura de ola	Velocidad de corriente				
	a	b	c	D	e
A	Aa	Ab	Ac	Ad	Ae
B	Ba	Bb	Bc	Bd	Be
C	Ca	Cb	Cc	Cd	Ce
D	Da	Db	Dc	Dd	De
E	Ea	Eb	Ec	Ed	Ee

➤ **Categorización de los sitios según sus clases**

Tabla 15. Categorización de los sitios según la combinación de parámetros de oleaje y corriente.

Categoría sitios	Clase de sitios				
Protegido	Aa	Ab			
	Ba				
Semi protegido			Ac	Ad	Ae
		Bb	Bc	Bd	
	Ca				
Semi expuesto					Be
		Cb	Cc	Cd	Ce
	Da				
Expuesto		Db	Dc	Dd	De
	Ea	Eb	Ec	Ed	Ee

En el mismo contexto, los criterios de diseños adoptados por la norma NS9315 están basados en un panel de expertos, condiciones ambientales del lugar y normas del código 3 europeo NS EN 1993 (Design of Steel structures, parte 1 y 2). Es por esto, que el diseño del sistema de fondeo es un elemento clave para evitar el escape de peces, ya que la estabilidad de la estructura dependerá de este factor. La elección de uno u otro elemento que pertenezca al sistema de fondeo estará supeditado a la relación costo-beneficio, en términos de poder de agarre, seguridad de carga máxima que debe resistir y riesgo asociado al proyecto. Como consecuencia, la norma noruega propone los siguientes factores de seguridad de los siguientes elementos estructurales.

➤ **Factores de seguridad de elementos que pertenecen a un sistema de fondeo**

Los factores de seguridad que son utilizados para el dimensionado de cada elemento del sistema respecto su interacción con las condiciones oceanográficas que presenta la zona de estudio en particular. Por otra parte, la resistencia de las redes de cultivo son un elemento clave para evitar el escape de peces. Es de suma importancia establecer resistencias mínimas y vida útil para que no ocurra fatiga de material. En la norma noruega NS 9415 se determinan protocolos de uso y mantenimientos, y en las normas ISO 3790, ISO 858, ISO 1805 y/o DIN 53844 parámetros mínimos de resistencia de material (Tabla 16).

Tabla 16. Factores de seguridad de elementos que pertenecen a un sistema de fondeo.

Tipo de elemento	Factor de material (γ_m)
Cabo sintético	3,0
Cabo sintético con nudos	5,0
Cadenas y componentes de cadena	3,0
Cadenas usadas	5,0
Disco de acoplamiento y conectores de acero	5,0
Grilletes	4,0
Pernos de roca y sistemas de unión	3,0
Boyas	1,0
Amarres de cadenas	3,0

6.1.5.3 Unión europea

En la UE la AO se define como un lugar abierto con exposición significativa al viento y a las olas, en las que es necesario contar con equipos y servicios para que los buques sobrevivan y operen en condiciones marítimas severas de vez en cuando.

En la actualidad, para caracterizar una zona de cultivo en la UE incluye una serie de variables y parámetros, los cuales se enlistan en la Tabla 17.

Tabla 17. Lista de características, presiones e impactos. Directiva 2008/56/Ce Del Parlamento Europeo y del Consejo.

Características físicas y químicas	Características
	Topografía y batimetría del fondo marino.
	Régimen anual y estacional de temperaturas y de capa de hielo, velocidad de corrientes, exposición del oleaje, características de mezclado, turbidez, tiempo de residencia.
	Distribución espacial y temporal de los nutrientes (DIN, TM, DIP, TP, TOC) y del oxígeno.
	Perfiles de pH, P_{CO_2} información equivalente a la medida de la acidificación marina.
Tipos de hábitat	Tipos de hábitats que prevalecen en el fondo marino y en la columna de agua, con descripción de sus características físicas y químicas como profundidad, régimen de temperaturas del agua, corrientes y otros movimientos del agua, salinidad, estructura y composición de sustratos del lecho marino.

	<p>Censo y cartografía de los tipos de hábitat especiales, en particular los que la legislación comunitaria (directivas o convenios internacionales) conocen y consideran de interés especial para la ciencia o diversidad biológica.</p>
	<p>Hábitat de zonas que merecen una mención específica por sus características, su localización o su importancia estratégica. Puede tratarse de zonas que merecen un régimen de protección específico.</p>
Características biológicas	<p>Descripción de las comunidades biológicas asociadas a los hábitats predominantes en el fondo marino y en la columna de agua. En ello se incluirá la información sobre las comunidades de fitoplancton y zooplancton, incluidas las especies y su variabilidad estacional y geográfica.</p>
	<p>Información sobre la fauna bentónica de macroalgas e invertebrados, incluidas la composición por especies, la biomasa y variabilidad anual o estacional.</p>
	<p>Información sobre la estructura de las poblaciones de peces, incluidas la abundancia, la distribución y la estructura edad/tamaño de población.</p>
	<p>Información de la dinámica de las poblaciones, de la superficie de distribución natural y real del estado de las especies de mamíferos y reptiles marinos presentes en la región o subregión marina.</p>
	<p>Descripción de las dinámicas de las poblaciones, de la superficie de la distribución normal y real del estado de las especies de aves marinas presentes en la región o subregión marina amparadas por la legislación comunitaria o acuerdos internacionales.</p>
	<p>Relación detallada de la presencia temporal, abundancia y distribución espacial de las especies alóctonas o exóticas o, en su caso, de formas genéticamente distintas de las especies nativas, presentes en la región o subregión marina.</p>
Otras características	<p>Descripción de la situación en lo que se refiere a las sustancias químicas, contaminación en sedimentos, zonas críticas, problemas sanitarios y contaminación de la biota (en particular biota prevista para el consumo humano).</p>

Tabla 18. Lista para evaluar impacto. Directiva 2008/56/Ce del Parlamento Europeo y del Consejo.

Daños físicos	Alteraciones en la sedimentación (por vertidos, dragados, etc.).
	Abrasión del fondo marino por pesca comercial, navegación y sistema de fondeo.
	Extracción selectiva (por ejemplo, exploración y explotación de recursos vivos y no vivos en el lecho marino y subsuelo).
Otras perturbaciones físicas	Ruido subacuático (<i>e.g.</i> , navegación, equipos acústicos submarinos, etc.).
	Desechos marinos.
Interferencia con los procesos hidrobiológicos	Modificaciones significativas del régimen térmico (<i>e.g.</i> , vertidos de centrales eléctricas).
	Mediciones significativas del régimen de salinidad (<i>e.g.</i> , construcciones que impidan el movimiento de las aguas).
Contaminación por sustancias peligrosas	Introducción de compuestos sintéticos (<i>e.g.</i> , metales pesados, hidrocarburos, explotaciones de minerales, gas o petróleo).
	Introducción de compuestos sintéticos como plaguicidas, agentes antiincrustantes y productos farmacéuticos.
Vertidos sistemáticos y/o intencionados de sustancias	Introducción de otras sustancias sólidas, líquidas o gaseosas como consecuencia del vertido sistemático y/o intencional al medio marino, permitida en virtud de otra legislación comunitaria y/o convenciones internacionales.
Acumulación de nutrientes y materias orgánicas	Entrada de fertilizantes y otras sustancias ricas en nitrógeno y fósforo.
	Entrada de materias orgánicas.
Perturbaciones biológicas	Introducción de patógenos microbianos.
	Introducción de especies alóctonas y transferencias
	Extracción selectiva de especies, incluidas capturas accidentales.

6.1.5.4 China.

China una potencia que produce el 35% de la acuicultura mundial en peces (SOFIA, 2020) también se está expandiendo a cultivos en alta mar, con el fin de habilitar nuevas zonas que proyectan excelentes condiciones ambientales que prometen sustentabilidad y mayor capacidad de cultivo. Por lo tanto, a modo de ejemplo De Mass SMC es una empresa que opera en la industria del petróleo/gas y construirá 5 balsas jaulas semi-sumergibles que

tendrán 138 m de diámetro y 12 m de altura. La torre central proporcionará alojamiento a los operadores y al momento de sumergirse se podrá proteger de las tormentas. Por otra parte, se encuentra en desarrollo un prototipo Keppel de plataforma semi-sumergible que tendrá seis balsas jaulas hexagonales y, por último, Shenlan una estructura semi-sumergible de 60 m de diámetro con 35 m de altura que tendrá un propósito de confinar aproximadamente 1 millón de salmones (Figura 16).

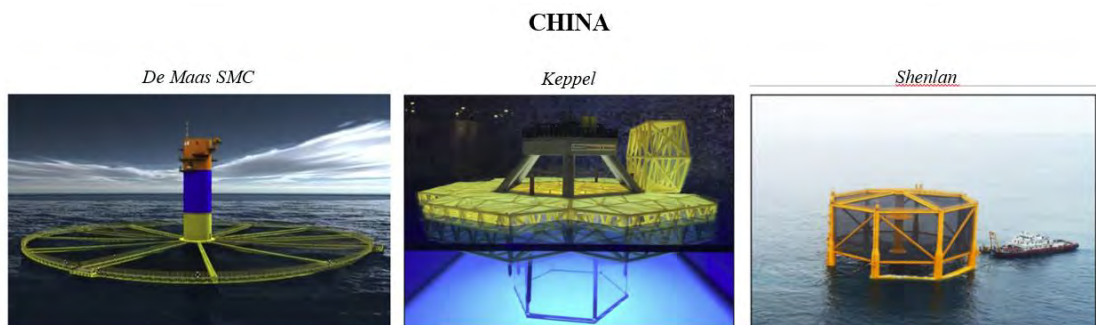


Figura 16. Estructuras flotantes en China.

6.1.5.5 Chile

En Chile la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (MINECON), tiene como misión regular y administrar la actividad pesquera y de acuicultura, a través de políticas, normas y medidas de administración, sustentadas en informes técnicos fundamentados en investigación científica y en variables de carácter social y económico, con enfoque participativo y territorial para el desarrollo sustentable de la actividad pesquera y la acuicultura nacional. El Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA) tiene como misión fiscalizar el cumplimiento de las normas pesqueras y de acuicultura, proveer servicios para facilitar su correcta ejecución y realizar una gestión sanitaria eficaz, a fin de contribuir a la sustentabilidad del sector y a la protección de los recursos hidrobiológicos y su medio ambiente.

El Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) tiene la misión de apoyar la toma de decisiones políticas de la institucionalidad pesquera nacional mediante la elaboración de antecedentes científicos y técnicos de valor público necesarios para la regulación y conservación de los recursos de la pesca, acuicultura y sus ecosistemas, contribuyendo de esta forma con el desarrollo sustentable del país.

Esta actividad se regula por la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), en donde se establece el marco legal para la importación de recursos hidrobiológicos, acceso a áreas para la acuicultura, concesiones, condiciones ambientales y sanitarias para su ejercicio, reglas para

realizar acuicultura con fines científicos u ornamentales, infracciones y sistema sancionatorio.

Desde el inicio de la aplicación del Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA), se ha enfrentado y desarrollado un proceso permanente de revisión y exploración de las mejores técnicas y metodologías disponibles viables de aplicar en Chile en el desarrollo de la acuicultura. En el inicio de este proceso, se generó la Res. Ex. (SUBPESCA) N° 404/2003, luego la Res. Ex. (SUBPESCA) N° 3411/2006 y, actualmente la Res. Ex. (SUBPESCA) N° 3612/2009 es el instrumento normativo vigente. Estas últimas, han intentado plasmar progresivamente la mejor forma de realizar las evaluaciones ambientales. Cabe mencionar que, tanto en el diseño como en la implementación de estos instrumentos, se ha contado con la activa participación de técnicos que representan tanto los intereses del sector público como privado (consultores, académicos, profesionales).

En Chile no existe una definición oficial sobre AO, sin embargo, reconocemos una experiencia de cultivo oceánico, III Región, para el cultivo del Pez Dorado (*Seriola lalandi*) (desarrollado por la PUCV y *EcoSea Farming*) que operó entre el 2013 y 2018 financiado en sus inicios a través del proyecto CORFO INNOVA COD. 12IDL2-13625. Para el caso de los acontecimientos de marejadas y tsunamis ocurridos el año 2015, en el norte de Chile, el sistema de inmersión de la estructura de cultivo se adaptó sin complicaciones. Posteriormente, a mitad del año 2018 comenzó oficialmente el “Programa para el Desarrollo Tecnológico de la Acuicultura Oceánica, Chile 2023”, que tiene como objetivo desarrollar tecnologías que logren instalar y operar centros de cultivo en sectores altamente expuestos y *offshore*, en los cuales las condiciones ambientales actualmente no permiten operar.

El proyecto de CORFO liderado por *EcoSea Farming Spa* (Figura 17) considera la operación, en zonas oceánicas, mediante el uso de balsas jaulas sumergibles de 40 m de diámetro con mallas de aleación de cobre de grandes dimensiones, sumergibles para evitar la acción del oleaje, florecimientos de microalgas, corrientes superficiales y ataque de predadores. Por lo tanto, no ocupan redes loberas. Además, las redes no requieren de una limpieza permanente y siempre mantienen el volumen útil cultivo, ocasionado que los peces estén expuestos a un estrés significativamente menor que en los sistemas tradicionales de cultivo.

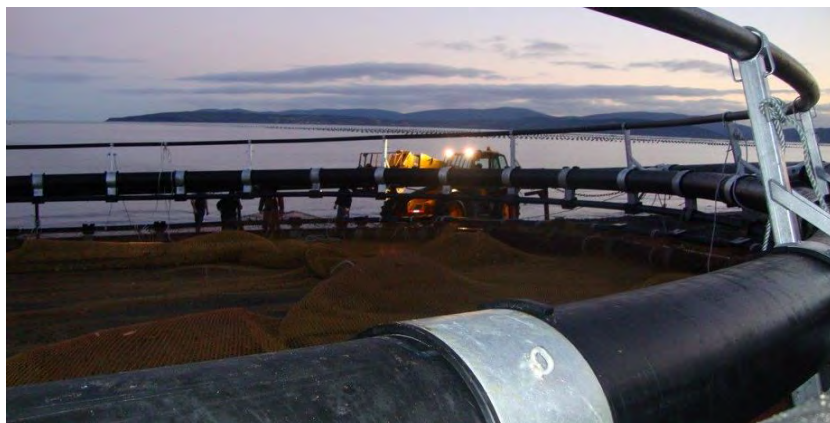


Figura 17. Construcción de la balsa sumergible de *EcoSea Farming Spa* para prototipaje en centro Traiguén 2 de Invermar. Foto: EcoSea Farming Spa 2019.

6.1.6 Normativas en el ámbito biogeoquímico de otros países

A continuación, se presentan los principales aspectos biogeoquímicos abordados en la normativa de algunos de los países que cuentan con AO. La Tabla 26 muestra todos los parámetros ambientales considerados en las diferentes normativas de estos países.

6.1.6.1 Normativa ambiental de la Unión Europea

Desde el año 2009, la política hídrica europea se regula tanto por la Directiva Marco sobre Agua (DMA), la cual es aplicada en aguas continentales y costeras, como por la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (DMEM), que se aplica a las aguas marinas, siendo ambas directivas adoptadas en el año 2000. La DMA y DMEM conlleva un conjunto de objetivos ambientales bastante similares, entre los cuales se debe alcanzar un buen estado químico y ecológico de las aguas superficiales. El buen estado constituye una de las cinco categorías de estado que se recogen en la Directiva (*i.e.*, muy bueno, bueno, aceptable, deficiente y malo). En la Tabla 19 y Tabla 20 se muestran los objetivos detallados, los criterios de medición y los indicadores de calidad para la clasificación del estado. A escala local, el buen estado ecológico se considera inferior a un punto de referencia teórico de condiciones originales, es decir, sin influencia antropogénica. La Directiva, aplicable a las aguas continentales y las aguas costeras hasta una distancia de una milla náutica desde las líneas de base costeras de los estados miembros, adopta un planteamiento integrado de la gestión hidrológica con el fin de proteger y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos y promover un uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos hídricos disponibles, entre otros. La DMEM, actualmente es menos relevante en el sector debido a una menor concentración de las actividades acuícolas en las zonas marinas situadas a más de 1 mn de la costa.

Las aguas que alcancen un estado inferior al aceptable se clasifican como deficientes o malas. También se consideran deficientes o malas cuando las aguas muestran indicios de

alteraciones importantes en los valores de indicadores de calidad biológica correspondientes al tipo de masa de agua, y en que las comunidades biológicas pertinentes se desvíen considerablemente de las comunidades normalmente asociadas con el tipo de masa de agua en condiciones inalteradas.

Finalmente, la normativa incluye monitoreos que tienen períodos determinados de controles, los parámetros correspondientes a los indicadores de calidad fisicoquímicos que se controlarán con una periodicidad definida Tabla 21, salvo en caso de que se justifiquen intervalos mayores en función de los conocimientos técnicos y la apreciación de los especialistas. En el caso de los indicadores de calidad biológicos o hidromórficos, se efectuará como mínimo un control durante el periodo de controles de vigilancia.

Tabla 19. Definición general de calidad ecológica del ambiente.

Indicador	Muy buen estado	Buen estado	Estado aceptable
General	No existen alteraciones antropogénicas de los valores de los indicadores de calidad fisicoquímicas e hidromorfológicas correspondientes al tipo de masa de agua superficial, o existen alteraciones de muy escasa importancia, en comparación con los asociados normalmente con ese tipo en condiciones inalteradas. Los valores de los indicadores de calidad biológicos correspondientes a la masa de agua superficial reflejan los valores normalmente asociados con dicho tipo en condiciones inalteradas, y no muestran indicios de distorsión, o muestran indicios de escasa importancia.	Los valores de los indicadores de calidad biológicos correspondientes al tipo de masa de agua superficial muestran valores bajos de distorsión causada por la actividad humana, pero solo se desvían ligeramente de los valores normalmente asociados con el tipo de masa de agua superficial en condiciones inalteradas.	Los valores de los indicadores de calidad biológicos correspondientes al tipo de masa de agua superficial se desvían moderadamente de los valores normalmente asociados con el tipo de masa de agua superficial en condiciones inalteradas. Los valores muestran signos moderados de distorsión causada por la actividad humana y se encuentran significativamente más perturbados que en las condiciones correspondientes al buen estado.

Tabla 20. Indicadores de calidad fisico-químicos.

Indicador	Muy buen estado	Buen estado	Estado aceptable
Condiciones generales	Los valores de los indicadores fisicoquímicos corresponden totalmente, o casi totalmente, a las condiciones inalteradas. Las concentraciones de nutrientes permanecen dentro de la gama normalmente asociada con las condiciones inalteradas. Los valores de salinidad, pH, balance de oxígeno, capacidad de neutralización de ácidos y temperatura no muestran signos de perturbaciones antropogénicas y permanecen dentro de la gama normalmente asociada con las condiciones inalteradas.	La temperatura, el balance de oxígeno, el pH, la capacidad de neutralización de ácidos y la salinidad no alcanzan valores que se encuentren fuera de la gama establecida para garantizar el funcionamiento del ecosistema específico. Las concentraciones de nutrientes no rebasan los valores establecidos para garantizar el funcionamiento del ecosistema.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados para los indicadores de calidad biológicos.
Contaminantes específicos sintéticos	Concentraciones cercanas a 0 o al menos, por debajo de los límites de detección de las técnicas analíticas más avanzadas de uso general.	Concentraciones que no rebasan las normas establecidas de conformidad con el procedimiento especificado para las normas de calidad química.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados para los indicadores de calidad biológicos.
Contaminantes específicos no sintéticos	Concentraciones que permanecen dentro de los márgenes que corresponden normalmente a condiciones inalteradas.	Concentraciones que no superan las normas establecidas de acuerdo con el procedimiento especificado para las normas de calidad químicas.	Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados para los indicadores de calidad biológicos.

Tabla 21. Frecuencia de muestreos para monitoreo de actividad acuícola.

Indicador de calidad	Aguas marinas
<i>Biológicos</i>	
Fitoplancton	6 meses
Otra flora acuática	3 años
Macroinvertebrados	3 años
<i>Fisicoquímicos</i>	
Condiciones térmicas	3 meses
Oxigenación	3 meses
Estado de los nutrientes	3 meses

Otros contaminantes	3 meses
Sustancias prioritarias	1 mes

6.1.6.2 Normativa Australiana y Neozelandesa

Dentro de Australia todos los estados o territorios tienen legislación pesquera o de acuicultura, que regula la producción de esta. La acuicultura está regulada por la legislación pesquera general que cubre la pesca comercial y recreativa. El gobierno australiano tiene la responsabilidad de la administración de las aguas marinas entre los límites entre 3 y 200 mn. Por otra parte, en Nueva Zelanda los encargados del manejo de la acuicultura con mayor atribución son el Departamento de Conservación y el Ministerio del Ambiente, y el Ministerio de Pesca. Las responsabilidades del Ministerio del Ambiente incluyen la formulación de recomendaciones en materia de políticas nacionales, el establecimiento de las normas oficiales y elaboración de los ordenamientos para la conservación del agua. Dentro de las regulaciones, la Ley de Manejo de Recursos (1991) (RMA-Resource Management Act of 1991), establece la mayor parte del marco normativo para el manejo de la acuicultura.

En el año 2000 se implementaron las Guías de Calidad de Aguas Dulces y Marinas en Australia y Nueva Zelanda (Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality Guidelines), actualmente conforma una pauta de control de calidad del agua detallada y con un amplio respaldo de investigación científica. Estas guías fueron elaboradas por los Consejos de Manejo de Recursos y Medio Ambiente de Australia y Nueva Zelanda (ANZECC) formando parte del Manejo Nacional de Calidad de Agua Australiano (NWQMS), y proveen al gobierno y a la comunidad en general de una serie de herramientas para el manejo óptimo de la calidad de agua.

Los estresores fisicoquímicos que se toman en cuenta dentro de las Guías de Calidad de Agua de ambos países pueden clasificarse ampliamente en dos tipos, dependiendo de si tienen efectos directos o indirectos en el ecosistema. Algunos de los estresores a tomar en cuenta son: salinidad, pH, temperatura, nutrientes, partículas suspendidas, clorofila, flujo de agua, turbidez, metales pesados, oxígeno disuelto (Tabla 22).

Tabla 22. Valores que se utilizan para evaluar el riesgo de efectos adversos debido a nutrientes, materia orgánica biodegradable y pH, valores proporcionados por los estados y territorios australianos. Chl-a = clorofila-a, TP = fósforo total, FRP = fosfato reactivo filtrable, TN = nitrógeno total, NOx = óxidos de nitrógeno, NH₄⁺ = amonio, DO = oxígeno disuelto

Ecosistema	Chl-a (µg L ⁻¹)	TP (µg P L ⁻¹)	FRP (µg P L ⁻¹)	TN (µg N L ⁻¹)	NOx (µg N L ⁻¹)	NH ₄ ⁺	DO (% saturación) límite inferior	DO (% saturación) límite superior	pH límite inferior	pH límite superior
Marino	1 ⁿ	25 _n	10	120	5 ^k	15 ^k	90	110	8,0	8,4

n=los valores son 20 µg L⁻¹ para TP, para aguas offshore y 1,5 µg L⁻¹ para Chl-a, para aguas inshore

k=los valores de 25 µg L⁻¹ para NOx y 20 µg L⁻¹ para NH₄⁺, para New South Wales los valores son elevados por los frecuentes eventos de afloramiento.

6.1.6.3 Normativa Canadiense

La industria acuícola canadiense está supervisada por las autoridades federales, provinciales y locales. Estas autoridades han hecho esfuerzos para establecer un marco regulatorio más eficiente, equilibrando la necesidad de resguardar el medio ambiente, sostener la pesca y alcanzar una industria competitiva. Una de las entidades que actúa sobre la regulación de los productos pesqueros en el comercio de exportación e interprovincial, la conservación y protección de los bancos de peces silvestres y el hábitat de los peces, y de la investigación y desarrollo es el Departamento de Pesca y Océanos de Canadá (DFO), además de otras agencias que regulan la acuicultura como "Health Canada", "Agriculture and Agri-Food Canada", la agencia regulatoria para el manejo de plagas y la agencia canadiense de inspección alimentaria (CFIA). Los instrumentos legislativos básicos para la regulación de la acuicultura a nivel provincial en Columbia Británica son la Ley de Pesca (1996) (Fisheries Act) y el Reglamento a la Ley de Pesca (1976) (Fisheries Act Regulations), el Reglamento de Acuicultura (2002) (Aquaculture Regulation) y la Ley de Manejo Ambiental (FAO,2005).

Los efectos sobre el hábitat ocasionados por las granjas de peces están reglamentados por la Ley Federal de Pesca (1985), que prohíbe la alteración nociva y destrucción del hábitat de los peces y el depósito de sustancias dañinas, a excepción de las autorizadas por el DFO. La responsabilidad del desarrollo y hacer efectivos los estándares sobre residuos generados por la agricultura es del Ministerio del ambiente. En el año 2002, el ministerio estableció el reglamento de control de residuos de la piscicultura, el cual establece que las granjas de peces

deben registrarse ante el ministerio y entregar información actualizada de su actividad. También las actividades de las granjas piscícolas deben garantizar la sustentabilidad de los organismos de fondo marino, al observar las normas de sedimentos químicos en los suelos concesionados y las normas biológicas en el perímetro de la superficie concesionada. Deben cumplirse las condicionantes de productos químicos específicos si se exceden varios parámetros químicos durante el ciclo de producción (FAO,2005).

La Tabla 23 muestra los límites normados por British Columbia (Brantes,2008) para las descargas de efluentes al medio marino.

Tabla 23. Normas para la Descarga de Residuos Líquidos aplicables al medio marino de la normativa canadiense.

Elemento	Concentración (mL/L)
Aceites y grasas	10
Aluminio	0,5
Amonio	1
Arsénico trivalente	0,05
Arsénico Total	0,1
Cadmio	0,01
Cianuro total	0,1
Cloruro	0,5
Cobalto	0,5
Cobre total	0,05
Cromo total	0,05
Fosfatos	2
Hierro	0,3
Manganeso	0,1
Mercurio	0,005
Molibdeno	0,5
Níquel	0,2
Nitrato	10
Plata	0,05
Plomo	0,05
Selenio	0,05
Sólidos disueltos	2500
Sólidos suspendidos Totales	25
Zinc	0,5

6.1.6.4 Normativa Estadounidense

En Estados Unidos de Norteamérica (EEUU) la acuicultura se regula a nivel federal y estatal. La administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, Food and Drug Administration) del departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS - Department of Health and Human Service), el Departamento de Agricultura (USDA - Department of Agriculture), y la Agencia de Protección al Ambiente (Environmental Protection Agency) (FAO, 2011).

La primera norma que aprobó EEUU para la acuicultura en alta mar regula los procedimientos de solicitudes de permisos, sus costos, costos de renovación, la gestión de las autoridades para resolver solicitudes, y también establece que se deben mantener inalterables las estructuras operacionales y la zona de cultivo. Además, la norma expone las facilidades para el monitoreo, control y vigilancia de esta actividad productiva que puede ser directa o delegada por el National Marine Fisheries Service (NMFS). Su intención es desarrollar la acuicultura en especies nativas y además prohíbe el cultivo de especies transgénicas (Arancibia, 2019; NOAA, 2016).

La Agencia para la Protección Ambiental (EPA) es la principal dependencia que regula la calidad del agua, y el Departamento de Recursos Hídricos es la principal dependencia del estado de California. La Ley Federal de Control de la Contaminación del Agua (“Ley de Agua Limpia”) (Federal Water Pollution Control Act (“Clean Water Act”)), controla cualquier actividad que genere una descarga de contaminantes en aguas navegables, incluyendo la construcción y operación de un establecimiento. Las empresas que desarrollan actividad acuícola deberán disponer de un permiso emitido por el estado, certificando que la descarga cumple con las normas federales especificadas. Las atribuciones del EPA incluyen un Programa de Monitoreo de la Calidad de las Aguas Costeras que mide la calidad del ecosistema costero a nivel nacional mediante la obtención y análisis de información científica. Entre otras cosas, el programa identifica y analiza las fuentes de deterioro, acumulación de residuos flotantes y analiza las tendencias de la calidad ambiental a corto y largo plazo. El programa también coordina las actividades de monitoreo de otras dependencias federales, con requisitos similares para los reportes requeridos por la Ley de Agua Limpia (FAO, 2011).

La Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. ha enumerado los componentes químicos que figuran en la Tabla 24 como contaminantes tóxicos de conformidad con la sección 307 de la Ley Federal de Control de la Contaminación del Agua (FWPCA), que también considera el código de aguas de California (CWC). Dentro del estado de California la junta de control de recursos (State Water Board) considera que los planes de control se realizarán cada tres años para garantizar que las actuales normas sean adecuadas y no permitan impactos en la biota marina (EPA, 2016). Las concentraciones de estos contaminantes tóxicos en las aguas del Estado no excederán los criterios indicados en la Tabla 24.

Por otra parte, la Water Quality Control Plan Ocean Waters of California sugiere tomar en consideración las siguientes características químicas para resguardar la calidad de agua:

1. La concentración de oxígeno disuelto en ningún momento disminuirá más del 10% de lo que ocurre naturalmente.
2. El pH no debe cambiar más de 0,2 unidades de lo que ocurre naturalmente.
3. La concentración de sulfuro disuelto de las aguas en y cerca de los sedimentos no deberá aumentar significativamente, por encima de las condiciones naturales

Tabla 24. Objetivos para la protección de la vida acuática Marina. Water Quality Control Plan Ocean Waters of California, 2015.

Elemento	Unidades de medida	Concentraciones limitantes		
		Mediana de 6 meses	Máximo diario	Máximo instantáneo
Arsénico	µg/L	8	32	80
Cadmio	µg/L	1	4	10
Cromo(Hexavalente)	µg/L	2	8	20
Cobre	µg/L	3	12	30
Plomo	µg/L	2	8	20
Mercurio	µg/L	0,04	0,16	0,4
Níquel	µg/L	5	20	50
Selenio	µg/L	15	60	150
Plata	µg/L	0,7	2,8	7
Zinc	µg/L	20	80	200
Cianuro	µg/L	1	4	10
Amoniaco	µg/L	600	2400	6000
Compuestos fenólicos	µg/L	30	120	300
Fenólicos clorados	µg/L	1	4	10

6.1.6.5 Normativa Noruega

En Noruega, el Departamento de Pesca y Acuicultura, como órgano ejecutivo dentro del Ministerio de Comercio, Industria y Pesca, es el responsable de la administración y realización de la Ley de Acuicultura y sus regulaciones específicas. El propósito de esta ley es promover la rentabilidad y competitividad de industria de la acuicultura en el marco de

desarrollo sostenible y contribuir a la creación de valor en la costa. Principalmente se establece un sistema de licencias de acuicultura, la coordinación entre autoridades que otorgan licencias, la utilización de los espacios terrestres y costeros, transferencia e hipotecas de licencias, fiscalización y sus respectivas sanciones y por último la sostenibilidad ambiental para cualquier tipo de acuicultura (Arancibia, 2019).

En Noruega el Ministerio de Clima y Medio Ambiente regula la calidad de agua marina regido por la Ley de Control de la Contaminación, donde las autoridades pueden emitir regulaciones sobre:

- 1) valores límite para los que se permitirán contaminantes o que se prohibirá la contaminación en su totalidad o en determinados momentos.
- 2) valores límite para la presencia de ciertas sustancias en el medio ambiente indicados en la Tabla 25.

Sin embargo, la ley prohíbe la descarga o eliminación de residuos en el ambiente, a no ser que sea permitida por las autoridades, los permisos para ello pueden ser otorgados o rechazado en base al estatus ambiental documentado del cuerpo de agua receptor (FAO, 2005). La regulación utilizada en Noruega, también se basa en las definiciones generales de calidad ecológica e indicadores propuestos por los estados miembros, además de aplicar los mismos tiempos de monitoreos mencionados en las normativas de la Unión Europea.

Tabla 25. Estándares de calidad ambiental para sustancias prioritarias y sustancias prioritarias en aguas marinas. Establecida por el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Petróleo y Energía el 27 de marzo de 2012 de conformidad con la Ley Núm. 6 de 13 de marzo de 1981 sobre protección contra la contaminación y los desechos (Ley de Contaminación) (Real Decreto n°15, 2006).

Nombre de la sustancia	Unidad de medida	Promedio anual	Valor máximo
Alacloro	µg/L	0,3	0,7
Antraceno A	µg/L	0,1	0,1
Atrazina	µg/L	0,6	2,0
Benceno	µg/L	8	50
Cadmio	µg/L	0,2	≤ 0,45
Hexacloro ciclohexano A	µg/L	0,002	0,02
Isoproturon	µg/L	0,3	1,0
Plomo	µg/L	1,3	14
Mercurio	µg/L	---	0,07
Naftalina	µg/L	2	130
Níquel	µg/L	8,6	34
Nonilfenoles (4-nonilfenol)	µg/L	0,3	2,0
Pentaclorofenol	µg/L	0,4	1,0

Benzo (a) pireno	$\mu\text{g/L}$	$1,7 \times 10^{-4}$	0,027
Simazina	$\mu\text{g/L}$	1,0	4,0
Triclorobenceno	$\mu\text{g/L}$	0,4	----
Triclorometano(cloroformo)	$\mu\text{g/L}$	2,5	----
Trifluralina A	$\mu\text{g/L}$	0,03	----
Perfluorooctyl y sus derivados (PFOS) A	$\mu\text{g/L}$	$1,3 \times 10^{-4}$	7,2
Quinoxifeno A	$\mu\text{g/L}$	0,015	0,54
Bifenox	$\mu\text{g/L}$	0,0012	0,004
Cybutryne	$\mu\text{g/L}$	0,0025	0016
Heptacloro y heptacloropoksid A	$\mu\text{g/L}$	1×10^{-8}	3×10^{-5}

El Valor promedio anual corresponde a la concentración total de todos los isómeros.

Tabla 26. Límites ambientales establecidos para el aseguramiento de calidad de ambientes con desarrollo de actividad de acuicultura oceánica.

VARIABLE	NORMATIVA						
	España	Indonesia	Grecia	Australia y Nueva Zelanda	Estados Unidos	Unión Europea y Noruega	Canadiense British Columbia
Oxígeno	< 70% saturación	5-7 mg/L	5-9 mg/L	90-110% saturación	no debe disminuir más del 10% de lo que ocurre naturalmente. No menciona valores.	valor debe ser coherente con la consecución de los valores especificados para los indicadores biológicos. No menciona valores.	No menos del 90% del valor natural estacional
Nutrientes	Nitrato N (mg/L) <10 Fosfato P (mg/L) <1		0,1 mg NH ₃ -N/L 0,1 mg NO ₂ -N/L 100 mg NO ₃ -N/L	Fósforo total: 25 ²⁰ (µg P L ⁻¹) Nitrógeno total: 120 (µg N L ⁻¹) Amonio: 15 ²⁰ (µg L-1)	No menciona valores.	Las concentraciones de nutrientes no rebasan los valores que garantizan el funcionamiento del ecosistema. No menciona valores.	
pH	7,5-8,5	6-7		8,0-8,4	no debe cambiar más de 0,2 unidades. No menciona valores.	no debe alcanzar valores fuera de la gama que garantice el funcionamiento del sistema. No menciona valores.	6,5 – 8,5

Otros	TFS: 500-1750 (µM) MO:3-7 % COT:2,5-8,5 % Eh(mV): 0to -100 15N:4-6	Temperatura: 25-28 °C Salinidad: 28-31	sólidos suspendidos:25	sólidos suspendidos totales: 10 mL/L	concentración de sulfuro disuelto no deberá aumentar significativamente por encima de condiciones naturales No menciona valores.	valores de contaminantes específicos sintéticos deben ser coherente con la consecución de los valores especificados para los indicadores biológicos No menciona valores.	sólidos suspendidos totales: 25 mg/L
Cobre en agua de mar					3,1 µg/L (crónico) 4,8 µg/L (agudo)		<2 µg/L. Promedio en 30 días (máximo de 3 µg/L en cualquier medición)
Cobre en sedimentos				65 mg/kg 270 mg/kg (efecto probable). ANZECC/ARMCANZ 2000			18,7 mg/kg (interino) 108 mg/kg (efecto probable)
Zinc en sedimentos				200 mg/kg 410 mg/kg (efecto probable)	81 µg/L (crónico) 90 µg/L (agudo)		124 mg/kg (interino) 271 mg/kg (efecto probable)

6.1.7 Medidas de adaptación al cambio climático

Según el informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, AR5, 2014), el cambio climático y la acidificación de los océanos están alterando profundamente los ecosistemas marinos, con los consecuentes impactos en la pesca y acuicultura a nivel mundial (Figura 19):

- Los principales impactos se refieren al desplazamiento de los stocks y al aumento de la mortalidad de crustáceos para la acuicultura debido a la acidificación marina.
- Los impactos del cambio climático y la acidificación de los océanos se agravan por otros factores como: sobreexplotación de los recursos, contaminación y pérdida de hábitats.
- Los ecosistemas de arrecifes de coral están disminuyendo rápidamente, con consecuencias negativas para algunas pesquerías costeras.



Figura 18. Diagrama de adaptación del cambio climático (IPCC, 2014).

La acuicultura se puede ver afectada por aumento en la frecuencia y magnitud de tormentas e inundaciones. Los impactos contribuyen al aumento del número de “zonas muertas” en el océano, así como al aumento en la proliferación de microalgas tóxicas. Cabe señalar que el IPCC estima varios escenarios posibles del cambio climático y que estos involucran generalidades con diferentes niveles de incertidumbre.

Tomando en cuenta estos ámbitos, aspectos y recomendaciones generales, y el marco general del Plan de Adaptación para el sector Pesca y Acuicultura se definen las siguientes directrices:

- La política pública sectorial en materia de adaptación debiera ser orientada a reducir la vulnerabilidad y a proveer la información necesaria para la planificación e implementación de las acciones que conduzcan a esta reducción, asegurando que dichas acciones no tengan impactos negativos en otros servicios eco sistémicos, en la sustentabilidad de las pesquerías y acuicultura a largo plazo y coherentes con las medidas

de adaptación incluidas en otros Planes sectoriales de Adaptación, en especial en el Plan de Biodiversidad.

- Considerar la adaptación como un proceso progresivo y capaz de aprender de experiencias pasadas, tomando en cuenta que los pescadores y acuicultores se han adaptado a otros procesos o eventos ambientales anteriores.
- Buscar medidas de adaptación que contribuyan a reducir la vulnerabilidad de forma prolongada, en lugar de instaurar medidas paliativas de corto plazo que podrían incluso tener un efecto contrario a largo plazo.
- A través del Plan, contribuir a la sustentabilidad de las pesquerías y la acuicultura con el propósito de que las medidas de adaptación sean más eficientes y que no se vean afectadas por la condición de los recursos ligada a problemas de manejo y gobernabilidad, en concordancia con la Ley General de Pesca y Acuicultura y sus programas.
- En el diseño e implementación de medidas en materia de cambio climático en el sector pesca y acuicultura, se debe considerar escalas temporales y espaciales acordes con el desarrollo de la política para la conservación y administración de las pesquerías y acuicultura y protección del ecosistema.

6.1.8 Propuesta de criterios e indicadores para una normativa de AO nacional

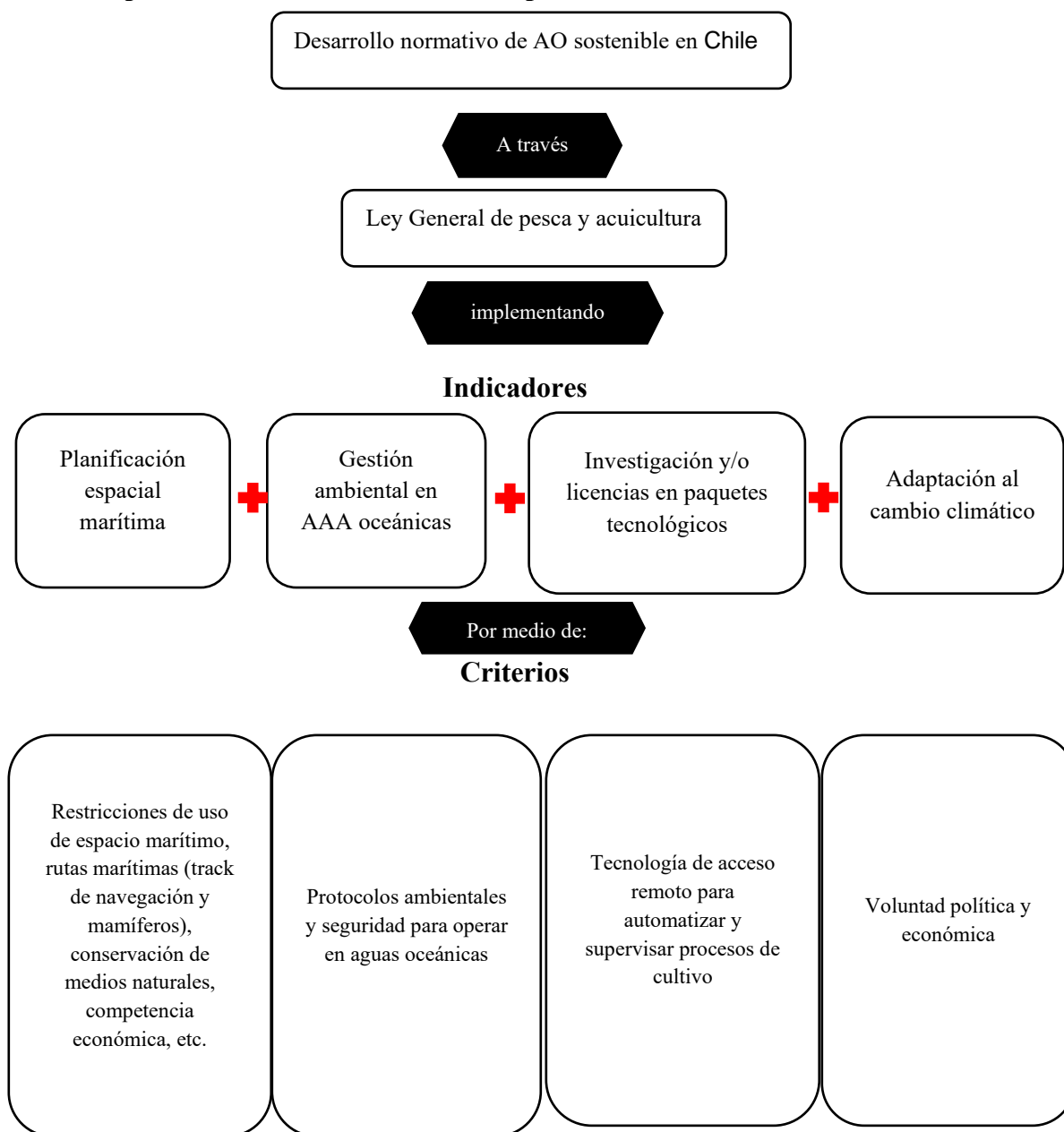


Figura 19. Propuesta de criterios e indicadores para una normativa de Acuicultura nacional.

En la Figura 19 se caracterizan los criterios esenciales para realizar una normativa en AO, considerando que se debe implementar en la Ley General de Pesca y Acuicultura a través de indicadores, tales como: planificación espacial, gestión ambiental en áreas aptas para la acuicultura (AAA), investigación y/o licencias de paquetes tecnológicos y adaptación al cambio climático; siendo estos los ejes más importantes para su desarrollo. Como consecuencia, estos indicadores están supeditados a los criterios de restricciones del uso del espacio marítimo, protocolos ambientales, tecnología automatizadas, voluntad política y económica.

6.2 DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS Y METEOROLÓGICAS, QUE SE DEBEN CONSIDERAR PARA EL DESARROLLO DE LA ACUICULTURA OCEÁNICA, INCLUYENDO LAS CARACTERÍSTICAS PARA INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD.

6.2.1 Análisis Meteorológico

6.2.1.1 Características generales Pacífico Sudoriental

➤ *Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur*

La característica más relevante y persistente en el mapa sinóptico del Pacífico Sudoriental, es la presencia del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur, ubicado en $\sim 30^{\circ}\text{S}$. Este anticiclón se mueve ligeramente hacia los polos en verano y hacia el ecuador en invierno (Figura 20) en respuesta al desplazamiento aparente del Sol, lo cual revela una expansión y contracción estacional de las bajas circumpolares ubicados en el cinturón de 60°S . A su vez, cuando el anticiclón esta fortalecido disminuye la probabilidad de paso para los sistemas frontales generando un efecto de bloqueo y por consecuencia un aumento en la radiación solar en superficie asociado a la disminución de la nubosidad.

Por otra parte, la presencia del continente debilita (intensifica) el anticiclón producto del mayor calentamiento en verano (invierno), aunque en el Hemisferio Sur este efecto es menos acentuado, dada la menor proporción tierra océano existente.



Figura 20. El anticiclón experimenta cambios menores en su posición longitudinal (100–90°W) e intensidad (1021–1024 hPa), siendo un poco más intenso en primavera. El anticiclón alcanza su posición más austral durante el verano con su centro en ~35°S, retrayéndose hacia el norte durante el otoño e invierno cuando su centro se encuentra en ~27°S. Fuente: Fundación Mar de Chile.

La presencia del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur obedece primordialmente a la Circulación General de la atmósfera siendo de origen dinámico más que térmico, donde su firmeza y persistencia lo convierte en el factor clave que controla la posición y actividad de la mayor parte de los vientos.

El anticiclón funciona como un campo de presión, los cuales en esencia son los artífices de la dinámica atmosférica. Las zonas de bajas presiones, por lo general con valores < 1014 hPa que giran en el Hemisferio Sur en sentido de las agujas del reloj, actúan como una fuerza centrípeta que contrae hacia su centro el aire circundante, mientras que los anticiclones corresponden a masas de aire con una presión > 1014 hPa, que giran en el Hemisferio Sur en sentido contrarios a las agujas del reloj y actúan como masas de aire centrífugas que expanden hacia afuera el aire.

La zona en estudio se ubica en la zona de transición entre el anticiclón subtropical del Pacífico Sur y el cinturón de bajas presiones circumpolares.

➤ *Fenómeno El Niño – Oscilación del Sur*

Con una frecuencia cada vez más incierta y una limitada capacidad de predicción, cada cierta cantidad de años, se presentan condiciones cálidas (fase positiva) de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico ecuatorial y costas del norte de Chile, Perú, Ecuador y Colombia, asociadas a un debilitamiento del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur, evidenciando así la presencia del Fenómeno El Niño. Este calentamiento del agua del mar inhibe la surgencia en la superficie del mar (afloramiento de aguas frías, ricas en microorganismos, desde las profundidades marinas), aumentándose la temperatura del aire en 1°C a 2°C sobre lo normal, lo que es sensible en la costa norte de Chile durante el período de máxima intensidad del Niño. La parte central, sur y austral del país no experimentan variaciones térmicas importantes (Figura 21).

Al contrario de un evento El Niño, La Niña genera que la TSM disminuya en el Pacífico ecuatorial (fase negativa) y costas del norte de Chile, Perú, Ecuador y Colombia, asociado a procesos de intensa surgencia (afloración hacia la superficie de aguas frías y profundas por causa del viento). Esto provoca que las condiciones de temperatura del aire bajen entre 1°C y 2°C por debajo del promedio en la costa norte de Chile durante el período en que La Niña presenta su máxima intensidad. La parte sur y austral de Chile, no experimenta grandes cambios desde el punto de vista térmico. Sin embargo, se fortalece el anticiclón del pacífico, extendiendo su dominio hacia latitudes más altas bloqueando completamente el paso de bajas presiones, alejando el paso de sistemas de mal tiempo y fortaleciendo la circulación anticiclónica y del viento Sur en el litoral centro-sur del país (Figura 21).

El elemento climático más afectado por el Fenómeno El Niño es la presión atmosférica lo cual genera toda una reestructuración de los patrones acostumbrados, permitiendo el desplazamiento de las bajas circumpolares comúnmente ubicadas al sur de 50°S, hacia latitudes más bajas. El debilitamiento del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur que ya no puede ejercer un bloqueo al paso de estas bajas presiones, y la aparición de centros de Altas migratorias frías en los 60°S que por su naturaleza fría se constituyen como un poderoso mecanismo de bloqueo a los sistemas frontales, facilitan el tránsito de estos sistemas frontales entre ambas estructuras.

Esto trae como consecuencia un aumento importante de eventos de mal tiempo a las costas de la zona centro-sur del país alterando la normalidad acostumbrada, con aumentos en el oleaje y el viento de componente norte, además del aumento de las precipitaciones.

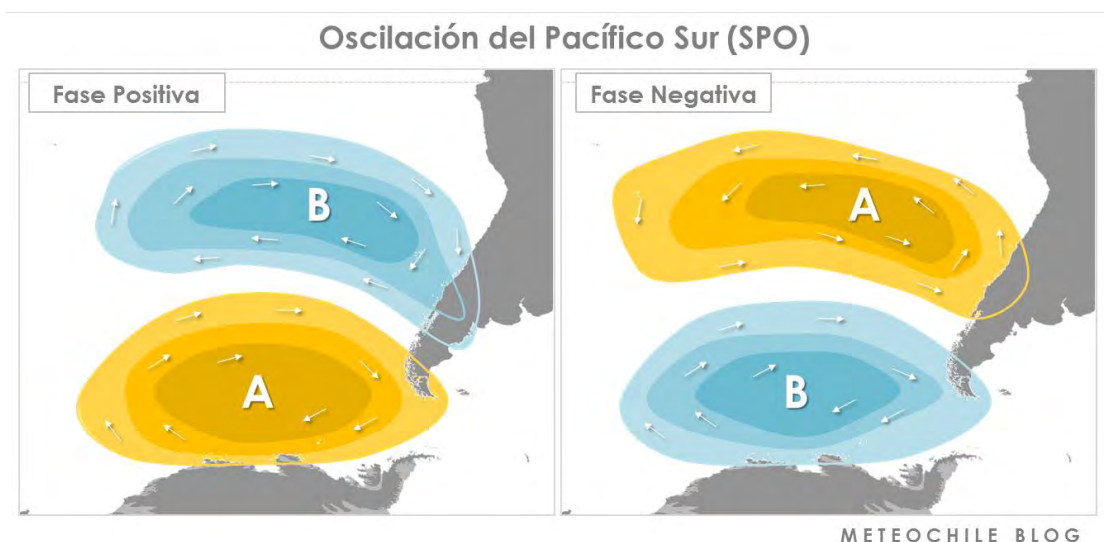


Figura 21. Oscilación del Pacífico Sur (SPO) muestra el patrón de anomalías de presión a nivel del mar. Izquierda la fase positiva (El Niño) y a la derecha la fase negativa (La Niña). Colores amarillos indican presiones sobre lo normal y colores azules presiones bajo lo normal. Los vectores indican anomalías del viento cercano a la superficie. Fuente: Dirección Meteorológica de Chile.

6.2.1.2 Análisis de la distribución espacial de las variables meteorológicas en la zona de estudio.

La zona en estudio se ubica en límite meridional del Anticiclón del Pacífico Sur, muy cerca del cinturón de bajas presiones circumpolares ubicado a 60°S, dicha proximidad favorece un importante gradiente de presión por el cual el aire que fluye desde la alta presión hacia las bajas presiones aumenta su velocidad de desplazamiento y producto de la fuerza de Coriolis, se desvía hacia la izquierda en el hemisferio sur, dando paso a un flujo viento permanente del oeste, justamente a la altura de la zona estudiada. En cuanto a su velocidad, la mayor frecuencia se ubica entre 5 y 10 m/s, con un promedio de 52,9%. También es importante destacar que el viento más intenso proviene del noroeste y norte, sin descartar otras

direcciones y que, aunque los vientos bajo 10 m/s representan el 76% de todos los vientos, el 24% restante, representa un alto riesgo para la vida humana en el mar, embarcaciones e infraestructura acuática.

En tanto la temperatura del aire, en promedio fluctúa entre 8°C y 15°C todo el año, con un periodo de invierno y primavera frío, donde las temperaturas mínimas pueden bajar de 3°C, mientras que, en el verano, las temperaturas máximas pueden alcanzar 21 °C en promedio.

➤ ***Distribución de la Presión Atmosférica***

La distribución de la presión atmosférica (Figura 22) muestra claramente la posición del anticiclón del Pacífico Sur y cómo este se desplaza más al sur en el periodo primavera-verano y se retira en otoño-invierno formando una cuña en el límite del continente. En la misma figura se observa que durante la primavera el Anticiclón del Pacífico Sur presenta mayor intensidad, lo que explica el incremento del viento de componente Sur sobre la zona centro-sur del litoral nacional. Hacia el sur, se puede advertir cómo la presión comienza a descender rápidamente, generando un importante gradiente de presión Norte-Sur que comienza a la altura de la región de Los Lagos y que, debido a la circulación general de la atmósfera, va dando forma a un flujo de aire permanente del oeste, que en ocasiones puede ser particularmente intenso dada la menor fricción que presenta el océano sobre la zona de estudio.

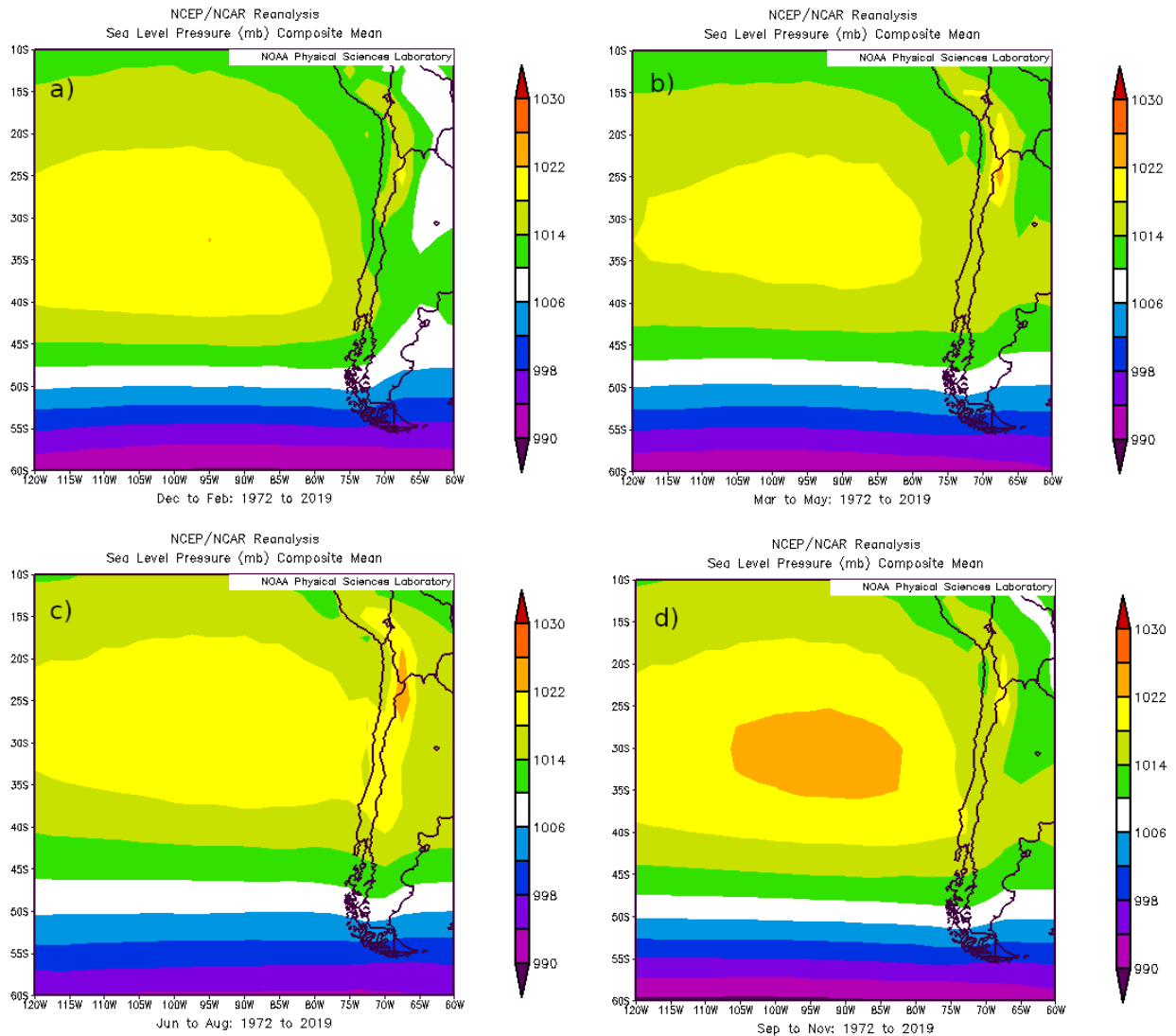


Figura 22. Distribución de la presión atmosférica en las diferentes estaciones del año a) Verano, b) Otoño, c) Invierno y d) Primavera. Fuente: National Centers for Environmental Prediction (NCEP).

Este mismo gradiente que en invierno se desplaza ligeramente más al norte favorece el paso de sistemas frontales sobre la zona, que, si bien se presentan durante todo el año, son mucho más frecuentes y activos en periodo de invierno y primavera lo que se relaciona estrechamente con el aumento del viento de componente Noroeste y Norte.

➤ **Análisis del campo de viento**

La distribución de los vectores del viento (Figura 23) muestra el predominio de viento del Oeste que obedece a un proceso dinámico de la circulación general de la atmósfera asociado al gradiente norte-sur de la presión atmosférica (Figura 22). Dicho flujo se presenta con mayor intensidad durante el periodo de invierno y disminuye en otoño. La figura también

revela un debilitamiento del viento sobre el continente, lo que se atribuye a la fricción que este ejerce sobre el viento, lo que no ocurre sobre el océano.

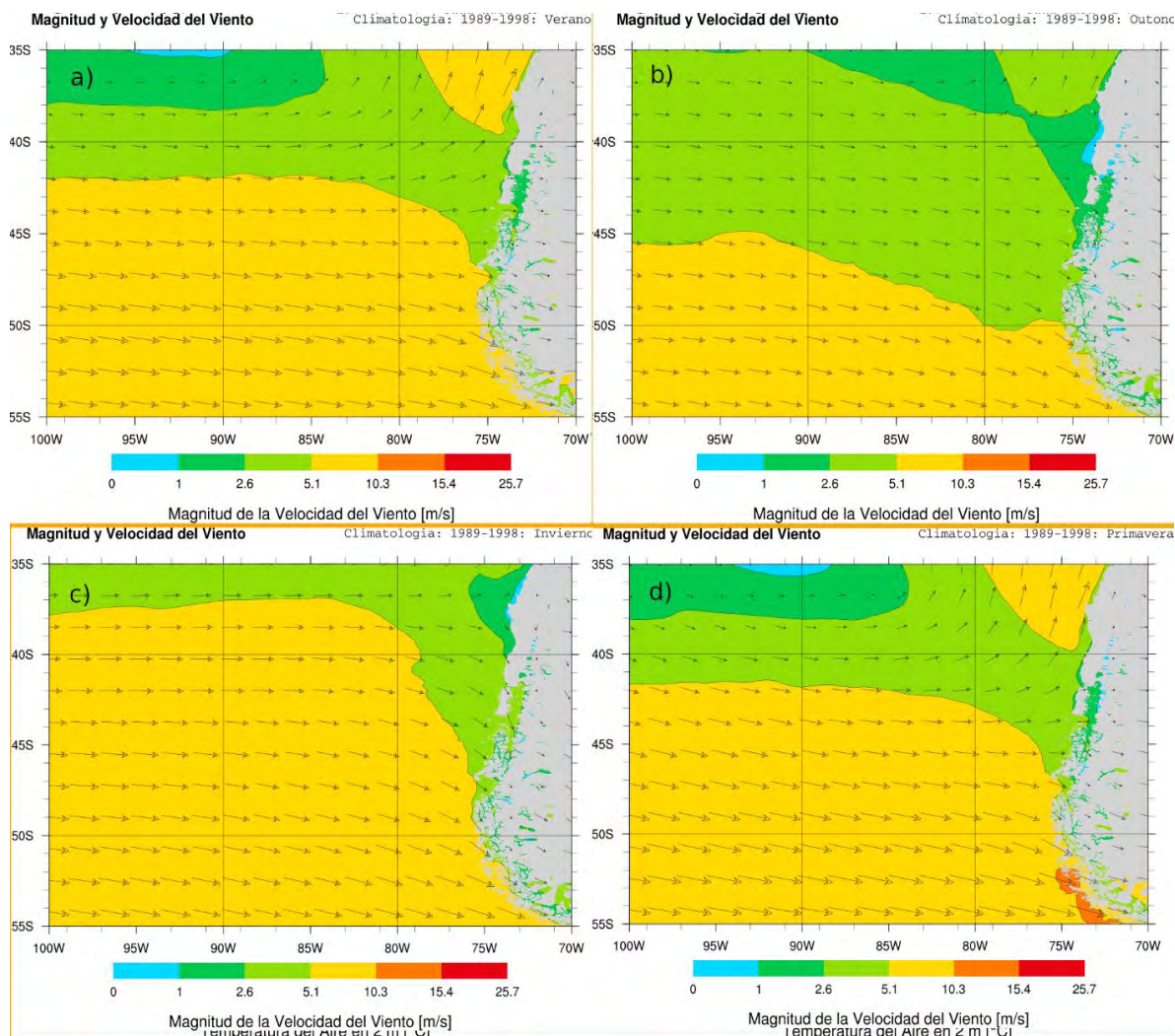


Figura 23. Climatología de la distribución espacial de los vectores de viento para los años 1989-1998, en las diferentes estaciones del año; a) Verano, b) Otoño, c) Invierno y d) Primavera. Fuente: National Centers for Environmental Prediction (NCEP).

También se puede observar un aumento del viento al sur de 46°S donde las bajas presiones migratorias ejercen su mayor influencia. En cuanto a la dirección, esta se muestra con un claro predominio del oeste. No obstante, se puede apreciar un cambio de comportamiento aproximadamente en 45°S, donde el viento al norte de esa latitud muestra un marcado dominio del oeste/suroeste mientras que hacia el sur de dicha latitud se presenta una dirección predominante oeste/noroeste.

➤ *Análisis del Campo de Temperatura del Aire*

Al estudiar la distribución espacial de la temperatura (Figura 24), se puede apreciar que el periodo más cálido corresponde a las estaciones de verano y otoño, mientras que el periodo

más frío se presenta en invierno y primavera. Esta prolongación del verano hacia el otoño y del invierno hacia la primavera, se puede asociar a un efecto de memoria de la atmósfera, que le impide reaccionar con celeridad al cambio de posición con que los rayos del Sol calientan la tierra.

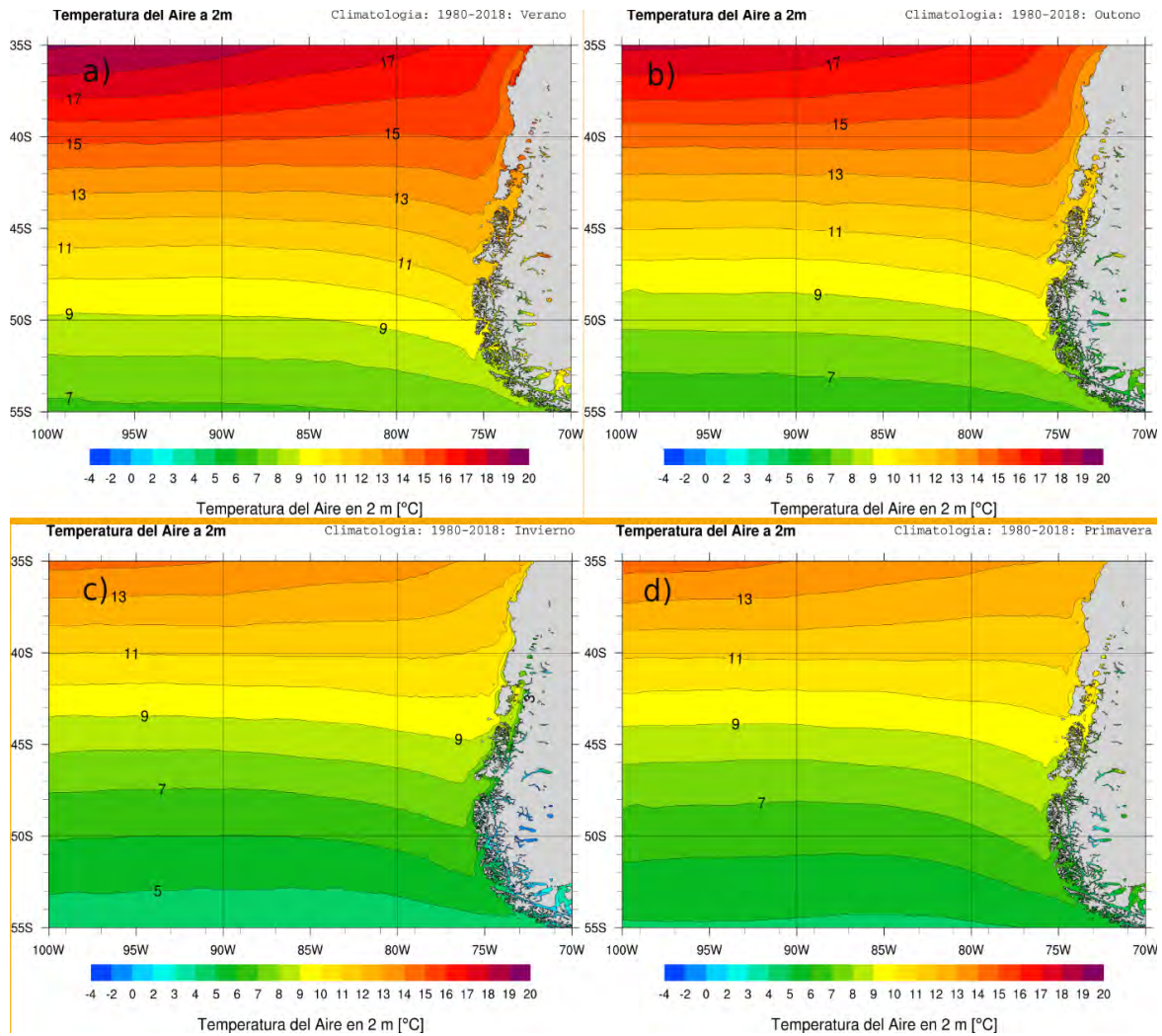


Figura 24. Distribución espacial de la temperatura promedio en las diferentes estaciones del año a) Verano, b) Otoño, c) Invierno y d) Primavera. Fuente: National Centers for Environmental Prediction (NCEP).

Las temperaturas más cálidas se observan al norte del área de estudio, sin embargo, se puede apreciar menor temperatura sobre el continente, formando una zona de aire frío especialmente en el periodo de invierno y primavera producto de la presencia del mismo continente, lo que deforma ligeramente el trazado de las isotermas, dibujando una especie de cuña de aire cálido que ingresa por el océano muy cercano a la costa hacia el sur, siguiendo con el patrón dado por el Anticiclón del Pacífico

6.2.1.3 Análisis estaciones virtuales

➤ *Viento en superficie*

El viento (Anexo 10.1) en las distintas estaciones virtuales, presenta un predominio de los cuadrante III y IV, con un 90% del total (Tabla 27). Respecto a la intensidad, en promedio el 23% de ellos se sitúa por debajo de 5 m/s. Un 52,9 % se ubica entre 5 y 10 m/s, un 22 % entre 10 y 15 m/s mientras que un 2,13% se ubica entre 15 y 20 m/s y el 0,02% por sobre 20 m/s. Sin embargo, cabe hacer notar que, aunque no esté bien representado, existe la probabilidad que el viento supere en casos excepcionales 25 m/s, siendo la mitad sur del área en estudio la más afectada. Por otra parte, también es importante destacar que el viento en invierno es mucho más intenso que en verano.

Tabla 27. Distribución en porcentaje del viento, por dirección, para cada Estación Virtual.

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6	Estación 7	Estación 8	Estación 9	Estación 10	Promedio
N	16,2%	15,4%	15,7%	12,9%	13,2%	14,2%	16,2%	15,5%	15,8%	19,0%	15,42 %
NE	3,7%	2,4%	3,7%	3,3%	4,2%	4,8%	5,9%	6,9%	4,4%	5,1%	4,45 %
E	2,8%	2,7%	2,6%	2,6%	2,4%	3,2%	1,8%	2,6%	2,3%	1,9%	2,48 %
SE	7,2%	6,4%	3,9%	3,0%	2,5%	2,3%	2,3%	3,0%	2,3%	2,5%	3,54 %
SE	28,0%	24,0%	22,3%	18,8%	17,9%	12,9%	13,9%	9,9%	10,0%	9,4%	16,71 %
SW	18,5%	18,0%	17,3%	19,2%	19,9%	20,9%	18,7%	15,1%	15,7%	13,2%	17,64 %
W	10,5%	12,9%	15,3%	19,9%	19,9%	20,9%	19,9%	19,8%	22,9%	21,3%	18,34 %
NW	13,0%	18,1%	19,2%	20,1%	19,8%	20,7%	21,2%	24,0%	26,6%	27,5%	21,02 %

Al dividir la rosa de vientos en ocho sectores (Anexo 10.1.1), se observa el viento del noroeste como el más frecuente, 21,02%, seguido del viento del oeste y el suroeste, 18,34% y 17,64% respectivamente. Sin embargo, es el viento de componente norte 15,42% y noroeste los que presentan las mayores intensidades de viento que alcanzan con mayor frecuencia valores superiores a 15 m/s.

➤ *Análisis de temperatura*

El ciclo anual de la temperatura del aire muestra, como es de esperar, mayores temperaturas durante el verano que comienzan a descender gradualmente y en forma lenta con el otoño, prologando así las temperaturas de verano que pueden incluso extenderse más allá de la mitad de esta estación del año. Al llegar el invierno se produce un descenso brusco de la temperatura, situación que se mantiene durante la primavera extendiendo a esa forma las temperaturas de invierno durante la primavera.

Por otra parte, la distribución de la temperatura media del aire durante el año no presenta un gran cambio, observándose tan solo una variación verano-invierno de ~ 4°C en promedio,

donde los meses de invierno y primavera son los que menor variación experimentan (Figura 25).

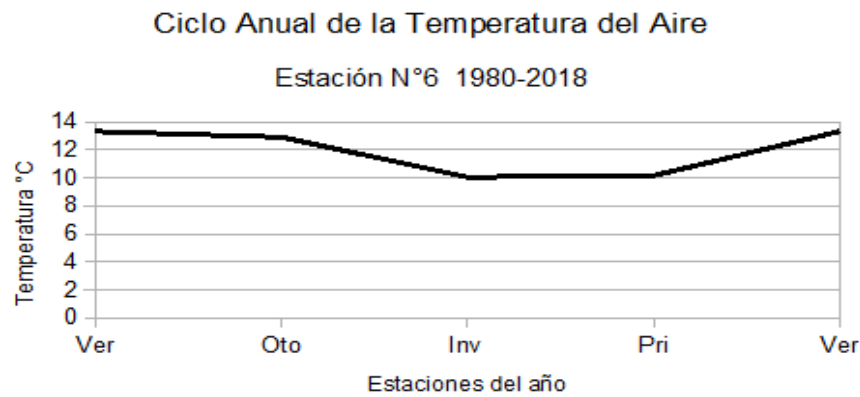


Figura 25. Ciclo anual de la temperatura del aire de la Estación Virtual N°6 ubicada en 45,25°S, 75,25°W.

Los valores (Tabla 28) de la temperatura media del aire, muestran disminución de esta de norte a sur, de ~ 3°C con un gradiente más marcado entre las estaciones 5 y 6. Las temperaturas mínimas extremas se presentan en las estaciones de invierno y primavera y las máximas extremas en las estaciones de verano y otoño. También, se puede observar en promedio y de acuerdo con la estación del año, que las temperaturas más frías(cálidas) se encuentran por debajo (encima) de: verano 10,1°C (16,7°C), otoño 8,6°C (16,2°C), invierno 5,5°C (12,7°C) y primavera 6,6°C (13,8°C). (Anexo 10.1.2)

Tabla 28. Valores extremos de temperatura del aire por estación virtual 1980-2018.

Estación N.º	Promedios																			
	Temperatura Min Abs				Temperatura Max Abs				Temperatura Media				Percentil 5				Percentil 95			
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
1	7,78	5,52	3,35	4,06	20,89	19,15	14,95	16,82	13,65	12,4653	9,65921	10,5174	11,5924	9,83658	7,27026	8,25974	15,5642	14,7492	11,7166	12,64
2	8,15	5,97	2,83	3,96	20,17	19,06	15,51	16,88	13,791	12,6777	9,95256	10,6456	11,8008	9,98	7,53436	8,52051	15,6369	14,9841	12,1079	12,6385
3	7,95	4,75	2,85	4,2	20,04	18,45	14,83	15,9	13,2044	12,1746	9,54359	10,1638	11,1915	9,5859	7,22179	8,0859	15,0597	14,4921	11,6777	12,0997
4	7,83	5,65	2,81	4,1	18,43	17,33	14,83	15,2	13,2123	12,21	9,48821	9,99462	11,0549	9,65077	7,28385	7,96744	15,1841	14,6182	11,5915	11,9285
5	7,68	5,39	2,06	3,6	21,12	18,48	14,33	16,04	13	11,9162	9,11795	9,84821	10,7944	9,27949	6,82128	7,73564	15,019	14,3764	11,2877	11,841
6	6,83	4,62	2,03	2,51	20,39	17,57	13,49	14,08	12,5218	11,5272	8,59385	9,39128	10,2236	8,79205	6,22513	7,23615	14,6559	14,0785	10,809	11,4264
7	6,32	3,98	1,24	2,43	19,28	18,29	13,21	13,88	12,1026	11,1905	8,23974	9,02897	9,78641	8,41949	5,88744	6,83923	14,2995	13,7487	10,4559	11,1028
8	5,31	3,39	1,38	2,18	17,96	16,13	13,15	12,98	11,5105	10,7921	7,95923	8,57128	9,21359	8,11179	5,68103	6,47564	13,7303	13,2956	10,1533	10,571
9	4,69	3,15	0,52	1,65	16,35	15,69	13,1	12,94	11,1662	10,4328	7,63308	8,34513	8,87128	7,65692	5,27308	6,21179	13,4203	12,9985	9,84974	10,361
10	4,33	2,89	0,47	1,64	16,11	15,6	11,98	12,62	10,7272	10,0756	7,26	8,03692	8,46872	7,26	4,80769	5,8441	12,9226	12,6174	9,43564	10,03

En cuanto a las temperaturas más frías, en promedio de todas las estaciones el 5% de estas presentan temperaturas bajo 6°C en invierno mientras que el 5% presenta, en promedio, temperaturas mayores a 15°C en verano.

Es importante considerar el efecto de enfriamiento producido por la combinación viento y temperatura “sensación térmica” que puede afectar a las personas (Tabla 29), sobre todo considerando que al menos un 70% del viento supera 10 m/s, y que el 5% de las temperaturas se presenta por debajo de 6°C, puede ser potencialmente peligroso y poner en riesgo a las personas de no contar con la ropa y equipamiento adecuados

Tabla 29. Sensación de frío que siente una persona a través de la piel según una combinación de parámetros meteorológicos de la temperatura y el viento.

Viento en Nudos	Viento en m/s	Temperatura °C								
		10	7.5	5	2.5	0	-2.5	-5	-7.5	-10
Calma	Calma	10	7.5	5	2.5	0	-2.5	-5	-7.5	-10
Sensación térmica por efecto del enfriamiento del viento										
3-6	2.2	7.5	5	2.5	0	-2.5	-5	-7.5	-10	-12.5
7-10	4.4	5	2.5	-2.5	-5	-7.5	-10	-12.5	-15	-17.5
11-5	6.7	2.5	0	-5	-7.5	-10	-12.5	-17.5	-20	-25
16-19	8.9	0	-2.5	-7.5	-10	-12.5	-17.5	-22.5	-22.5	-25
20-23	11.1	0	-5	-7.5	-10	-15	-17.5	-22.5	-25	-30
24-28	13.3	-2.5	-5	-10	-12.5	-17.5	-20	-25	-27.5	-32.5
29-32	15.6	-2.5	7.5	-10	-12.5	-17.5	-20	-25	-30	-32.5
33-36	17.8	-2.5	-7.5	-10	-15	-20	-22.5	-27.5	-30	-35
Viento superior a los 17.8 m/s produce un peligroso efecto adicional	Peligroso								Muy Peligroso	
	PELIGRO DE CONGELACIÓN DEL CUERPO HUMANO EXPUESTO AL VIENTO SIN LA APROPIADA VESTIMENTA									

6.2.2 Análisis oceanográfico

En el presente estudio, el dominio espacial de las variables oceanográficas analizadas comprendió la región entre 40° y 49°S, abarcando desde la costa continental de Chile hasta 80°W, sin considerar el mar interior. cubriendo gran parte de la Patagonia chilena, excluyendo al Mar Interior de Chiloé y a los fiordos y canales presentes en ella (Figura 26).

El fondo marino en la región de estudio se caracteriza por una plataforma continental que se proyecta hacia el océano ~40-60 km, seguida por un abrupto talud (Figura 26 y Figura 27). La presencia de los cañones submarinos Chacao, Cucao, Simpson y Darwin (nombrados de norte a sur) interrumpe esta plataforma (Díaz-Naveas & Frutos, 2010), extendiéndose incluso dentro de las 5 mn más próximas a la costa, generando sectores donde la profundidad supera 1000 m (Figura 27).

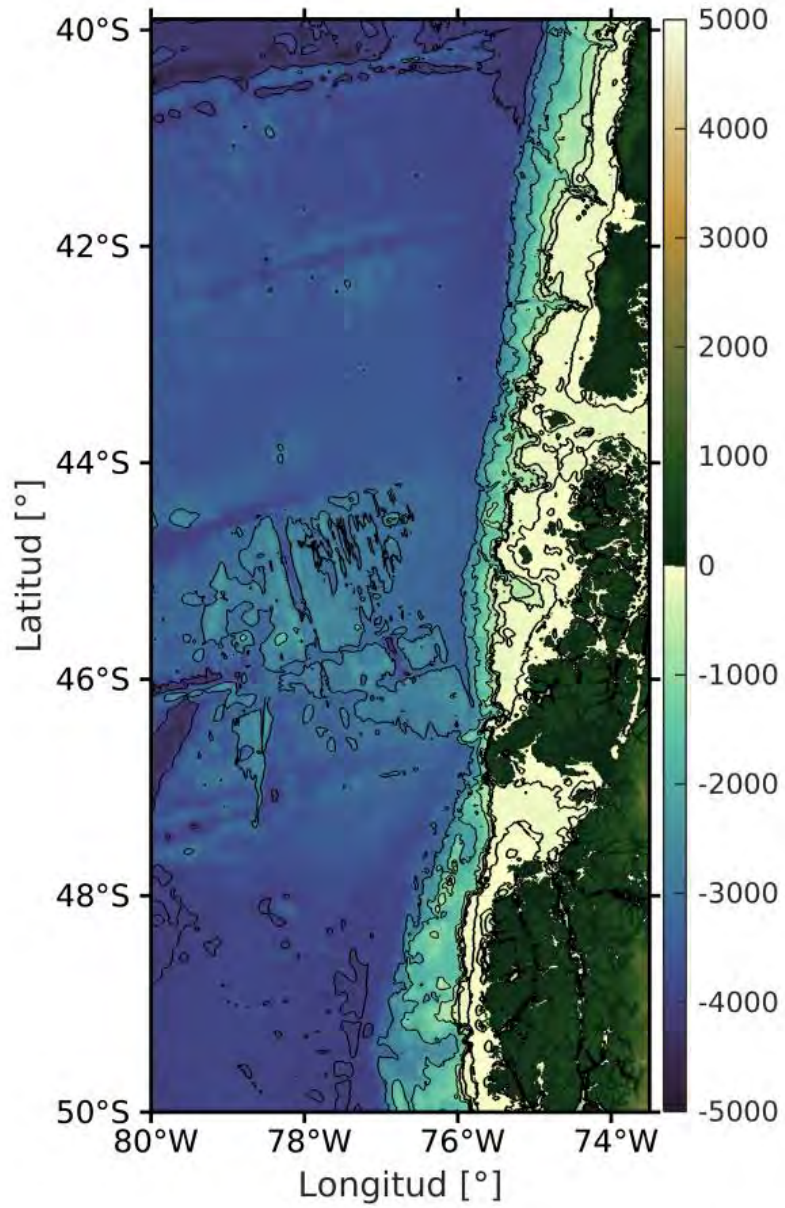


Figura 26. Región de estudio. En colores se muestra la topografía submarina y continental. Los contornos indican las isobatas de 100, 250, 500, 1000, 2000, 3000 y 5000 m.

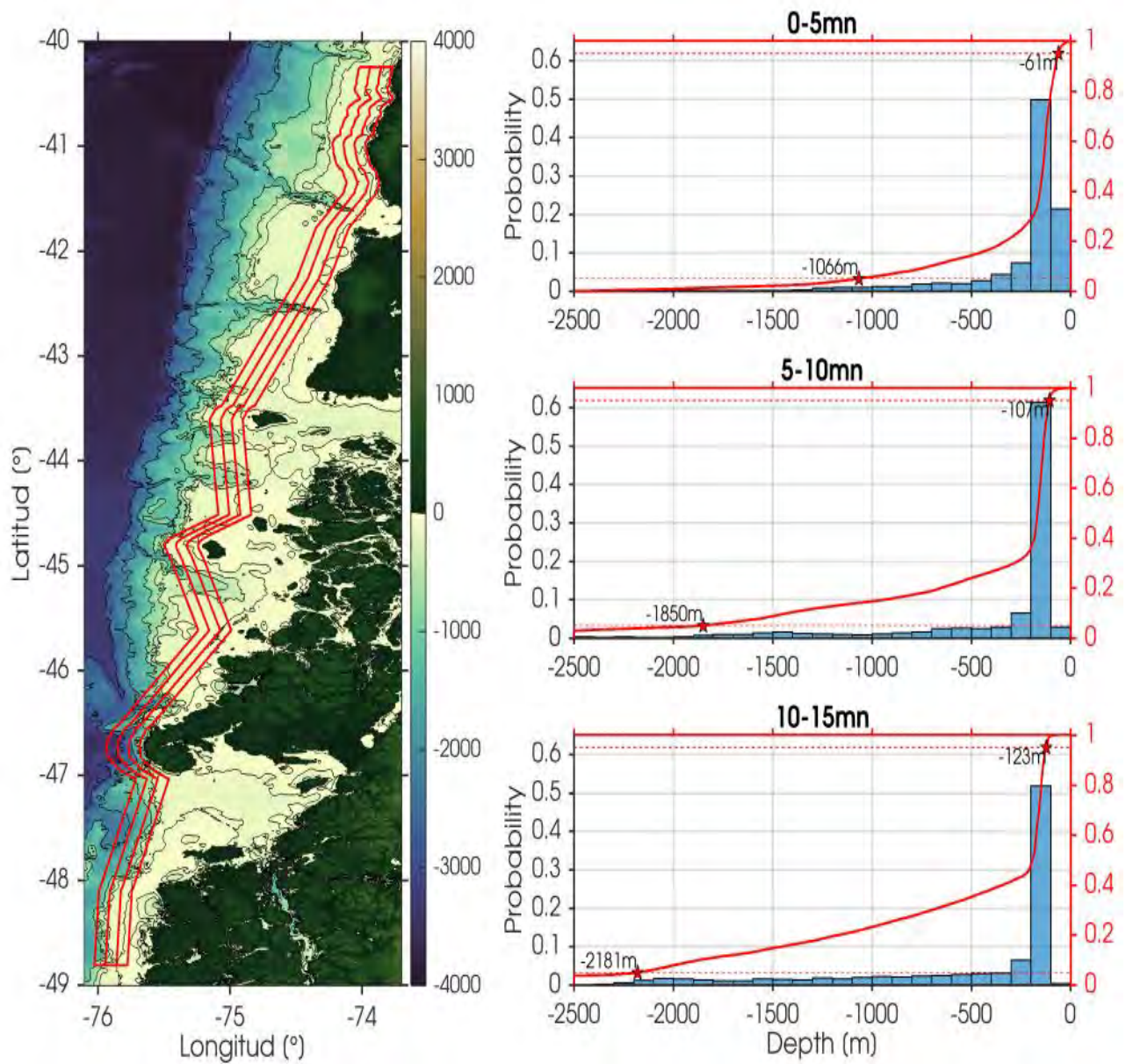


Figura 27. Batimetría del sector más costero de la región de estudio. En el panel vertical de la izquierda se presenta un acercamiento al sector costero de la región de estudio, mostrando la topografía submarina y continental (mapa de colores), las isobatas de 50 y 100 a 900 cada 100 m (contornos negros), y los polígonos de 0-5, 5-10, 10-15 mn fuera de la costa (líneas rojas). Los paneles horizontales de la derecha muestran los histogramas y distribución de probabilidad (barras celestes y líneas rojas, respectivamente) de las profundidades dentro de cada polígono.

➤ *Patrones de circulación*

De acuerdo con Strub *et al.*(2019), la circulación oceánica de gran escala en la región de estudio es dominada en gran parte por la Corriente del Pacífico Sur (CPS), cuyo flujo al llegar a la costa oeste de Sudamérica, se defleca hacia el norte como la rama costera de la Corriente de Humboldt (CH) y hacia el sur como la Corriente de Cabo de Hornos (CCH), exhibiendo flujos más intensos y variables al sur de $\sim 46^{\circ}\text{S}$ (Figura 28). La bifurcación de la CPS modifica estacionalmente su ubicación, moviéndose más al sur durante verano. Además, en el sector más costero de la región de estudio, existe un flujo a lo largo de la costa que es forzado por la respuesta de la columna de agua a la surgencia y hundimiento de verano e invierno, respectivamente, donde anomalías negativas (positivas) en el nivel del mar costero provocan un flujo geostrofico hacia el ecuador (polo) durante el verano (invierno), más intenso en el límite norte (sur) de la región de estudio (Figura 29).

Durante primavera y verano, la dirección y configuración espacial del esfuerzo del viento forzarían la surgencia de aguas costeras subsuperficiales, a través del transporte de Ekman hacia el oeste y bombeo de Ekman positivo, respectivamente, enfriando la superficie del mar y promoviendo concentraciones más elevadas de clorofila-a en la costa (Pérez-Santos *et al.*, 2019). Además, la advección hacia el norte de agua relativamente más fría proveniente del sur, por el flujo costero hacia el ecuador el cual es forzado por este mismo proceso (Strub *et al.*, 2019), también contribuye a dicho enfriamiento, alcanzando temperaturas hasta 2°C más frías en la costa (Figura 30). Al sur de $\sim 46^{\circ}\text{S}$ las corrientes oceánicas y el forzamiento del viento provocarían la convergencia de aguas hacia la costa, debilitando, e incluso invirtiendo, el patrón de enfriamiento costero descrito anteriormente (aguas $\sim 1^{\circ}\text{C}$ más cálidas en la costa que en el océano abierto), fomentando la retención de huevos y larvas en la costa, y advección de estas partículas hacia el interior del continente a través de los fiordos y canales del sector (Pérez-Santos *et al.*, 2019). En invierno el hundimiento y advección hacia el sur de agua más cálida promueve el calentamiento relativo de las aguas costeras (Strub *et al.*, 2019), aumentando hacia el polo el contraste térmico entre las aguas costeras y las oceánicas (hasta $\sim 1^{\circ}\text{C}$); al norte de 42°S la temperatura superficial del mar se mantiene levemente más fría en la costa ($\sim 0,5^{\circ}\text{C}$, Figura 31).

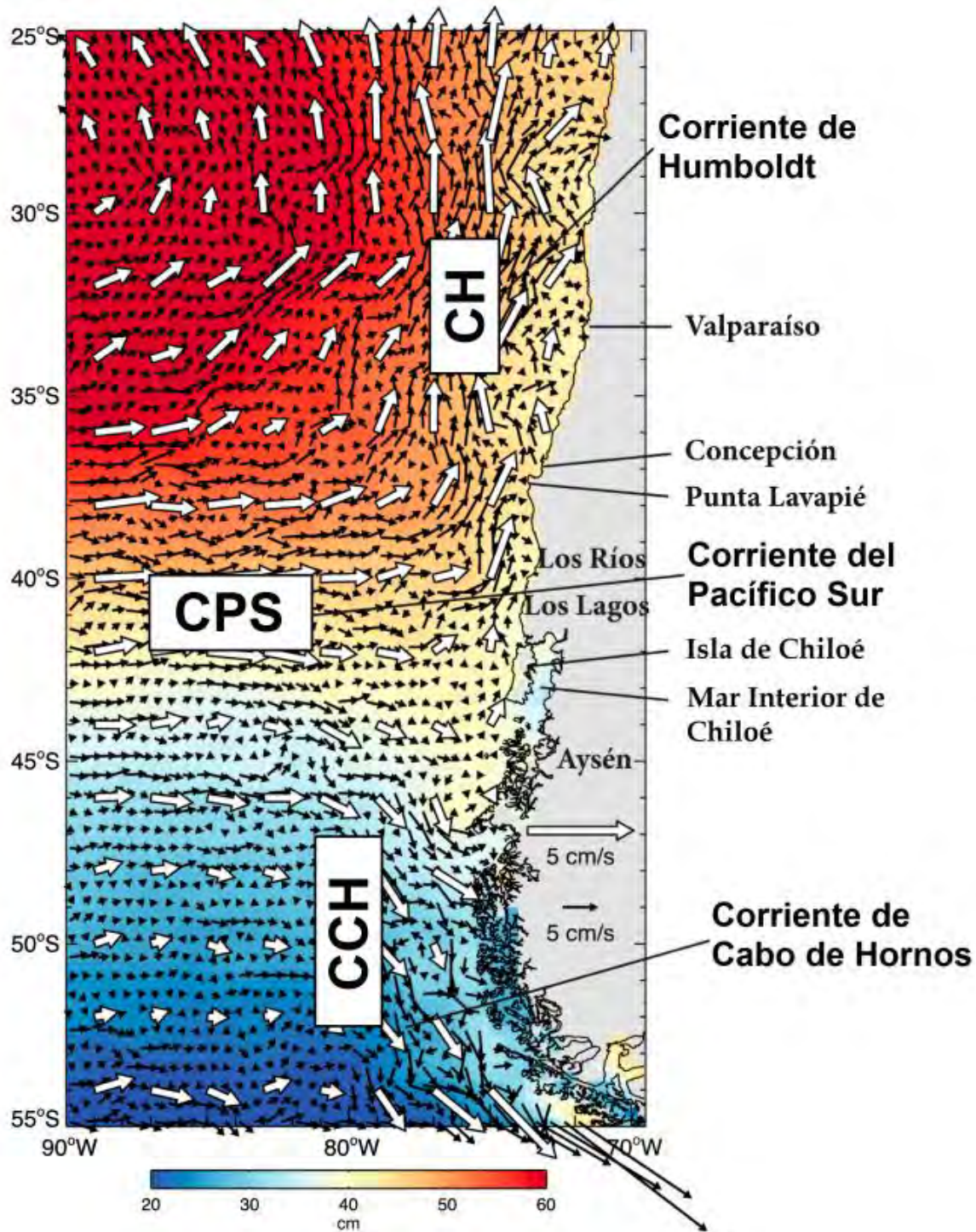


Figura 28. Topografía Dinámica media obtenida de las anomalías del nivel del mar proveniente de altímetros, de mediciones de gravedad satelital, y de registros *in situ*. Las alturas se muestran como mapa de colores en una grilla de 0,25°. Las velocidades geostróficas calculadas a partir de estas alturas se muestran con la misma resolución (flechas negras). Las flechas blancas son los promedios cada 2° del campo de velocidades geostróficas. Figura tomada y modificada de Strub *et al.* (2019).

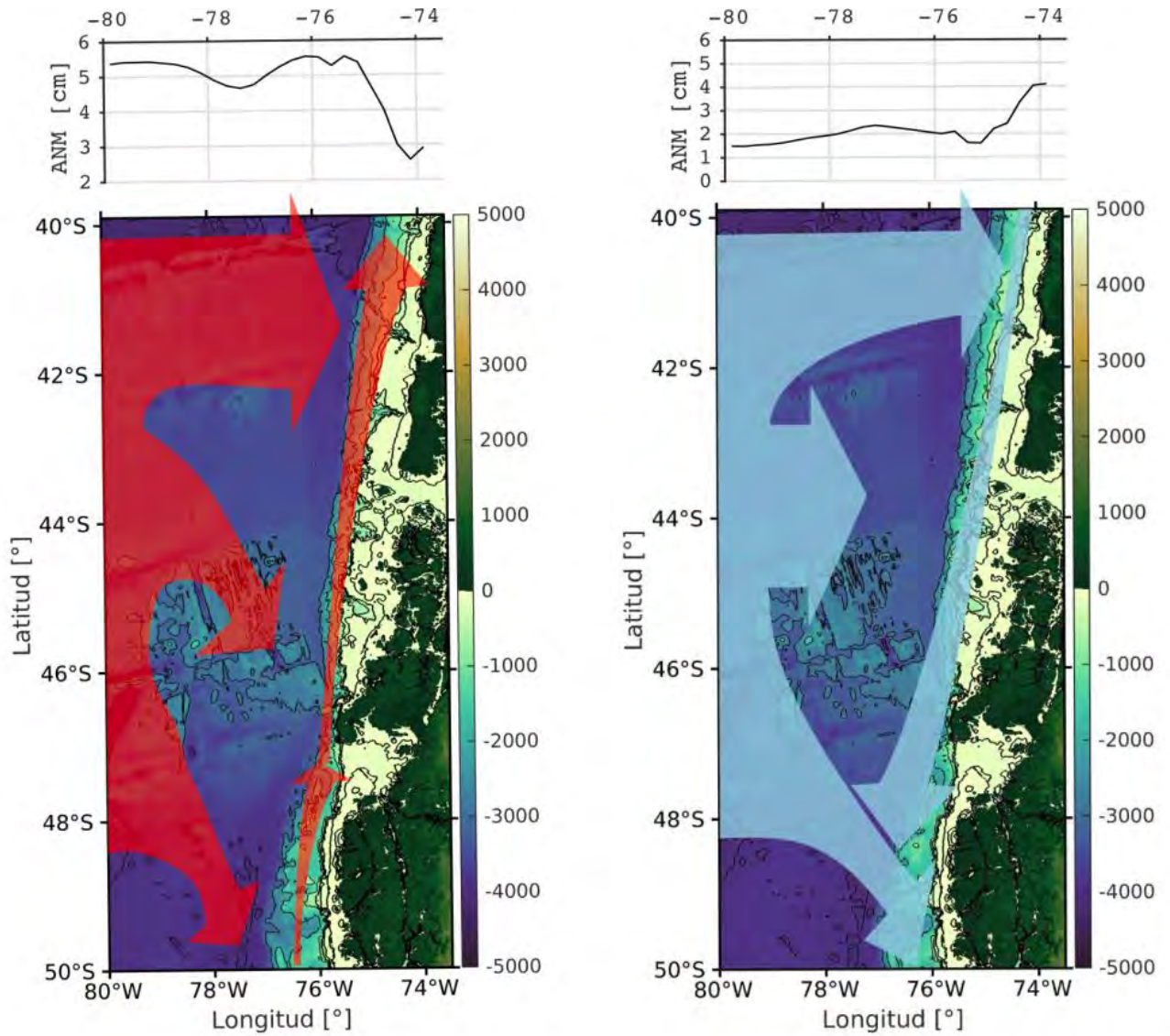


Figura 29. Esquemas de verano e invierno (paneles izquierdos y derechos, respectivamente) de la circulación geostrofica en la región de estudio, basados en Strub et al. (2019). Los paneles superiores muestran la variación zonal del promedio meridional de las anomalías en el nivel del mar obtenidas del producto Ssalto/Duacs.

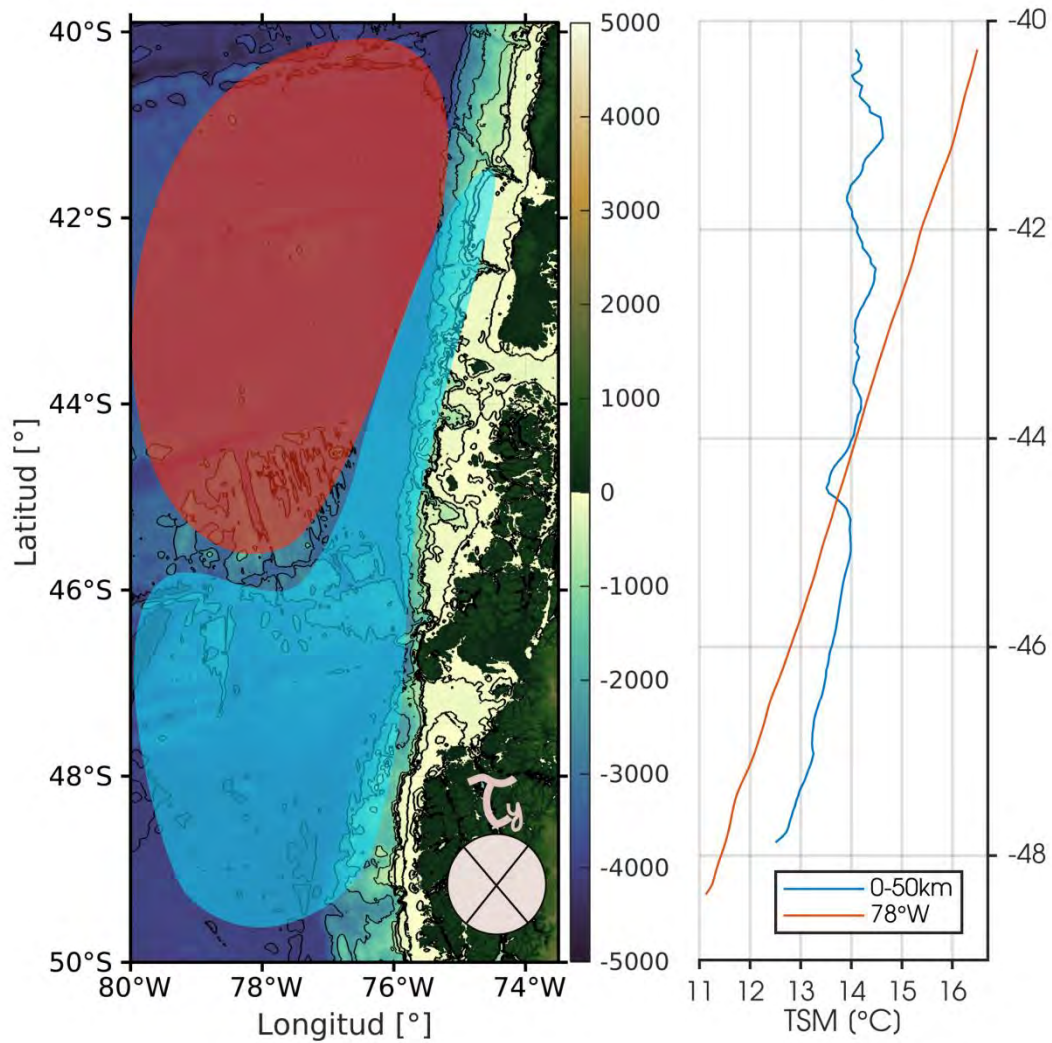


Figura 30. Esquema de surgencia de verano basado en Strub et al. (2019). Patrones advectivos (panel izquierdo) de las aguas superficiales relativamente más frías del sur (en celeste) caracterizando su movimiento hacia el norte por la banda costera, mientras que el agua más cálida se mantiene mar afuera (en rojo). Además, se muestra la distribución meridional de la temperatura superficial del mar (panel derecho) en la banda de 0-50 km de la costa y en 78°W (línea azul y roja, respectivamente) obtenida del producto GHRSSST-MUR.

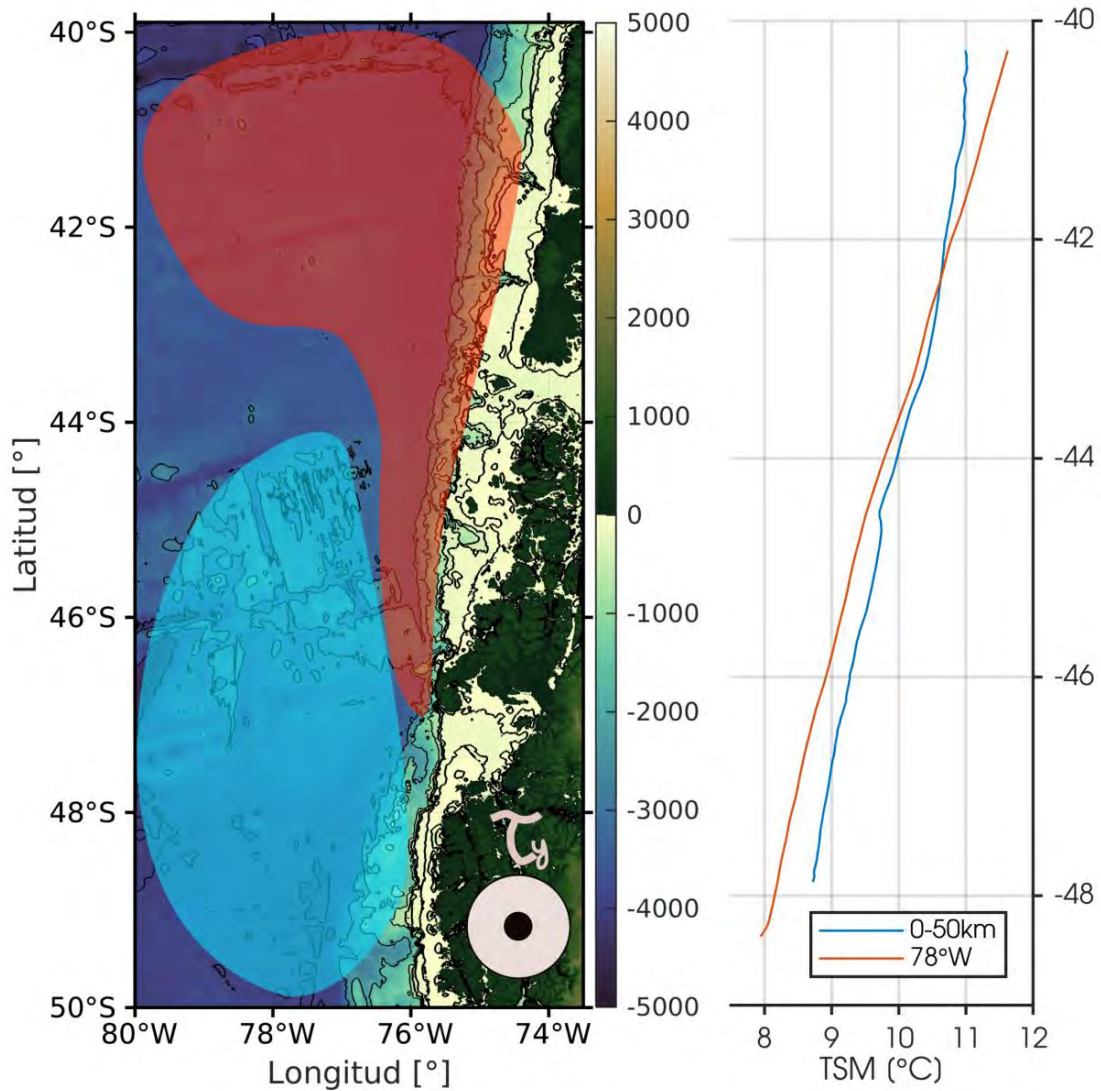


Figura 31. Esquema de hundimiento de invierno basado en Strub et al. (2019). Lo mismo que en el panel izquierdo de la Figura 30, pero caracterizando el movimiento hacia el sur de las aguas del norte (en rojo) y como las aguas más frías del sur (en celeste) se mantienen lejos de la costa. En el panel derecho se muestra lo mismo que en Figura 30, pero durante invierno.

6.2.2.1 Descripción de la estadística básica de los campos estudiados

➤ Forzantes atmosféricas

En la región de estudio, el campo medio del viento exhibió la presencia de marcados gradientes meridionales y zonales en su rapidez, con un aumento y disminución de esta hacia el polo y la costa, respectivamente, reflejándose en la distribución espacial media del índice de turbulencia (W^3) y del esfuerzo del viento (Tau) (Figura 32a y b), con valores de $\sim 700 \text{ m}^3/\text{s}^3$ y $0,09 \text{ N/m}^2$ en el límite norte, y de $\sim 1300 \text{ m}^3/\text{s}^3$ y $0,14 \text{ N/m}^2$ en el límite sur de la

región, respectivamente, y la presencia de una banda costera de turbulencia y esfuerzo del viento débil ($W^3 < 350 \text{ m}^3/\text{s}^3$ y $\text{Tau} < 0,05 \text{ N}/\text{m}^2$) y poco variable (con desviaciones estándar en $W^3 < 400 \text{ m}^3/\text{s}^3$ y en $\text{Tau} < 0,04 \text{ N}/\text{m}^2$). Además, la distribución espacial que presentó el campo de desviaciones coincidió con la del campo medio de ambas variables, exhibiendo sectores de magnitudes más intensas (más débiles) y más (menos) variables (Figura 32d y e).

En promedio, el viento del oeste/noroeste se extiende por toda la región de estudio, ejerciendo un forzamiento zonal que promovería un transporte de Ekman hacia el norte/noreste, casi paralelo a la costa (Figura 32b). Cerca de esta, la dirección del viento se desvía levemente, con vientos del suroeste al norte de 41°S y vientos del noroeste al sur de $42,5^\circ\text{S}$. En toda la región de estudio la variabilidad del viento se orientó a lo largo del eje SO-NE (Figura 32e).

La presencia de dichos gradientes espaciales en los campos medios de magnitud y dirección del esfuerzo del viento, promueven la presencia de áreas cercanas a la costa con un rotor del esfuerzo del viento (WSC por sus siglas en inglés) ciclónico (valores negativos), el cual a través de un bombeo de Ekman positivo favorece la surgencia de aguas profundas en este sector, observándose valores de $\sim 4 \times 10^{-7} \text{ N}/\text{m}^3$ en $40\text{-}42^\circ\text{S}$ y en $43\text{-}44^\circ\text{S}$ (a unos 50 km frente a Chiloé), y de $\sim 2 \times 10^{-7} \text{ N}/\text{m}^3$ en el extremo norte de la boca del Golfo de Penas, frente a la península de Taitao ($\sim 46,8^\circ\text{S}$) (Figura 32c). La mayor variabilidad en el rotor del esfuerzo del viento se observó en todo el dominio meridional cerca de la costa, con desviaciones estándar $> 8 \times 10^{-7} \text{ N}/\text{m}^3$ (Figura 32f).

La migración meridional que el ASPS exhibe estacionalmente modula anualmente el campo de viento, impactando en la variabilidad estacional del W^3 , Tau, y en menor medida del WSC (Figura 33). En el caso del W^3 (Figura 33a-d), se observó que al sur de 46°S exhibió máximos valores durante otoño/invierno ($> 1300 \text{ m}^3/\text{s}^3$), mientras que durante primavera/verano mostró menores magnitudes en toda la región ($< 1000 \text{ m}^3/\text{s}^3$). Por su parte, el Tau (Figura 33e-h) exhibió una mayor variabilidad estacional al norte de 46°S , con presencia de viento oeste-suroeste durante primavera/verano, el cual se torna suroeste hacia la costa, y viento oeste-noroeste en invierno, el cual se torna cada vez más del noroeste al acercarse a la costa. Al sur de 46°S se observó un forzamiento más intenso del viento, alcanzando máximas magnitudes durante primavera ($> 0,1 \text{ N}/\text{m}^2$) y mínimas durante invierno ($< 0,07 \text{ N}/\text{m}^2$).

A lo largo de todo el año, tanto W^3 como Tau presentan en $40\text{-}43^\circ\text{S}$ mínimas magnitudes en una banda costera de $\sim 100 \text{ km}$ ($< 650 \text{ m}^3/\text{s}^3$ y $< 0,04 \text{ N}/\text{m}^2$, respectivamente). La presencia de esta zona de forzamiento del viento relativamente más débil, mantiene durante todo el año un rotor ciclónico (rotor negativo) que se extiende hasta 44°S , con máxima intensidad durante verano ($|\text{WSC}| > 5 \times 10^{-7} \text{ N}/\text{m}^3$), mientras que más al sur, frente al Archipiélago de Chonos, este se torna anticiclónico (rotor positivo) y luego, frente a la Península de Taitao, nuevamente ciclónico, sin embargo en ambos sectores sus magnitudes no superaron $1 \times 10^{-7} \text{ N}/\text{m}^3$, mostrando leves modificaciones en su extensión espacial durante las distintas estaciones (Figura 33i-l).

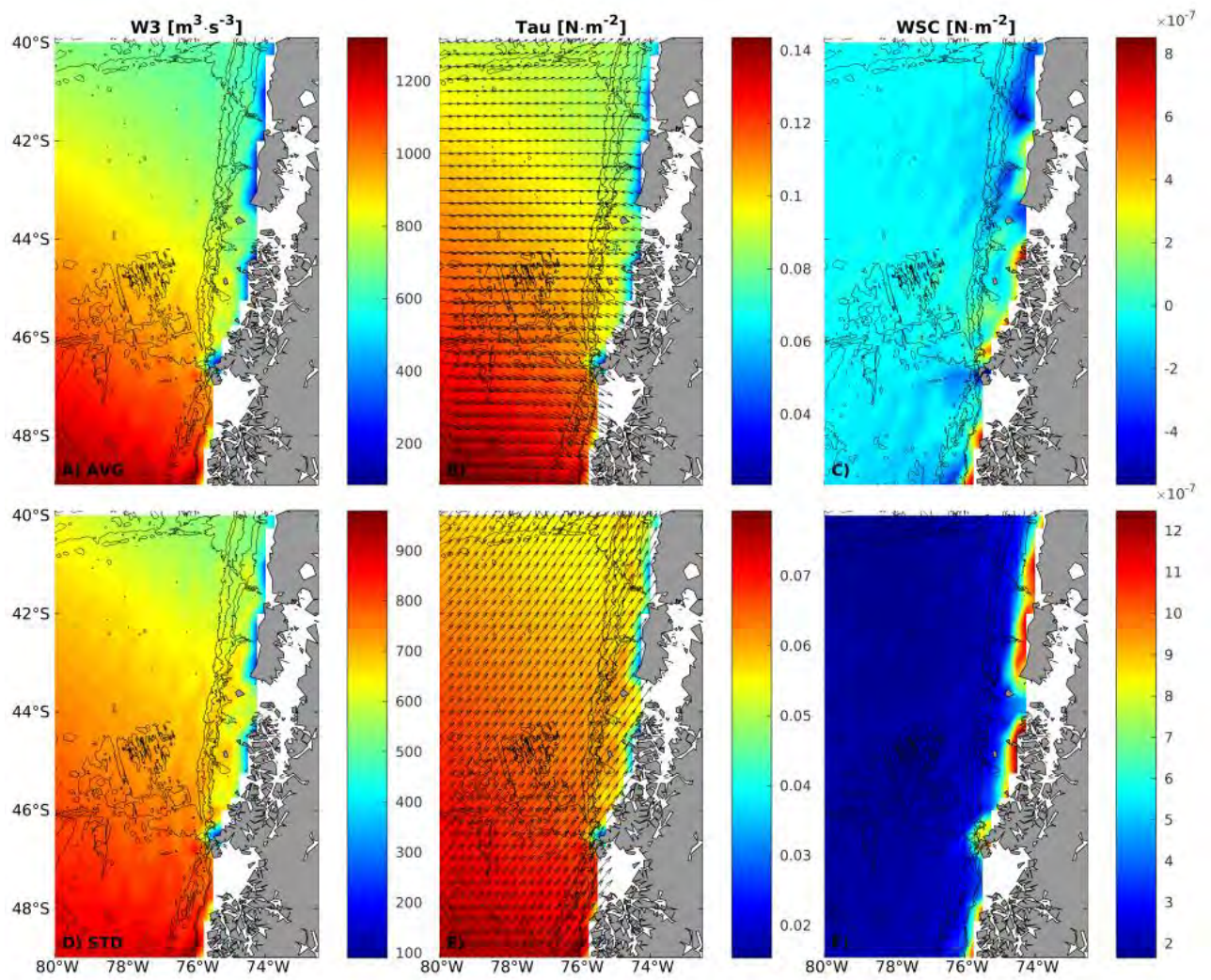


Figura 32. Patrón espacial del promedio (AVG, a-c) y desviación típica (STD, d-f) temporal del campo del índice de turbulencia inducida por el viento (W3, a y d, respectivamente), del esfuerzo del viento (Tau, b y e, respectivamente), y rotor del esfuerzo del viento (WSC, c y f, respectivamente) en la región de estudio. En b, los colores indican la magnitud y las flechas la orientación del esfuerzo del viento. En e, los colores indican la magnitud de las desviaciones y las flechas la orientación de estas.

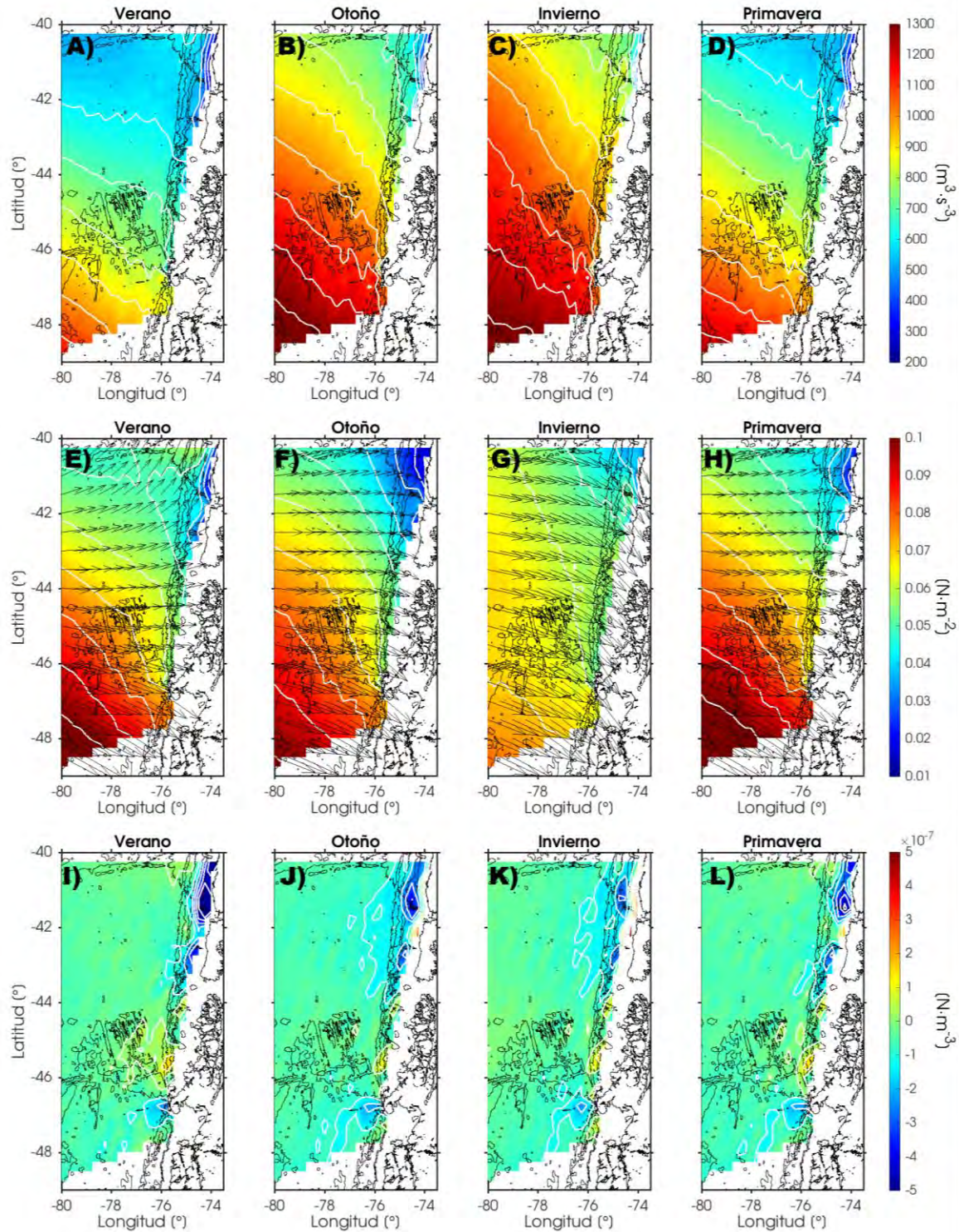


Figura 33. Variabilidad estacional de los campos medios del índice de turbulencia inducida por el viento (W^3 , a-d), del esfuerzo del viento (Tau , e-h), y rotor del esfuerzo del viento (WSC , i-l) en la región de estudio. En e-h los colores indican la magnitud y las flechas la orientación de Tau .

➤ *Características medias dentro de la capa de mezcla superficial de la columna de agua*

En promedio, la profundidad de la capa de mezcla (MLD, por sus siglas en inglés) disminuyó desde océano abierto hacia la costa (Figura 34a), exhibiendo mínimos valores (<15 m) en una banda costera de ~20 km situada entre 40 y 42°S. En el resto de la región de estudio la MLD superó 30 m, alcanzando valores por sobre 50 m al oeste de 78°W. Sus desviaciones estándar exhibieron un patrón espacial similar al descrito anteriormente, con sus valores disminuyendo hacia la costa, con desviaciones de 30 m o más al oeste de 78°W, e inferiores a 10 m cerca de la costa entre 40 y 43°S (Figura 34e). El sector costero con una MLD más somera, se mantiene a lo largo de todo el año con profundidades que no superan 20 m, exhibiendo una mayor (menor) extensión fuera de la costa durante verano (invierno), mientras que al oeste de 76°W la MLD fue más variable durante otoño e invierno, exhibiendo profundidades de 40-65 y 50-100 m, respectivamente (Figura 35a-d).

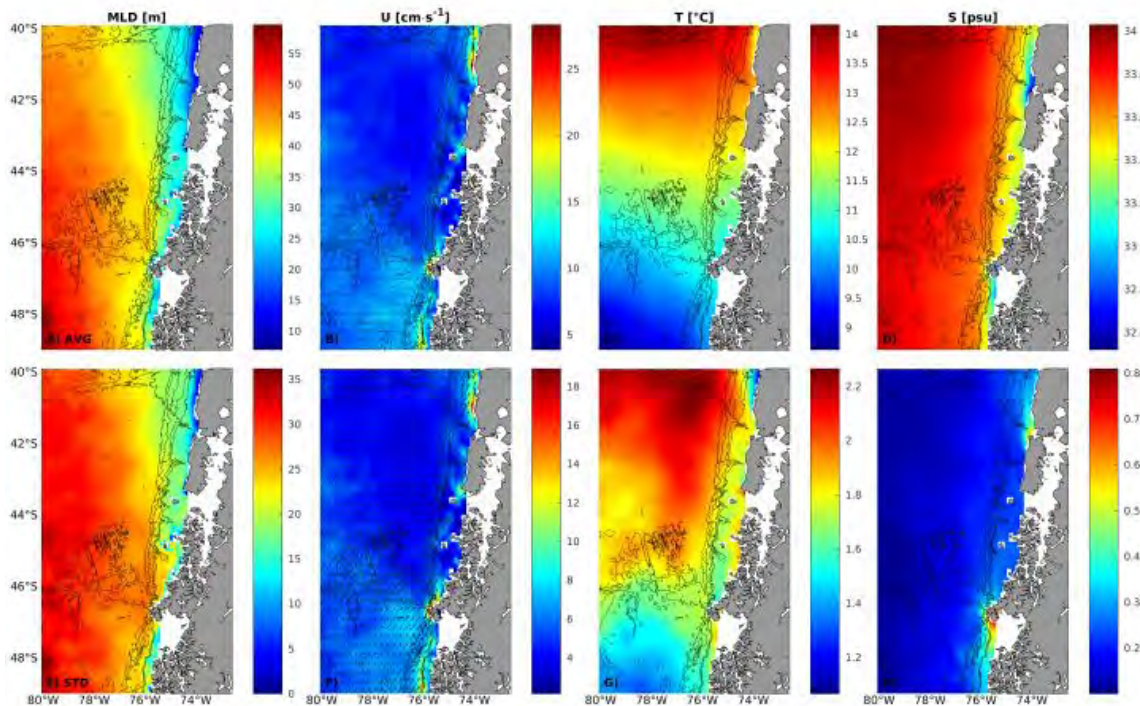


Figura 34. Patrón espacial del promedio (AVG, a-d) y desviación típica (STD, e-h) temporal del campo de la profundidad de la capa de mezcla (MLD, a y e, respectivamente), de las corrientes dentro de la capa de mezcla (U, b y f, respectivamente), temperatura dentro de la capa de mezcla (T, c y g, respectivamente), y salinidad dentro de la capa de mezcla (S, c y g, respectivamente) en la región de estudio. En b, los colores indican la magnitud y las flechas la dirección de las corrientes. En f, los colores indican la magnitud de las desviaciones y las flechas la orientación de estas.

Las corrientes dentro de la capa de mezcla en la región de estudio exhibieron, en su mayoría, una rapidez inferior a 10 cm/s, sin embargo, al sur de 46°S la circulación en este estrato es levemente más intensa, con corrientes principalmente zonales de 10-15 cm/s (Figura 34b).

Cerca de la costa, las corrientes fluyen paralelas a esta, dirigiéndose hacia el ecuador (polo) desde la Península de Taitao ($\sim 46^{\circ}\text{S}$) hacia el norte (sur). Máximas magnitudes (>20 cm/s) se observaron entre 40 y $41,5^{\circ}\text{S}$, y frente a la Península de Taitao ($\sim 46^{\circ}\text{S}$) e Isla Mornington ($\sim 49,5^{\circ}\text{S}$). Exceptuando estos dos últimos sectores, al sur de $\sim 45^{\circ}\text{S}$ las corrientes costeras mostraron magnitudes de ~ 15 cm/s, mientras que al norte de esta latitud hasta el límite sur de Isla Chiloé no superaron 10 cm/s, exhibiendo entre las islas de Chiloé y Guafo una aceleración del flujo, alcanzando ~ 15 cm/s. Las corrientes dentro de la capa de mezcla fueron más variables en los sectores donde su rapidez superó 10 cm/s, exhibiendo en promedio desviaciones alineadas con el eje SO-NE (Figura 34f). Las corrientes costeras fueron las que exhibieron una mayor variabilidad estacional (Figura 35e-h), alcanzando máximas magnitudes en verano, con valores >10 cm/s al norte de 45°S y >20 cm/s al norte de la desembocadura del Canal Chacao. Desde la Península de Taitao hacia el norte, las corrientes costeras se dirigieron hacia el ecuador prácticamente durante todo el año exceptuando en la época de invierno, donde estas se tornaron hacia el polo a lo largo de toda la costa, siendo máximas al sur de $\sim 46^{\circ}\text{S}$ (~ 15 cm/s). Lejos de la costa, entre 45 - 48°S , el flujo zonal que se dirige hacia la costa se tornó más sinuoso durante otoño/invierno.

La temperatura de la capa de mezcla presentó en promedio una disminución hacia el polo, con temperaturas sobre 13°C al norte de 42°S e inferiores a 10°C al sur de 46°S . A su vez, también mostró gradientes zonales opuestos al norte y sur de $\sim 46^{\circ}\text{S}$, esto debido a la presencia de una banda costera con aguas que en promedio fueron relativamente más frías (gradiente negativo) y más cálidas (gradiente positivo) que lejos de esta, respectivamente (Figura 34c). La distribución espacial de sus desviaciones se mostró al oeste de 76°W similar a la de su campo medio, exhibiendo una disminución hacia el polo de su magnitud. Cerca de la costa, sus desviaciones estándar fluctuaron entre $1,4$ y 2°C , exhibiendo máximas magnitudes ($>1,8^{\circ}\text{C}$) en los lugares con mayor intercambio entre las aguas oceánicas e interiores (bocas de golfos y canales), existiendo además un sector de mínima variabilidad ($<1,4^{\circ}\text{C}$) entre 40 y $41,5^{\circ}\text{S}$ (Figura 34g). Al norte de $\sim 46^{\circ}\text{S}$ las temperaturas más frías persisten en la costa durante todo el año, modulando estacionalmente la intensidad de su gradiente meridional, siendo más intenso en verano, con temperaturas de $\sim 16^{\circ}\text{C}$ (10°C) en el sector más al norte (sur) de la región de estudio, y más débil en invierno, con temperaturas de 11°C (9°C) en el norte (sur) (Figura 35i-l). Por otro lado, la distribución espacial de las isothermas de temperatura dentro de la capa de mezcla durante las distintas estaciones del año muestra cerca de la costa la advección de aguas más frías del sur (cálidas del norte) hacia el ecuador (polo) durante verano/otoño (invierno/primavera).

La distribución espacial promedio de la salinidad dentro de la capa de mezcla, se caracterizó por la presencia en todo el dominio latitudinal de un persistente gradiente zonal, con esta disminuyendo hacia la costa (Figura 34d). Se observaron mínimas salinidades en los lugares con mayor influencia de las aguas interiores, tal como en la desembocadura del Canal Chacao y en la boca del Golfo de Penas (~ 33 psu), con las aguas interiores más salobres ocupando este estrato (Figura 34d).

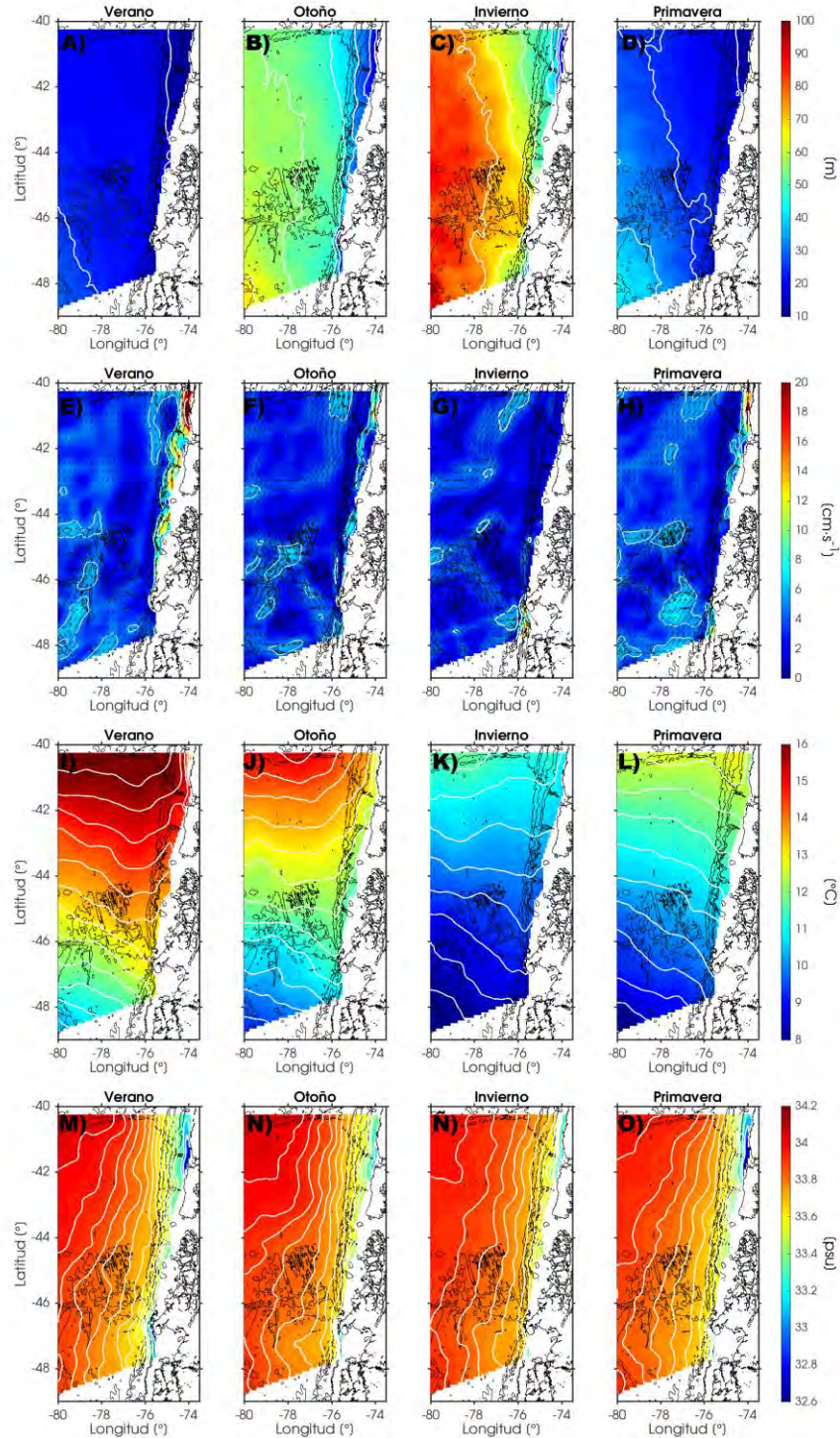


Figura 35. Variabilidad estacional de los campos medios de la profundidad de la capa de mezcla (MLD, a-d), y de las corrientes (e-h), temperatura (i-l) y salinidad (m-o) en ella, dentro de la región de estudio.

Las desviaciones estándar de la salinidad se mostraron en promedio de $\sim 0,2$ psu, aumentando su amplitud ($>0,4$ psu) en los sectores costeros con mayor influencia de las aguas interiores

(Figura 34h). Dicho gradiente zonal en la salinidad persiste durante todo el año, con su máxima amplitud describiendo el frente salino costero asociado a aguas con salinidades menores que 33,2 psu (Figura 35m-o). El frente salino asociado a la salida de aguas interiores a través del Canal Chacao alcanza su máxima extensión hacia el norte durante primavera/verano, con la lengua salobre (<32,6 psu) alcanzando 41°S. Durante verano, frente a la boca del Golfo de Penas el frente de agua salobre exhibe mínimas salinidades (<33,6 psu). Lejos de la costa la salinidad dentro de la capa de mezcla presentó una baja estacionalidad.

➤ *Condiciones medias en el nivel del mar y corrientes geostróficas*

En la región de estudio, las anomalías en el nivel del mar (SLA) presentaron una distribución espacial media dominada por la presencia de estructuras mesoescalares (escalas espaciales del orden de cientos a miles de kilómetros), siendo espacialmente más homogénea al norte de 46°S (SLA de 3-3,5 cm), y más variable al sur de esta latitud (SLA de 2,5-4 cm), a excepción del sector más oceánico y costero de la región de estudio (al oeste de 79°W y al este de 76°W, respectivamente), donde su distribución también presentó una significativa variabilidad espacial. Las SLA exhibieron en promedio desviaciones más bajas al norte de Boca del Guafo (<4 cm), mientras que en Boca del Guafo, Archipiélago de Chonos, Golfo de Penas y al sur de este, su variabilidad aumentó, exhibiendo desviaciones que superaron 4,5 cm (Figura 36d). La variabilidad estacional de las SLA (Figura 37a-d) respondió a forzantes diferenciados lejos y cerca de la costa, siguiendo al calentamiento estérico de la columna de agua (SLA >6 cm en verano y <2 cm en invierno) y a la surgencia (hundimiento) de primavera/verano (otoño/invierno), con SLA en la costa de ~2 cm (4 cm), respectivamente. Frente a la boca del Golfo de Penas, las SLA alcanzan máximas (mínimas) amplitudes durante otoño (primavera).

La circulación geostrófica dentro de la región de estudio, mostró su distribución espacial media dominada por las estructuras mesoescalares observadas en las SLA, con valores que no superaron 0,5 cm/s, exceptuando aquellas áreas donde los gradientes espaciales locales en las SLA se intensificaron, con las corrientes geostróficas (U_g), alcanzando en algunos sectores velocidades sobre 1 cm/s, como las asociadas al flujo geostrófico zonal con dirección hacia el continente (Figura 36b). La variabilidad de las U_g es menor al norte de ~46°S, exhibiendo desviaciones estándar inferiores a 5 cm/s, mientras que al sur de esta latitud estas fueron >10 cm/s. En el sector costero las U_g fueron más variables sobre el talud continental (desviaciones de 7-8 cm/s), siendo más intensas al norte de 42°S, con velocidades de 5 cm/s frente al Archipiélago de Chonos, y >10 cm/s al sur de 46°S (Figura 36e). Al igual que el esfuerzo del viento y las corrientes dentro de la capa de mezcla, las desviaciones estándar de las U_g se alinearon al eje SO-NE (Figura 32e, Figura 34f y Figura 36e). Las U_g observadas al sur de 44°S lejos de la costa se mantuvieron relativamente más variables e intensas durante todo el año (Figura 37e-h), exhibiendo sus máximas magnitudes durante otoño y primavera (3-4 cm/s). Cerca de la costa, al norte de 46°S, las U_g hacia el ecuador (polo) fueron más

intensas (>5 cm/s) durante verano (invierno), mientras que, en la boca del Golfo de Penas, estas los fueron (~ 4 cm/s) durante primavera (otoño). Las U_g más intensas hacia el ecuador (polo) se mostraron durante verano (invierno) en $40\text{-}43^\circ\text{S}$ ($40\text{-}44^\circ\text{S}$), exhibiendo velocidades de $7\text{-}8$ cm/s (>8 cm/s).

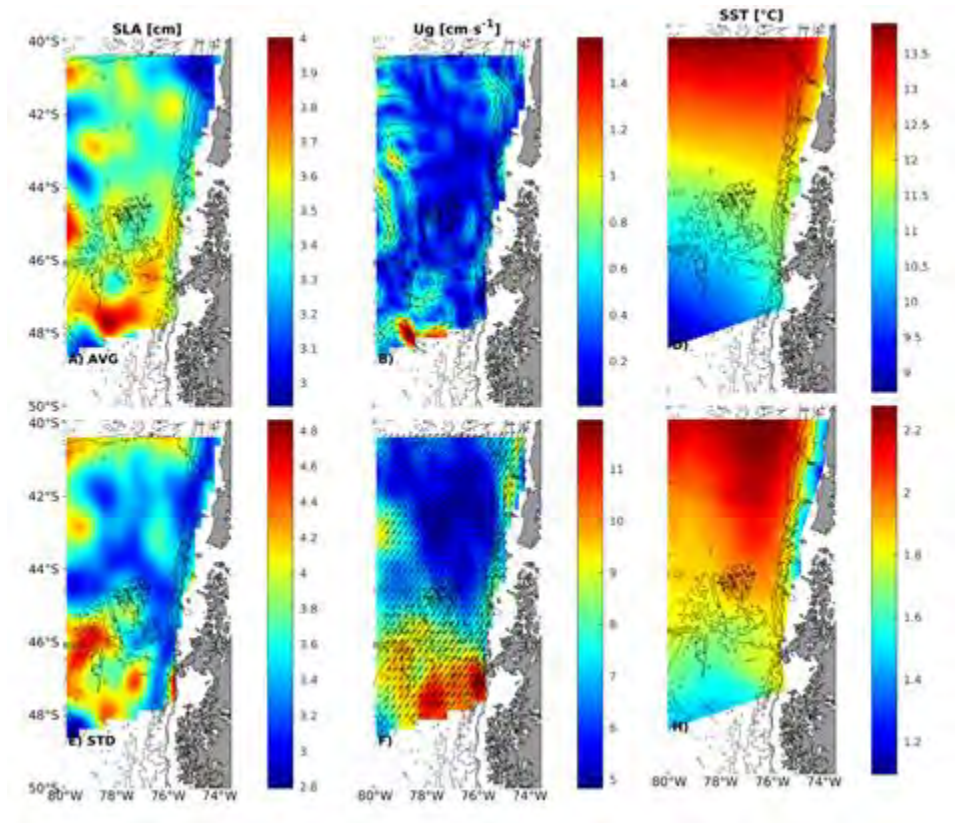


Figura 36. Patrón espacial del promedio (AVG, a-d) y desviación típica (STD, e-h) temporal del campo de anomalías en el nivel del mar (SLA, a y e, respectivamente), de las corrientes geostróficas (U_g , b y f, respectivamente) y temperatura superficial del mar (SST, d y h, respectivamente) en la región de estudio. En b, los colores indican la magnitud y las flechas la dirección de las corrientes. En f, los colores indican la magnitud de las desviaciones y las flechas la orientación de estas.

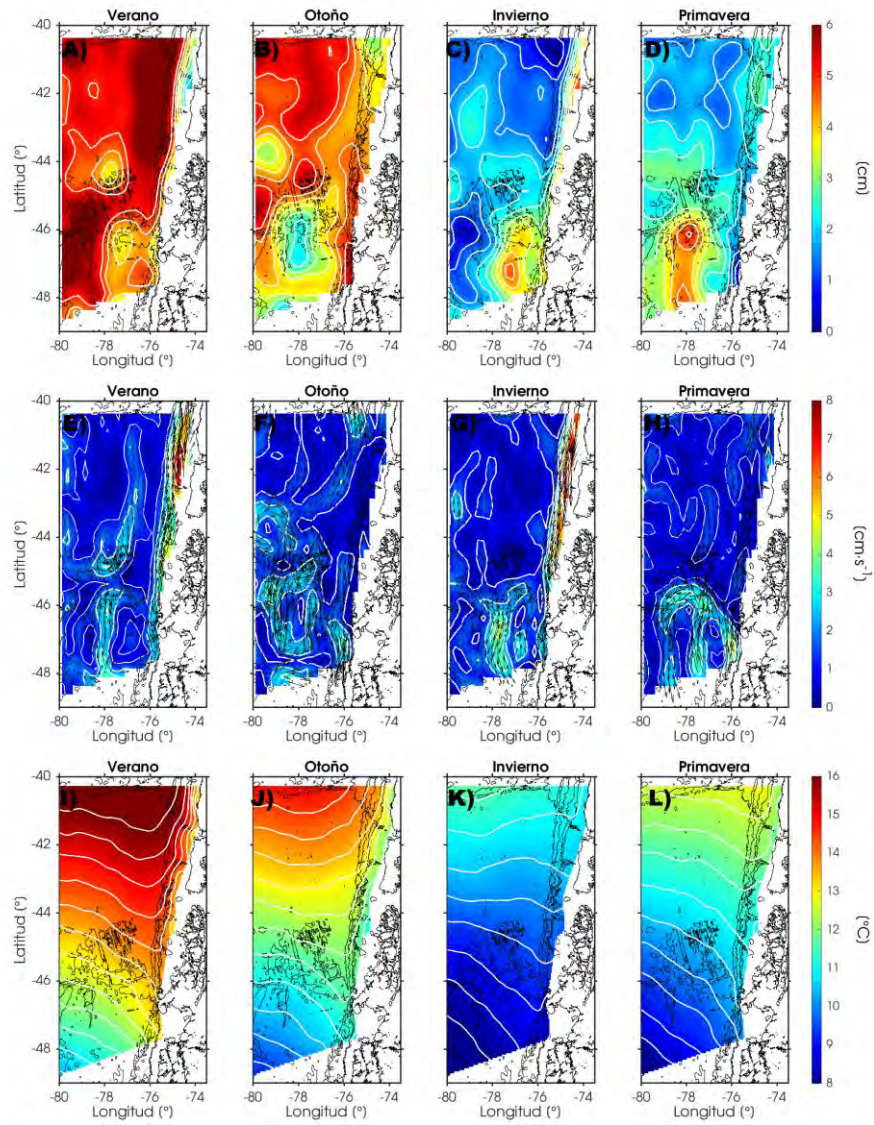


Figura 37. Variabilidad estacional de los campos medios de anomalías en el nivel del mar (SLA, a-d), corrientes geostroficadas (e-h) y temperatura superficial del mar (i-l) en la región de estudio.

➤ ***Condiciones medias del campo de temperatura superficial del mar satelital***

El promedio de la temperatura superficial del mar (SST, por sus siglas en inglés) en la región de estudio (Figura 36d), presentó una distribución similar al campo medio de la temperatura dentro de la capa de mezcla, con un gradiente meridional asociado a su disminución hacia el polo, con temperaturas $>13^{\circ}\text{C}$ al norte de 42°S y $<10^{\circ}\text{C}$ al sur de 46°S , y temperaturas más frías en la costa ($<12^{\circ}\text{C}$). La SST lejos de la costa, presentó máximas desviaciones al norte de 42°S ($>2^{\circ}\text{C}$) y de $1,5^{\circ}\text{C}$ al sur de 46°S , mientras que cerca de la costa la SST presentó mínimas desviaciones al norte de 45°S ($<1,5^{\circ}\text{C}$) y relativamente más elevadas entre la boca del Golfo de Penas y 45°S ($\sim 1,8^{\circ}\text{C}$) (Figura 36h). Los gradientes espaciales descritos en el campo promedio de la SST se mantienen durante todo el año (Figura 37i-l), exhibiendo máximas temperaturas durante verano, oscilando entre $12\text{-}16^{\circ}\text{C}$ lejos de la costa y siendo de $\sim 13^{\circ}\text{C}$ cerca de ella, mientras que en invierno estas son mínimas y espacialmente más homogéneas ($8\text{-}10^{\circ}\text{C}$).

6.2.2.2 Valores extremos en los campos estudiados

➤ ***Forzantes atmosféricos***

En la región de estudio, se observó que la distribución espacial de los máximos en el índice de turbulencia inducida por el viento también presentó las características espaciales descritas para sus condiciones medias, con una tendencia a aumentar hacia el polo, con máximos más extremos al sur de $\sim 46^{\circ}\text{S}$ ($>7000\text{ m}^3/\text{s}^3$), y una franja costera con máximos menos intensos ($\sim 2000\text{ m}^3/\text{s}^3$) (Figura 38a). Sin embargo, dichos valores mostraron $\sim 5\%$ de probabilidad de ocurrencia, siendo un 95% probable que la turbulencia inducida por el viento alcance valores de $\sim 3000\text{ m}^3/\text{s}^3$ al sur de 46°S , y $\sim 1000\text{ m}^3/\text{s}^3$ en la franja costera poco turbulenta (Figura 39a). La distribución espacial de sus mínimos extremos no exhibió patrones claros de gradientes espaciales (Figura 38e), con valores entre $1\text{-}10\text{ m}^3/\text{s}^3$ al norte de 46°S , y mientras que, al sur de esta latitud, estos fluctuaron entre 1 y $14\text{ m}^3/\text{s}^3$. Sin embargo, al considerar aquellos valores dentro del 95% de probabilidad de ocurrencia (Figura 39e), se observó que en el sector oceánico la amplitud de los valores mínimos aumenta en sentido NE-SO, pasando de 60 a $180\text{ m}^3/\text{s}^3$, mientras que en la costa la turbulencia inducida por el viento fluctuó entre 15 y $40\text{ m}^3/\text{s}^3$.

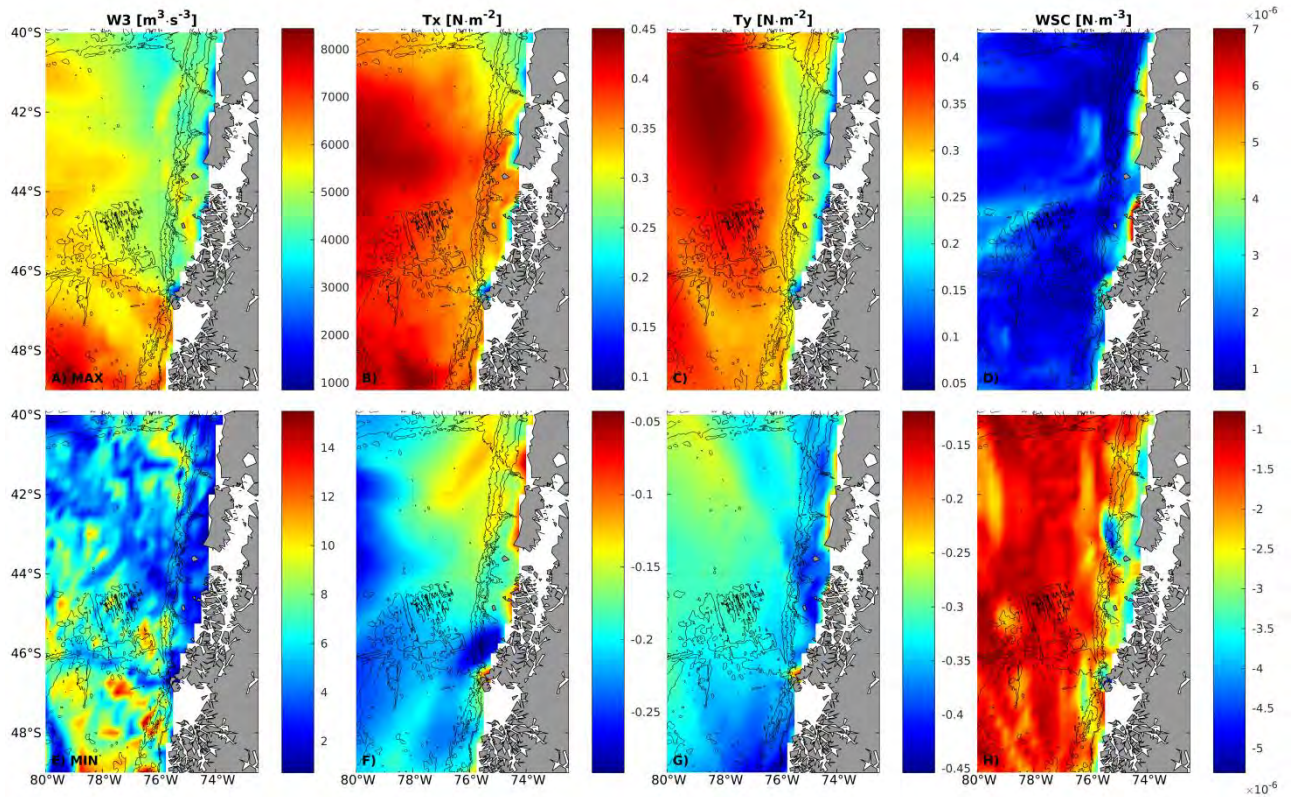


Figura 38. Patrón espacial de los máximos (MAX, a-d) y mínimos (MIN, e-h) extremos en el campo del Índice de turbulencia inducida por el viento (W3, a y e, respectivamente), del esfuerzo del viento zonal (Tx, b y f, respectivamente), del esfuerzo del viento meridional (Ty, c y g, respectivamente), y rotor del esfuerzo del viento (WSC, d y h, respectivamente) en la región de estudio.

En el caso del esfuerzo del viento, su componente zonal mostró valores máximos por sobre $0,35 \text{ N/m}^2$ prácticamente en toda la región de estudio, sin la presencia de gradientes espaciales claros, exceptuando el gradiente zonal asociado a la franja costera donde el viento fue menos intenso, donde se observaron valores máximos positivos (viento oeste) del orden de $0,1\text{-}0,2 \text{ N/m}^2$ (Figura 38b). Al considerar solo aquellos valores con un 95% de probabilidad de ocurrencia, se observó que la distribución espacial de los máximos valores positivos de la componente zonal del esfuerzo del viento (viento oeste), presenta un gradiente con dirección SO-NE, disminuyendo la amplitud de dichos máximos en ese mismo sentido (pasando de $0,20\text{-}0,25 \text{ N/m}^2$ a $0,1 \text{ N/m}^2$), y un gradiente zonal en el sector más próximo a la costa, alcanzando valores de $0,04\text{-}0,06 \text{ N/m}^2$ (Figura 39b). La distribución espacial de los máximos valores negativos en el esfuerzo zonal del viento (viento este), no exhibió patrones claros de gradientes espaciales (Figura 38f), con valores mayores a $0,2 \text{ N/m}^2$ en la mayor parte del sector al oeste de 76°W , mientras que al este de esta longitud, estos fluctuaron entre $0,05$ y $0,15 \text{ N/m}^2$ al norte de 46°S , mientras que al sur de esta latitud, aún en el Archipiélago de Chonos, máximos valores negativos en el esfuerzo del viento fueron observados ($>0,25 \text{ N/m}^2$). Al considerar aquellos valores máximos negativos dentro del 95% de probabilidad de

ocurrencia (Figura 39f), se observó que en el sector oceánico ($<76^{\circ}\text{W}$), la amplitud de los valores máximos negativos fluctuó entre 0,03 y 0,04 N/m^2 , mientras que al este de 76°W se observaron al norte de 46°S valores entre 0,01 y 0,03 N/m^2 . Al sur de esta latitud los máximos valores negativos coincidieron con el sector del Archipiélago de Chonos mencionado anteriormente ($\sim 0,05 \text{ N}/\text{m}^2$).

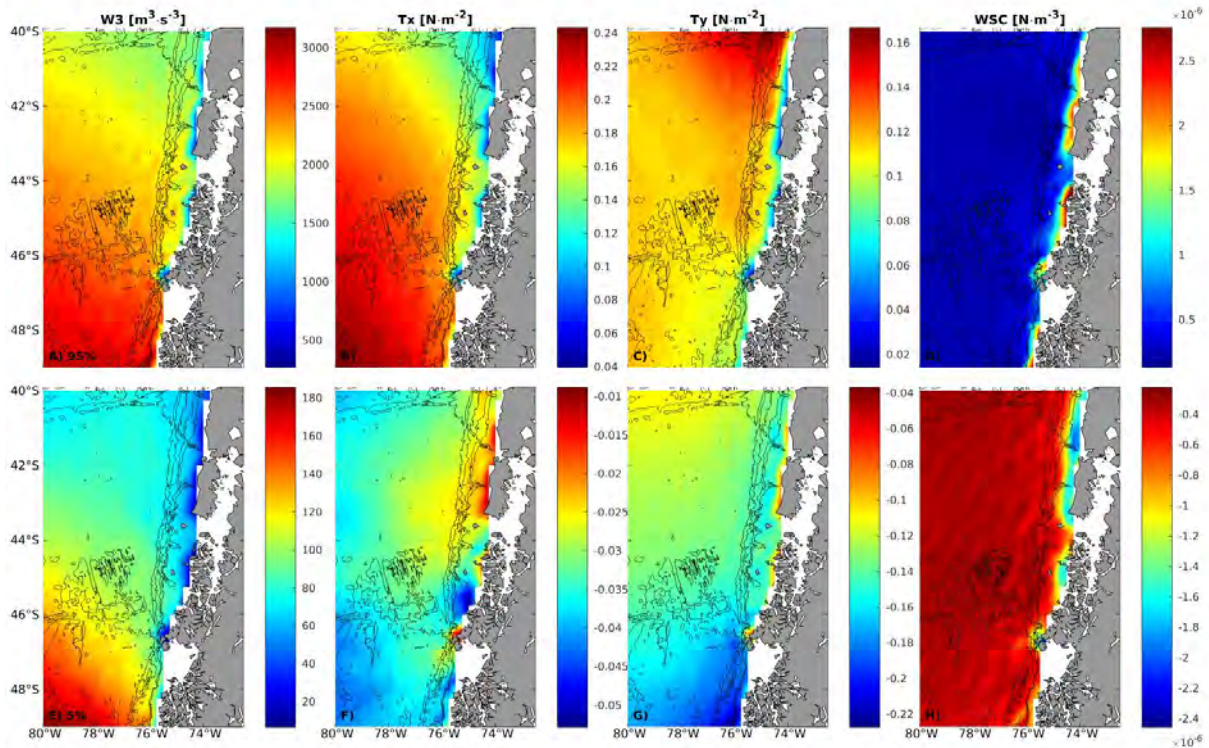


Figura 39. Patrón espacial de los valores asociados al percentil de 95% (a-d) y percentil de 5% (e-h) en el campo del Índice de turbulencia inducida por el viento (W3, a y e, respectivamente), del esfuerzo del viento zonal (Tx, b y f, respectivamente), del esfuerzo del viento meridional (Ty, c y g, respectivamente), y rotor del esfuerzo del viento (WSC, d y h, respectivamente) en la región de estudio.

La componente meridional del esfuerzo del viento presentó lejos de la costa ($<76^{\circ}\text{W}$) valores máximos que superaron los $0,3 \text{ N}/\text{m}^2$, en cambio al este de 76° , estos fueron cada vez más bajos, exhibiendo cerca de la costa valores de $\sim 0,1 \text{ N}/\text{m}^2$ (Figura 38c); considerando aquellos valores dentro del 95% de probabilidad de ocurrencia, la presencia de máximos por sobre $0,1 \text{ N}/\text{m}^2$ en la componente meridional del esfuerzo del viento fue más acotada espacialmente, observándose solo al norte de 42°S , mientras que en el resto del dominio espacial, lejos de la costa, el esfuerzo meridional del viento no superó dicha magnitud. Cerca de la costa este alcanzó valores bajo $0,05 \text{ N}/\text{m}^2$ (Figura 39c). Los valores máximos negativos del esfuerzo del viento meridional (viento norte) se mostraron al este de 76°W , con magnitudes que oscilaron entre $0,4$ y $0,45 \text{ N}/\text{m}^2$, más intensos entre Boca del Guafo y 46°S : Sin embargo, más cerca de la costa su intensidad fue menor, con valores menores a $0,2 \text{ N}/\text{m}^2$ entre 41°S y el sur de la Isla de Chiloé, y frente a la Península de Taitao (Figura 38g). Al considerar

aquellos valores máximos negativos (viento norte) dentro del 95% de probabilidad de ocurrencia (Figura 39g), se observó que al sur de 46°S su amplitud fluctuó entre 0,2 y 0,25 N/m², mientras que al norte de esta latitud el viento norte presentó magnitudes inferiores a 0,16 N/m², con valores entre 0,04 y 0,1 N/m² en el Archipiélago de Chonos, Isla Chiloé, y más al norte hasta 41°S.

El rotor del esfuerzo del viento alcanzó máximos valores positivos cerca de la costa (favorable al hundimiento de aguas), exhibiendo valores por sobre 4x10⁻⁶ N/m³ (Figura 38d). Sin embargo, los valores extremos más probables dentro de esta banda costera (95% de ocurrencia) fluctuaron entre 1x10⁻⁶ y 2,5x10⁻⁶ N/m³, y superaron este último valor frente al Archipiélago de Chonos (Figura 39d). Sus máximos valores negativos cerca de la costa (favorable a la surgencia de aguas), exhibieron valores por sobre 3x10⁻⁶ N/m³ (Figura 38h). Sin embargo, los valores extremos más probables en esta banda costera (dentro del 95%), fueron del orden de 1,5x10⁻⁶ N/m³, con máximos valores (>2x10⁻⁶ N/m³) al norte de 41°S (Figura 39h).

➤ *En la capa de mezcla superficial de la columna de agua*

El espesor de la capa de mezcla de la columna de agua mostró una disminución de sus máximos extremos desde el océano abierto hacia la costa en toda la región de estudio (Figura 40a), exhibiendo valores entre 20 y 80 m dentro de la banda costera de ~20 km entre 40 y 46°S; en el resto del dominio sus valores máximos estuvieron por sobre 100 m. Al considerar su distribución dentro del 95% de probabilidad de ocurrencia, los valores máximos asociados a la banda costera oscilan entre 40 y 70 m de profundidad, con valores inferiores a 30 m al norte de 42°S, mientras que en el océano abierto los máximos valores no superaron 130 m de profundidad (Figura 41a). La distribución espacial de los mínimos extremos de profundidad de la capa de mezcla (Figura 40d) fue casi homogénea, con valores entre 10 y 10,5 m de profundidad en casi toda la región de estudio. Al considerar los valores dentro del 95% más probable (Figura 41d), se observó que efectivamente en gran parte de la región de estudio la mínima profundidad de la capa de mezcla fue de ~10,5 m, disminuyendo cerca de la costa (<10 m) y aumentando en el sector suroeste de la región de estudio (>12 m).

La magnitud del flujo zonal hacia el este dentro de la capa de mezcla en la región de estudio mostró máximos extremos al sur de 46°S alcanzando valores por sobre 50 cm/s, cerca de la costa estas velocidades zonales extremas fluctuaron entre 10 y 20 cm/s, con valores más elevados entre Isla Guafo y el sur de Isla Chiloé (>50 cm/s), alrededor de Isla Guamblin (~40 cm/s) y frente a la Península de Taitao (>50 cm/s) (Figura 40b). Al considerar solo las magnitudes dentro del 95% más probable (Figura 41b), la rapidez del flujo hacia el este no superó los 20 cm/s, con excepción en la costa entre Isla Chiloé e Isla Guafo (>25 cm/s) y frente a la Península de Taitao (>30 cm/s). Las magnitudes del flujo zonal hacia el oeste dentro de la capa de mezcla en la región de estudio mostraron máximos extremos al sur de 46°S alcanzando valores por sobre 30 cm/s, cerca de la costa estas velocidades zonales

extremas fluctuaron entre 5 y 20 cm/s (Figura 40e). Al considerar solo las magnitudes dentro del 95% más probable (Figura 41e), la rapidez del flujo hacia el oeste no superó 10 cm/s, con excepción en la costa entre Isla Chiloé e Isla Guafo (>20 cm/s), y frente a la Península de Taitao (~ 15 cm/s).

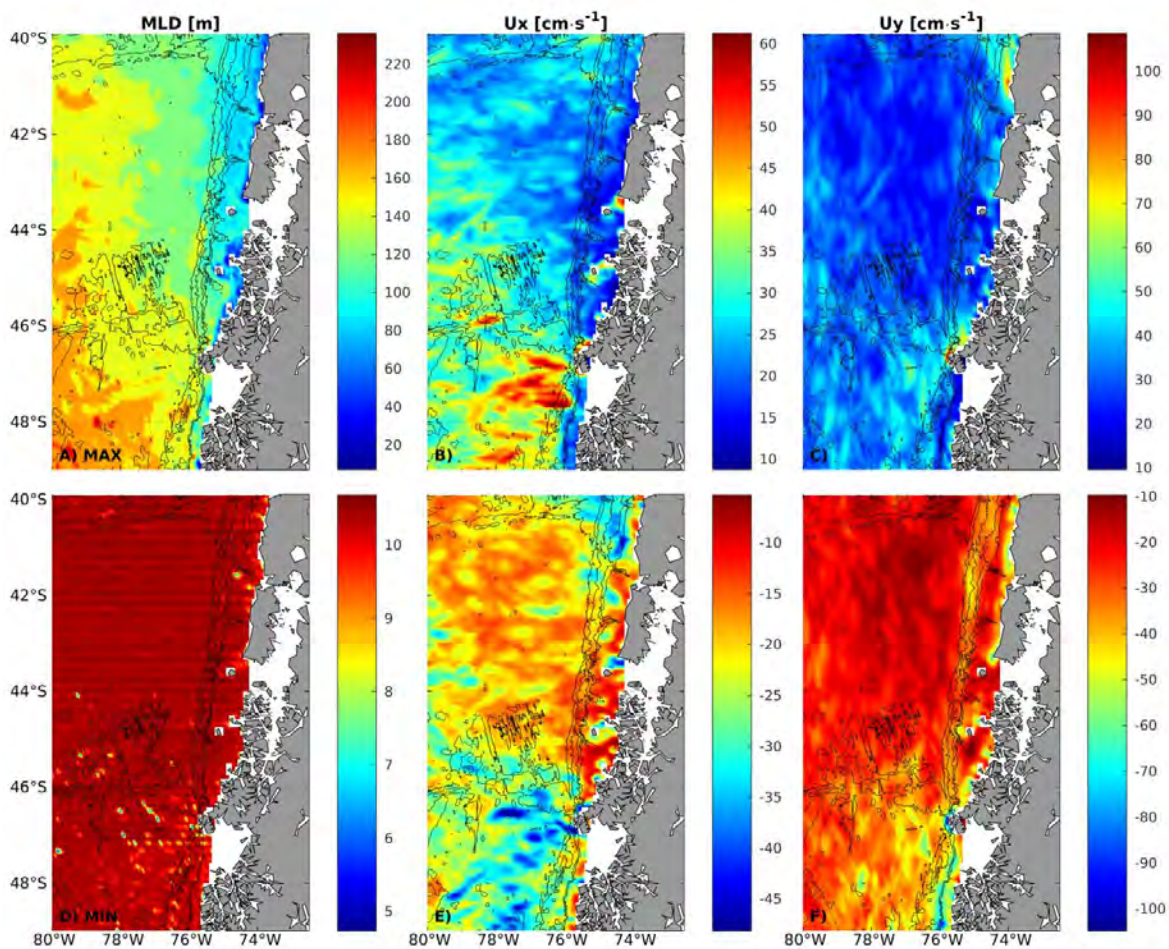


Figura 40. Patrón espacial de los máximos (MAX, a-c) y mínimos (MIN, d-f) extremos en el campo de la profundidad de la capa de mezcla (MLD, a y d, respectivamente), de las corrientes zonales dentro de la capa de mezcla (Ux, b y e, respectivamente), y de las corrientes meridionales dentro de la capa de mezcla (Uy, c y f, respectivamente) en la región de estudio.

La magnitud del flujo meridional hacia el norte dentro de la capa de mezcla en la región de estudio mostró máximos extremos entre 10 y 50 cm/s, con valores de ~ 40 cm/s al sur de 46°S y al oeste de Isla Chiloé y Archipiélago de Chonos, con máximas amplitudes cerca de la costa al norte de 41°S y frente a la Península de Taitao (Figura 40c). Al considerar solo las magnitudes dentro del 95% más probable (Figura 41c), la rapidez del flujo hacia el norte no superó los 30 cm/s, con excepción en la costa al norte de 41°S y frente a la Península de Taitao (>40 cm/s). La magnitud del flujo meridional hacia el sur dentro de la capa de mezcla en la región de estudio, mostró máximos extremos entre 10 y ~ 100 cm/s, con valores >40 cm/s al sur de 46°S y a lo largo del talud continental, las máximas velocidades se observaron

cerca de la costa, con valores entre 40-60 cm/s al norte de 41°S, al sur de la Isla de Chiloé y en algunos sectores del Archipiélago de Chonos, mientras que al sur de 46°S siguiendo el talud continental, se observaron valores extremos entre 70 y 100 cm/s (Figura 40f). Al considerar solo las magnitudes dentro del 95% más probable (Figura 41f), la rapidez del flujo hacia el sur presentó valores entre 3 y 50 cm/s, con velocidades de ~20 cm/s sobre el talud y cerca de la costa entre 40 y 46°S, y 30-50 cm/s al sur de 46°S.

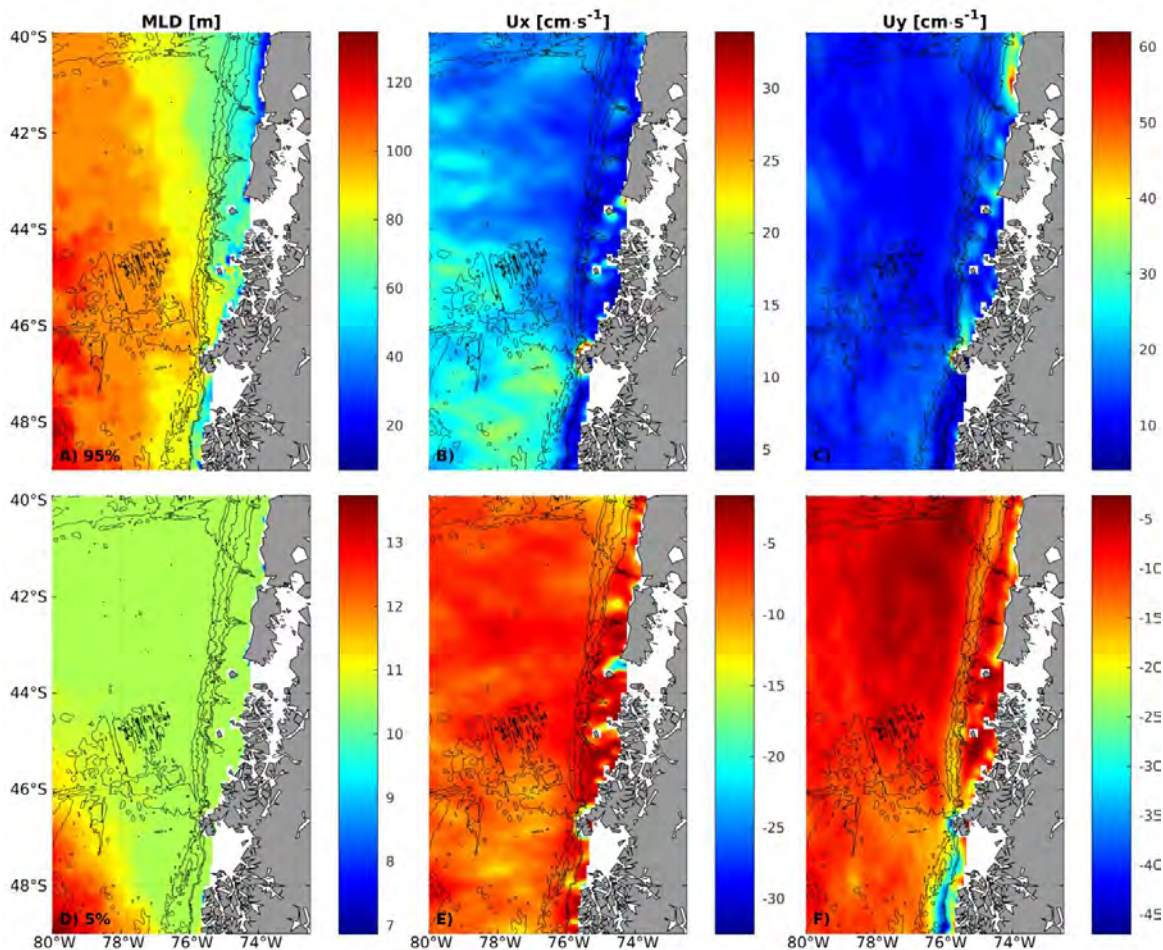


Figura 41. Patrón espacial de los valores asociados al percentil de 95% (a-d) y percentil de 5% (e-h) en el campo de la profundidad de la capa de mezcla (MLD, a y d, respectivamente), de las corrientes zonales dentro de la capa de mezcla (U_x , b y e, respectivamente), y de las corrientes meridionales dentro de la capa de mezcla (U_y , c y f, respectivamente) en la región de estudio.

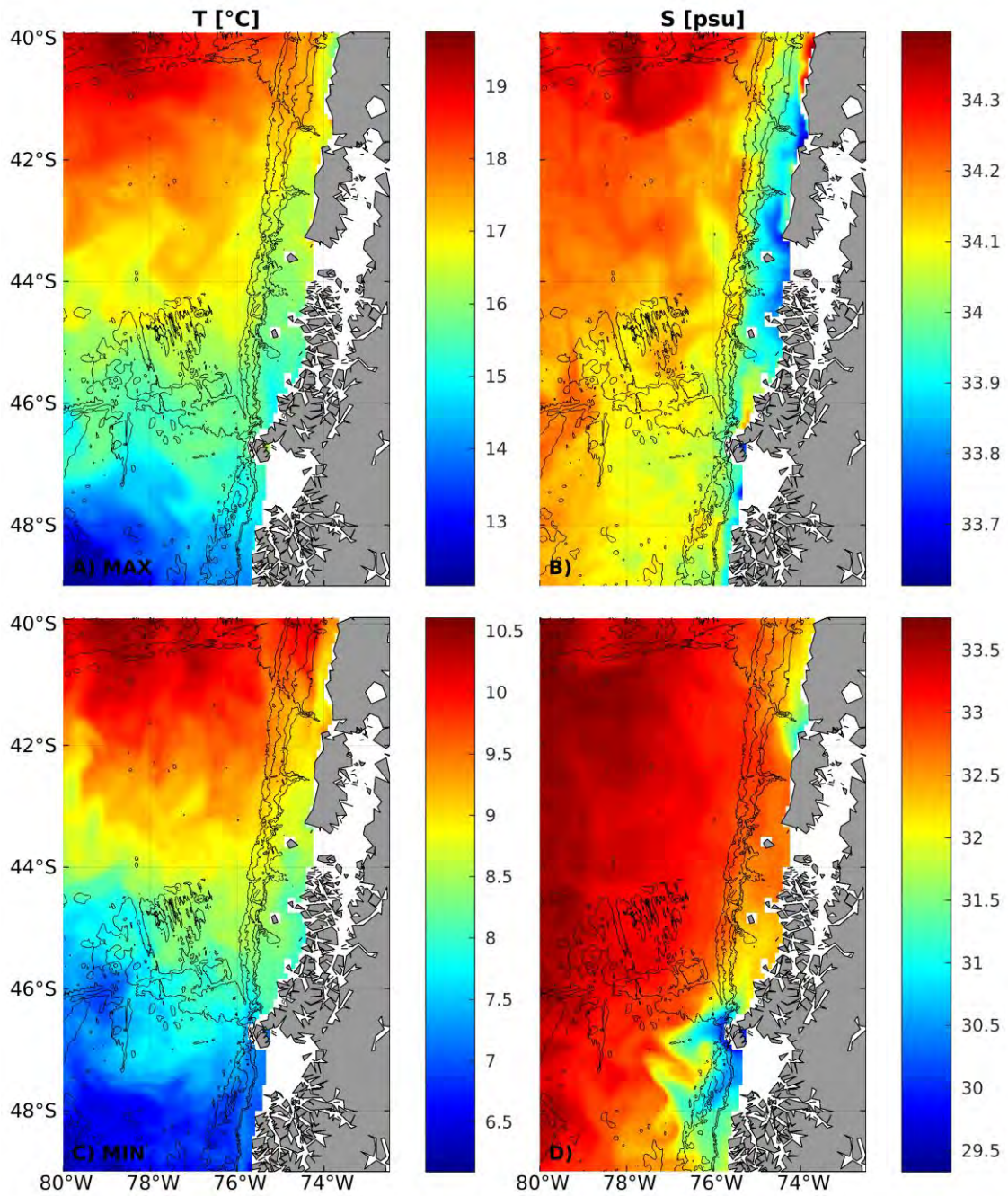


Figura 42. Patrón espacial de los máximos (MAX, a-b) y mínimos (MIN, c-d) extremos en el campo de temperatura dentro de la capa de mezcla (T, a y c, respectivamente), y de salinidad dentro de la capa de mezcla (S, b y d, respectivamente) en la región de estudio.

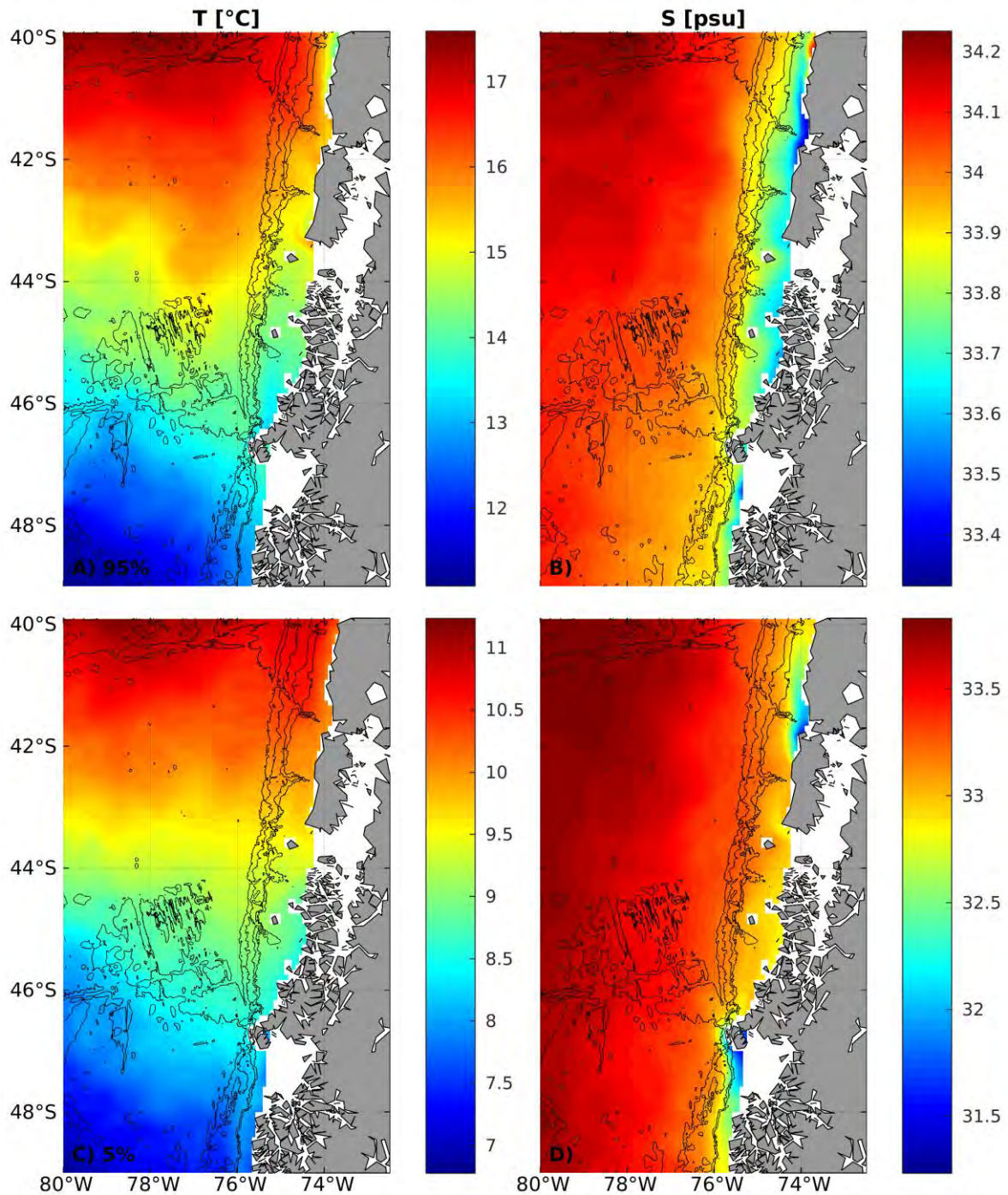


Figura 43. Patrón espacial de los valores asociados al percentil de 95% (a-d) y percentil de 5% (e-h) en el campo de temperatura dentro de la capa de mezcla (T, a y c, respectivamente), y de salinidad dentro de la capa de mezcla (S, b y d, respectivamente) en la región de estudio.

La temperatura dentro de la capa de mezcla presentó la distribución de sus máximos extremos sujetos a gradientes meridionales y zonales, con sus magnitudes variando entre 12 y 20°C, observándose en la banda costera máximos extremos de ~17,5°C al norte de 44°S, los que al

sur de esta latitud oscilaron entre 14-16°C (Figura 42a). Al considerar los valores de temperatura con un 95% de probabilidad de ocurrencia, se observó que en la región de estudio estos estuvieron entre 11 y 17,5°C, sujetos a un marcado gradiente meridional y zonal, con temperaturas en la banda costera entre 12,5 y 14°C al sur de 44°S y de 15-16°C al norte de esta (Figura 43a). En el caso de los mínimos extremos de la temperatura dentro de la capa de mezcla, su distribución presentó los gradientes previamente mencionados, abarcó temperaturas de 6 a 10,5°C, y una costa más fría las temperaturas no superaron los 9°C (Figura 42c). Al considerar solo las temperaturas con un 95% de ocurrencia, la distribución espacial de los mínimos no posee un gradiente zonal tan marcado como el observado cuando se considera el registro completo, con las temperaturas disminuyendo hacia el polo, pasando de 11°C en ~40°S a 7°C en ~49°S (Figura 43c).

La salinidad dentro de la capa de mezcla presentó la distribución de sus máximos extremos sujetos a gradientes zonales, con sus magnitudes variando entre 33,6 y 34,4 psu, observándose en la banda costera máximos extremos entre 33,6 y 34 psu, con salinidades mayores que 34,3 psu al norte de 41°S y de 34,15 psu en el Archipiélago de Chonos a 46°S (Figura 42b). Al considerar los valores de salinidad con un 95% de probabilidad de ocurrencia, se observó que en la región de estudio sus máximos estuvieron entre 33,3 y 34,2 psu, sujetos a un marcado gradiente zonal, con máximas salinidades en la banda costera de 33,6-33,8 psu, exceptuando la desembocadura del Canal Chacao donde sus salinidades máximas son de ~33,5 psu (Figura 43b). En el caso de sus mínimos extremos (Figura 42d), estos también presentaron un gradiente zonal dominante en su variabilidad espacial, con valores mínimos de salinidad entre 32,5 y ~33,5 psu desde el talud continental hacia el interior del océano, mientras que desde el talud hacia la costa sus valores estuvieron entre 32 y 32,5 psu, exceptuando la desembocadura del Canal Chacao (~31,5 psu) y frente a la Península de Taitao y boca del Golfo de Penas (entre 29,5 y 31 psu). Al considerar los valores de salinidad con un 95% de probabilidad de ocurrencia, se observó que en la región de estudio sus mínimos estuvieron entre 31,2 y 33,8 psu, sujetos a un marcado gradiente zonal, con valores de salinidad de 32-33 psu en la banda costera, exceptuando la desembocadura del Canal Chacao y boca del Golfo de Penas donde sus salinidades mínimas fueron inferiores a 31,5 psu (Figura 43d).

➤ *Nivel del mar y corrientes geostróficas*

En la región de estudio, las anomalías positivas en el nivel del mar presentaron máximos extremos menores al norte (11-14 cm) y mayores al sur de 45°S (14-22 cm); en la banda costera la amplitud de estos máximos extremos fue de 14-17 cm, con máximos relativos al sur de Isla de Chiloé (~19 cm), frente al Archipiélago de Chonos en ~45°S (~20 cm), y en la boca del Golfo de Penas (>22 cm) (Figura 44a). Al considerar sólo las anomalías con un 95% de ocurrencia, la distribución espacial de las máximas amplitudes positivas esperadas cambió levemente, observándose en la banda costera valores entre 7,5 y 12,5 cm, con máximos relativos frente al Archipiélago de Chonos en 45°S (11 cm) y en la boca del Golfo de Penas

(12,5 cm) (Figura 45a). Las anomalías negativas en el nivel del mar presentaron máximos extremos de 4-8 cm en gran parte de la región de estudio, con máximas amplitudes al sur del Golfo de Penas (sur de 48°S) con valores de 10-14 cm (Figura 44e). Al considerar solo las anomalías con un 95% de ocurrencia, la distribución espacial de las máximas amplitudes negativas esperadas cambió levemente, observándose valores entre 1,2 y 3 cm, con máximos frente al Golfo de Penas y al sur de este de 3,5-5 cm (Figura 45e).

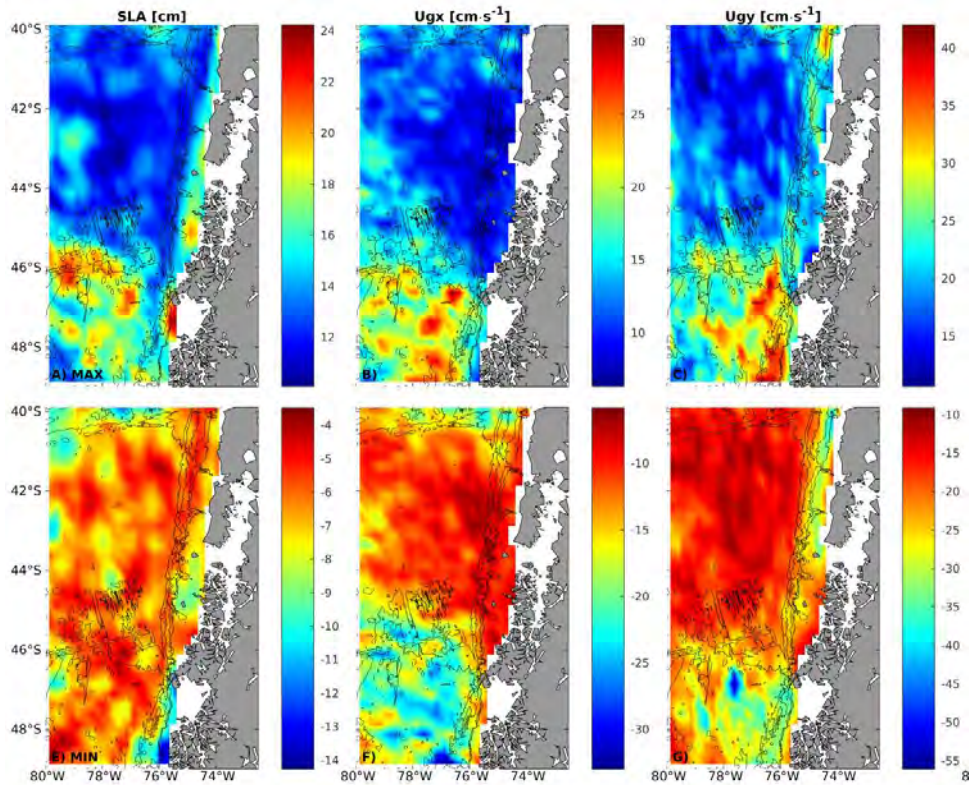


Figura 44. Patrón espacial de los máximos (MAX, a-d) y mínimos (MIN, e-h) extremos del campo de anomalías en el nivel del mar (SLA, a y e, respectivamente), de las corrientes geostóficas zonales (U_{gx} , b y f, respectivamente), de las corrientes geostóficas meridionales (U_{gy} , c y g, respectivamente) en la región de estudio.

El flujo geostrófico zonal hacia el este presentó máximos extremos de menor amplitud al norte de 46°S (<10 cm/s), mientras que al sur de esta latitud sus valores estuvieron entre 15 y 30 cm/s, exhibiendo una menor magnitud en la banda costera (~ 15 cm/s) (Figura 44b). En cambio, al considerar solo aquellas velocidades dentro del 95% de ocurrencia, las amplitudes máximas si bien exhiben un patrón espacial similar al observado en la distribución de sus máximos extremos, sus velocidades varían dentro de la región de estudio entre 3 y 12 cm/s, con mínimas amplitudes en la banda costera al norte de 46°S (<5 cm/s), mientras que al sur de esta latitud el flujo zonal hacia el este alcanza velocidades de ~ 7 cm/s (Figura 45b). El flujo geostrófico zonal hacia el oeste presentó máximos extremos de menor amplitud al norte de 46°S (<15 cm/s), mientras que al sur de esta latitud sus valores estuvieron entre 20 y 30 cm/s, exhibiendo una menor magnitud en la banda costera (~ 15 cm/s) (Figura 44f). En

cambio, al considerar solo aquellas velocidades dentro del 95% de ocurrencia, las amplitudes máximas si bien exhiben un patrón espacial similar al observado en la distribución de sus máximos extremos, sus velocidades dentro de la región de estudio varían entre 3 y 12,5 cm/s, con mínimas amplitudes en la banda costera al norte de 46°S (<5 cm/s), mientras que al sur de esta latitud el flujo zonal hacia el oeste alcanza velocidades de ~7cm/s (Figura 45f).

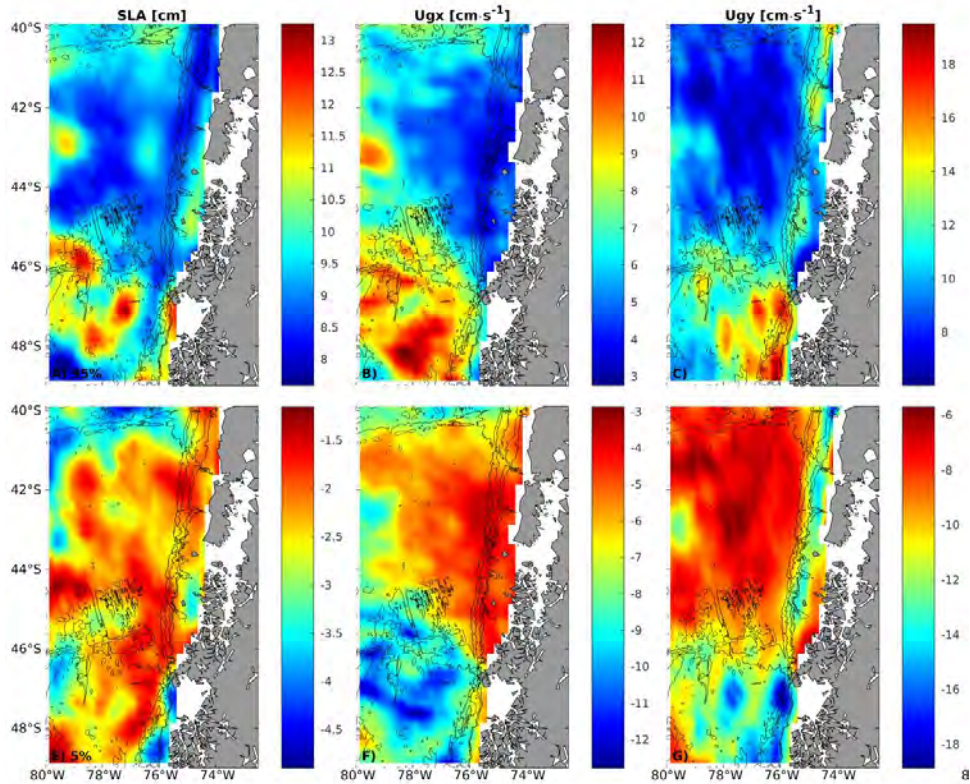


Figura 45. Patrón espacial de los valores asociados al percentil de 95% (a,b,c) y percentil de 5% (e, f, g) del campo de anomalías en el nivel del mar (SLA, a y e, respectivamente), de las corrientes geostróficas zonales (U_{gx} , b y f, respectivamente) y de las corrientes geostróficas meridionales (U_{gy} , c y g, respectivamente) en la región de estudio.

El flujo geostrófico meridional hacia el norte presentó máximos extremos de menor amplitud al norte de 46°S (<15 cm/s), mientras que al sur de esta latitud sus valores estuvieron entre 20 y 40 cm/s, exhibiendo un leve aumento de magnitud en la banda costera (~20 y >30 cm/s al norte y sur de 46°S, respectivamente), con un máximo relativo al norte de 41,5°S de ~35 cm/s (Figura 44c). En cambio, al considerar solo aquellas velocidades dentro del 95% de ocurrencia, sus amplitudes máximas si bien exhiben un patrón espacial similar al observado en la distribución de sus máximos extremos, sus velocidades varían dentro de la región de estudio entre 5 y 19 cm/s, con amplitudes de ~12 cm/s sobre el talud continental al norte de 46°S, exceptuando a ~42°S y al norte de 41,5°S donde se observaron velocidades entre 14 y 16 cm/s, mientras que al sur de esta latitud el flujo meridional hacia el norte alcanza velocidades >17cm/s (Figura 45c). El flujo geostrófico meridional hacia el sur presentó máximos extremos de menor amplitud al norte de 46°S (<25 cm/s), mientras que al sur de

esta latitud sus valores estuvieron entre 25 y 45 cm/s, exhibiendo un leve aumento de magnitud en la banda costera, con máximas amplitudes sobre el talud continental, con velocidades sobre 30 cm/s al norte de Isla Guafo, de 25-30 cm/s frente al Archipiélago de Chonos y sobre 35 cm/s al sur de 46°S (Figura 44g). En cambio, al considerar solo aquellas velocidades dentro del 95% de ocurrencia, sus amplitudes máximas si bien exhiben un patrón espacial similar al observado en la distribución de sus máximos extremos, sus velocidades dentro de la región de estudio varían entre 6 y 19 cm/s, con amplitudes de ~14 cm/s sobre el talud continental al norte de 46°S, exceptuando a ~40°S donde se observaron velocidades >16 cm/s, mientras que al sur de esta latitud el flujo meridional hacia el sur presenta máximos relativos >18 cm/s frente la boca del Golfo de Penas y al sur de este (Figura 45g).

6.2.2.3 Características del oleaje en la región de estudio

➤ *Características generales*

Mar de fondo

En la región de estudio, por estar más cerca de la zona de generación principal (40-60°S, Cinturón de Vientos del Oeste) (Aguirre *et al.*, 2017; Mediavilla *et al.*, 2020), el oleaje proviene típicamente desde la dirección oeste, presentando una mayor altura ($H_s \sim 4$ m) y períodos más cortos ($T_m \sim 8,6$ s) que en el resto del país. La presencia de mar de fondo proveniente del norte y noroeste es de relativa significancia, en especial durante primavera y verano (octubre-febrero), aspecto observado en experimentos de ~33 años de modelación de oleaje (Aguirre *et al.*, 2017) y en 2 décadas de registros de altura significativa de oleaje basada en altimetría satelital (Mediavilla *et al.*, 2020).

Oleaje de generación local

Como ha sido mencionado en secciones previas, los sistemas de baja presión atmosférica llegan a la región de estudio de manera recurrente, modulando la variabilidad sinóptica del viento local (Pérez-Santos *et al.*, 2019). En ~40°S se genera un máximo local en el período medio del oleaje, el cual se atribuye a la mayor incidencia de mar de viento en la costa austral que se encuentra en la zona de generación principal. La presencia de este mar de viento, forzado por pulsos de viento intenso, se asocia al paso de dichos núcleos desde el océano hacia el continente.

Oleaje extremo

Hacia el sur, existe un aumento de las alturas significativas máximas, pasando de ~4 m en el norte a 17 m en el sector más austral, una tendencia hacia el oeste de la dirección de incidencia del oleaje extremo, y menores duraciones medias de estos eventos.

La mayor incidencia de los eventos extremos más significativos es durante los meses de invierno, siendo de ~33% en el extremo sur.

Multimodalidad

De acuerdo con los criterios empleados en el Atlas de Oleaje de Chile (Beyá *et al.*, 2016), el porcentaje de tiempo que el oleaje se presenta en dos o más modos aumenta de 62% en el extremo norte, a 75% en la zona centro, y luego vuelve a disminuir hasta llegar a 47% en el extremo sur.

En la región de estudio la mayor parte de la energía del oleaje corresponde al generado en las latitudes medias del Pacífico sur, el cual llega como mar de viento y de fondo desde las direcciones sur, suroeste, oeste y noroeste, aportando cerca del 100% de la energía total. En esta región, las combinaciones más frecuentes son mar de fondo del suroeste con mar de fondo del noroeste, mientras que en la zona más al sur, es mar de fondo del oeste con mar de fondo del noroeste.

➤ *Variabilidad anual de la altura significativa*

Utilizando información proveniente del Atlas de Oleaje de Chile (3 nodos, Tabla 30), se construyeron rosas de oleaje e histogramas bimensuales de altura significativa para el período 1980-2015 dentro de la región de estudio.

Tabla 30. Nodos utilizados para obtener información de Atlas de Oleaje de Chile (Beyá *et al.*, 2016).

Nodo	Latitud [°S]	Longitud [°W]	Profundidad [m]	Localidad referencial
12	41	75	-2464	Bahía Mansa
13	43	76	-3346	Chiloé
14	45	76	-3293	Archipiélago de Chonos

Bahía Mansa

Se observó una baja variabilidad anual en la dirección media del oleaje, observándose una predominancia de oleaje proveniente del oeste-suroeste y suroeste, con una mayor incidencia de oleaje del oeste durante otoño e invierno (abril-septiembre), observándose además en esta última estación una mayor incidencia de oleaje del oeste-noroeste y noroeste, el cual además presentó alturas significativas más elevadas (eventos extremos, >5 m) (Figura 46). En los histogramas de altura significativa se observó que durante la época estival el oleaje posee alturas entre 1 y 3 m (diciembre-marzo), con un aumento de la probabilidad de oleaje por

sobre 3 m y eventos extremos más intensos durante otoño-invierno (abril-septiembre) (Figura 47).

Chiloé

En este sector, al igual que en Bahía Mansa, se observó una baja variabilidad anual en la dirección media del oleaje, con una predominancia de oleaje proveniente del oeste-suroeste a lo largo de todo el año, una dirección de incidencia más variable y mayores alturas en el período de otoño-invierno (abril-septiembre), con un aumento del oleaje del oeste, oeste-noroeste y noroeste, y alturas significativas extremas por sobre 6 m, respectivamente. En primavera y verano (octubre-marzo) se muestra una predominancia del oleaje del oeste-suroeste (Figura 48). En los histogramas de altura significativa se observó que durante la época estival el oleaje posee alturas entre 1,5 y 3,5 m (diciembre-marzo), con un aumento de la probabilidad de oleaje por sobre 5 m y eventos extremos más intensos durante otoño-invierno (abril-septiembre) (Figura 49).

Archipiélago de Chonos

Frente al Archipiélago de Chonos, al igual que frente a Chiloé, el oleaje proveniente del oeste-suroeste fue dominante durante todo el año, siendo mucho más evidente en la época estival (octubre-marzo). En el período otoño-invierno fue más variable, con presencia de oleaje proveniente desde el sur-suroeste hasta del noroeste, y más energético, con alturas por sobre 6 m durante este período (Figura 50). En los histogramas de altura significativa se observó que durante la época estival el oleaje posee alturas entre 2 y 4 m (diciembre-marzo), con un aumento de la probabilidad de oleaje por sobre 6 m y eventos extremos más intenso durante otoño-invierno (abril-septiembre) (Figura 51).

Para mayor detalle de los valores, y de las características espectrales y estadísticas del oleaje en la región de estudio se recomienda revisar el Atlas de Oleaje de Chile (Beyá *et al.*, 2016).

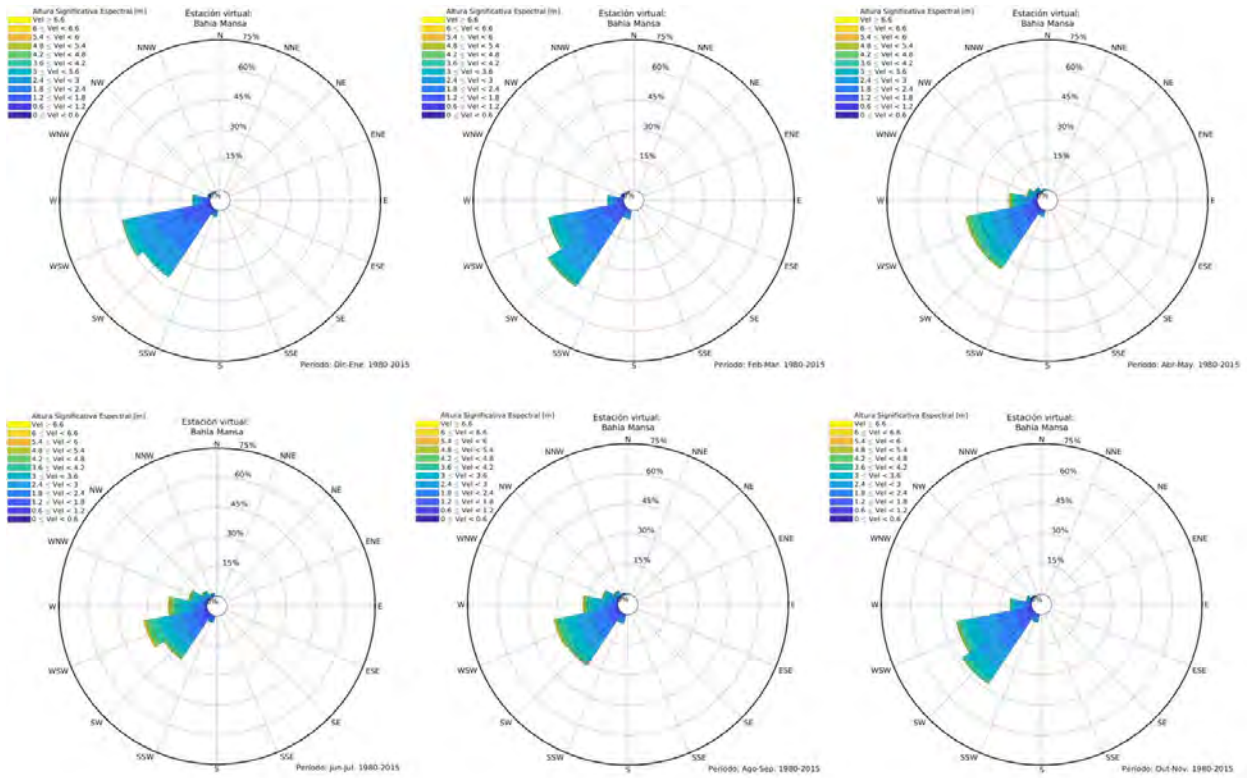


Figura 46. Climatología bimensual de la rosa de alturas significativas para Bahía Mansa. Las alturas y meses respectivos se muestran en la esquina superior izquierda e inferior derecha, respectivamente, de cada rosa.

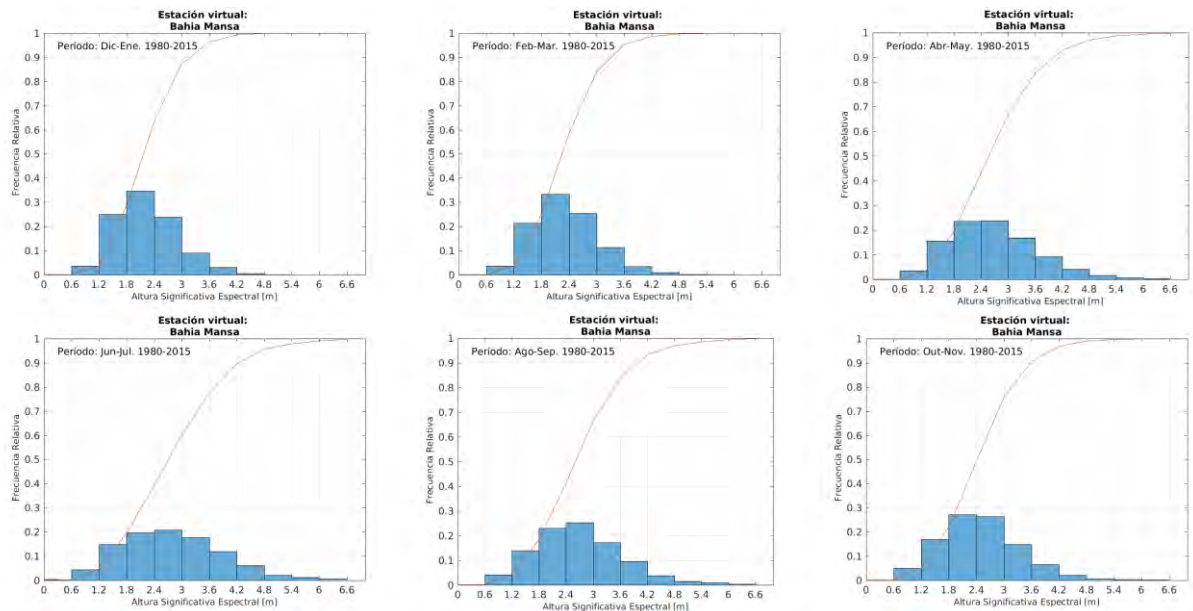


Figura 47. Climatología bimensual de los histogramas de frecuencias relativas (barras azules) y frecuencia acumulada (línea roja) de alturas significativas para Bahía Mansa.

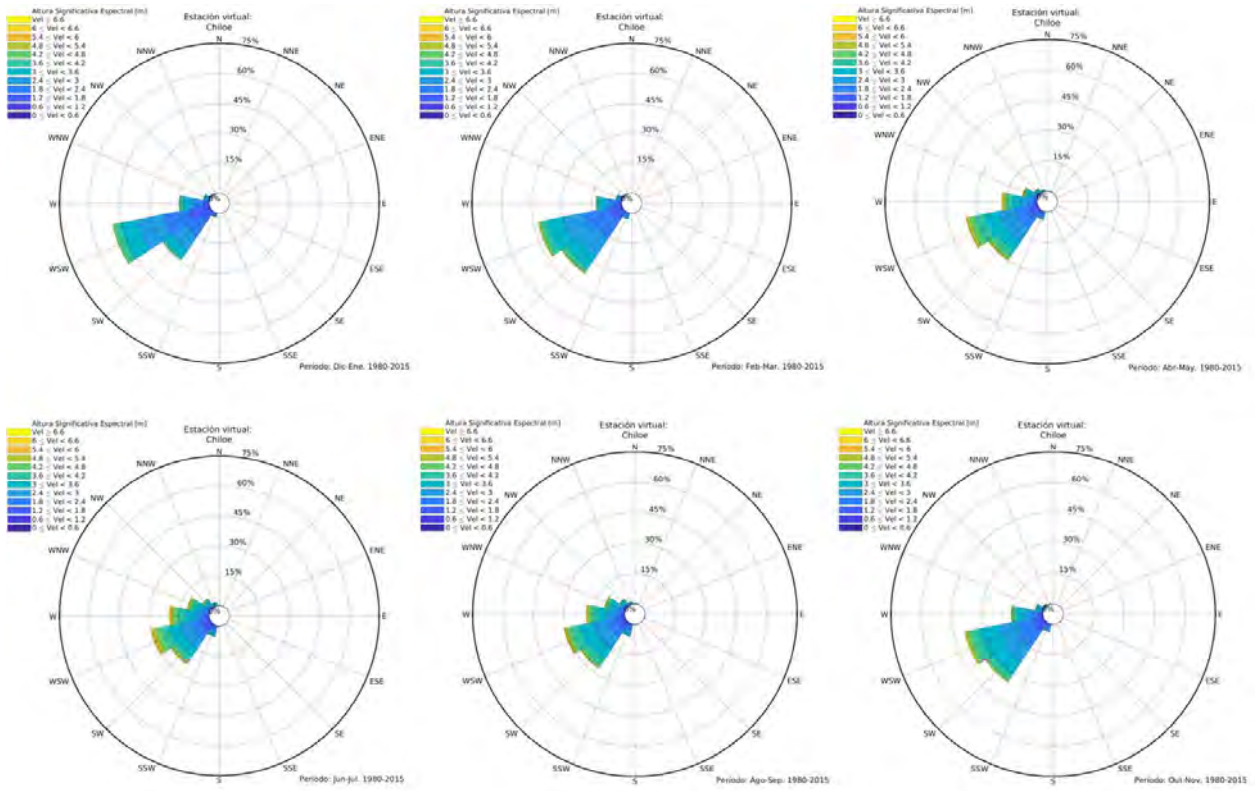


Figura 48. Climatología bimensual de la rosa de alturas significativas para Chiloé. Las alturas y meses respectivos se muestran en la esquina superior izquierda e inferior derecha, respectivamente, de cada rosa.

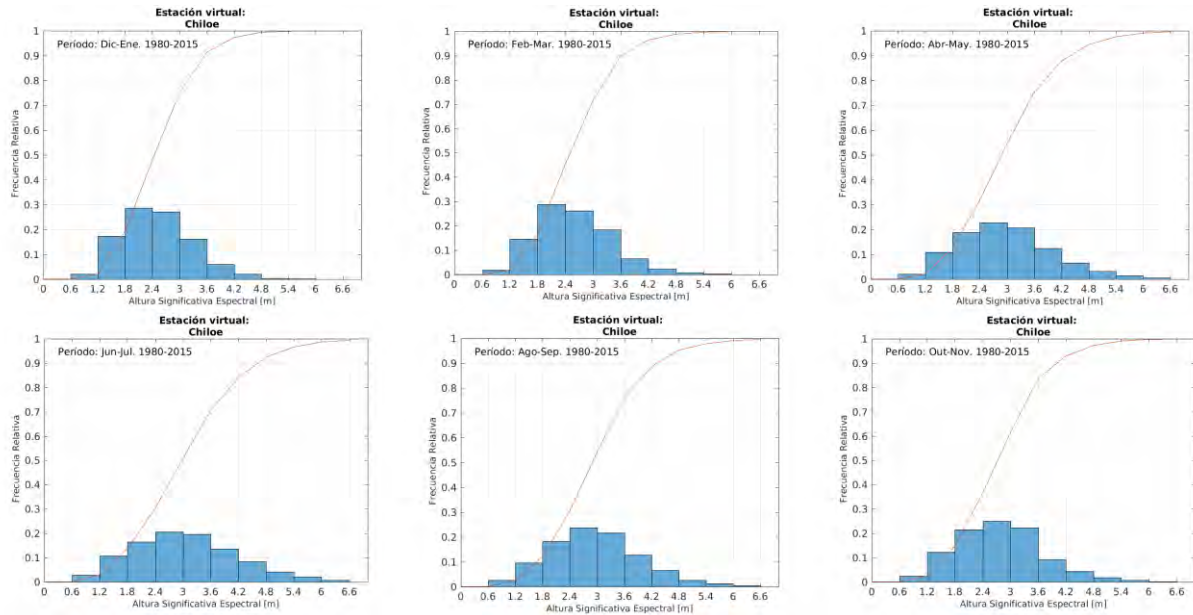


Figura 49. Climatología bimensual de los histogramas de frecuencias relativas (barras azules) y frecuencia acumulada (línea roja) de alturas significativas para Chiloé.

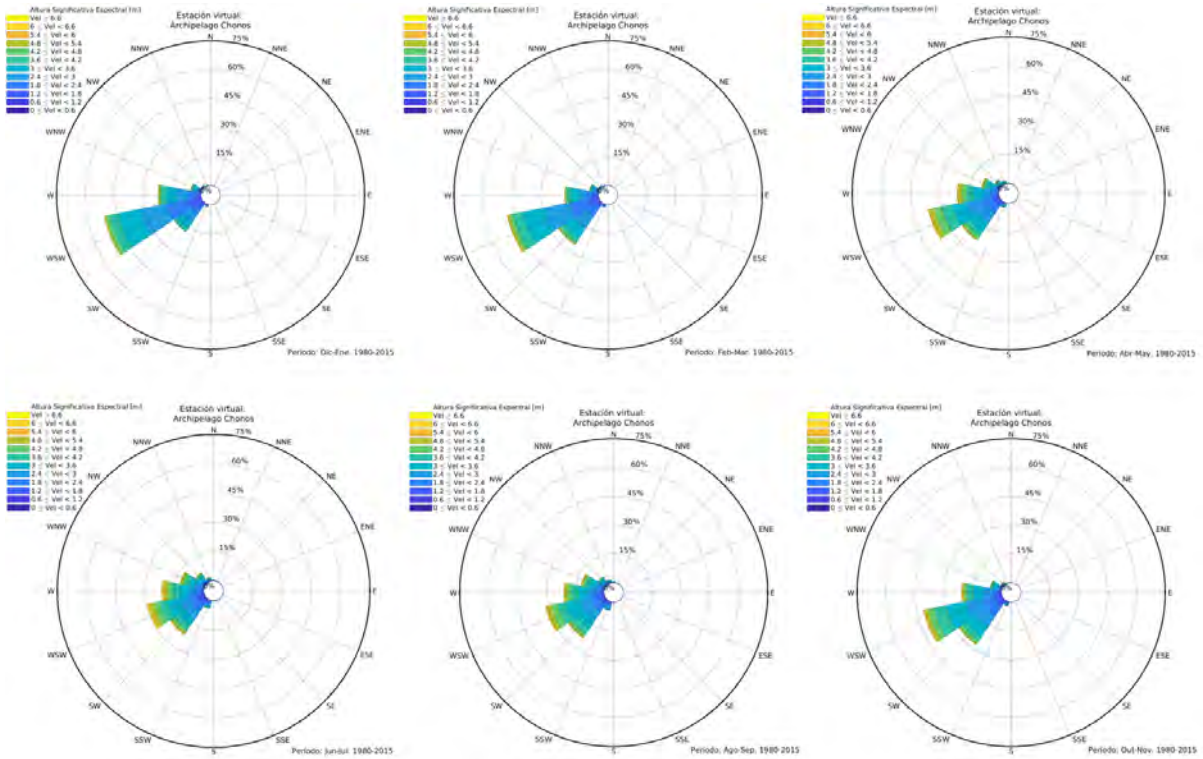


Figura 50. Climatología bimensual de la rosa de alturas significativas para el Archipiélago de Chonos. Las alturas y meses respectivos se muestran en la esquina superior izquierda e inferior derecha, respectivamente, de cada rosa.

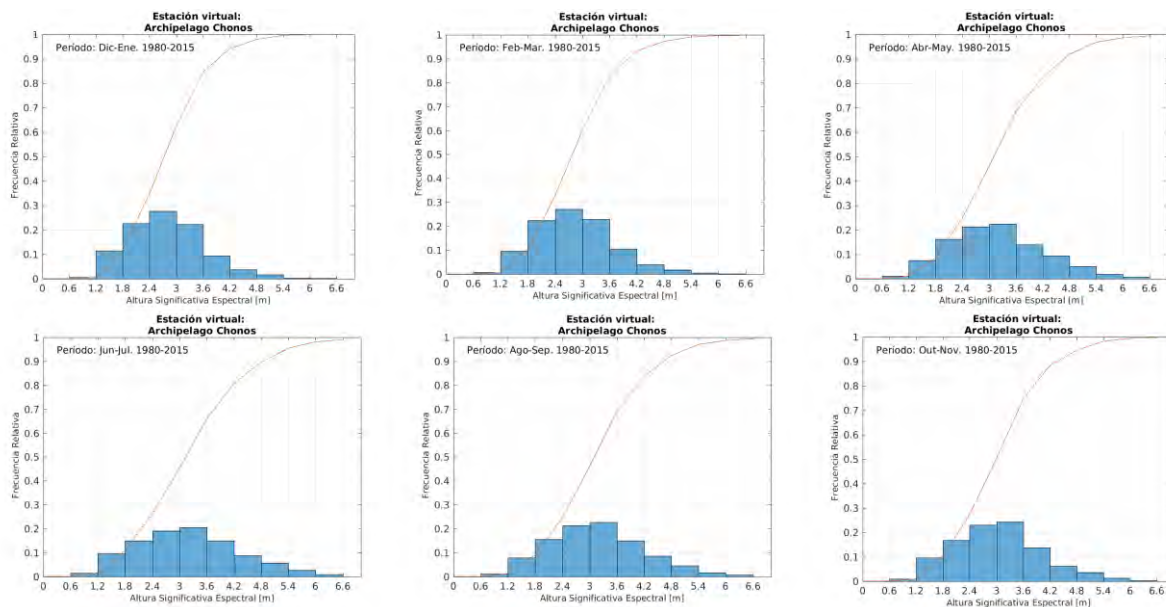


Figura 51. Climatología bimensual de los histogramas de frecuencias relativas (barras azules) y frecuencia acumulada (línea roja) de alturas significativas para Archipiélago de Chonos.

6.3 DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES QUÍMICAS (E.G. OXÍGENO DISUELTUO, NUTRIENTES, PH, ETC.) Y BIOLÓGICAS (E.G. CLOROFILA, FAN, AMBI, ETC.) QUE SE DEBEN CONSIDERAR PARA EL DESARROLLO DE LA ACUICULTURA OCEÁNICA DENTRO DEL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL.

6.3.1 Variabilidad biogeoquímica y acuicultura oceánica

Las variaciones de las condiciones biogeoquímicas pueden tener un impacto significativo sobre la actividad acuícola tanto en zonas costeras y mares interiores como en aguas oceánicas. A continuación, se presentan los principales efectos que tienen las condiciones ambientales en los cultivos y los impactos reportados de la actividad sobre el ambiente.

6.3.1.1 Oxígeno disuelto

En océano abierto, la distribución de oxígeno disuelto en el océano superficial, es regulado por el balance entre los procesos físicos (*e.g.*, intercambio océano atmósfera, difusión desde aguas profundas, cambios en las condiciones de temperatura y salinidad), y biológicos (*i.e.*, balance entre fotosíntesis y respiración) (Ladd, 1956).

Los bordes orientales de los océanos, como el caso de las costas de Chile central y norte, se presenta en la capa subsuperficial una capa de agua con bajos contenidos de oxígeno disuelto que forman una zona de mínimo de oxígeno (ZMO), cuando estas caen bajo concentraciones de 1 mL/L (Morales et al., 1999; Naqvi et al., 2010). Estas bajas concentraciones son manejadas por el origen de la masa de agua, con altas temperaturas y baja solubilidad de gases, una baja ventilación y altas tasas de consumo de oxígeno por la alta productividad primaria de las aguas suprayacentes. A lo largo de las costas de Chile, estas aguas con bajo contenido de oxígeno disuelto se desplazan hacia el sur en la masa de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) con la corriente Perú-Chile. En su avance hacia el sur, las concentraciones de oxígeno disuelto van aumentando debido a la mezcla con aguas supra y subyacentes de las masas de agua Subantártica (ASAA) y la masa de agua Intermedia Antártica (AIAA), respectivamente (Silva et al., 2009). La presencia de la ZMO presenta una condición permanente en el norte de Chile, donde se alcanzan menores concentraciones de oxígeno disuelto, incluso anoxia (Revsbech et al., 2009), mientras que en la zona centro, se observa principalmente en la época de primavera y verano. Hacia el sur, aun cuando el AESS se observa hasta 48°S, la presencia de una ZMO tiene una variabilidad temporal y se observa solo ocasionalmente. Por otra parte, la AESS se va profundizando hacia el sur, encontrándose en el norte a profundidades tan someras como 20 m (Morales et al., 1999) y ~ 150 m a 40 °S. Sin embargo, las aguas del AESS ricas en nutrientes y bajas en oxígeno ascienden a la superficie a través de eventos de surgencia y por ascenso de ondas internas lo que en numerosas ocasiones ha conllevado a mortandad masiva de peces y organismos marinos. Debido a ello, el estudio de la variabilidad de las concentraciones de oxígeno disuelto en donde potencialmente se desarrollará AO, así como los niveles umbral de oxígeno disuelto que toleran las especies a cultivar son importantes para asegurar la salud y sobrevivencia de los organismos cultivados.

Por otra parte, el consumo de oxígeno por los organismos cultivados, así como los que se encuentran de forma natural en el ambiente en el que se desarrolla la acuicultura, es una respuesta fisiológica que puede correlacionarse con las variaciones de los factores ambientales (Valenzuela-Quiónnez et al., 2011). Así, por ejemplo, en épocas de verano, el aumento de temperatura y salinidad disminuyen la solubilidad del oxígeno en el agua, así como aumenta el metabolismo de los organismos, incrementando las tasas de utilización de oxígeno.

Esto ha llevado a que, en cuerpos de agua con circulación restringida, la variabilidad de la concentración de oxígeno sea de gran relevancia. En los cultivos acuícolas, la concentración de oxígeno es un parámetro monitoreado continuamente, debido a su relevancia para asegurar niveles que permitan el buen estado de los organismos cultivados (Carchipulla, 2018; Meyer, 2004). En las zonas oceánicas, sin embargo, se ha reportado que la alta asimilación y capacidad de disolución hace que la actividad acuícola produzca cambios indetectables en la concentración de oxígeno disuelto, así como de otras variables biogeoquímicas como la

concentración de clorofila-a, carbón y nitrógeno orgánico particulado, y nutrientes como nitrato y nitrito (Welch et al., 2019).

6.3.1.2 Concentración de material particulado

Una de las definiciones operacionales del material particulado corresponde a la fracción de tamaño retenido por una membrana. Generalmente la retención se realiza mediante filtración al vacío, utilizando filtros de tamaño de poro de 0,45 μm . Este material particulado está compuesto tanto de materia inorgánica como orgánica, que generalmente representa entre 1 y 10% de la materia orgánica total (MOT), respectivamente (Pilson, 1998; Wells & Goldberg, 1992). En el océano, la mayor parte de la materia orgánica autóctona es generada por el fitoplancton (Silva & Astorga, 2010; Wassmann, 1984), mientras que una fracción que varía espacialmente de acuerdo a la región, proviene de fuentes alóctonas a través del aporte de ríos, escurrimiento y la atmósfera. La composición de la materia orgánica particulada incluye pellets fecales, redes de alimentación mucosa, materiales estructurales (*e.g.*, exoesqueletos de crustáceos), tejidos muertos y fragmentos amorfos denominados nieve marina.

El flujo de materia orgánica particulada (MOP) desde la capa eufótica a través de la columna de agua y sedimentos, sostiene la trama trófica en estos ambientes. Su calidad en cuanto a contenido de carbono y nitrógeno, definirán las diferentes comunidades heterotróficas que se sustentan de este abastecimiento (Smetacek *et al.*, 1978). Adicionalmente, las tasas de este mecanismo de remoción de carbono de la superficie definirán la eficiencia del bombeo de carbono (Miquel *et al.*, 1994) y con ello el rol del océano en el secuestro de dióxido de carbono atmosférico, el principal gas de efecto invernadero, y responsable del cambio climático (Sarmiento & Siegenthaler, 1992).

La degradación de la materia orgánica se realiza principalmente a través de la vía aeróbica, la cual utiliza oxígeno como aceptor de electrones, reduciendo las concentraciones de este gas en la columna de agua (Revsbech et al., 1999). Así, un alto contenido de material orgánico particulado podría reducir los niveles de oxígeno a niveles perjudiciales para los organismos provocando mortalidad de estos.

En los cultivos de mariscos, por ejemplo, las variables ambientales de temperatura y concentración de material inorgánico particulado y fitoplancton tienen una influencia sobre el buen desarrollo de estos (Palmer et al., 2020). La materia orgánica particulada, por otra parte, es consumida como alimento por bivalvos, requiriendo que exista una fracción de material orgánico particulado suspendido (Cranford et al., 2011), por lo que en ambientes alejados de la costa se espera que el fitoplancton sea la principal fuente de alimento.

Barillé et al. (2020) mostraron, mediante modelamiento de cultivos oceánicos de ostras en las primeras 5 mn, que condiciones de bajo contenido de material particulado y alta clorofila resultaron en mejores tasas de crecimiento de las ostras. La clorofila por su parte, presentó una fuerte correlación con el contenido de nutrientes, que en este caso provino del aporte

fluvial, y con la disminución del material particulado. Sin embargo, las simulaciones realizadas muestran que el contenido de alimento podría ser insuficiente cuando la profundidad de la columna de agua es mayor a 20 m. Adicionalmente, recomiendan que los cultivos no se realicen en períodos de invierno debido al aumento de la dinámica de la columna de agua, y a la disminución de temperatura y alimento.

En las aguas circundantes a los centros acuícolas, además de la materia inorgánica y orgánica particulada que se presenta en forma natural en el ambiente, existe una contribución de sólidos en suspensión proveniente de alimento no ingerido y desechos de los organismos cultivados, así como de la epifauna, plantas y demás organismos asociados a las estructuras de las jaulas. Este material particulado sedimenta al fondo en forma de materia orgánica particulada o permanece suspendido en la columna de agua y en elevadas concentraciones puede afectar de forma negativa la respuesta fisiológica de los bivalvos (Barillé et al., 1997; Hawkins et al., 1999). Por lo tanto, definir las fuentes y la contribución del material particulado inorgánico al sector del centro de cultivo, es importante para definir potenciales factores que afecten negativamente al desarrollo del cultivo, así como la sinergia que puede generarse ante otros aportes de las operaciones del centro de cultivo.

La información satelital de material particulado inorgánico es utilizado para definir su concentración e identificación de sus fuentes. Sin embargo, Palmer et al. (2020) recalca la importancia de realizar una calibración local de los algoritmos utilizados en los modelos basados en esta información satelital de material inorgánico, temperatura y clorofila para la determinación de sitios adecuados para la AO. Adicionalmente, las interacciones tróficas, así como la dinámica de la población deben ser consideradas para determinar la capacidad de carga de un sitio elegido para la realización de AO (le Grel & le Bihan, 2009).

El carbono orgánico particulado en sedimentos representa normalmente menos del 10% del peso del sedimento (Aguado Giménez et al., 2012). La determinación del contenido de carbono orgánico en sedimentos se utiliza generalmente para determinar el transporte, depositación y retención de metales en los sedimentos.

En cuanto al material particulado proveniente de la actividad acuícola, esta deriva principalmente del alimento no ingerido y las heces de los organismos cultivados. Este material particulado cae al fondo marino a una distancia del cultivo que depende de la cantidad de material generado, las tasas de remineralización en la columna de agua, la velocidad de las corrientes y la profundidad de la columna de agua, entre otros. En el bentos, este material particulado orgánico es consumido por microorganismos, lo cual puede conducir a la disminución e incluso agotamiento del oxígeno disuelto del sedimento y aguas de fondo (Ferreira et al., 2007; Price & Morris, 2013). Un indicador del aumento de este material es a través de la determinación de la turbidez del agua. El monitoreo de esta variable es importante para predecir posibles eventos de eutrofización y/o eventos de marea roja (Aguado Giménez et al., 2012).

6.3.1.3 Nutrientes

Las sales de nitrato, fosfato y ácido silícico son nutrientes esenciales para los organismos productores primarios. Estos nutrientes pueden ser aportados desde fuentes naturales, como eventos de surgencia o aporte natural de ríos y escurrimiento, o antropogénica, como a través del uso de fertilizantes, detergentes, etc. Un alto aporte de nutrientes al océano puede generar eutrofización, a través de la fertilización de las aguas y estimulación de los productores primarios y su posterior descomposición a través de la utilización de oxígeno, disminuyendo los niveles de oxígeno disuelto. En zonas de cultivos, este aporte de nutrientes puede provenir de la degradación del alimento que no es consumido por los organismos de cultivo, así como también de las excretas de estos y los organismos que perezcan dentro del cultivo (Meyer, 2004).

La mayor estratificación, por otra parte, puede disminuir el aporte de nutrientes desde bajo la capa de mezcla hacia la superficie (McPhee-Shaw et al., 2007; Zimmerman & Kremer, 1984).

La concentración de nitrato, ha sido estudiada para determinar los sitios más adecuados para el cultivo oceánico de algas fuera de California (Snyder et al., 2020). La fuerte relación que existe entre la concentración de nitrato en la capa superficial con la temperatura superficial del mar, permite establecer mediante imágenes satelitales, los sitios más adecuados.

6.3.1.4 pH

El creciente aumento de la concentración de dióxido de carbono, el más importante de los gases de efecto invernadero, ha llevado a un aumento de la temperatura de la atmósfera y la superficie del océano. Adicionalmente, el incremento de este gas, ha producido un aumento de sus concentraciones en las aguas superficiales del océano que han disminuido su pH, con ello, haciendo las aguas más ácidas, fenómeno conocido como acidificación del océano. Se estima que, en los últimos 50 años, el pH de la capa superficial ha disminuido, en promedio, 0,1 unidades y se espera que, para fines de siglo, este disminuya en 0,3 unidades. Adicionalmente al incremento de CO₂ atmosférico, la respiración de los organismos aeróbicos (peces, crustáceos, fito- y zooplancton, bacterias y otros) también produce CO₂, aumentando su concentración en el medio ambiente. Este incremento no es lineal en el tiempo, variando tanto las concentraciones de CO₂ como los valores de pH a lo largo del día y en las diferentes estaciones del año. Así, por ejemplo, en estanques de cultivo, los menores valores de pH (mayor concentración de CO₂) se encuentran en horas de la madrugada (Meyer, 2004).

Uno de los efectos de la acidificación, es la disminución de los estados de saturación de calcita y aragonita, las formas biogénicas más comunes de formación de carbonato de calcio (CaCO₃) (Miller et al., 2009). Este CaCO₃ es utilizado para la formación de conchas y estructuras calcáreas por algunos organismos marinos. Los estudios de los efectos de la

acidificación del océano sobre los organismos, muestran, entre otros, que las larvas de moluscos presentan una respuesta negativa del crecimiento y formación de sus estructuras (Gazeau et al., 2013).

Sin embargo, la mayor variabilidad de pH en agua de mar, se observa en zonas costeras y estuarinas, debido a la dinámica natural de sus aguas y la influencia antropogénica; *e.g.*, presencia de surgencia costera, aporte de aguas de río, eutrofización y concomitante aumento de la respiración y producción de CO₂ (Borges & Gypens, 2010; Kemp et al., 2005), deposición de compuestos formadores de ácido (Doney et al., 2009) y cambios locales en el uso del suelo (Green et al., 2009). Si bien las especies que habitan de forma natural en estas regiones presentan una alta flexibilidad para soportar las variaciones de pH, los cultivos que se desarrollan en zonas costeras presentan una mayor vulnerabilidad tanto al calentamiento global como a la acidificación del océano (Walker & Salt, 2006). Los cultivos oceánicos en cambio, podrían estar expuestas a un impacto menor de esta variabilidad biogeoquímica, debido a que estas zonas presentan mayor estabilidad de estos estresores.

6.3.1.5 Sedimentos

La acumulación de compuestos contaminantes en los sedimentos y sus posteriores transformaciones químicas, hace que la acuicultura de organismos bentónicos pueda verse impactada negativamente (Culha et al., 2019). Por esta razón, los cultivos offshore ofrecen la posibilidad de realizarlos alejados de otras fuentes de contaminación. Sin embargo, el cultivo en sí mismo puede significar un mayor aporte de sustancias alóctonas al bentos, así como una perturbación para la vida marina autóctona que existe en estos. Uno de los principales aportes de los cultivos a los sedimentos en donde se desarrollan, son las fecas de los organismos y el alimento no consumido, aumentando la concentración de carbono orgánico en los sedimentos (Karakassis et al., 2000). Con ello puede cambiar la estructura química y comunitaria del sedimento (Mangion et al., 2014).

El monitoreo de sedimentos incluye la determinación de variables como composición granulométrica, concentración de oxígeno disuelto, concentración de sulfuros libres totales y la comunidad infaunal de poliquetos. La determinación de la granulometría de los sedimentos y su variación en el tiempo permite establecer la dinámica sedimentaria e hidrodinamismo de las aguas sobre estos. El incremento de material fino constituye una alerta sobre el aumento de descarga desde los centros de cultivo o el cambio en la dinámica de corrientes (Aguado Giménez et al., 2012).

Por otra parte, la determinación de la variabilidad temporal de la concentración de oxígeno disuelto y especies reducidas de azufre en sedimentos permite establecer la existencia de actividad bacteriana sulfato-reductora debida al enriquecimiento orgánico en los sedimentos localizados bajo instalaciones de cultivo de peces. La acumulación de sulfuros produce efectos deletéreos para la mayor parte de los organismos infaunales (macro- y meiofauna) del sedimento (Aguado Giménez et al., 2012).

La determinación del pH en sedimentos, por otra parte, describe el estado del sedimento respecto de la condición aeróbica o anaeróbica que presenta. El pH controla la especiación química y por tanto la biodisponibilidad de diferentes elementos o compuestos, así como también controla las condiciones para la reducción de los sulfatos y la forma química en la que se encuentren los sulfuros (Aguado Giménez et al., 2012).

El potencial redox, el cual determina las reacciones de oxidación y reducción de muchos compuestos químicos presentes en sedimento, también debe ser una variable a considerar para su evaluación. Un valor de Eh electropositivo y de alta magnitud es indicativo de un ambiente que favorece las reacciones de oxidación. Los valores negativos del redox, por otro lado, se asocian a condiciones de anoxia en el que la degradación de la materia orgánica se lleva a cabo por bacterias anaeróbicas, que en los sedimentos marinos utilizan principalmente sulfato como aceptor de electrones liberando sulfuro de hidrógeno (Aguado Giménez et al., 2012).

El enriquecimiento de materia orgánica en los sedimentos favorece la proliferación de organismos bentónicos como *Capitellidae*, *Dorvilleidae* o *Spionidae sp.* los que se consideran característicos de fondos impactados por la acuicultura (Aguado Giménez et al., 2012). La presencia de estos organismos o el aumento de materia orgánica proveniente de la actividad acuícola, puede ser monitoreada a través del análisis del enriquecimiento isotópico de los compuestos orgánicos en los sedimentos (Sarà et al., 2012). De esta forma, en sedimentos cercanos a sitios en los que se desarrolla actividad acuícola, se ha observado que el incremento de materia orgánica enriquece la señal isotópica de nitrógeno orgánico ($\delta^{15}\text{N}$) relacionada a la alteración de la composición y estructura de las comunidades costeras, como las de anélidos poliquetos de fondos blandos (Carballeira et al., 2011). De esta forma, la $\delta^{15}\text{N}$ puede ser considerada una herramienta de detección temprana del impacto ambiental y para el monitoreo de la integridad ecológica de comunidades sensibles y/o de alto valor ecológico (como praderas marinas) (Aguado-Giménez et al., 2012). Sin embargo, en sedimentos asociados a cultivos de moluscos, no se observaron efectos negativos en relación a la riqueza de organismos bentónicos (Culha et al., 2019).

6.3.1.6 Floración de Algas Nocivas

Las floraciones de algas nocivas, también conocida como marea roja, son proliferaciones de algunas microalgas, macroalgas o cianobacterias, cuyo crecimiento se ve favorecido por condiciones ambientales y que luego de alcanzar ciertos niveles de número de células por volumen pueden tener impactos negativos en los organismos acuáticos y en los humanos (Anderson et al., 2012; Berdalet et al., 2017; Bresnan et al., 2013; Hallegraeff, 1993). Los impactos negativos de esta proliferación pueden estar asociados tanto a la generación de toxinas por las microalgas, por el tipo de toxinas que producen (Cochlan et al., 2012; Touzet et al., 2010) o por el aumento de concentración celular de las microalgas.

Algunas especies que generan floraciones de algas nocivas causan obstrucción branquial en peces, otras ictiotoxinas que tienen efectos deletéreos en peces y el ambiente. La degradación de estas algas conlleva la utilización y eventual agotamiento de oxígeno disuelto en el agua de mar, generando problemas de asfixia en los organismos expuesto a estas condiciones (Smayda, 2004; Svendsen et al., 2018).

El aumento de nutrientes, en especial del contenido de nitrógeno, estimula la producción primaria de las microalgas (Paerl et al., 2008), y con ello, se favorece la proliferación de especies que generan marea roja (Anderson et al., 2012; Zhuang et al., 2015). El incremento de concentración de clorofila-a, como consecuencia del aumento de nutrientes, y la variación en las condiciones ambientales (*e.g.*, disminución de la velocidad de las corrientes oceánicas y viento), favorecen el aumento de producción primaria de microalgas (Van Dolah, 2000) y podrían aumentar el riesgo en la ocurrencia de FAN.

La ocurrencia de estos eventos de marea roja es frecuentemente reportada en regiones de circulación restringida y con alto aporte de nutrientes. Sin embargo, algunas algas tóxicas se pueden desarrollar fuera de la costa (Berdalet et al., 2017; Hinder et al., 2011; McGillicuddy et al., 2003; Pitcher et al., 2014; Whyte et al., 2014). Por esta razón, la proliferación de organismos que generan marea roja, deberían ser monitoreados rutinariamente en sectores en donde se desarrolla AO. Adicionalmente, la ocurrencia de estos bloom de marea roja depende de las condiciones ambientales como temperatura, salinidad, concentración de nutrientes y el pastoreo (Fuentes & Wikfors, 2013; Mos, 2001). En las últimas décadas, se ha registrado a nivel mundial un aumento de eventos de mortalidad alarmante de organismos acuáticos e intoxicaciones en seres humanos causadas por toxinas producidas por microalgas (García-Pérez et al., 2020; Van Dolah, 2000).

En Chile, los eventos de floración de algas nocivas han sido reportados desde la década del 70 y un patrón similar al registrado mundialmente ha sido observado, especialmente entre las regiones de Los Lagos y Magallanes (IFOP, 2016). Uno de los últimos eventos extremos de marea roja registrados en la región es el ocurrido en el verano del año 2016 ocurrido en torno a la Isla Grande de Chiloé, que como consecuencias tuvo numerosos problemas ambientales y sociales (Mascareño et al., 2018). Previo y durante el desarrollo de este evento se presentaron anomalías climatológicas como un déficit de precipitaciones mayor al 50% que condujo a una severa sequía, un incremento de la radiación solar y vientos favorables a la surgencia asociado a la ocurrencia de El Niño (Garreaud, 2018). Armijo et al. (2020) reportaron un incremento de la concentración de clorofila en parches que se extendieron más afuera de 75°W con concentraciones de clorofila durante el desarrollo de este FAN superiores a 10 mg/m³ alrededor de Chiloé (hasta 30 mg/m³). Este aumento estaría relacionado a diferentes factores, los que pueden influir de forma independiente y combinada. Entre estos se incluyen:

- Aumento de temperatura. El aumento de la temperatura del agua, es un factor importante en el desarrollo de los eventos de marea roja. En las últimas décadas, la superficie del océano ha experimentado un incremento de temperatura (Caballero et al., 2007). Este continuo incremento de temperatura promueve la intensificación y aparición de especies generadoras de marea roja en diferentes regiones del océano global (Gobler et al., 2017). El efecto del aumento de temperatura en la generación de marea roja se debe no solo a que favorece el crecimiento celular, sino que también aumenta la estratificación (Behrenfeld et al., 2006), favoreciendo a organismos como los dinoflagelados que tienen la facultad de migrar verticalmente para obtener nutrientes.
- Aumento de intensidad y frecuencia de tormentas. La mayor energía que se genera producto del incremento de los gases de efecto invernadero y consecuente aumento de temperatura atmosférica, resulta en una mayor intensidad y frecuencia de tormentas. Estas provocan un mayor ingreso de macro y micro nutrientes por

removilización desde los sedimentos, aportes por escurrimiento de la zona terrestre y aumento de la intensidad de la surgencia, entre otros.

- Mayor presión antropogénica sobre zonas costeras. Las actividades antropogénicas en zonas costeras y aledañas aumentan el aporte de nutrientes y contaminantes hacia el océano lo cual puede resultar en eutrofización y posterior disminución de oxígeno disuelto.
- Mayor monitoreo de los ecosistemas marinos. Los efectos deletéreos de los eventos de floraciones de algas nocivas han llevado a una mayor conciencia y monitoreo de las regiones en las cuales se desarrolla acuicultura. Esto conlleva a un mayor registro de eventos.

Los eventos de marea roja en zonas oceánicas podrían ser de menor duración que los que ocurren en las zonas interiores, debido a la circulación más dinámica que se presenta en estas regiones con mayor advección y corrientes comparado con zonas más cerradas donde el tiempo de residencia de las aguas es mayor (Anderson, 1997). Adicionalmente, las regiones oceánicas podrían ser el origen de algunos eventos de marea roja. Así, por ejemplo, el evento de marea roja que se desarrolló el año 2017 en el Golfo de Maine, USA, comenzó en la zona oceánica y se expandió hacia la zona costera (Mizuta & Wikfors, 2020). Aunque esto no es una generalidad, el monitoreo de marea roja en los organismos que se cultivan en zonas oceánicas puede servir como una alerta temprana para advertir sobre la presencia y el estado de toxicidad en dichos cultivos y un eventual desarrollo de organismos que se encuentran fuera de la costa acercarse hacia aguas interiores.

Debido a que la ocurrencia de un evento de marea roja puede afectar los cultivos oceánicos, el Programa Nacional Sanitario de Mariscos de Estados Unidos aprobó un monitoreo on board y en puerto de biotoxinas en mariscos (DeGrasse et al., 2014) que permita alertar ante una eventual expansión de estos eventos hacia la costa.

En Chile, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) inició el año 1994, monitores de marea roja en la región de Magallanes y Antártica, y a finales del año 2016 se agregaron la región de los Lagos y Aysen. Estos monitoreos incluyen el monitoreo regular de alta (10 días) y media (mensual) frecuencia donde se registran la presencia y concentración de especies de microalgas (*Alexandrium catenella*, *Alexandrium ostenfeldii*, *Dynophysis acuminata*, *Dinophysis acuta* y *Protoceratium reticulatum*), además de datos oceanográficos asociados y estado de alerta para la zona de muestreos de alta frecuencia. Adicionalmente, se incluyen imágenes satelitales de la temperatura superficial del mar. Si bien la mayor cantidad de estaciones del monitoreo se localizan en los fiordos, algunas que se localizan cercanas al canal de Chacao se encuentran en océano abierto (10 mn) (Figura 52)

La acuicultura, por otra parte, puede causar cambios ambientales que podrían favorecer la proliferación de algas nocivas. Entre estos se encuentra la emisión de nutrientes, tanto

orgánicos como inorgánicos, provenientes del alimento y su descomposición (Lovatelli et al., 2013).

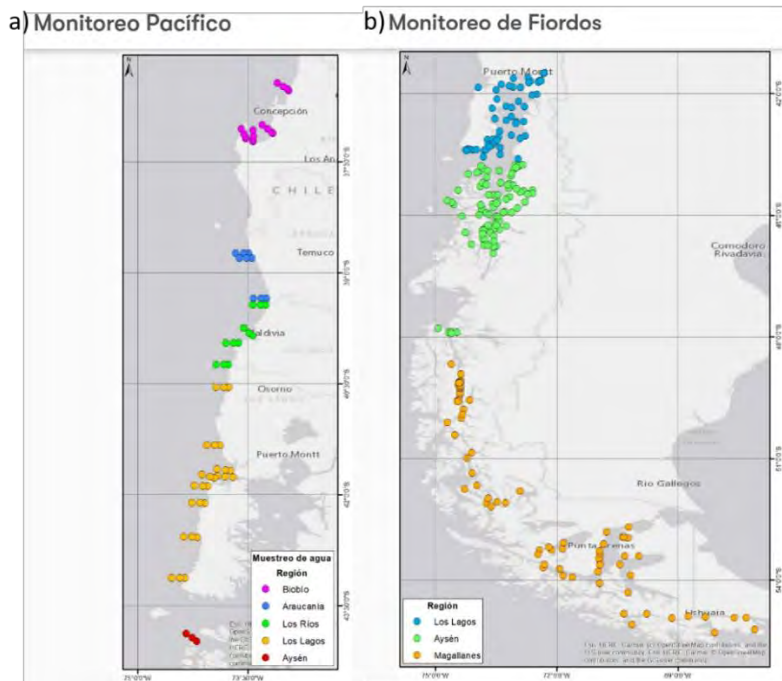


Figura 52. Estaciones de monitoreo de marea roja realizado por el Instituto de Fomento Pesquero en a) el Pacífico y b) en los fiordos de la Patagonia chilena.

6.3.1.7 Recomendaciones de ubicación de cultivos oceánicos.

La acuicultura en alta mar se ha definido utilizando una variedad de criterios: definición amplia que incluye toda la maricultura que se encuentra en aguas abiertas (es decir, no directamente adyacente a la tierra o dentro de una bahía o fiordo).

(Cardia and Lovatelli, 2016) recomiendan una profundidad del fondo 13 veces más profunda que la profundidad de las open net cage y una distancia no inferior a 15 m entre el fondo de la jaula y el lecho marino.

Kapetsky et al. (2013) señalan las siguientes restricciones:

1. Que se localice en la Zona Económica Exclusiva (hasta 200 mn). Se recomienda una distancia máxima de 25 mn de la costa. Sin embargo, existe una empresa china que fabricó una jaula para 130 mn (Evans, 2018).
2. El límite de profundidad es entre 25 y 100 m. Sin embargo, una compañía noruega diseñó una jaula que puede ser desplegada en aguas de 300 m de profundidad (The Maritime Executive, 2019).
3. Velocidades de corriente entre 0,1 y 1 m/s para cultivos de peces en jaulas abiertas.

4. Ser dependiente de las instalaciones en tierra para abastecer al cultivo oceánico. Sin embargo, la Australian Blue Economy Cooperative Research Centre postuló que los cultivos pueden incluir sistemas de energía renovable de tal forma que sean independientes del abastecimiento desde la costa.

En las Islas Canarias, la ubicación de las jaulas de cultivo en mar abierto se localiza en la zona menos ventosa de la isla (zona Sur-Este), donde los vientos predominantes no son los alisios. Adicionalmente, las condiciones climáticas y oceanográficas son óptimas y se cuenta con infraestructuras de apoyo, como muelles y comunicaciones. La zona, además, cuenta con bajo aporte de escorrentía y está alejada de zonas de alta turbidez como desembocaduras de ríos y Golfos (Lopez-Alvarado, 2015). También se hizo referencia a considerar oleaje y corrientes moderadas, fondos de profundidad para el uso adecuado de redes y una distancia de la costa suficiente para evitar el efecto del mar de fondo (1 mn y 20 m de profundidad).

En Hawaii, las ubicaciones de las instalaciones de prueba de AO se realizaron a ~13 km al oeste del puerto de Honolulu en un sitio de 3 km en alta mar con aguas de ~30 m de profundidad. La selección del sitio consideró disminuir el impacto ambiental, las limitaciones del clima, las condiciones oceanográficas, el acceso al puerto y el tipo de fondo (arenoso) para minimizar el impacto en los arrecifes de coral (Helsley, 2000).

En Noruega realiza acuicultura más expuesta de salmones y truchas bajo altura de ola significativa de ~2,5 m y corrientes con velocidades de hasta 1,0 m/s (Bjelland et al., 2015; Ryan, 2004).

En relación a las variables biogeoquímicas, tanto las concentraciones de nutrientes se han descrito algunas a considerar en un sistema de acuicultura multitrófico integrado, las que se detallan en la Tabla 31.

Tabla 31. Variables a tener en cuenta al instalar un sistema IMTA (Integrated Multi-Trophic Aquaculture) que influyen en las variables biogeoquímicas en la acuicultura oceánica (Buck and Buchholz, 2004, Buck and Buchholz, 2005, Buck et al., 2004, Rosenberg and Loo, 1983; Wildish and Kristmanson, 1988, Scarratt, 1993, Pogoda et al., 2012, Skår an Mortensen, 2007; Molloy et al., 2011; Bartsch et al., 2013, Buck et al., 2005; Pogoda et al., 2011, Buck, 2018.).

Variable	Descripción	Ventajas / limitaciones offshore
Nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> - Una concentración mínima de nutrientes (p. Ej., Nitratos, amoníaco, fosfatos) es necesario para que los respectivos candidatos de algas tengan buenas tasas de crecimiento. Concentraciones de nutrientes predominantes y su correspondiente - las tasas de crecimiento son específicas de la especie. - Las concentraciones de nutrientes corresponden a las concentraciones de fitoplancton que influyen en las tasas de crecimiento de los bivalvos durante la alimentación por filtración. - Dependiendo de los sitios, las concentraciones pueden variar según las estaciones, así como con la distancia desde la costa. 	<ul style="list-style-type: none"> - En la mayoría de los casos, la concentración de nutrientes disminuiría aún más en alta mar. Sin embargo, en algunas áreas las concentraciones de nutrientes siguen siendo altas (e.g., Mar del Norte). - En todas las áreas costa afuera se necesita una selección adecuada del sitio. - En algunas zonas costeras podría provocar eutrofización originada en las operaciones de alcantarillado urbano / agrícolas, lo que a su vez podría dañar el crecimiento de los mejillones.
Luz	<ul style="list-style-type: none"> - Se necesita una penetración de luz adecuada para las especies de algas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Por lo general, es mejor para las algas marinas, que se pueden cultivar a mayor profundidad (modo de cultivo sumergido) debido a la mayor claridad de las aguas en alta mar, para evitar el estrés mecánico en la superficie.
Ensuciamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Como el ensuciamiento es uno de los factores que aumentan el costo del cultivo, el momento del despliegue puede reducir el ensuciamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Por lo general, el ensuciamiento de las jaulas, palangres, boyas, etc. en ubicaciones en alta mar es menor, lejos de las fuentes de larvas cercanas a la costa.
Intensidad de la corriente	<ul style="list-style-type: none"> - Influye en el suministro y entrega de nutrientes y alimentos. - Influye en la dispersión de residuos y productos químicos utilizados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede ser beneficioso para el lavado de desechos y nutrientes como corrientes en áreas costa afuera suelen ser más fuertes, lo que aumenta la dilución de - Residuos y productos químicos y, por lo tanto, reducen su biodisponibilidad.
Enfermedad / Parásitos	<ul style="list-style-type: none"> - La integración de los alimentadores de filtro puede reducir las enfermedades y la infestación de parásitos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menos infecciones por parásitos y enfermedades en las aguas costa afuera.

Tabla 32. Algunos riesgos ambientales clave para la acuicultura alimentada, no alimentada y autótrofa que pueden mitigarse mediante la planificación espacial, junto con estrategias de planificación que probablemente minimicen el riesgo, y ejemplos de herramientas analíticas disponibles que pueden utilizarse para evaluar estos riesgos. (Gentry et al., 2017).

Riesgo ambiental	Tipos de acuicultura afectados	Riesgo reducido por:	Riesgo general para una acuicultura marina bien planificada	Herramientas analíticas disponibles
Impacto bentónico	Alimentado y no alimentado	Elegir sitios con alta corriente y / o aguas profundas Evitar hábitats benthicos sensibles	Bajo	Software de modelado de acuicultura, como Depomod, AquaModel y el modelo FARM
Brote de la enfermedad	Todas	Reducción de la conectividad entre granjas que cultivan especies similares Ubicación de granjas alejadas del hábitat de las poblaciones nativas Reducción de la densidad de granjas	Moderado	Modelos oceanográficos, como los sistemas regionales de modelado oceánico (ROMS); mapeo de distribución de especies
Contaminación de la columna de agua	alimentado	Localización de granjas en entornos con alta productividad natural y bajos niveles de contaminación por nutrientes existentes Uso de agricultura multitrófica técnicas. Reducción de la densidad de granjas	Bajo	Software de modelado de acuicultura, como Depomod y AquaModel

Interacciones de mamíferos marinos	Todas	Ubicar granjas alejadas de los transportes de mamíferos marinos, rutas de migración e importantes áreas de alimentación.	Bajo riesgo de enredos; riesgo moderado de cambio de comportamiento	Análisis espacial de los patrones de movimiento de la vida silvestre.
Agotamiento de alimentos y nutrientes en la columna de agua	Sin alimentación y autótrofo	Ubicación de granjas en áreas con alta productividad natural Reducción de la densidad de granjas	Bajo	Modelado de Ecopath

6.3.2 Caracterización de la distribución de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en las aguas oceánicas entre superficie y 100 m de profundidad frente a las regiones de Los Lagos y Aysen

6.3.2.1 Distribución de temperatura

La Figura 54 muestra la distribución vertical de la temperatura promedio en 11 estratos de profundidad (1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m) con sus respectivas desviaciones estándar para verano, otoño, invierno y primavera de todo el periodo considerado en el estudio (1955-2020). La climatología de la distribución horizontal de temperatura por estrato de profundidad para el verano, otoño, invierno y primavera se muestra en las Figura 55, Figura 56, Figura 57 y Figura 58, respectivamente. Los valores de temperatura promedio, y su desviación estándar, rangos de temperatura y número de datos por estrato de profundidad para cada estación del año, se muestran en la Tabla 33.

La distribución vertical de temperatura en la región de estudio muestra en superficie (1 m), temperaturas que variaron entre 6,7 y 18,7 °C. Estas temperaturas superficiales presentaron la mayor la variabilidad en otoño (13%) y la menor en invierno (9%). La temperatura disminuyó, en general, con la profundidad, con excepción de invierno, donde las temperaturas promedio fueron cuasi homogéneas a lo largo de los primeros 100 m de profundidad. En otoño y verano, se presentó una marcada termoclina a partir de 50 m en otoño y 40 m en verano, siendo más pronunciada en verano. Por otra parte, la temperatura a lo largo de la columna de agua varió entre 6,0 y 19,2 °C existiendo una variabilidad por profundidad mayor al 10% en todas las profundidades consideradas, con las más altas en otoño (hasta 15%). Las mayores temperaturas promedio se observaron en verano en los primeros 40 m de profundidad, mientras que entre 50 y 100 m de profundidad las mayores temperaturas promedio se observaron en otoño. Las menores temperaturas promedio se observaron en general, en invierno.

La distribución horizontal de temperatura por estrato de profundidad, mostró que, en verano, la temperatura aumentó hacia el norte en todos los estratos de profundidad sobre 50 m. Sin embargo, se observó una franja en las estaciones más cercanas a la costa con bajas temperaturas al norte de 46°S, lo cual se relacionó con aguas de menor salinidad (ver siguiente sección) sugiriendo el aporte de aguas más frías desde la región costera de fiordos y canales. Al norte de la región se observaron núcleos de aguas cálidas los cuales se presentaron hasta 50 m de profundidad. La temperatura disminuyó con la profundidad en toda la región, encontrándose a 75 y 100 m de profundidad una distribución horizontal de temperatura más homogénea que lo observado en los estratos más someros. La isoterma de 12°C se localizó a ~48°S en la costa y más hacia el norte (~46°S) a 84°W en los primeros 40 m de profundidad, mientras que en los estratos más profundos las temperaturas fueron en general menores a 12°C.

La climatología de la distribución de temperatura por estrato de profundidad en otoño, muestra que varió entre 6,7 y 17,8°C. Al igual que lo observado en verano, las temperaturas aumentaron hacia el norte. Si bien en la franja costera, al norte de 45°S, se observaron menores temperaturas que en las estaciones más alejadas de la costa, las diferencias de temperatura fueron menores que las que se presentaron en verano. Al igual que lo observado en verano, al norte de la región se observaron núcleos de aguas cálidas, aunque los máximos de temperatura fueron menores. La temperatura disminuyó con la profundidad en toda la región, encontrándose a partir de 100 m de profundidad una distribución horizontal de temperaturas más homogéneas que lo observado en los estratos más someros. Por otra parte, las mayores temperaturas observadas en los perfiles de temperatura promedio bajo 50 m de profundidad (Figura 54), se observaron a lo largo de toda la región de estudio hasta 75 m de profundidad. La isoterma de 12°C se localizó a ~46°S en la costa y hacia el norte (~44°S) a 84°W en los primeros 50 m de profundidad, mientras que, a 75 m, esta isoterma rodeó aguas más cálidas al norte de 43°S. A 100 m de profundidad las temperaturas fueron menores a 12°C.

En invierno, la distribución de temperatura muestra que estas variaron entre 6,3 y 13,5°C. En cada estrato de profundidad se observó un aumento de temperatura hacia el norte, al igual que en otoño y verano. Sin embargo, las temperaturas fueron hasta 3,9° C menores que las observadas en verano. La isoterma de 12°C solo se presentó formando algunos núcleos de aguas más cálidas al norte de la zona de estudio. A 100 m de profundidad las temperaturas fueron menores a 12°C.

La temperatura en primavera varió entre 6,3 y 15,7°C. Las menores temperaturas se observaron en la parte sur de la región analizada. Sobre 40 m de profundidad se observaron núcleos de altas temperaturas en la parte norte de la región, los que alcanzaron hasta 15,7°C. La isoterma de 12°C se localizó a ~46°S en la costa y hacia el norte (~44°S) a 84°W en los primeros 50 m de profundidad, mientras que, a 75 m, esta isoterma rodeó aguas más cálidas al norte de 43°S. A 100 m de profundidad las temperaturas fueron menores a 12°C. La isoterma de 12°C se localizó al norte de 43°S formando núcleos de aguas más cálidas en algunos sectores de esta área de la zona de estudio. Estos núcleos se observaron solo hasta 40 m de profundidad, disminuyendo en cobertura de área y temperatura con la profundidad. Bajo 40 m de profundidad, las aguas presentaron, en general, temperaturas menores a 12°C.

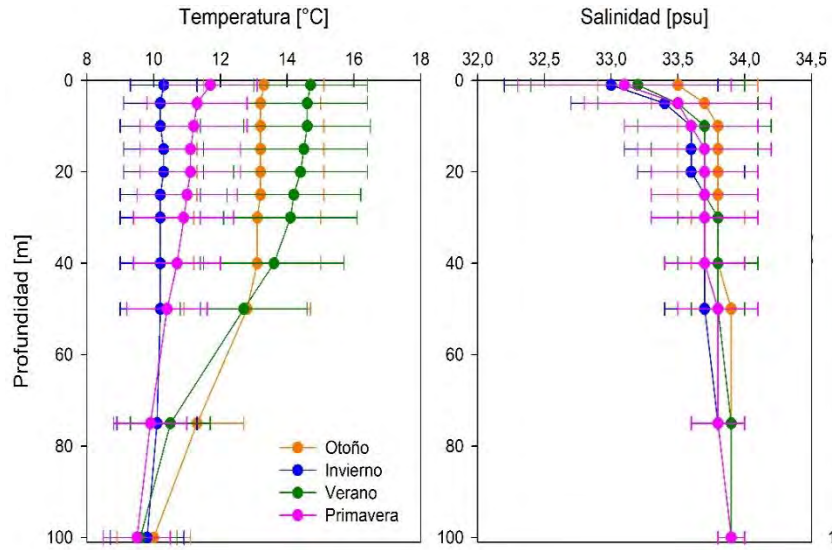


Figura 53. Distribución vertical de los valores promedio entre 1 y 100 m de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu) y Oxígeno disuelto (mg/L) de la región de estudio en otoño (línea naranja), invierno (línea azul), verano (línea verde) y primavera (línea rosada). Las barras horizontales muestran la desviación estándar de los valores promedio de cada profundidad.

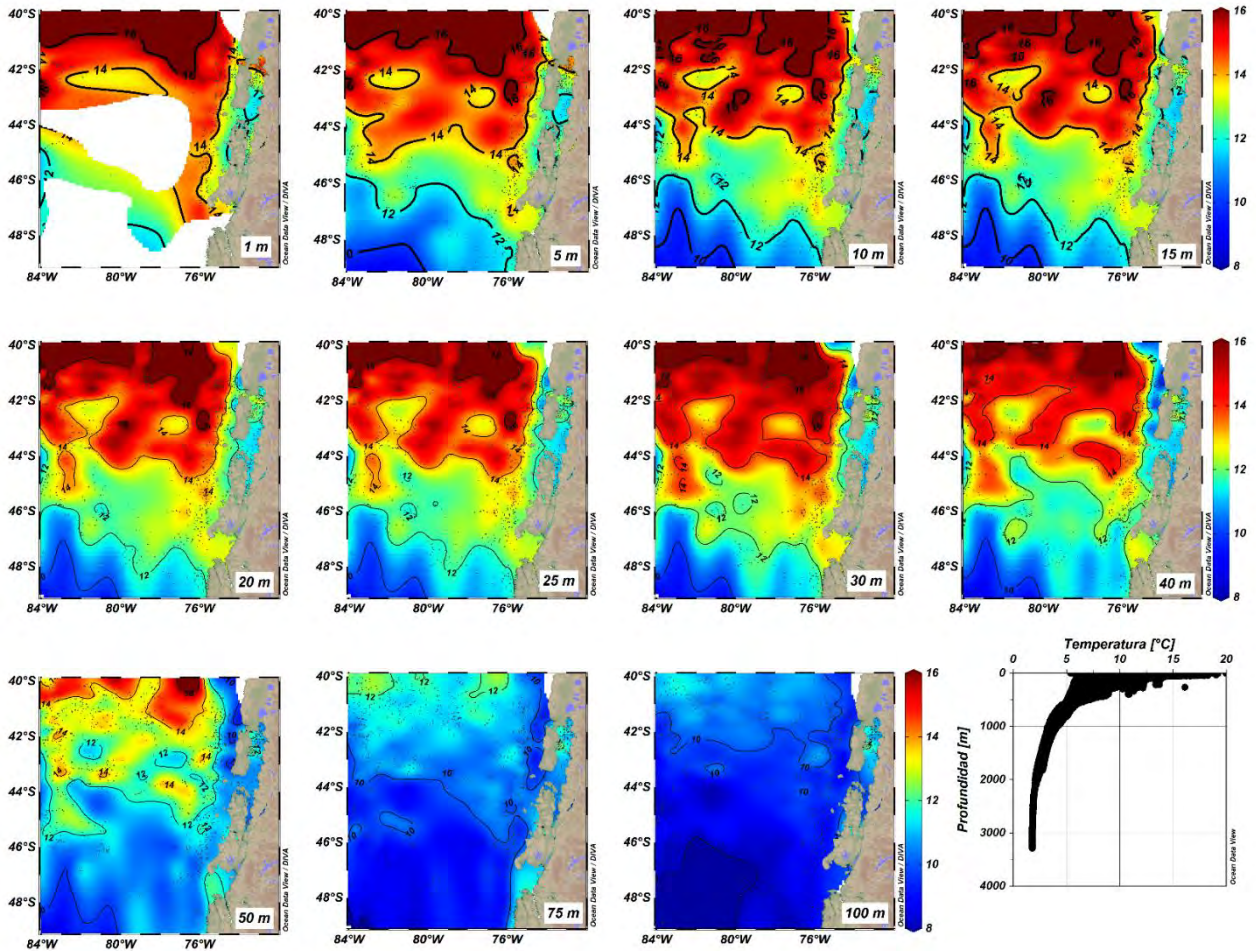


Figura 54. Climatología de la distribución de temperatura por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en invierno.

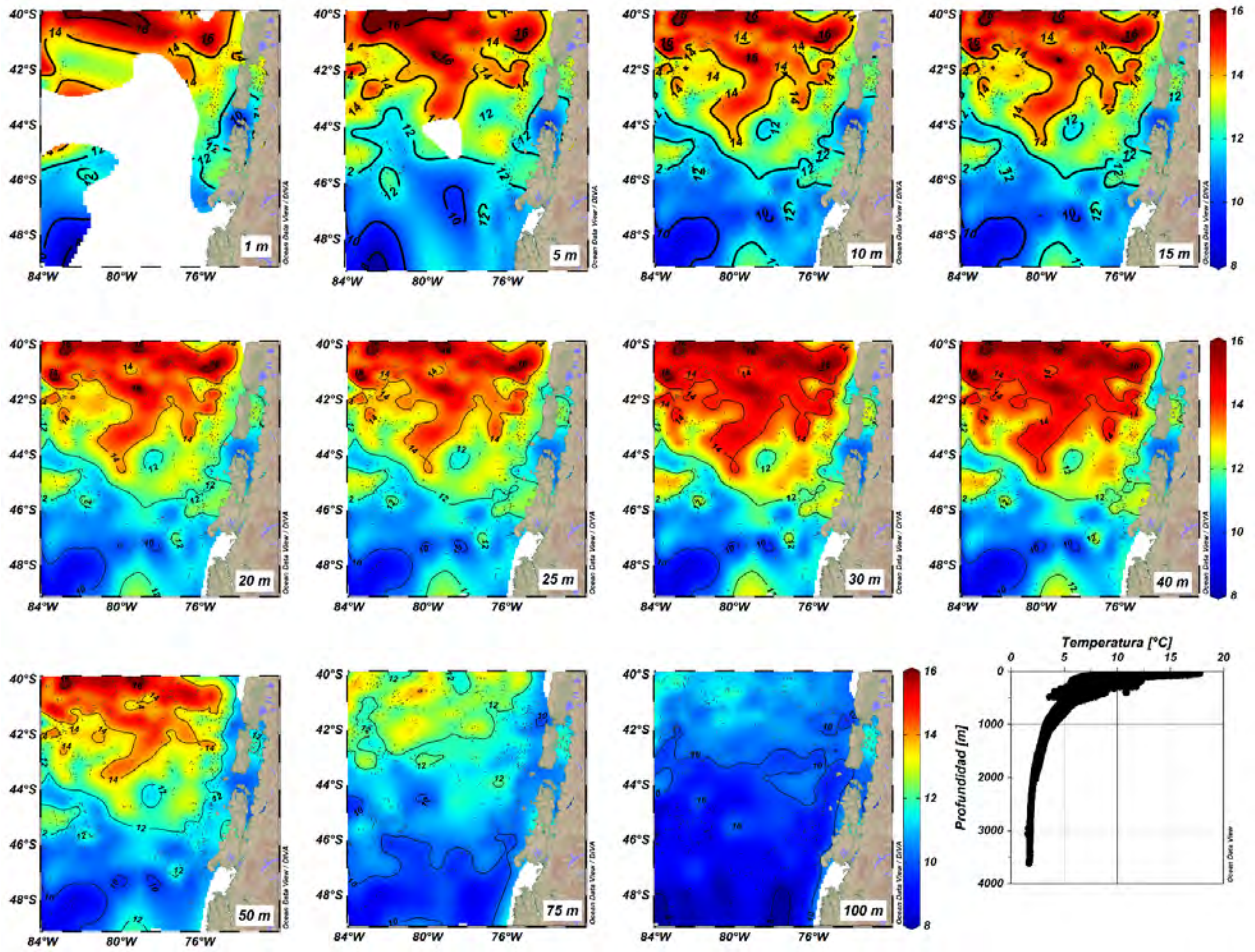


Figura 55. Climatología de la distribución de temperatura por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en otoño.

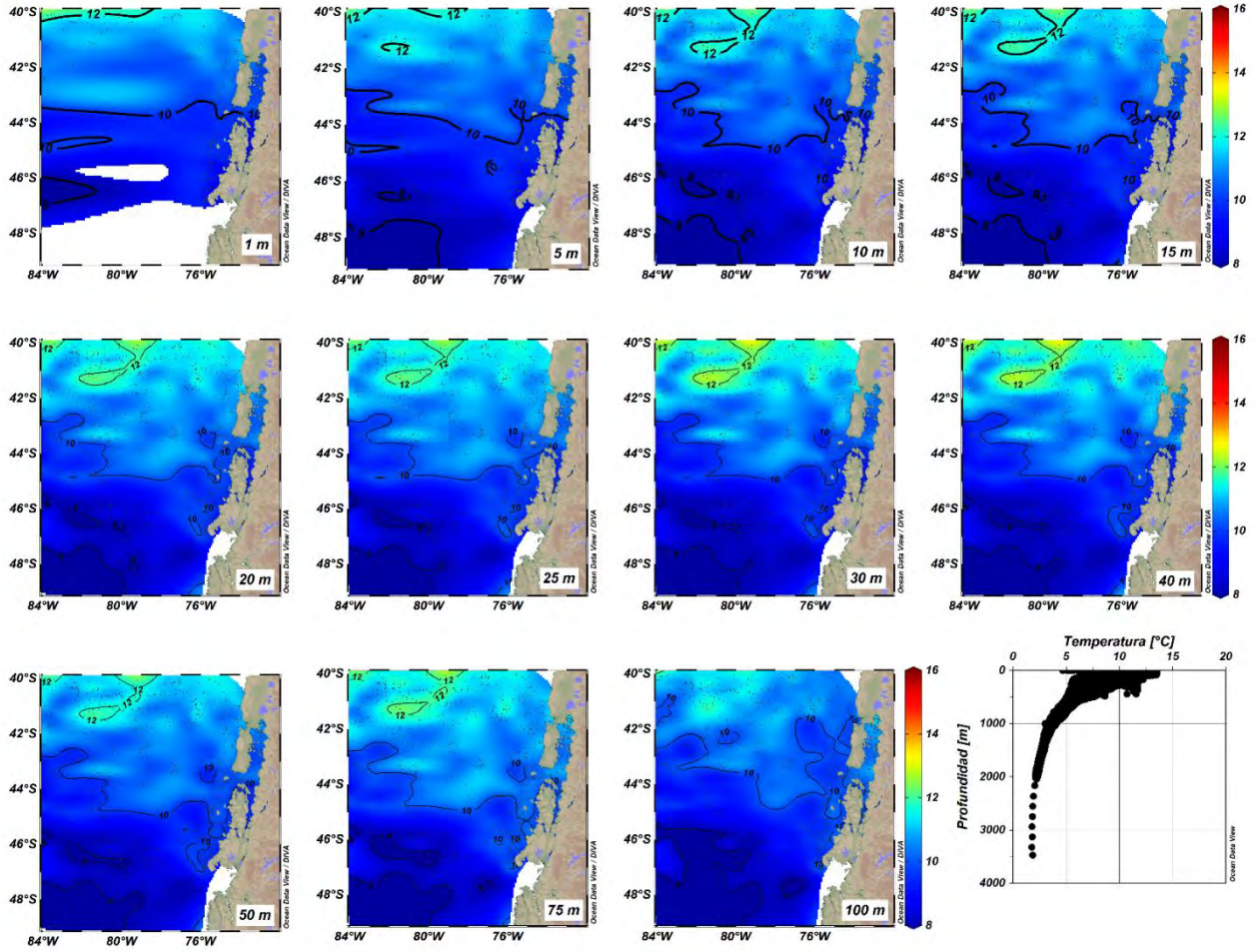


Figura 56. Climatología de la distribución de temperatura por estrato de profundidad a 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en invierno.

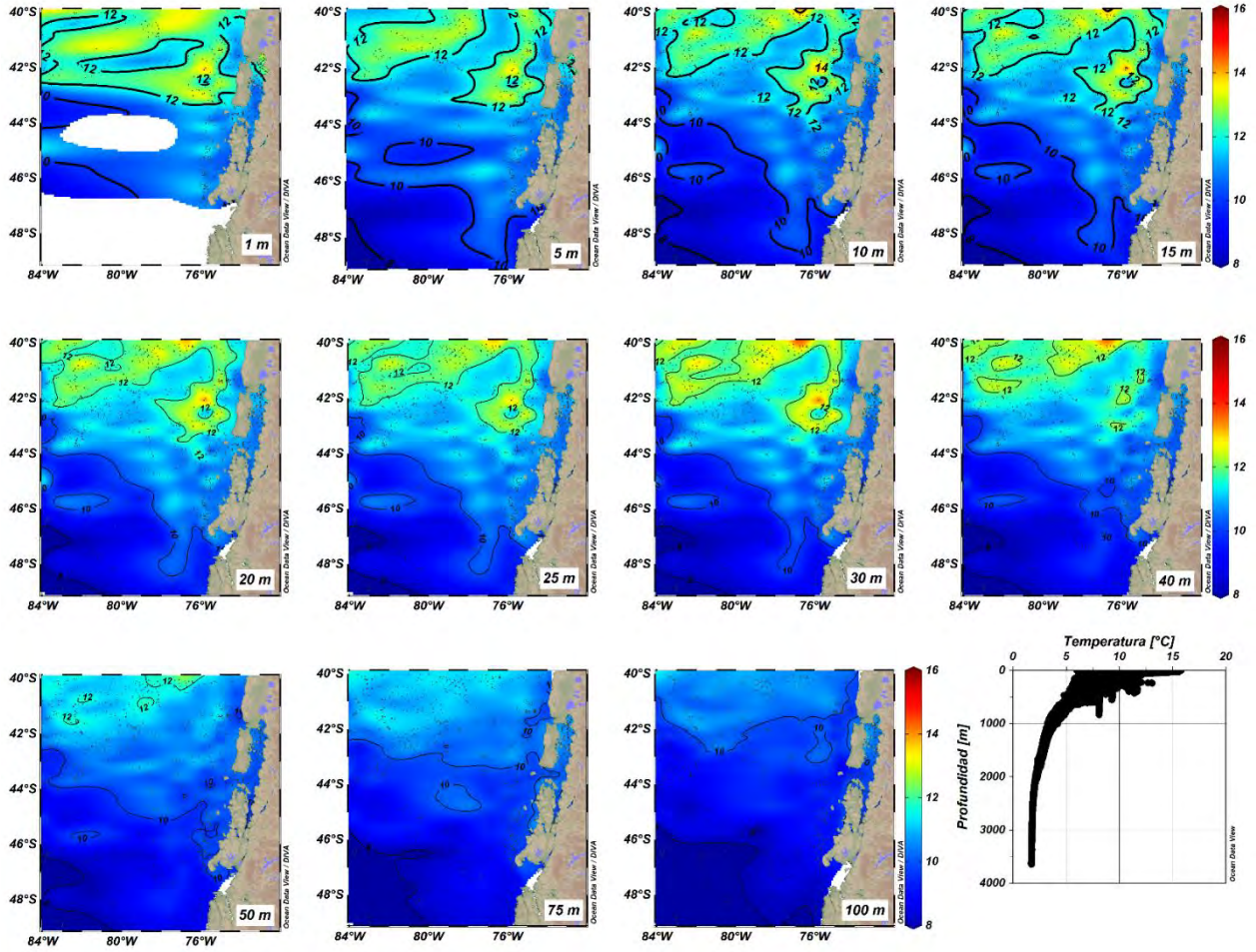


Figura 57. Climatología de la distribución de temperatura por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en primavera.

Tabla 33. Valores promedio (\pm desviación estándar), rangos de valores [mínimo máximo] y número de datos (n) por estrato de profundidad para cada estación del año de temperatura y salinidad.

Profundidad [m]	Temperatura [°C]				Salinidad [psu]				Oxígeno [mg/L]			
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
0	14,7 \pm 1,7 [8,7-18,7] n=436	13,3 \pm 1,8 [7,9-17,8] n=320	10,3 \pm 1,0 [7,6-13,2] n=347	11,7 \pm 1,4 [7,7-15,6] n=396	33,2 \pm 0,8 [30,5-34,1] n=149	33,5 \pm 0,6 [31,3-34,0] n=104	33 \pm 0,8 [30,0-34,0] n=236	33,1 \pm 0,8 [30,2-34,4] n=150	8,4 \pm 0,7 [6,3-11,7] n=281	8,5 \pm 0,6 [5,7-10,3] n=103	8,9 \pm 0,7 [7,1-11,3] n=110	9,4 \pm 0,7 [7,9-10,9] n=110
5	14,6 \pm 1,8 [8,7-19,1] n=829	13,2 \pm 1,8 [7,9-17,8] n=718	10,2 \pm 1,1 [6,3-13,2] n=666	11,3 \pm 1,5 [6,5-15,6] n=720	33,5 \pm 0,6 [30,1-34,2] n=505	33,7 \pm 0,4 [31,2-34,1] n=469	33,4 \pm 0,7 [30,5-34] n=536	33,5 \pm 0,7 [28,6-34,3] n=435	8,4 \pm 0,6 [6,0-11,7] n=282	8,5 \pm 0,5 [5,8-9,8] n=107	8,7 \pm 0,8 [5,5-10,6] n=185	9,4 \pm 0,7 [7,5-11,3] n=185
10	14,6 \pm 1,9 [5,7-19,1] n=1262	13,2 \pm 1,9 [7,7-17,8] n=1166	10,2 \pm 1,2 [6,3-13,5] n=1086	11,2 \pm 1,6 [6,5-15,6] n=1199	33,7 \pm 0,5 [31,1-34,2] n=939	33,8 \pm 0,3 [31,4-34,2] n=917	33,6 \pm 0,5 [30,7-34,1] n=955	33,6 \pm 0,5 [30,4-34,1] n=919	8,4 \pm 0,7 [3,1-11,6] n=292	8,5 \pm 0,5 [5,9-9,6] n=106	8,6 \pm 0,7 [5,5-10,6] n=189	9,3 \pm 0,7 [7,7-10,9] n=189
15	14,5 \pm 1,9 [5,7-19,1] n=1262	13,2 \pm 1,9 [7,7-17,8] n=1168	10,3 \pm 1,2 [6,3-13,5] n=1087	11,1 \pm 1,5 [6,5-15,7] n=1199	33,7 \pm 0,4 [31,9-34,2] n=937	33,8 \pm 0,3 [31,5-34,2] n=918	33,6 \pm 0,5 [30,9-34,1] n=956	33,7 \pm 0,5 [30,7-34,1] n=918	8,4 \pm 0,6 [4,3-10,4] n=293	8,5 \pm 0,5 [5,9-9,5] n=106	8,6 \pm 0,7 [5,3-10,2] n=189	9,2 \pm 0,7 [7,8-10,9] n=189
20	14,4 \pm 2 [5,7-19,1] n=1234	13,2 \pm 1,9 [7,7-17,8] n=1146	10,3 \pm 1,2 [6,3-13,5] n=1081	11,1 \pm 1,5 [6,5-15,7] n=1189	33,7 \pm 0,4 [31,9-34,2] n=937	33,8 \pm 0,3 [31,5-34,2] n=916	33,6 \pm 0,4 [31,2-34,1] n=958	33,7 \pm 0,4 [31-34,1] n=920	8,3 \pm 0,6 [5,4-10,3] n=293	8,5 \pm 0,5 [6,0-9,5] n=106	8,5 \pm 0,8 [4,6-9,9] n=189	9,1 \pm 0,7 [7,9-10,9] n=189
25	14,2 \pm 2,0 [5,7-19,1] n=1166	13,2 \pm 1,9 [7,7-17,8] n=1082	10,2 \pm 1,2 [6,3-13,5] n=1025	11,0 \pm 1,5 [6,5-15,6] n=1123	33,7 \pm 0,4 [31,9-34,2] n=936	33,8 \pm 0,3 [32,1-34,2] n=917	33,7 \pm 0,4 [31,3-34,1] n=960	33,7 \pm 0,4 [31,2-34,1] n=919	8,3 \pm 0,6 [5,2-10,2] n=293	8,4 \pm 0,6 [6,0-9,5] n=107	8,5 \pm 0,8 [4,9-10,0] n=189	9,0 \pm 0,7 [7,9-10,9] n=189
30	14,1 \pm 2,0 [5,7-19,1] n=1166	13,1 \pm 1,9 [7,7-17,8] n=1081	10,2 \pm 1,2 [6,3-13,5] n=1025	10,9 \pm 1,5 [6,5-15,6] n=1122	33,8 \pm 0,3 [32-34,2] n=936	33,8 \pm 0,2 [32,3-34,2] n=917	33,7 \pm 0,4 [31,5-34,1] n=960	33,7 \pm 0,4 [31,5-34,1] n=919	8,3 \pm 0,7 [5,2-10,1] n=293	8,4 \pm 0,6 [6,0-9,4] n=106	8,4 \pm 0,8 [4,8-10,1] n=189	8,9 \pm 0,7 [7,9-10,9] n=189
40	13,6 \pm 2,1 [5,7-18,9] n=1166	13,1 \pm 1,9 [7,7-17,8] n=1080	10,2 \pm 1,2 [6,3-13,5] n=1024	10,7 \pm 1,3 [6,5-14,6] n=1122	33,8 \pm 0,3 [32,3-34,2] n=932	33,8 \pm 0,2 [32,6-34,2] n=916	33,7 \pm 0,3 [31,9-34,1] n=958	33,7 \pm 0,3 [32,1-34,1] n=918	8,3 \pm 0,8 [4,9-9,9] n=294	8,3 \pm 0,7 [5,9-9,5] n=106	8,2 \pm 0,8 [4,5-10,5] n=188	8,7 \pm 0,7 [7,3-10,9] n=188
50	12,7 \pm 1,9 [5,7-17,8] n=1164	12,8 \pm 1,9 [7,7-17,6] n=1079	10,2 \pm 1,2 [6,3-13,5] n=1024	10,4 \pm 1,2 [6,5-13,7] n=1122	33,8 \pm 0,2 [32,5-34,2] n=933	33,9 \pm 0,2 [32,5-34,2] n=910	33,7 \pm 0,3 [32,2-34,1] n=959	33,8 \pm 0,3 [32,2-34,1] n=920	8,4 \pm 1,0 [2,9-10,3] n=293	8,3 \pm 0,8 [4,4-9,6] n=104	8,1 \pm 0,9 [4,0-9,8] n=187	8,6 \pm 0,7 [6,5-10,9] n=187
75	10,5 \pm 1,2 [5,7-14,4] n=1154	11,3 \pm 1,4 [7,7-15,5] n=1076	10,1 \pm 1,2 [6,3-13,5] n=1020	9,9 \pm 1,1 [6,5-12,1] n=1105	33,9 \pm 0,1 [33,1-34,3] n=931	33,9 \pm 0,1 [33,5-34,2] n=914	33,8 \pm 0,2 [32,8-34,2] n=955	33,8 \pm 0,2 [32,6-34,3] n=916	8,3 \pm 1,4 [2,4-11,4] n=291	8,3 \pm 0,8 [5,1-9,7] n=103	7,5 \pm 1,2 [1,9-9,4] n=183	8,0 \pm 0,7 [2,7-10,9] n=183
100	9,6 \pm 1,1 [5,7-12,2] n=1145	10,0 \pm 1,1 [6,7-13,5] n=1074	9,8 \pm 1,1 [6,3-13,2] n=991	9,5 \pm 1,0 [6,3-11,7] n=1093	33,9 \pm 0,1 [33,6-34,4] n=928	33,9 \pm 0,1 [33,6-34,4] n=912	33,9 \pm 0,1 [33,2-34,4] n=930	33,9 \pm 0,1 [33,1-34,4] n=909	8,0 \pm 1,6 [1,5-10,7] n=288	8,1 \pm 1,2 [2,6-9,7] n=101	6,8 \pm 1,5 [1,7-9,4] n=150	7,5 \pm 1,2 [1,9-10,9] n=150

6.3.2.2 Distribución de salinidad

La Figura 53 muestra la distribución vertical de salinidad promedio en 11 estratos de profundidad (1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m) con sus respectivas desviaciones estándar para verano, otoño, invierno y primavera de todo el periodo considerado en el estudio (1957-2020). La climatología de la distribución horizontal de salinidad por estrato de profundidad para el verano, otoño, invierno y primavera se muestra en las Figura 58, Figura 59, Figura 60 y Figura 61, respectivamente. La salinidad promedio, y su desviación estándar, rangos de salinidad y número de datos por estrato de profundidad para cada estación del año, se muestran en la Tabla 33.

La distribución vertical de salinidad promedio en la región de estudio muestra los menores valores en superficie (1 m) con una variación entre 30,2 y 34,4 psu. La salinidad promedio aumentó con la profundidad hasta ~10 m de profundidad, formando una marcada haloclina en todas las estaciones del año. Esta haloclina fue menos pronunciada en otoño. Bajo la haloclina, la salinidad promedio se distribuyó relativamente constante y con baja variabilidad

por profundidad (<2%) con la menor variabilidad observada en otoño. Las menores salinidades se presentaron en invierno en los primeros 20 m de profundidad, mientras que en otoño se observaron las mayores salinidades promedio en los primeros 15 m.

La salinidad en verano, por estrato de profundidad fluctuó entre 30,1 y 34,4 psu. La distribución horizontal de salinidad presentó un aumento desde la zona costera hacia la zona oceánica. Este patrón generó una distribución norte sur de las isohalinas. La franja costera de menores salinidades se presentó en toda la región y estratos de profundidad, disminuyendo su longitud costa océano con la profundidad. Estas bajas salinidades se asocian al aporte continental de aguas de menor salinidad, las que se mezclan con las aguas más salinas oceánicas. Algunas intrusiones hacia el oeste de aguas menos salinas se observaron centradas a 41, 44 y 45°S.

La distribución de salinidad en otoño presentó valores entre 31,2 y 34,4 psu en los primeros 100 m de la columna de agua. La climatología de la distribución de salinidad por estrato de profundidad muestra un aumento de los valores desde la zona costera hacia afuera de la costa, sin embargo, con menores salinidades que lo observado en verano. Adicionalmente, las intrusiones de agua menos salinas en la zona oceánica fueron menos pronunciadas que en verano. Bajo 75 m de profundidad, la banda costera de bajas salinidades se observó como una estrecha banda solo al sur de 44°S.

En invierno, los primeros 100 m de la columna de agua presentaron salinidades que variaron entre 31,2 y 34,3 psu. La climatología de la distribución de salinidad por estrato de profundidad muestra un aumento de la salinidad hacia afuera de la costa con una banda de aguas con baja salinidad en la zona costera a lo largo de toda la región de estudio. Las salinidades en todos los estratos de profundidad muestran que las aguas de la zona de estudio presentaron menores salinidades que lo observado en verano y otoño. Sin embargo, la banda de bajas salinidades en aguas costeras se observó en todos los estratos de profundidad, aunque disminuyó la cobertura meridional y zonal con el aumento de profundidad.

La distribución vertical de salinidad en primavera presentó valores que variaron entre 28,6 y 34,4 psu. La distribución horizontal de salinidad por estrato de profundidad, muestra un aumento de los valores hacia afuera de la costa a lo largo de toda la región de estudio y en todos los estratos de profundidad. La cobertura de las aguas de menor salinidad en la región más cercana a la costa disminuyó con la profundidad, reduciéndose a algunas estaciones en el estrato de 100 m de profundidad. Adicionalmente, a profundidades mayores a 75 m, se observa que en las estaciones más cercanas a la costa existió una intrusión de aguas más salinas desde el norte hasta ~44°S.

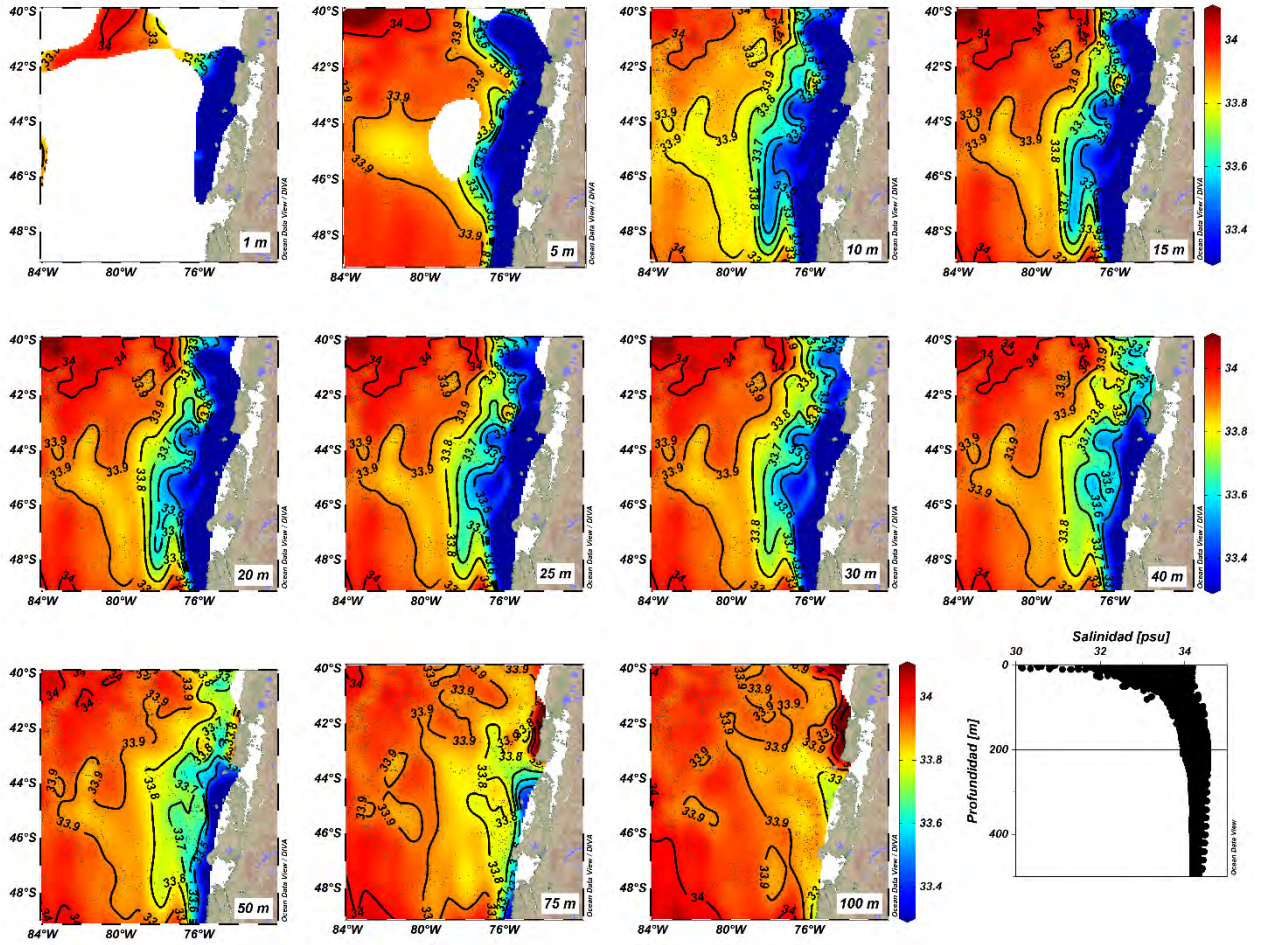


Figura 58. Climatología de la distribución de salinidad por estrato de profundidad a 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en verano.

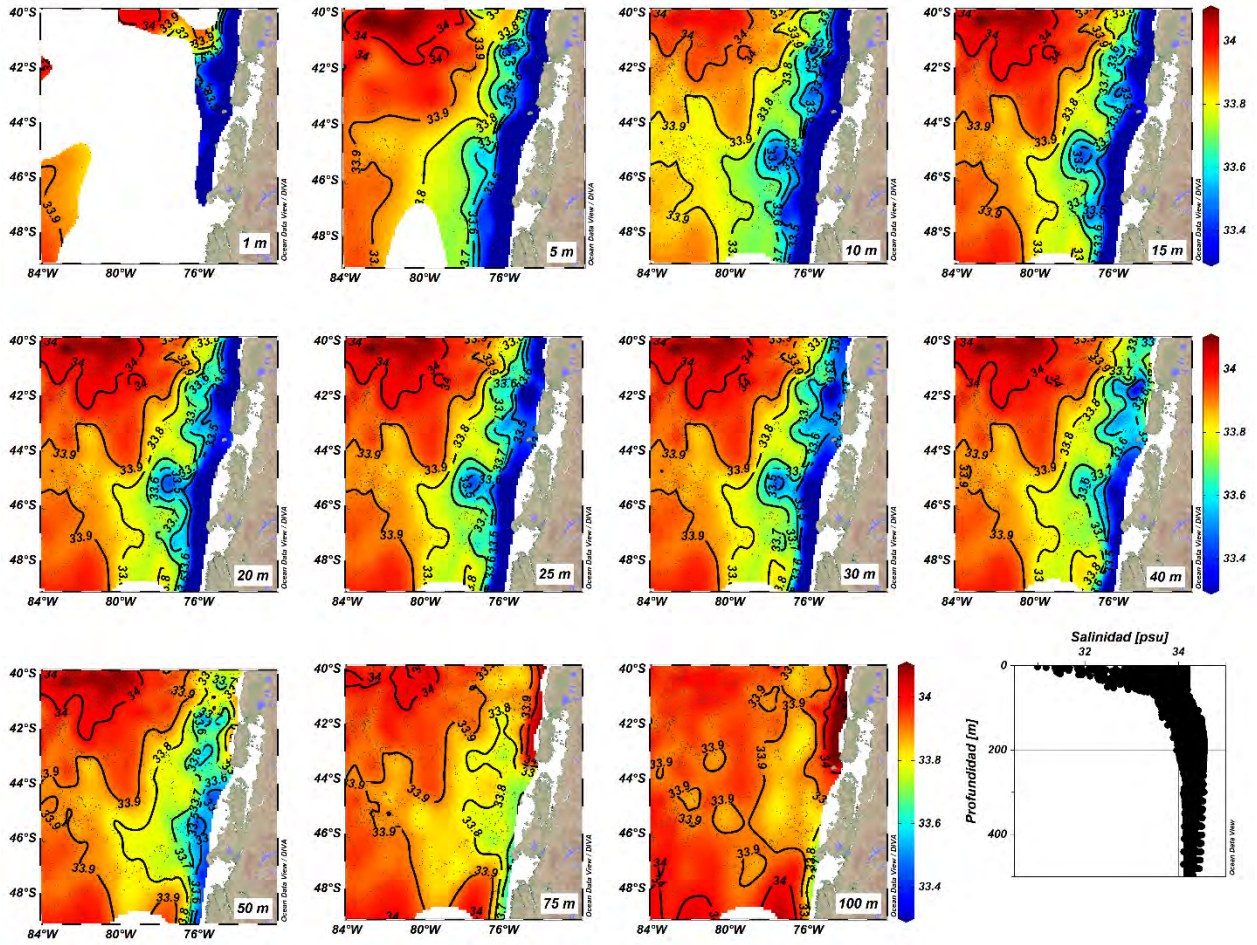


Figura 59. Climatología de la distribución de salinidad por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en otoño.

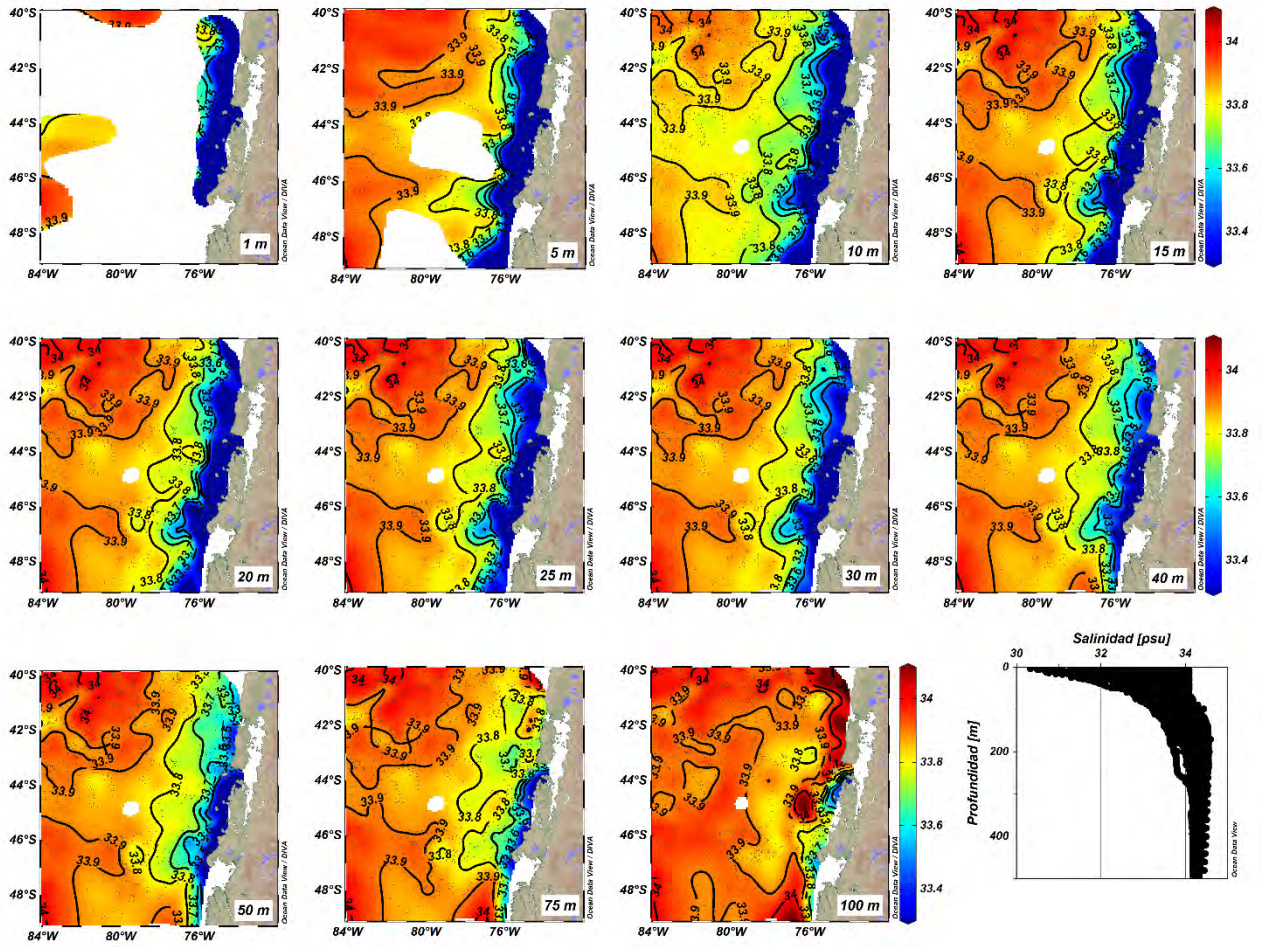


Figura 60. Climatología de la distribución de salinidad por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en invierno.

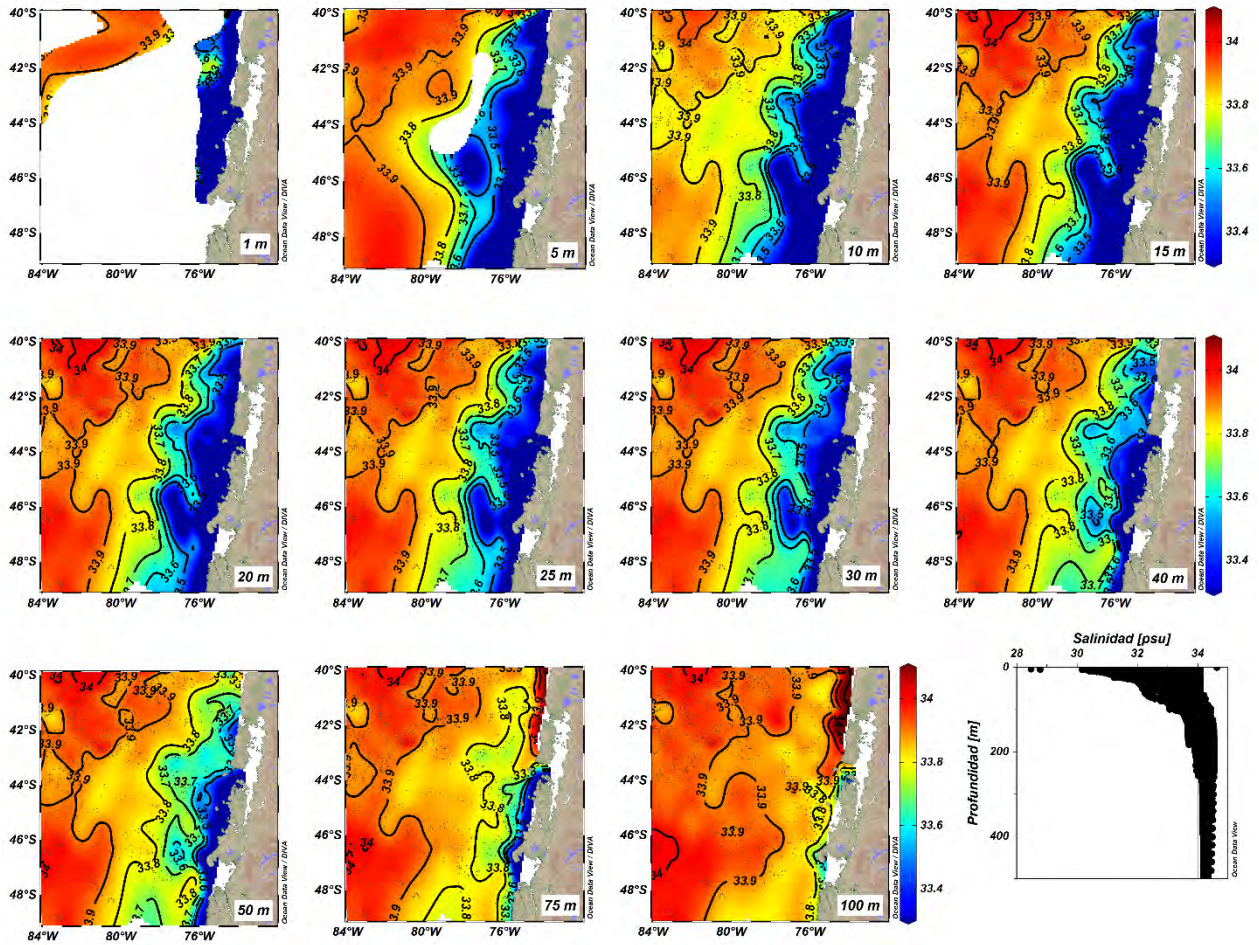


Figura 61. Climatología de la distribución de salinidad por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en primavera.

6.3.2.3 Distribución de oxígeno disuelto

La Figura 53 muestra la concentración promedio de oxígeno en 11 estratos de profundidad con sus respectivas desviaciones estándar para verano, otoño, invierno y primavera de todo el periodo considerado en el estudio (1970-2012). La distribución vertical de oxígeno disuelto en algunas estaciones costeras, y más alejadas de la costa seleccionadas a diferentes latitudes se muestra en la Figura 63. La climatología de la distribución horizontal de oxígeno disuelto por estrato de profundidad para el verano, otoño, invierno y primavera se muestra en las Figura 64, Figura 65, Figura 66 y Figura 67, respectivamente. Los valores promedio, y su desviación estándar, rangos de concentración y número de datos por estrato de profundidad para cada estación del año, se muestran en la Tabla 33.

La distribución vertical de oxígeno disuelto en la región de estudio muestra una capa superficial con concentraciones que variaron entre 5,7 y 11,7 mg/L. Esta concentración disminuyó con la profundidad alcanzando la mínima concentración a 100 m de profundidad (máxima profundidad considerada en el presente estudio). Las mayores concentraciones de

oxígeno disuelto se presentaron en primavera en los primeros 50 m de la columna de agua, mientras que las menores se observaron en verano. En general, los promedios de oxígeno en los primeros 40 m de la columna de agua fueron relativamente homogéneas en verano, otoño e invierno, con una variabilidad de las concentraciones de oxígeno en cada profundidad cercana o menor a 10%, mientras que bajo esta profundidad y hasta 100 m la variabilidad de oxígeno por profundidad aumentó hasta 33% a 100 m de profundidad. Por otra parte, los perfiles verticales individuales de oxígeno disuelto, muestran que las menores concentraciones se observaron en las estaciones costeras al norte de 46°S (Figura 63). Es en estas estaciones en donde se observaron las menores concentraciones de oxígeno disuelto, siendo, en algunas de ellas, menores a 3 mg/L bajo 75m de profundidad, aunque mayores a 1,5 mg/L. Los límites de concentración de oxígeno disuelto para definir una condición de hipoxia difieren de acuerdo a diferentes criterios biogeoquímicos. Naqvi et al. (2010) definen la condición de hipoxia en aguas cuyo contenido de oxígeno fluctúa entre 0,1 y 1,4 mL/L (0,14 y 2,0 mg/L), mientras que Diaz & Rosenberg (1995) bajo concentraciones de 2 mL/L (2,9 mg/L). En la región de los canales y fiordos de la Patagonia chilena, Silva & Vargas (2014) consideran el límite de 2 mL/L (2,9 mg/L) como bajo una condición hipóxica, por lo que en esta revisión se utilizará este criterio. Con esta consideración, si bien la distribución de oxígeno disuelto muestra solo algunas condiciones de hipoxia en algunas estaciones puntuales, las escaseces de datos disponibles no permiten establecer que los eventos de hipoxia ocurran con mayor frecuencia incluso pudiendo presentarse con menores concentraciones de oxígeno disuelto en la zona costera del norte de la región de estudio. Por esta razón, es necesario contar con estudios de variabilidad temporal y espacial de oxígeno disuelto de alta frecuencia temporal, vertical y espacial de muestreo.

En relación a la distribución horizontal de oxígeno disuelto por estrato de profundidad, en verano la disponibilidad de información por estrato de profundidad varió entre 281 y 293 datos, siendo la estación con la mayor frecuencia de datos por profundidad. De esta información se observó que existieron, en general, altas concentraciones de oxígeno disuelto en los primeros 30 m de la columna de agua, con concentraciones mayores a 5,2 mg/L. Bajo esta profundidad, la concentración de oxígeno disminuyó, siendo en las aguas a más de 5 m de la costa mayores a 6,4 mg/L. En la banda más costera, en cambio, se observaron concentraciones de oxígeno disuelto menores al norte de 44°S, llegando, en algunas estaciones a menos de 2,1 mg/L. Al sur de 44°S, las concentraciones de oxígeno disuelto fueron mayores a 6,4 mg/L. En la región no se observaron concentraciones de oxígeno disuelto inferiores a 1,4 mg/L, no existiendo así, la presencia de una zona de mínimo de oxígeno. A 75 y 100 m de profundidad, solo el 4,2 y 4,8% de las profundidades, respectivamente (4 estaciones) presentaron concentraciones de oxígeno inferiores a 2,9 mg/L asociados a la banda costera descrita al norte de 44°S. Es importante recalcar que, si bien la base de datos contiene la mayor disponibilidad de datos por estrato de profundidad en la estación de verano, la ocurrencia de las menores concentraciones de oxígeno disuelto asociadas a las estaciones más costeras al norte de 44°S, indica que en esta región podrían

existir eventos de hipoxia e incluso suboxia asociados tanto a la variabilidad oceanográfica natural como la intensificación y expansión de las ZMO asociadas al cambio climático. Por esta razón, es importante contar con un registro continuo de la distribución de oxígeno disuelto, en especial en esta región, que permita establecer con mayor precisión los rangos de contracción de oxígeno que se presentan, y la eventual persistencia de la presencia de ZMO o periodos de hipoxia.

En otoño, los datos disponibles en la región de estudio variaron entre 101 y 107 por profundidad. La región presentó concentraciones de oxígeno disuelto promedio mayores a 8,2 mg/L en los primeros 100 m de profundidad. Las menores concentraciones estuvieron asociadas a las estaciones más cercanas a la costa. A 75 y 100 m de profundidad, se observó una banda costera al norte de 44°S, con menores concentraciones de oxígeno disuelto. Sin embargo, a 75 m de profundidad las concentraciones de esta banda costera fueron mayores a 4,3 mg/L, mientras que, a 100 m de profundidad, el 1% de las mediciones presentó concentraciones menores a 4,3 mg/L (2 estaciones), pero mayores a 2,9 mg/L. Al sur de 44°S, las concentraciones de oxígeno disuelto a 75 y 100 m de profundidad fueron mayores a 6,4 mg/L.

Por otra parte, en invierno, la información de oxígeno disuelto disponible por estrato de profundidad varió entre 110 y 189 datos. La mayor parte de estos datos provienen de estaciones costeras (Figura 66). La distribución de oxígeno disuelto en los primeros 100 m de la columna de agua varió entre 1,7 y 11,3 mg/L con concentraciones promedio mayores a 6,9 mg/L en toda la columna de agua. En los 50 m superiores de columna de agua de la región de estudio, un porcentaje menor (entre 0,5 y 2%) de las profundidades presentaron concentraciones de oxígeno entre 4,3 y 5,7 mg/L en toda la región en los primeros 50 m de profundidad. En esta capa, no se presentaron concentraciones inferiores a 4,3 mg/L. A 75 y 100 m de profundidad se observaron algunos núcleos con menores concentraciones de oxígeno disuelto en la banda más cercana a la costa al norte de 44°S, aunque mayores a 2,9 mg/L. No se observaron concentraciones inferiores a 2,9 mg/L en toda la región.

En el período de primavera existen disponibles entre 72 y 81 datos por estrato de profundidad. Considerando la disponibilidad de datos por estación del año, la de primavera es la menor de todas las estaciones del año. La concentración de oxígeno en los primeros 100 m de la columna de agua varió entre 1,9 y 11,6 mg/L, con las mayores concentraciones promedio de todas las estaciones del año consideradas ($>7,0$ mg/L; Figura 67). Sobre 50 m de profundidad, la región presentó concentraciones promedio mayores a 8,2 mg/L, con concentraciones mayores a 6,4 mg/L en la mayoría de las profundidades. A 75 y 100 m de profundidad algunas estaciones costeras presentaron concentraciones bajo 4,3 mg/L, pero mayores a 1,4 mg/L (3,7% de las estaciones a 75 m y 6,4% de las estaciones a 100 m).

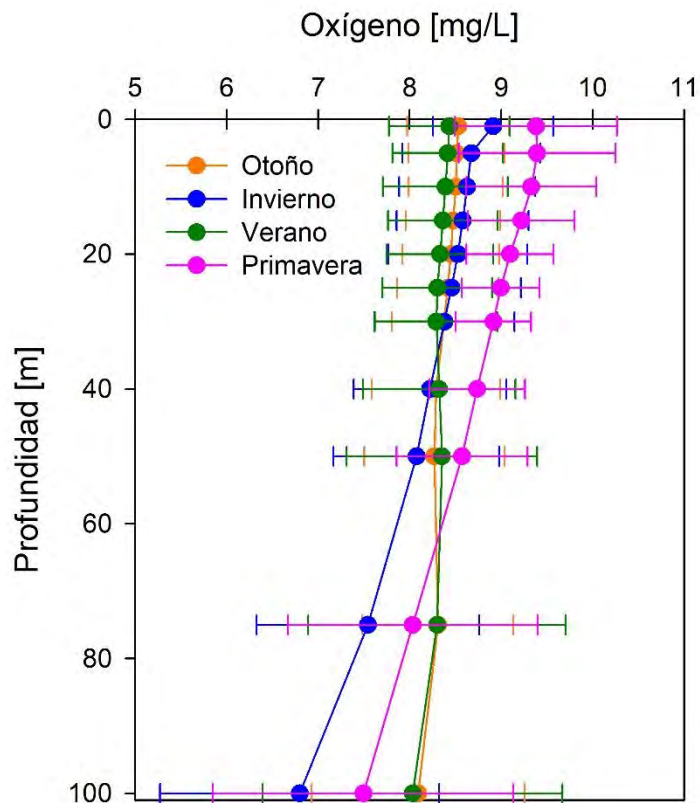


Figura 62. Distribución vertical de los valores promedios entre 1 y 100 m oxígeno disuelto (mg/L) de la región de estudio en otoño (línea naranja), invierno (línea azul), verano (línea verde) y primavera (línea rosada). Las barras horizontales muestran la desviación estándar de los valores promedio de cada profundidad.

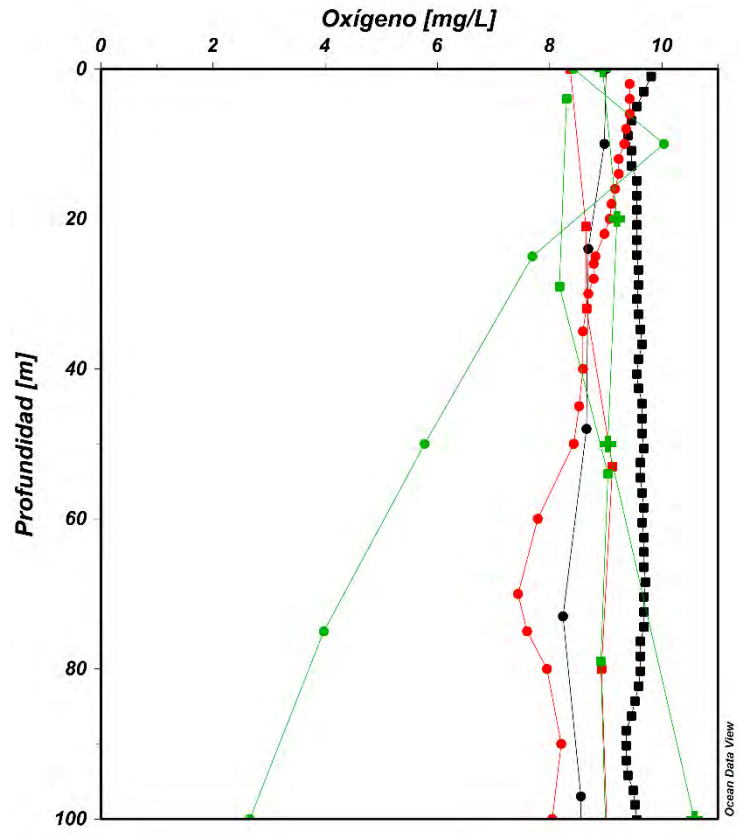
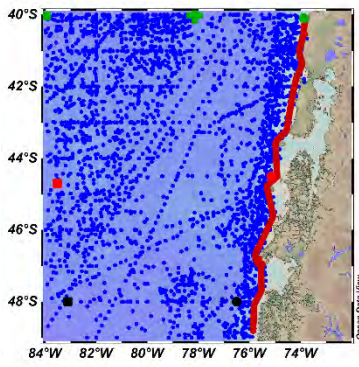


Figura 63. Perfiles verticales de oxígeno disuelto [mg/L] en diferentes estaciones seleccionadas del área de estudio.

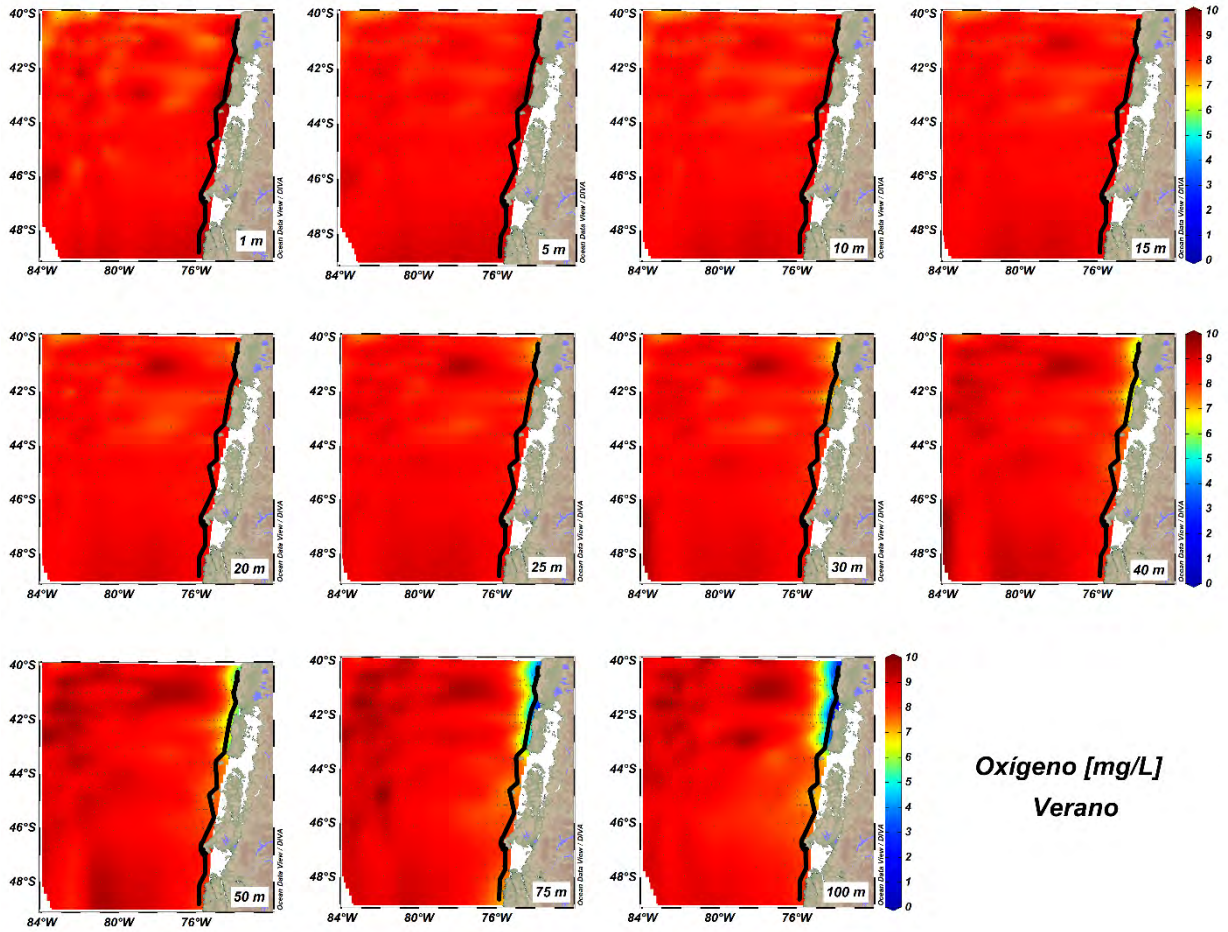


Figura 64. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en verano.

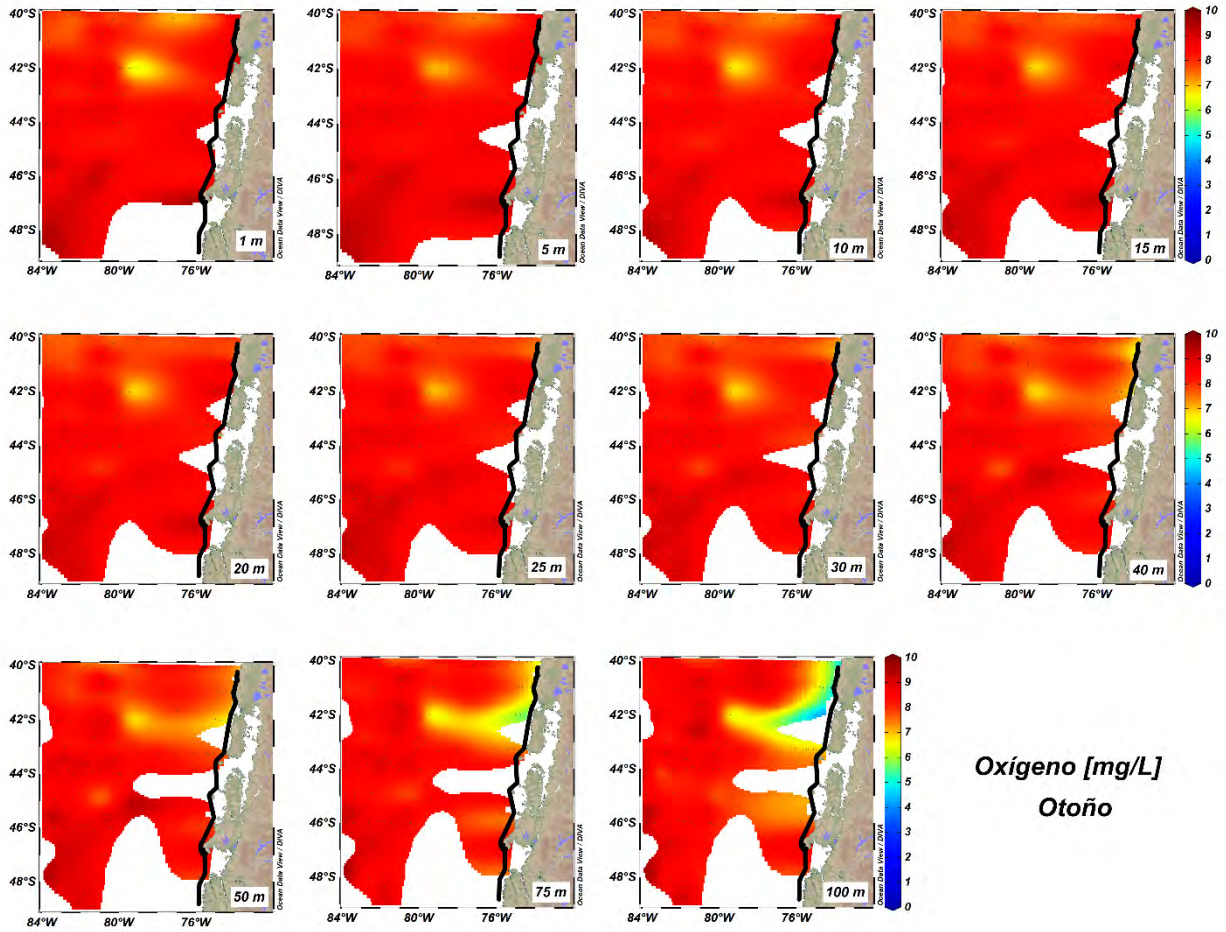


Figura 65. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en otoño.

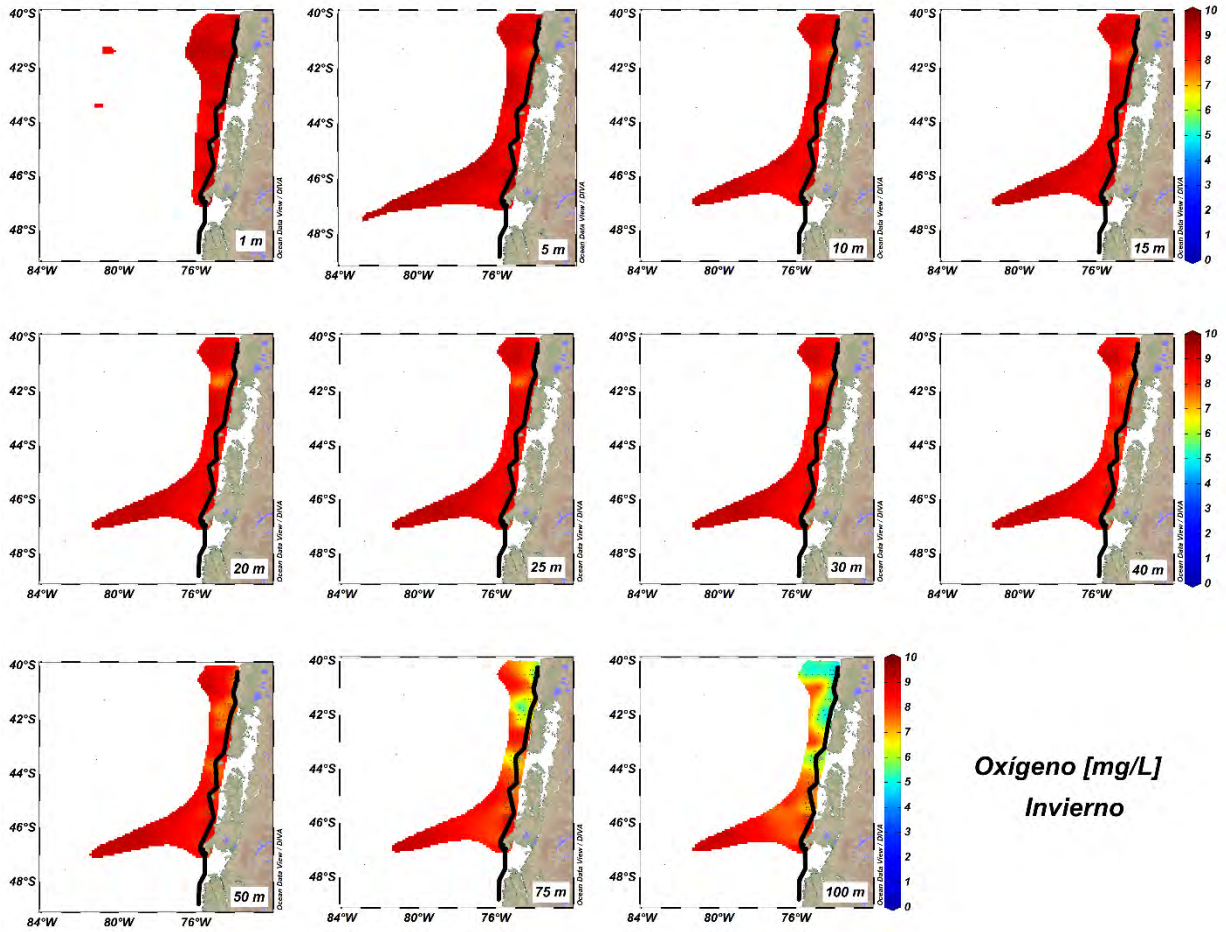


Figura 66. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en invierno.

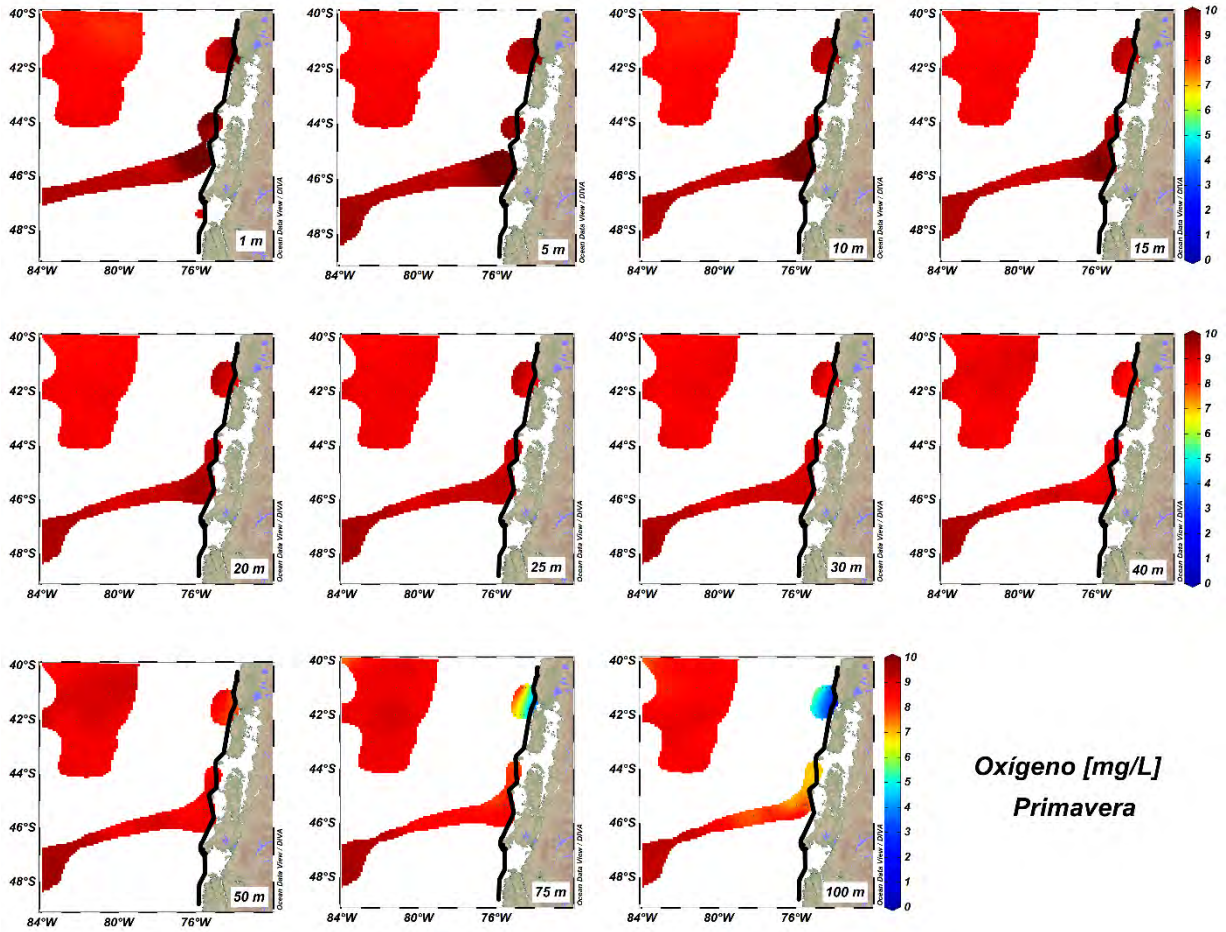


Figura 67. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en primavera.

Tabla 34. Valores promedio (\pm desviación estándar), rangos de valores [mínimo máximo] y número de datos (n) por estrato de profundidad para cada estación del año de oxígeno disuelto en mg/L y mL/L.

Profundidad [m]	Oxígeno [mg/L]				Oxígeno [mL/L]			
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
0	8,4 \pm 0,7 [6,3-11,7] n=281	8,5 \pm 0,6 [5,7-10,3] n=103	8,9 \pm 0,7 [7,1-11,3] n=110	9,4 \pm 0,9 [7,9-11,5] n=72	5,9 \pm 0,5 [4,4-8,2] n=281	6,0 \pm 0,4 [4,0-7,2] n=103	6,2 \pm 0,5 [4,9-7,9] n=110	6,6 \pm 0,6 [5,6-8,1] n=72
5	8,4 \pm 0,6 [6,0-11,7] n=282	8,5 \pm 0,5 [5,8-9,8] n=107	8,7 \pm 0,8 [5,5-10,6] n=185	9,4 \pm 0,9 [7,5-11,2] n=80	5,9 \pm 0,4 [4,2-8,2] n=282	6,0 \pm 0,4 [4,1-6,8] n=107	6,1 \pm 0,5 [3,9-7,4] n=185	6,6 \pm 0,6 [5,2-7,9] n=80
10	8,4 \pm 0,7 [3,1-11,6] n=292	8,5 \pm 0,5 [5,9-9,6] n=106	8,6 \pm 0,7 [5,5-10,6] n=189	9,3 \pm 0,7 [7,7-10,9] n=81	5,9 \pm 0,5 [2,2-8,1] n=292	5,9 \pm 0,4 [4,1-6,7] n=106	6,0 \pm 0,5 [3,8-7,4] n=189	6,5 \pm 0,5 [5,4-7,6] n=81
15	8,4 \pm 0,6 [4,3-10,4] n=293	8,5 \pm 0,5 [5,9-9,5] n=106	8,6 \pm 0,7 [5,3-10,2] n=189	9,2 \pm 0,6 [7,8-10,5] n=81	5,8 \pm 0,4 [3,0-7,3] n=293	5,9 \pm 0,4 [4,1-6,7] n=106	6,0 \pm 0,5 [3,7-7,1] n=189	6,4 \pm 0,4 [5,5-7,3] n=81
20	8,3 \pm 0,6 [5,4-10,3] n=293	8,5 \pm 0,5 [6,0-9,5] n=106	8,5 \pm 0,8 [4,6-9,9] n=189	9,1 \pm 0,5 [7,9-10,1] n=81	5,8 \pm 0,4 [3,8-7,2] n=293	5,9 \pm 0,4 [4,2-6,6] n=106	6,0 \pm 0,5 [3,2-6,9] n=189	6,4 \pm 0,3 [5,5-7,1] n=81
25	8,3 \pm 0,6 [5,2-10,2] n=293	8,4 \pm 0,6 [6,0-9,5] n=107	8,5 \pm 0,8 [4,9-10,0] n=189	9,0 \pm 0,4 [7,9-9,9] n=81	5,8 \pm 0,4 [3,7-7,2] n=293	5,9 \pm 0,4 [4,2-6,6] n=107	5,9 \pm 0,5 [3,4-7,0] n=189	6,3 \pm 0,3 [5,6-6,9] n=81
30	8,3 \pm 0,7 [5,2-10,1] n=293	8,4 \pm 0,6 [6,0-9,4] n=106	8,4 \pm 0,8 [4,8-10,1] n=189	8,9 \pm 0,4 [7,9-9,6] n=81	5,8 \pm 0,5 [3,6-7,1] n=293	5,9 \pm 0,4 [4,2-6,6] n=106	5,9 \pm 0,5 [3,4-7,1] n=189	6,2 \pm 0,3 [5,6-6,7] n=81
40	8,3 \pm 0,8 [4,9-9,9] n=294	8,3 \pm 0,7 [5,9-9,5] n=106	8,2 \pm 0,8 [4,5-10,5] n=188	8,7 \pm 0,5 [7,3-9,6] n=81	5,8 \pm 0,6 [3,4-7,0] n=294	5,8 \pm 0,5 [4,1-6,6] n=106	5,8 \pm 0,6 [3,2-7,3] n=188	6,1 \pm 0,4 [5,1-6,7] n=81
50	8,4 \pm 1,0 [2,9-10,3] n=293	8,3 \pm 0,8 [4,4-9,6] n=104	8,1 \pm 0,9 [4,0-9,8] n=187	8,6 \pm 0,7 [6,5-9,7] n=81	5,8 \pm 0,7 [2,0-7,2] n=293	5,8 \pm 0,5 [3,1-6,7] n=104	5,6 \pm 0,6 [2,8-6,8] n=187	6,0 \pm 0,5 [4,6-6,8] n=81
75	8,3 \pm 1,4 [2,4-11,4] n=291	8,3 \pm 0,8 [5,1-9,7] n=103	7,5 \pm 1,2 [1,9-9,4] n=183	8,0 \pm 1,4 [2,7-9,7] n=81	5,8 \pm 1,0 [1,7-8,0] n=291	5,8 \pm 0,6 [3,6-6,8] n=103	5,3 \pm 0,9 [1,4-6,6] n=183	5,6 \pm 1,0 [1,9-6,8] n=81
100	8,0 \pm 1,6 [1,5-10,7] n=288	8,1 \pm 1,2 [2,6-9,7] n=101	6,8 \pm 1,5 [1,7-9,4] n=150	7,5 \pm 1,6 [1,9-9,6] n=78	5,6 \pm 1,1 [1,0-7,5] n=288	5,7 \pm 0,8 [1,8-6,8] n=101	4,8 \pm 1,1 [1,2-6,6] n=150	5,2 \pm 1,1 [1,3-6,7] n=78

6.3.2.4 Nutrientes

La Figura 68 muestra la concentración promedio de nitrato, fosfato y la relación nitrato:fosfato en 11 estratos de profundidad (1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m) con sus respectivas desviaciones estándar para verano, otoño, invierno y primavera de todo el periodo considerado en el estudio (1967-2006). La climatología de la distribución horizontal de nitrato por estrato de profundidad para el verano, otoño, invierno y primavera se muestra en las Figura 69, Figura 70, Figura 71 y Figura 72, respectivamente, mientras que para la distribución horizontal de fosfato por estrato de profundidad para el verano, otoño, invierno y primavera se muestra en las Figura 73, Figura 74, Figura 75 y Figura 76, respectivamente.

Lo valores promedios, y su desviación estándar, rangos de concentración y número de datos por estrato de profundidad para cada estación del año, se muestran en la Tabla 35.

La concentración de nitrato en la zona de estudio fluctuó entre 0,0 y 26,7 μM , mientras que la concentración de fosfato varió entre 0,0 y 2,8 μM . En superficie se presentaron las menores concentraciones de ambos nutrientes en verano, otoño y primavera, aumentando la concentración con la profundidad (Figura 68). En invierno, en cambio, la capa superficial presentó mayores concentraciones de nitrato que a mayores profundidades, pero una distribución vertical relativamente homogénea de fosfato. Las menores concentraciones de nitrato y fosfato se observaron en verano, mientras que en otoño y primavera se presentaron concentraciones similares entre ambas estaciones y ligeramente mayores que en verano. En invierno, por otra parte, se observaron las mayores concentraciones de nitrato y fosfato comparativamente a las demás estaciones del año, asociado a aguas con menor salinidad (Figura 53). Sin embargo, este patrón presenta el sesgo de presentar muy pocas mediciones por estrato de profundidad (Tabla 35).

En verano, la disponibilidad de información de nitrato por estrato de profundidad varió entre 41 y 47 datos, mientras que la información de concentración de fosfato por estrato de profundidad varió entre 180 y 185 datos por estrato de profundidad, siendo la estación del año con la mayor frecuencia de datos por profundidad. La concentración de nitrato varió verticalmente entre 0,0 y 24,4 μM , mientras que la concentración de fosfato varió entre 0,0 y 2,7 μM (Tabla 35). Las menores concentraciones se observaron en superficie, mostrando un agotamiento de la concentración de nutrientes por su utilización por los productores primarios. Así, en verano fue la única estación del año en donde se observó un agotamiento tanto de las concentraciones de nitrato como de fosfato en la capa superficial. La distribución horizontal muestra que la zona costera, frente a la Isla Grande de Chiloé presenta un núcleo con mayores concentraciones de nitrato y fosfato en toda la columna de agua (Figura 69). Adicionalmente, se observa una franja zonal, entre 47 y 48°S, que en los primeros 50 m de la columna de agua presenta mayores concentraciones de nitrato. Este patrón zonal abarcó un mayor rango latitudinal de aguas con altas concentraciones de fosfato al sur de 46°S (Figura 73). Bajo 50 m de profundidad la concentración de nitrato y fosfato aumentaron en toda la región al este de 83°W. La relación nitrato:fosfato (Figura 68) en verano varió entre 0,5 y 31,3, siendo en promedio, los menores valores de todas las estaciones del año. Sin embargo, existió una alta variabilidad en todos los estratos de profundidad, la cual disminuyó con la profundidad. La distribución vertical de la razón nitrato:fosfato muestra que la capa superficial, la cual presenta los menores valores de la columna de agua, presenta altos déficit de nitrógeno. Esta capa presentó, sin embargo, un máximo centrado a 5 m de profundidad alcanzando una razón de 5,0, lo cual, sin embargo, también representa un déficit de nitrógeno. Esta distribución de la razón de nitrato:fosfato, resulta en una baja disponibilidad de nitrato para la producción primaria, resultando en un sistema limitado por nitrato. La distribución vertical, muestra un incremento de la razón nitrato:fosfato con la profundidad hasta 12,8 promedio, a 100 m de profundidad. Si bien este incremento resulta en una disminución de

déficit de nitrógeno, los valores son menores a los definidos por la razón de Redfield (16:1, Redfield, 1963), sugiriendo que el sistema, en general está limitado por nitrógeno.

Para el análisis de la distribución de nitrato en otoño, la disponibilidad de información de concentración de nitrato en la región de estudio por estrato de profundidad varió entre 19 y 21 datos, mientras que la información de concentración de fosfato por estrato de profundidad varió entre 74 y 755 datos por estrato de profundidad. La concentración de nitrato varió verticalmente entre 0,0 y 16,1 μM , mientras que la concentración de fosfato varió entre 0,1 y 1,7 μM (Tabla 35). La distribución horizontal muestra diferentes núcleos de mayores concentraciones de nitrato a lo largo de la región de estudio (Figura 70). Estos núcleos aumentaron en intensidad a mayores profundidades. La distribución horizontal de fosfato, por otra parte, muestra altas concentraciones centrado a 48°S en los primeros 75 m de profundidad (Figura 74). A 100m de profundidad, en toda la región se observó un aumento de las concentraciones de nitrato y fosfato. La relación nitrato:fosfato en otoño varió entre 2,1 y 26,5, siendo en promedio, los mayores valores de todas las estaciones del año (Figura 68). La distribución vertical de la razón nitrato:fosfato presentó los menores valores en la capa superficial, con un máximo centrado a 5 m de profundidad, al igual que lo observado en verano. Bajo 15 m de profundidad, la distribución vertical de la razón nitrato: fosfato presentó un leve incremento con la profundidad hasta un valor de 12,9 a 100 m. Aunque las razones observadas en otoño fueron las mayores de todas las estaciones del año, los valores registrados son en general, menores a la razón de Redfield, resultando en una región con déficit de nitrógeno y así, un nutriente limitante para la producción primaria de la región.

En el periodo de invierno, la disponibilidad de información de nutrientes es escasa, siendo la más baja de todas las estaciones muestreadas. En el caso de la información sobre la concentración de nitrato en la región de estudio por estrato de profundidad varió entre 2 y 4 datos, mientras que la información de concentración de fosfato por estrato de profundidad varió entre 4 y 5 datos por estrato de profundidad. Por esta razón, no es posible describir patrones de distribución, sino que solo la ocurrencia de valores de concentración altos o bajos en estaciones y profundidades determinadas. A lo largo de la columna de agua, la concentración de nitrato varió entre 0,0 y 19,9 μM , mientras que la concentración de fosfato varió entre 0,8 y 1,9 μM (Tabla 35). En el caso de la distribución horizontal de la concentración de nitrato, la escasa información disponible principalmente en la zona costera entre 44° y 46°S, muestra altos valores (Figura 75). En el caso de la distribución de fosfato, los datos disponibles se localizan en una transecta zonal a lo largo de 44°S, un incremento de las concentraciones hacia la costa. Ambos nutrientes presentaron las mayores concentraciones de todas las estaciones del año a lo largo de toda la columna de agua (Figura 68). La razón nitrato:fosfato, muestra valores entre 9,8 y 10,9 entre superficie y 100 m de profundidad (Tabla 35). En general, la razón nitrato:fosfato se distribuye verticalmente de forma homogénea con valores superiores a lo observado en verano y primavera, pero ligeramente inferiores a los observados en otoño (Figura 68). Estas razones nitrato:fosfato son menores a la razón de Redfield, y así, las estaciones que cuentan con mediciones de

nitrato y fosfato muestran que se encuentran con un déficit de nitrógeno. Sin embargo, la escasa información existente no permite establecer que lo observado sea una condición que se distribuya en toda la región de estudio.

En el período de primavera existen disponibles entre 20 y 24 datos por estrato de profundidad de mediciones de nitrato y entre 41 y 43 datos por estrato de profundidad de mediciones de fosfato (Tabla 35). La concentración de nitrato varió entre 0,0 y 16,7 μM en los primeros 100 m de la columna de agua, mientras que la concentración de fosfato varió entre 0,2 y 1,6 μM . La distribución vertical de la concentración promedio de nitrato y fosfato, muestra mayores valores, en general, que las observadas en verano. Adicionalmente, la variabilidad observada a lo largo de toda la columna de agua es menor que en verano. A lo largo de la capa superficial la distribución vertical de ambos nutrientes fue casi homogénea, mientras que bajo esta se observó un leve incremento con la profundidad. La información disponible de la concentración de nitrato está distribuida a lo largo de una transecta zonal centrada a 45° y 47°S. Esta transecta muestra una disminución de la concentración de nitrato hacia la costa en todos los estratos de profundidad (Figura 72). La distribución de fosfato muestra que las mayores concentraciones se observan al sur 46°S mientras que en la región nor-occidental se presentaron las menores concentraciones a lo largo de toda la columna de agua. La razón nitrato:fosfato en primavera varió entre 8,4 y 11,3 entre superficie y 100 m de profundidad (Tabla 35). La razón nitrato:fosfato presenta los menores valores en la capa superficial aumentando con la profundidad bajo esta capa (Figura 68). La distribución vertical de la razón nitrato fosfato es mayor a la observada en verano, mientras que menor a la observada en otoño e invierno. Estos valores de la razón nitrato : fosfato es menor a la razón de Redfield, indicando que la zona de estudio se encuentra con un déficit de nitrógeno.

Finalmente, la escasa información de nutrientes que existe disponible en la zona de estudio releva la necesidad de incluir mediciones periódicas de estas variables, en especial en la zona costera. En ese contexto, el incremento de nutrientes que se observa en la zona costera en verano y la importancia que tienen estos nutrientes para la proliferación de comunidades fitoplanctónicas y su posible influencia sobre eventos de eutrofización y proliferación de algas nocivas requiere que exista un monitoreo de estas variables.

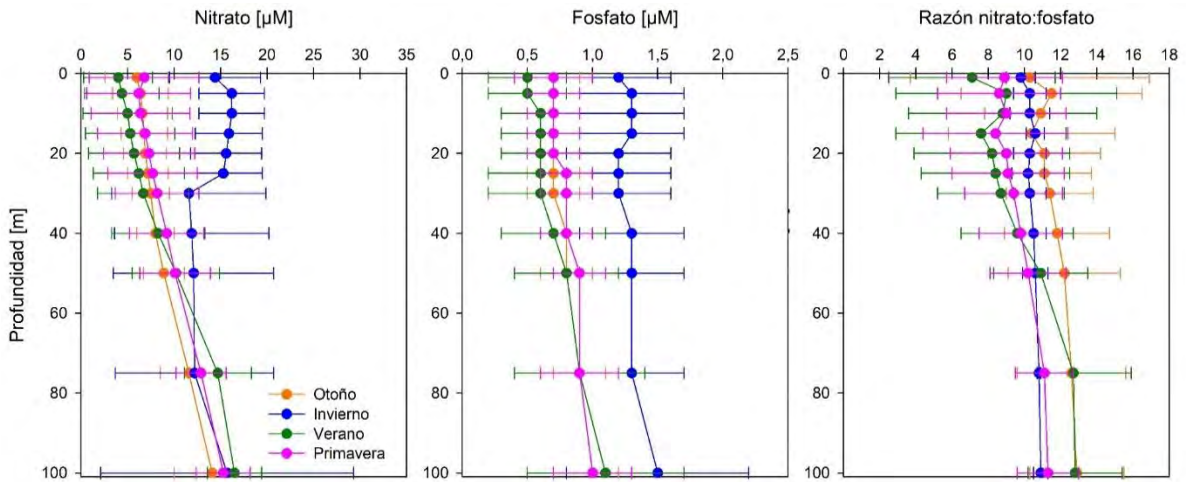
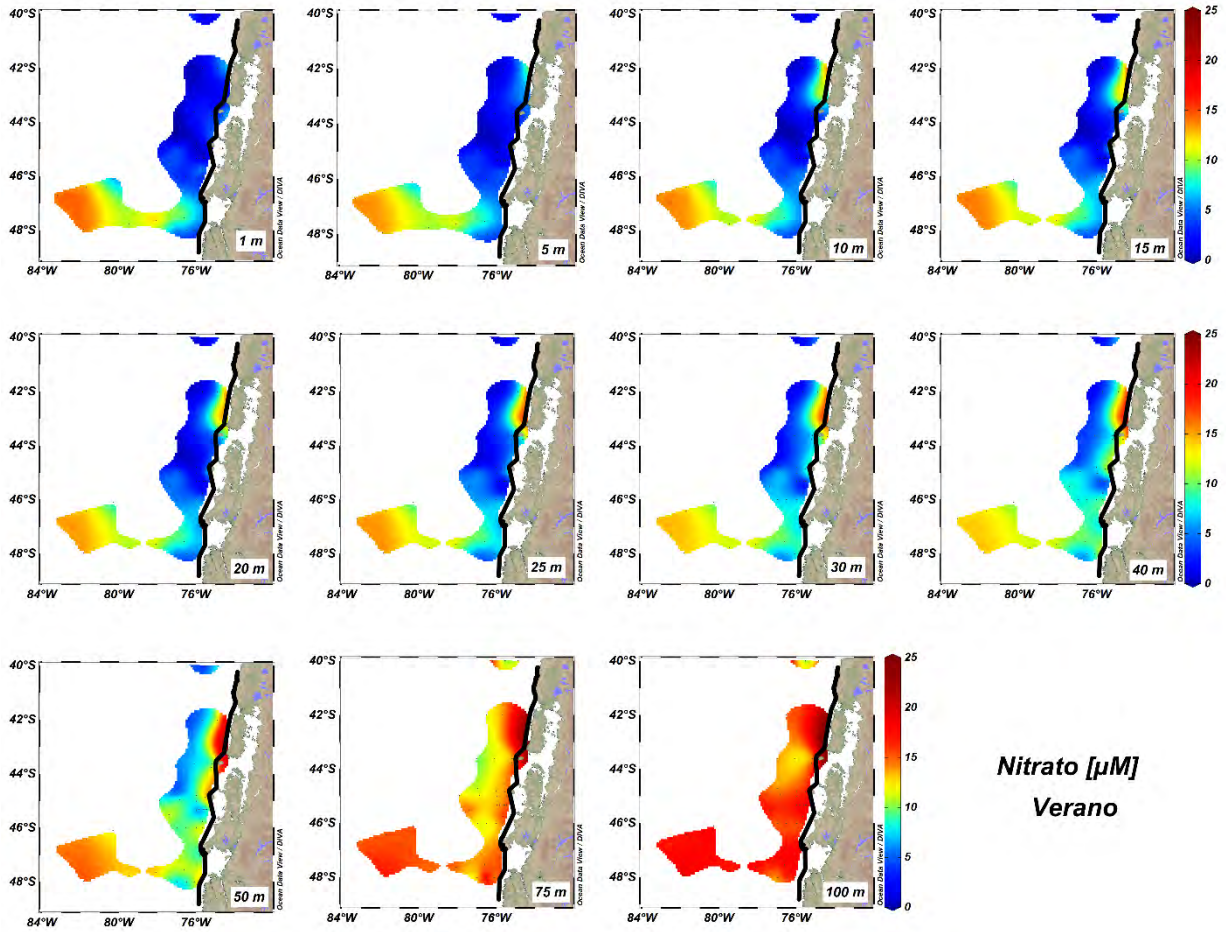


Figura 68. Distribución vertical de los valores promedio entre 1 y 100 m de a) nitrato (μM), b) fosfato (μM) y razón nitrato:fosfato considerando todas las estaciones con disponibilidad de información de la región de estudio en otoño (línea naranja), invierno (línea azul), verano (línea verde) y primavera (línea rosada). Las barras muestran la desviación estándar de los valores promedio de cada profundidad.



Nitrato [μM]
Verano

Figura 69. Climatología de la distribución de nitrato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en verano.

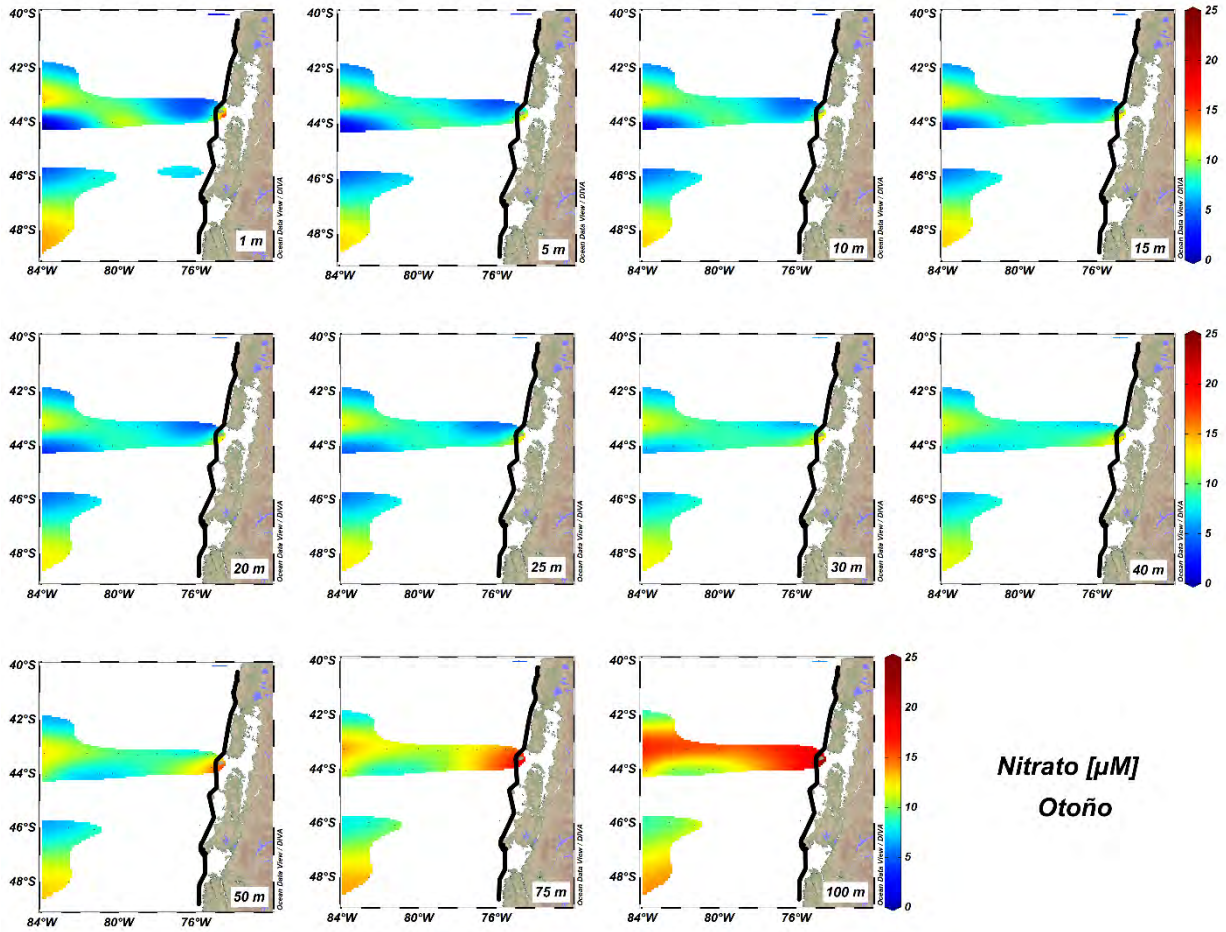


Figura 70. Climatología de la distribución de nitrato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en otoño.

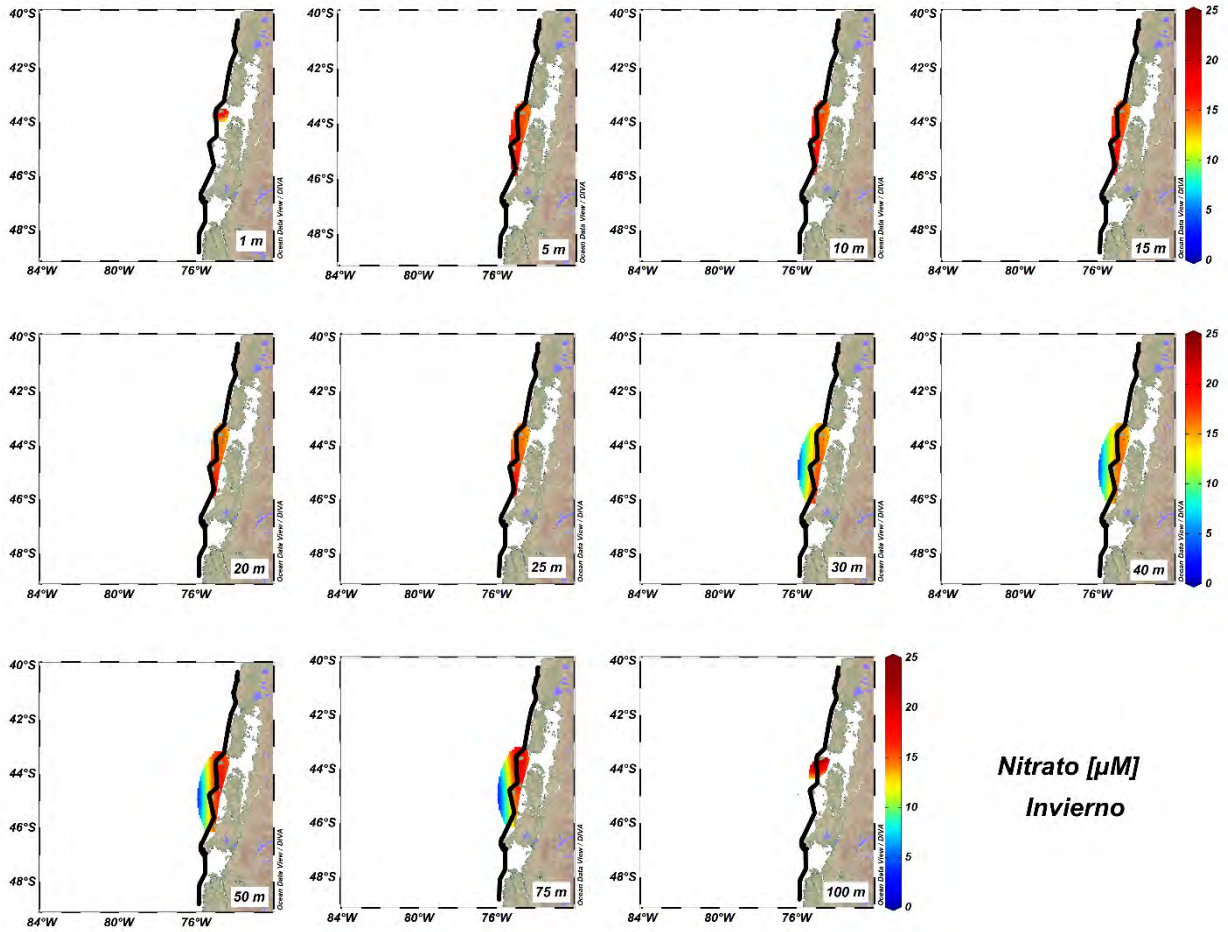


Figura 71. Climatología de la distribución de nitrato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en invierno.

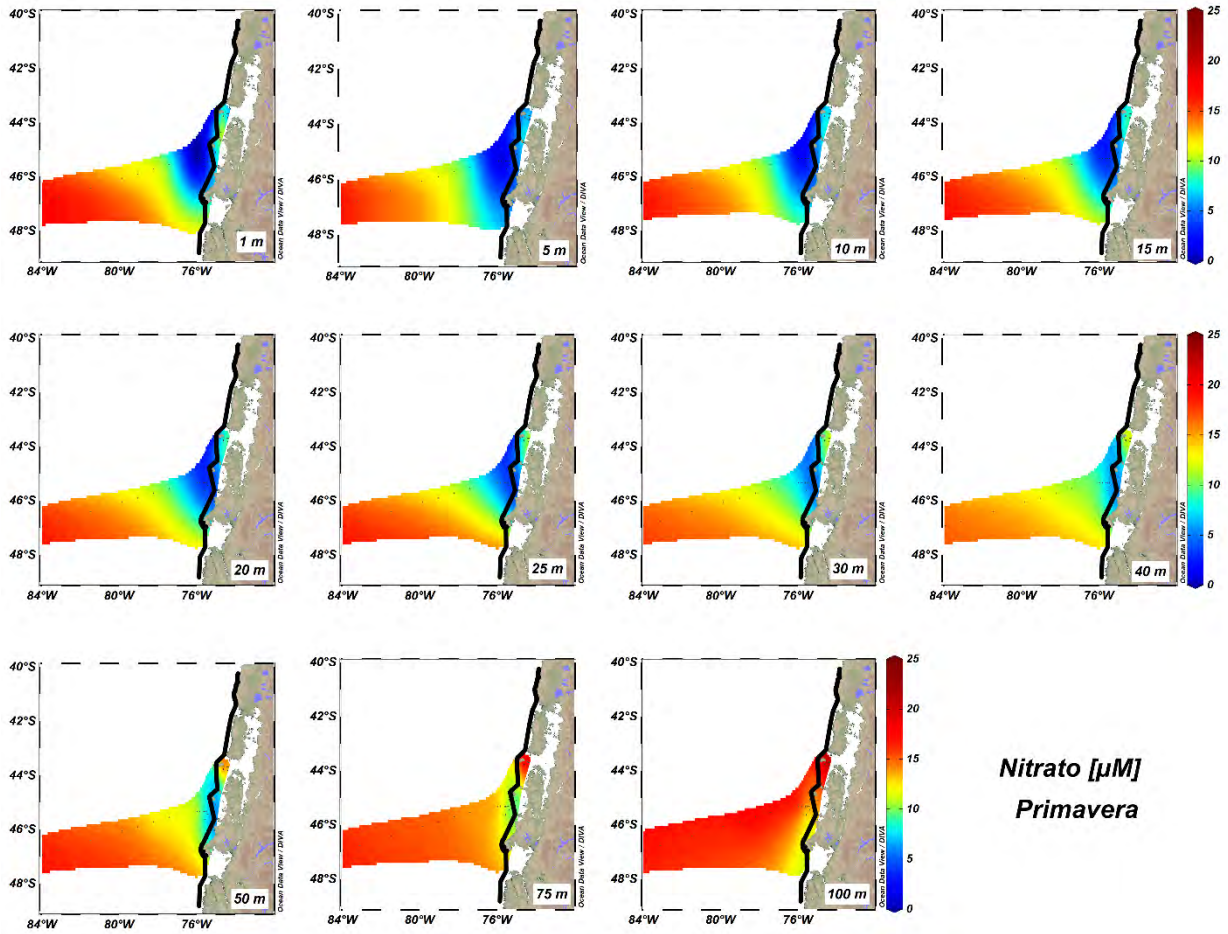


Figura 72. Climatología de la distribución de nitrato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en primavera.

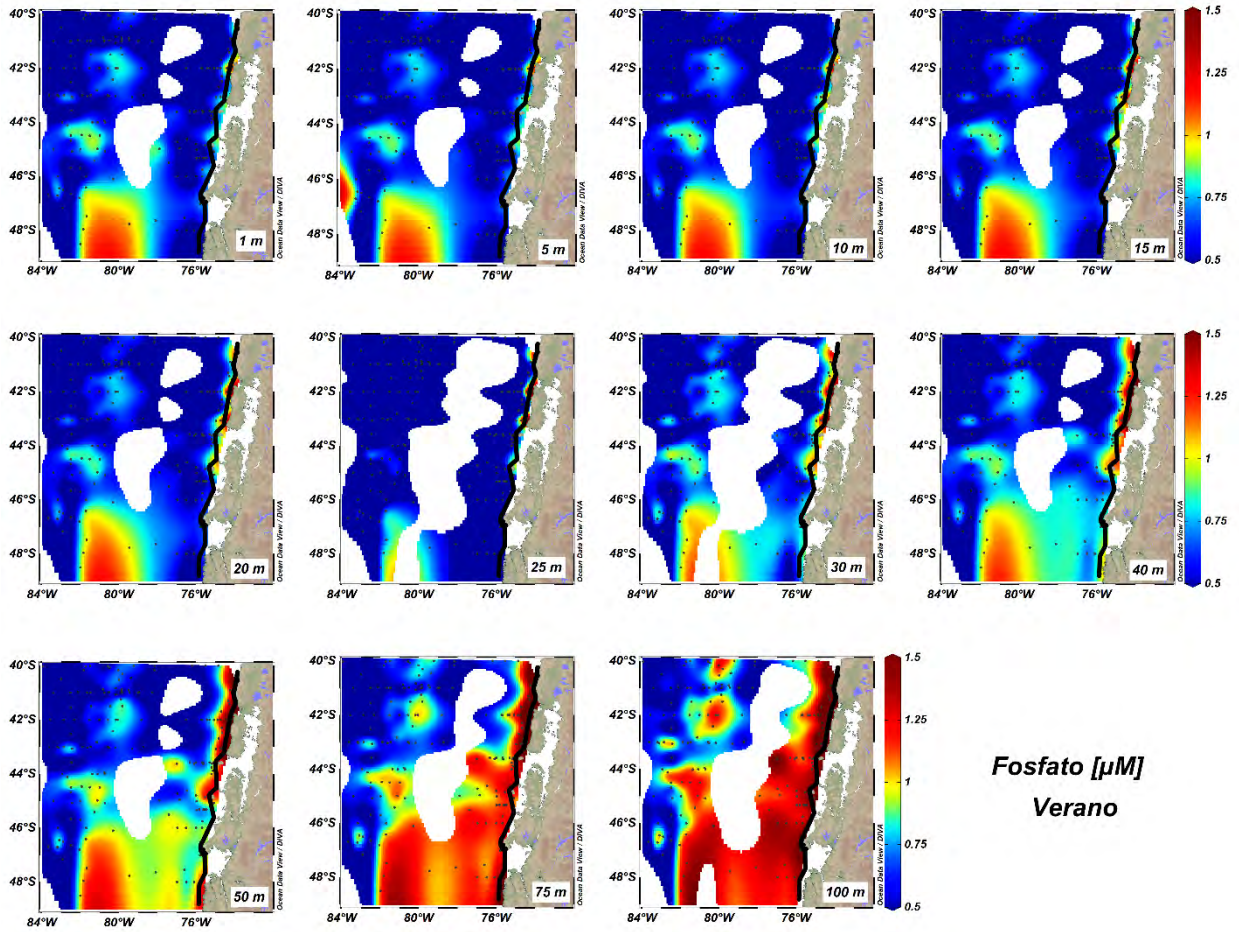


Figura 73. Climatología de la distribución de fosfato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en verano.

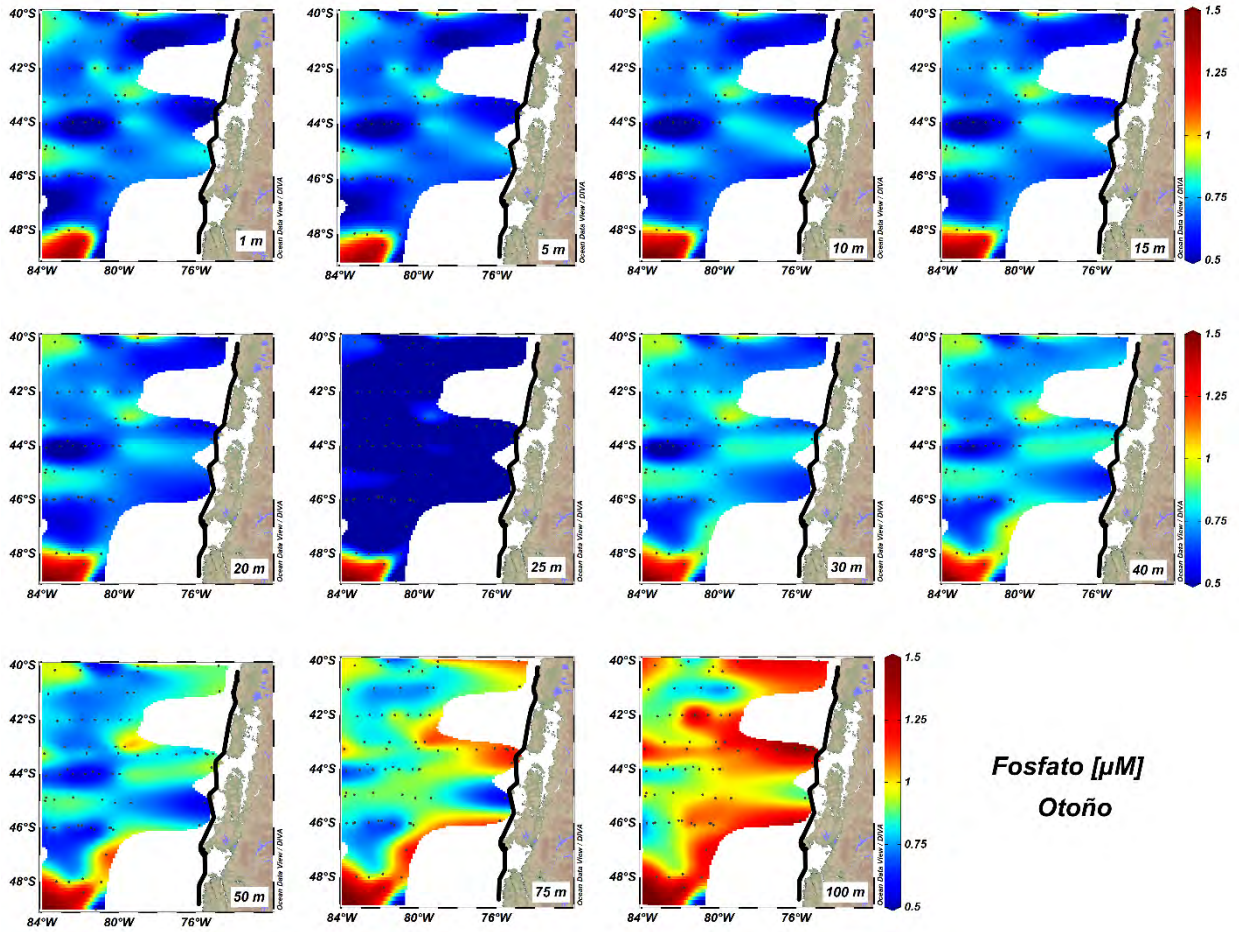


Figura 74. Climatología de la distribución de fosfato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en otoño.

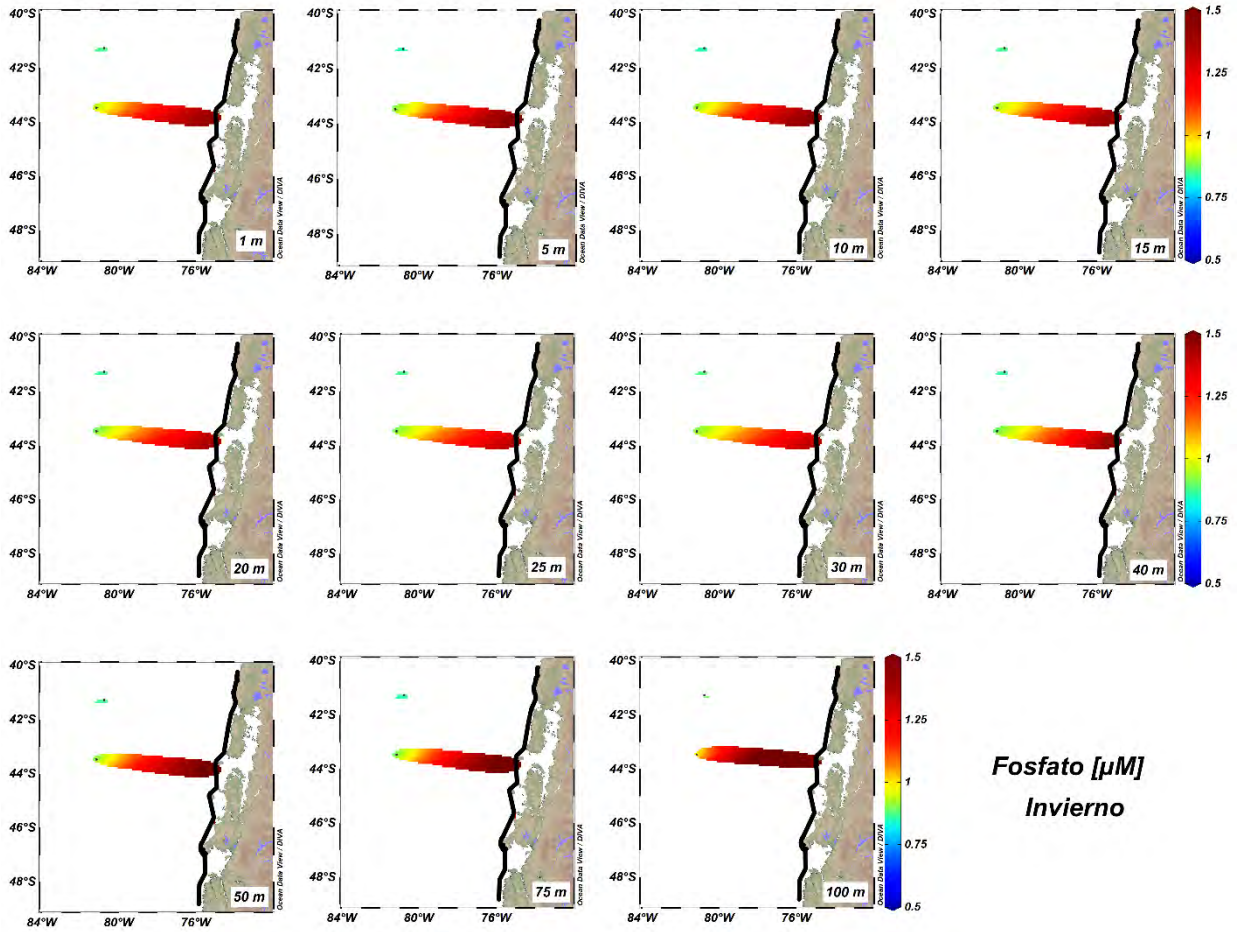


Figura 75. Climatología de la distribución de fosfato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en invierno.

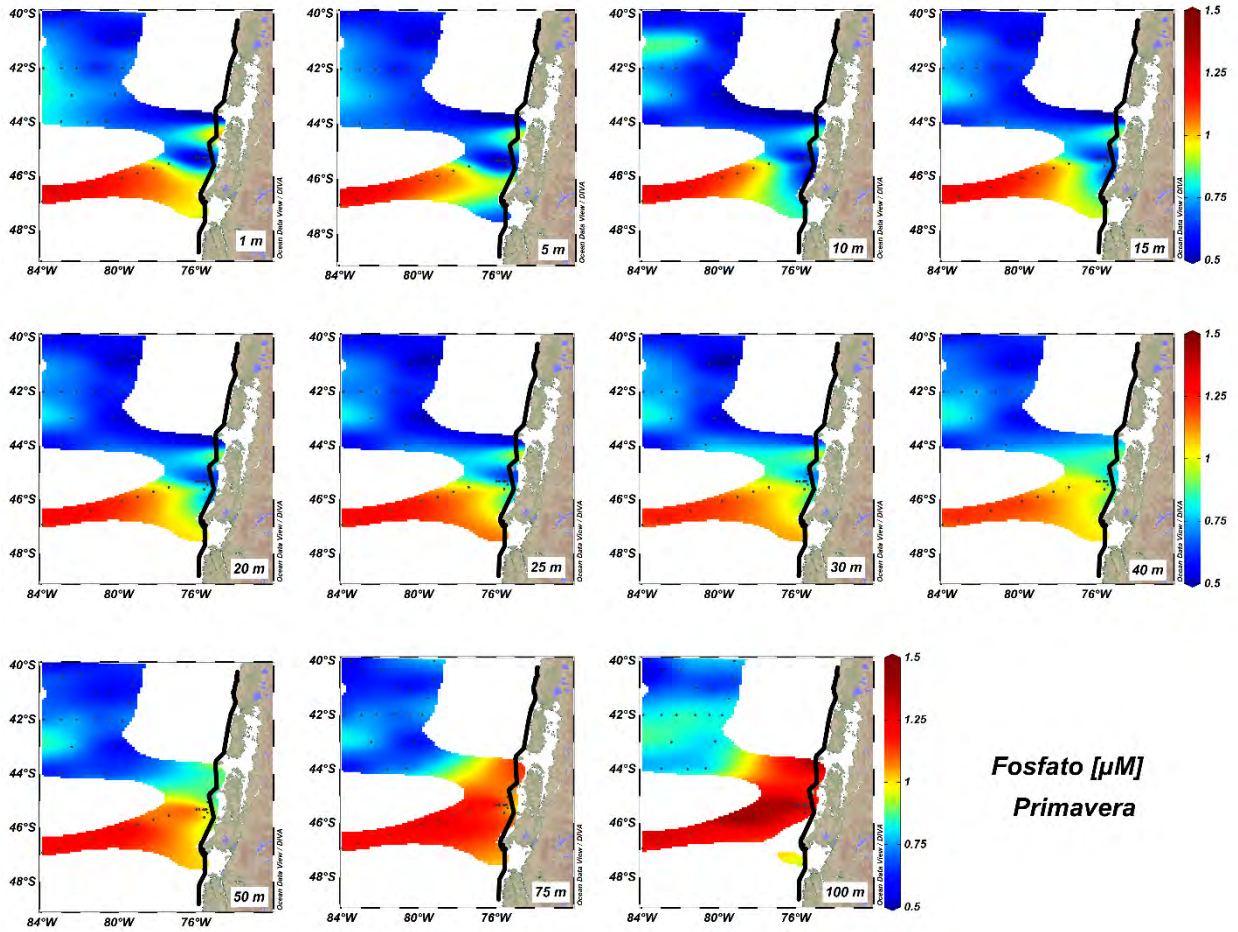


Figura 76. Climatología de la distribución de fosfato (μM) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en primavera.

Tabla 35. Valores promedio (\pm desviación estándar), rangos de valores [mínimo máximo] y número de datos (n) por estrato de profundidad para cada estación del año de nitrato, fosfato y razón nitrato: fosfato.

Profundidad [m]	Nitrato [μ M]				Fosfato [μ M]				razón nitrato:fosfato			
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
0	4,0 \pm 3,7 [0,0-14,0] n=46	6,0 \pm 3,4 [0,0-12,0] n=19	14,4 \pm 4,9 [10,9-17,9] n=2	6,8 \pm 5,9 [0,0-16,5] n=20	0,5 \pm 0,3 [0,0-2,0] n=185	0,7 \pm 0,2 [0,2-1,6] n=74	1,2 \pm 0,4 [0,8-1,7] n=5	0,7 \pm 0,3 [0,2-1,3] n=43	7,1 \pm 4,6 [0,6-17,4] n=41	11,4 \pm 5,9 [2,1-25,6] n=20	9,8 \pm 0,8 [9,3-10,4] n=2	8,9 \pm 3,2 [0,8-14,4] n=35
5	4,4 \pm 4,0 [0,0-14,1] n=47	6,4 \pm 3,0 [1,1-12,0] n=21	16,2 \pm 3,5 [12,2-18,5] n=3	6,2 \pm 5,6 [0,0-16,5] n=24	0,5 \pm 0,3 [0,0-1,9] n=184	0,7 \pm 0,2 [0,2-1,6] n=74	1,3 \pm 0,4 [0,8-1,7] n=5	0,7 \pm 0,2 [0,3-1,2] n=43	9,0 \pm 6,1 [0,5-31,3] n=43	11,5 \pm 5,0 [3,6-25,4] n=21	10,3 \pm 0,9 [9,3-11,1] n=3	8,6 \pm 3,4 [0,5-14,4] n=42
10	5,0 \pm 4,8 [0,0-19,2] n=47	6,6 \pm 2,7 [2,1-12,0] n=21	16,2 \pm 3,5 [12,2-18,5] n=3	6,4 \pm 5,3 [0,0-16,5] n=24	0,6 \pm 0,3 [0,0-2,0] n=185	0,7 \pm 0,2 [0-1,6] n=74	1,3 \pm 0,4 [0,8-1,8] n=5	0,7 \pm 0,2 [0,3-1,2] n=43	8,8 \pm 5,2 [0,5-22,8] n=44	10,9 \pm 3,1 [5,4-18,8] n=20	10,3 \pm 1,1 [9,7-11,6] n=3	9,0 \pm 3,3 [0,8-15] n=43
15	5,3 \pm 4,8 [0,0-20,2] n=47	6,8 \pm 2,5 [3,2-12,0] n=21	15,9 \pm 3,6 [11,9-18,8] n=3	6,9 \pm 5,1 [0,2-16,5] n=24	0,6 \pm 0,3 [0,0-2,1] n=185	0,7 \pm 0,2 [0,2-1,6] n=74	1,3 \pm 0,4 [0,8-1,7] n=5	0,7 \pm 0,2 [0,3-1,2] n=43	7,6 \pm 4,7 [0,6-20,6] n=43	10,4 \pm 4,6 [1,8-20,9] n=21	10,6 \pm 0,5 [10,2-11,2] n=3	8,4 \pm 4,0 [0,7-15,0] n=40
20	5,7 \pm 4,9 [0,0-21,1] n=47	6,9 \pm 2,3 [4,0-12,0] n=21	15,6 \pm 3,8 [11,5-19,2] n=3	7,3 \pm 4,9 [0,4-16,5] n=24	0,6 \pm 0,3 [0,0-2,1] n=185	0,7 \pm 0,2 [0,1-1,6] n=74	1,2 \pm 0,4 [0,9-1,7] n=5	0,7 \pm 0,2 [0,3-1,2] n=43	8,2 \pm 4,3 [0,5-18,8] n=46	11,1 \pm 3,1 [6,7-18,4] n=21	10,3 \pm 0,9 [9,8-11,3] n=3	9,0 \pm 3,1 [1,3-14,6] n=43
25	6,2 \pm 4,9 [0,0-22,1] n=47	7,2 \pm 2,2 [4,0-12,0] n=21	15,3 \pm 4,2 [11,2-19,5] n=3	7,7 \pm 4,8 [0,6-16,5] n=24	0,6 \pm 0,4 [0,0-2,2] n=185	0,7 \pm 0,2 [0,1-1,6] n=74	1,2 \pm 0,4 [0,9-1,7] n=5	0,8 \pm 0,2 [0,3-1,2] n=43	8,5 \pm 3,9 [1,4-16,2] n=45	11,1 \pm 2,6 [6,5-15,7] n=21	10,2 \pm 0,9 [9,7-11,3] n=3	9,1 \pm 3,1 [1,7-15,2] n=41
30	6,7 \pm 4,9 [0,7-22,5] n=47	7,5 \pm 2,0 [4,0-12,0] n=21	11,6 \pm 8,3 [0,0-18,7] n=4	8,2 \pm 4,5 [1,9-16,5] n=24	0,6 \pm 0,4 [0,0-2,2] n=185	0,7 \pm 0,2 [0,2-1,6] n=74	1,2 \pm 0,4 [0,9-1,7] n=5	0,8 \pm 0,2 [0,3-1,2] n=43	8,7 \pm 3,5 [1,7-15,9] n=47	11,4 \pm 2,4 [6,6-16,2] n=21	10,3 \pm 0,9 [9,7-11,3] n=3	9,4 \pm 2,7 [4,6-15,5] n=43
40	8,3 \pm 5,0 [0,8-23,2] n=47	8,0 \pm 2,0 [4,0-12,3] n=21	11,9 \pm 8,3 [0,0-18,0] n=4	9,2 \pm 4,0 [2,0-16,5] n=24	0,7 \pm 0,4 [0,0-2,2] n=185	0,8 \pm 0,2 [0,3-1,7] n=74	1,3 \pm 0,4 [0,9-1,8] n=5	0,8 \pm 0,2 [0,3-1,2] n=43	9,6 \pm 3,1 [3,0-15,5] n=46	11,8 \pm 2,9 [6,8-17,8] n=21	10,5 \pm 0,7 [9,9-11,3] n=3	9,8 \pm 2,3 [5,4-14,5] n=42
50	10,2 \pm 4,7 [2,9-24] n=47	8,9 \pm 2,2 [4,7-12,9] n=21	12,1 \pm 8,6 [0,0-19,9] n=4	10,1 \pm 3,8 [2,2-16,6] n=24	0,8 \pm 0,4 [0,0-2,6] n=185	0,8 \pm 0,2 [0,3-1,7] n=74	1,3 \pm 0,4 [0,9-1,9] n=5	0,9 \pm 0,2 [0,4-1,2] n=43	10,9 \pm 2,6 [4,9-16,8] n=46	12,2 \pm 3,1 [5,3-18,8] n=21	10,6 \pm 0,7 [10,0-11,3] n=3	10,2 \pm 2,1 [6,1-14,2] n=42
75	14,7 \pm 3,6 [9,5-24,4] n=46	11,6 \pm 3,1 [4,4-16,1] n=21	12,2 \pm 8,5 [0,0-18,4] n=4	12,9 \pm 2,7 [5,6-16,7] n=24	0,9 \pm 0,5 [0,1-2,7] n=183	0,9 \pm 0,2 [0,3-1,7] n=74	1,3 \pm 0,4 [0,9-1,7] n=5	0,9 \pm 0,3 [0,6-1,6] n=43	12,7 \pm 3,2 [6,8-24] n=46	12,6 \pm 3,0 [3,9-18,7] n=21	10,8 \pm 0,1 [10,7-10,9] n=3	11,1 \pm 1,6 [7,4-14,5] n=40
100	16,5 \pm 2,9 [8,6-26,7] n=44	14,1 \pm 4,1 [5,7-22,1] n=21	15,7 \pm 13,6 [0,0-24,4] n=3	15,3 \pm 2,9 [10,5-19,6] n=22	1,1 \pm 0,6 [0,1-2,8] n=180	1,0 \pm 0,2 [0,4-1,8] n=73	1,5 \pm 0,7 [0,9-2,3] n=4	1,0 \pm 0,3 [0,6-1,6] n=41	12,8 \pm 2,6 [7,9-19,8] n=44	12,9 \pm 2,6 [4,5-17,9] n=19	10,9 \pm 0,4 [10,7-11,2] n=2	11,3 \pm 1,7 [8,5-14,8] n=40

6.3.2.5 Clorofila-a

El análisis de la variabilidad espacial y temporal de clorofila-a en la zona de estudio se realizó a partir de información satelital. A partir de esta información se se realizó un análisis general de la zona (Figura 77), el de la climatología por estación del año (Figura 78, Figura 79, Figura 80), y se compararon las concentraciones promedio mensual de los meses de enero, abril, julio y octubre (correspondientes a las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente) entre los años 1998 y 2019 (Figura 81, Figura 82, Figura 83, Figura 84 y Tabla 36). La Tabla 36 muestra los rangos de concentración de clorofila-a (mg/m^3) y el número de observaciones en los meses considerados para la comparación.

En términos generales, la región de estudio presentó concentraciones más elevadas cerca de la costa ($>2 \text{ mg}/\text{m}^3$), superando $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ al norte y sur de la desembocadura del Canal Chacao. En este sector, las concentraciones de clorofila-a presentaron una mayor variabilidad

(desviaciones típicas de $\sim 3 \text{ mg/m}^3$), exhibiendo las máximas desviaciones ($>7 \text{ mg/m}^3$) en la desembocadura y hacia el norte del Canal Chacao (Figura 77).

En términos de climatología estacional, se observa que el gradiente zonal de clorofila-a persiste a lo largo de todo el año, con concentraciones $>1,5 \text{ mg/m}^3$ cerca de la costa (Figura 78). En verano (primavera) la isolínea de 1 mg/m^3 alcanzó al sur (norte) de 43°S su máxima extensión fuera de la costa; las concentraciones más elevadas se observaron durante primavera/verano ($>5 \text{ mg/m}^3$) al sur y norte de la desembocadura del Canal Chacao. Esta concentración de clorofila-a satelital mostró máximos extremos en sus concentraciones cerca de la costa a lo largo de todo el dominio latitudinal (concentraciones $>30 \text{ mg/m}^3$), con valores por sobre 50 mg/m^3 al norte de la desembocadura del Canal Chacao (Figura 79). Al considerar aquellos valores dentro del 95% de ocurrencia, la banda costera con concentraciones por sobre 10 mg/m^3 se torna mucho más estrecha, con un espesor de unos pocos kilómetros, con concentraciones por sobre 20 mg/m^3 al norte y sur de la desembocadura del Canal Chacao (Figura 80a). Las concentraciones mínimas extremas de clorofila-a satelital en la banda costera fueron $>0,1 \text{ mg/m}^3$ a lo largo de todo el dominio latitudinal, con mínimos levemente más elevados en la desembocadura del Canal Chacao, entre la Isla Chiloé y la Isla Guafo, y entre el Archipiélago de Chonos y la Isla Guamblin ($>0,15 \text{ mg/m}^3$) (Figura 79). Al considerar aquellos valores dentro del 95% de ocurrencia, la banda costera presentó concentraciones mínimas por sobre $0,25 \text{ mg/m}^3$, observándose desde el sur de Isla Chiloé (43°S) hasta 40°S , Archipiélago de Chonos al norte de 46°S , y al sur de la boca del Golfo de Penas concentraciones por sobre $0,4 \text{ mg/m}^3$; en la desembocadura del Canal Chacao las mínimas concentraciones de clorofila-a alcanzan $\sim 0,5 \text{ mg/m}^3$ (Figura 80b).

La concentración superficial de clorofila-a en enero (verano) varió entre $0,05$ y $36,58 \text{ mg/m}^3$, con un promedio regional mensual que fluctuó entre $0,26 \pm 0,26$ y $0,67 \pm 0,67 \text{ mg/m}^3$ (1998-2019). El 23% del período analizado, los meses de enero presentaron el máximo anual de clorofila-a, principalmente entre los años 1998 y 2006. La distribución espacial muestra un gradiente zonal de clorofila-a, con las mayores concentraciones asociadas a la banda costera, disminuyendo hacia el oeste donde en general se observaron concentraciones de clorofila-a menores a $0,5 \text{ mg/m}^3$. En la banda costera, por otra parte, existió una variabilidad meridional de clorofila-a. Al norte de 45°S se desarrollaron núcleos de alta concentración de clorofila-a apegados a la zona costera. Al sur de 45°S , en cambio, se observaron altas concentraciones de clorofila-a hacia más afuera de la costa que al norte. Sin embargo, estos máximos de clorofila-a observados presentaron menores concentraciones que en la región norte. En esta región, al sur de 45°S , el desarrollo de máximos de clorofila, varió temporalmente tanto en intensidad como en extensión. Ejemplo de ello se observó los años 1999, 2000, 2003, 2004, 2006, 2009, 2010, 2011, donde las concentraciones de clorofila-a fueron las más altas, y su extensión más hacia afuera de la costa, formando filamentos.

En los meses de abril (otoño) la concentración superficial de clorofila-a fluctuó entre $0,01$ y $16,44 \text{ mg/m}^3$, con un promedio regional mensual entre $0,25 \pm 0,19$ y $0,59 \pm 0,72 \text{ mg/m}^3$ (1998-

2019). El máximo anual de clorofila-a se presentó en abril solo el 18 % del periodo analizado (*i.e.*, 2000, 2003, 2007, 2008). La distribución superficial de clorofila-a muestra que las mayores concentraciones de clorofila-a se presentaron a lo largo de la banda costera. Sin embargo, para un mismo año, las concentraciones máximas fueron, en general, inferiores a las registradas en el mes de enero. La distribución latitudinal de clorofila en la banda costera, por otra parte, presentó una variabilidad temporal. En general, en el periodo de estudio, se desarrollaron máximos de clorofila en abril tanto al norte como al sur de la zona de estudio.

En los meses de julio (invierno) la concentración superficial de clorofila-a varió entre 0,01 y 51,15 mg/m³, con un promedio regional mensual entre 0,20±0,15 y 0,46±0,44 mg/m³ (1998-2019). La región de estudio presentó, en general, bajas concentraciones de clorofila-a los meses de julio (<0,5 mg/m³) y sin el desarrollo de un gradiente zonal de concentración característico que se presentó los meses de verano y otoño. Excepción de esto se observó los años 2009, 2012, 2013, 2018 y 2019, donde se presentaron mayores concentraciones (< 2 mg/m³ en promedio) desde la costa hacia el oeste. Aunque en general en julio se presentaron bajas concentraciones de clorofila-a en superficie, entre los años 2013 y 2019, se desarrollaron pequeños núcleos de altas concentraciones, resultando en los máximos anuales de clorofila-a el 41% del período analizado.

La concentración superficial de clorofila-a en octubre (primavera) varió entre 0,04 y 15,53 mg/m³, con concentraciones promedio regional mensual que fluctuaron entre 0,28±0,33 y 0,86±0,91 mg/m³ (1998-2019). Cuatro años del período analizado presentaron los máximos anuales de clorofila-a en el mes de octubre (*i.e.*, 2005, 2009, 2010 y 2011) correspondiente al 18% del periodo. A lo largo de la costa se observaron las mayores concentraciones de clorofila-a. Esta banda de altas concentraciones de clorofila-a se extendió, en general, más afuera de la costa a lo largo de 45° S. Las aguas oceánicas, por otra parte, presentaron bajas concentraciones de clorofila-a (<0,5 mg/m³).

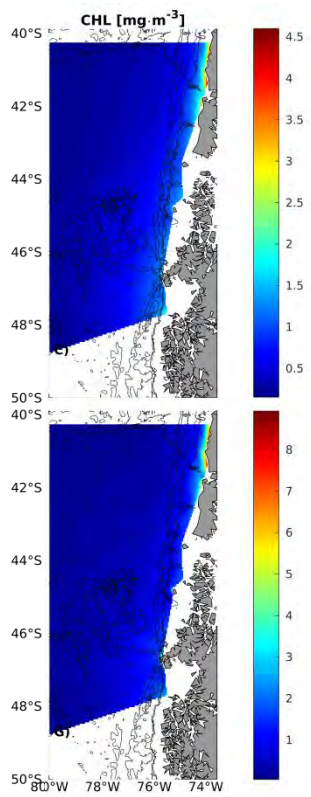


Figura 77. Patrón espacial del promedio (AVG) y desviación típica (STD) temporal del campo de anomalías clorofila-a satelital (CHL).

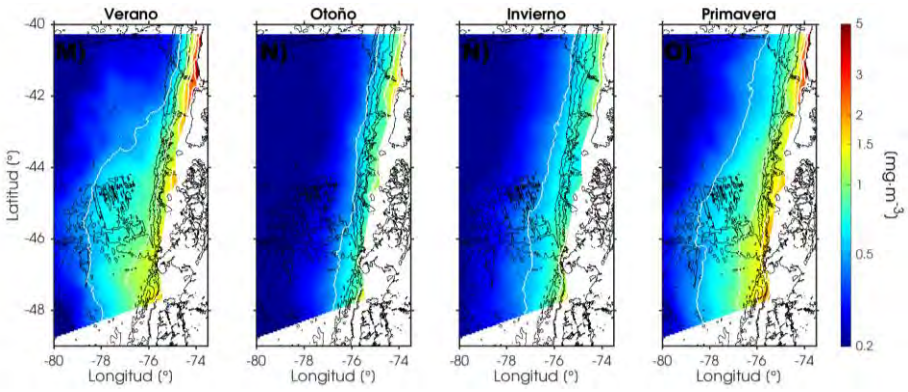


Figura 78. Variabilidad estacional de los campos medios de anomalías en clorofila-a satelital en la región de estudio.

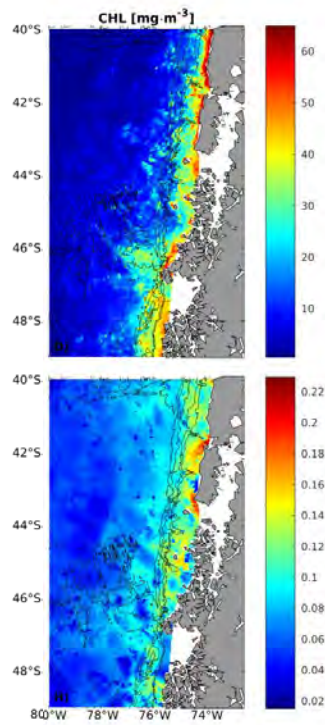


Figura 79. Patrón espacial de los máximos (a) y mínimos (b) extremos del campo de anomalías en clorofila-a satelital (CHL) en la región de estudio.

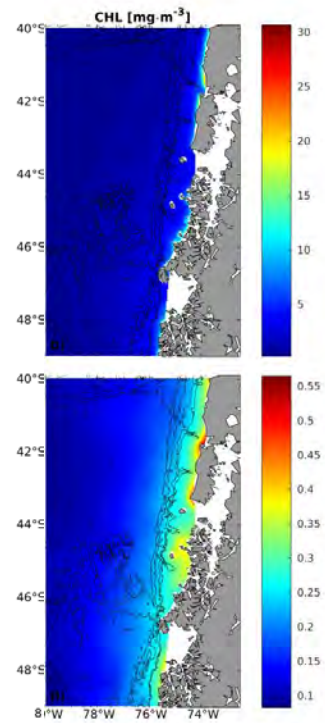


Figura 80. Patrón espacial de los valores asociados al percentil de 95% (a) y percentil de 5% (b) del campo de anomalías en clorofila-a satelital en la región de estudio.

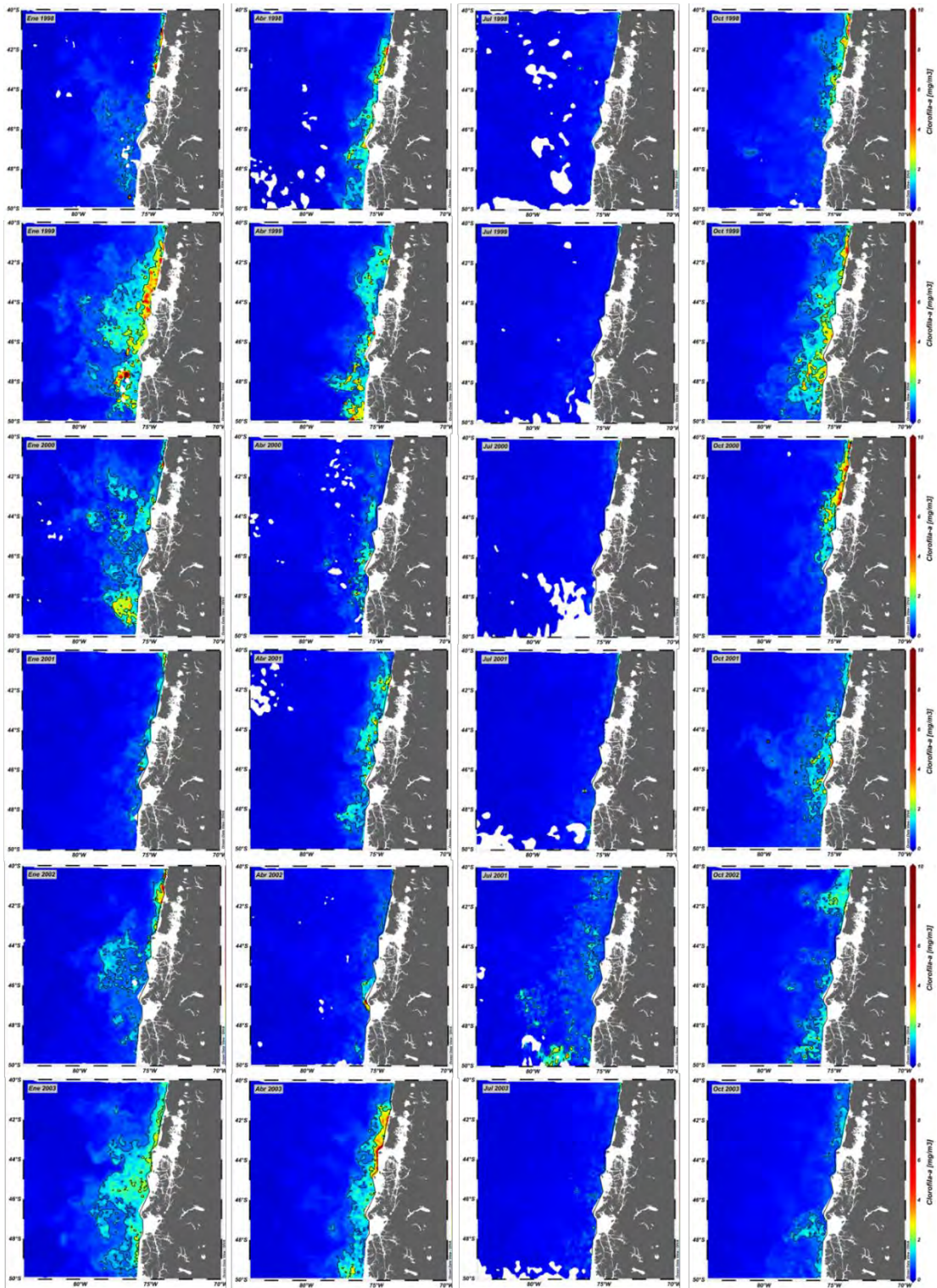


Figura 81. Distribución promedio mensual superficial de clorofila-a (satelital) en enero, abril, julio y octubre de los años 1998, 1999, 2000, 2001, 2002 y 2003 entre 40° y 50° S y desde 5 mn de la costa hasta 84° W.

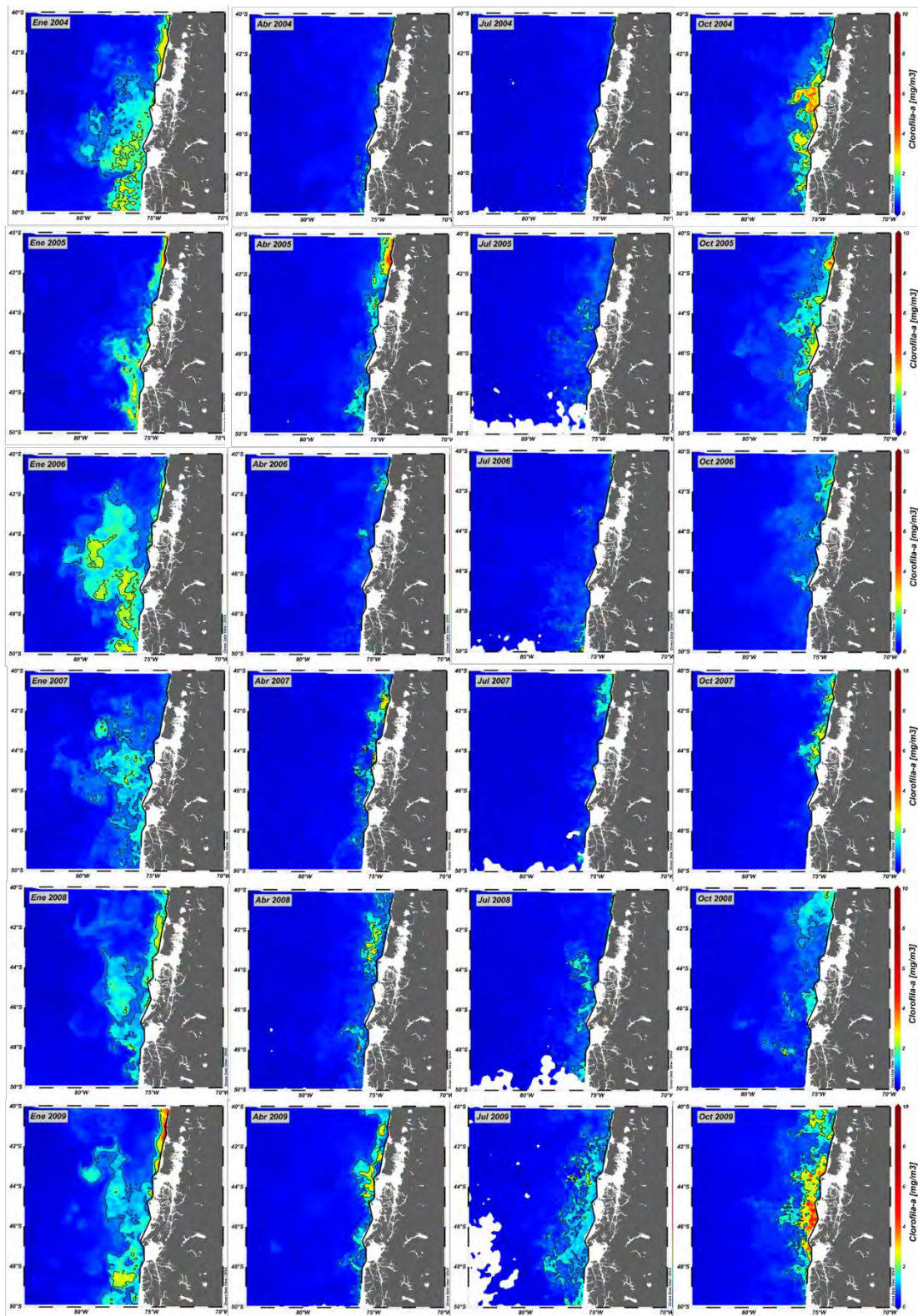


Figura 82. Distribución promedio mensual superficial de clorofila-a (satelital) en enero, abril, julio y octubre de los años 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009 entre 40° y 50° S y desde 5 mn de la costa hasta 84° W.

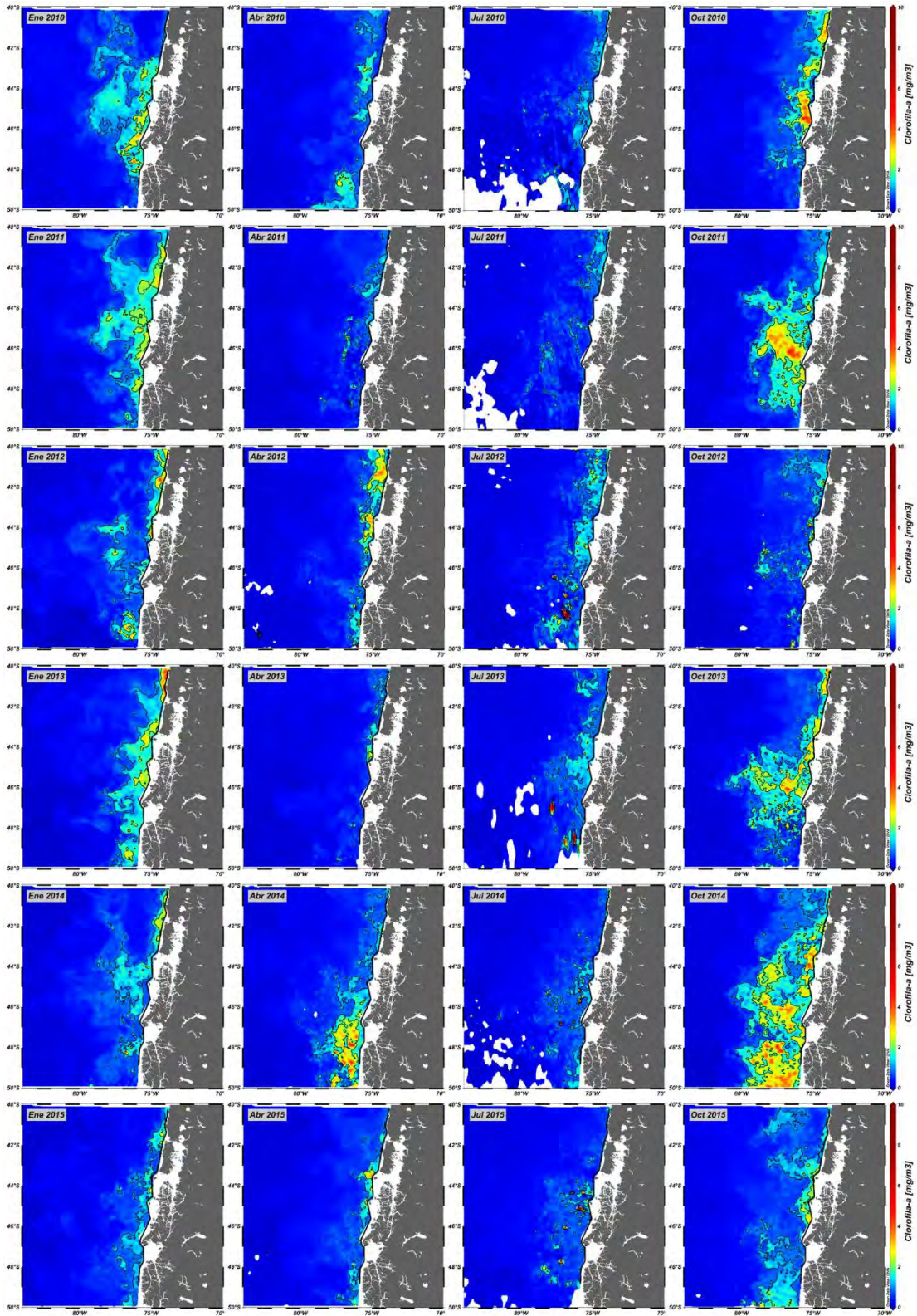


Figura 83. Distribución promedio mensual superficial de clorofila-a (satelital) en enero, abril, julio y octubre de los años 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015 entre 40° y 50° S y desde 5 mn de la costa hasta 84° W.

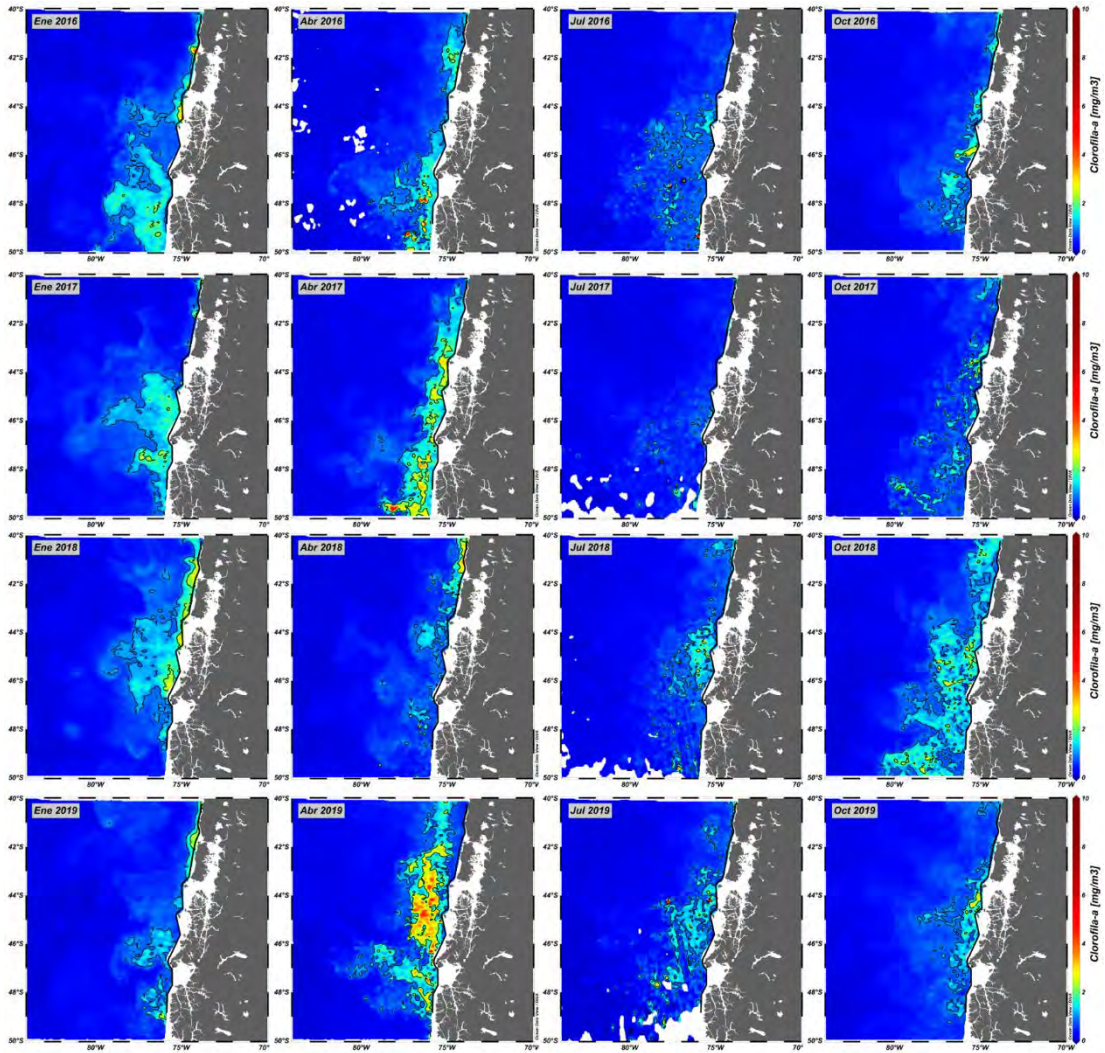


Figura 84. Distribución promedio mensual superficial de clorofila-a (satelital) en enero, abril, julio y octubre de los años 2016, 2017, 2018 y 2019 entre 40° y 50° S y desde 5 mn de la costa hasta 84° W.

Tabla 36. Valores promedio (\pm desviación estándar) de la concentración promedio mensual de clorofila-a satelital superficial (mg/m^3), rangos de valores [mínimo máximo] y número de datos (n) en enero, abril, julio y octubre entre los años 1998 y 2019.

Año	Enero	Abril	Julio	Octubre
1998	0,35 \pm 0,37 [0,03-27,61] n=123403	0,35 \pm 0,44 [0,05-9,5] n=163309	0,24 \pm 0,16 [0,01-3,53] n=41338	0,39 \pm 0,38 [0,08-10,95] n=216401
1999	0,65 \pm 0,75 [0,04-36,58] n=172101	0,41 \pm 0,55 [0,04-15,62] n=189969	0,21 \pm 0,11 [0,02-1,84] n=92034	0,52 \pm 0,6 [0,08-10,89] n=315033
2000	0,51 \pm 0,51 [0,04-12,75] n=148729	0,32 \pm 0,29 [0,03-15,58] n=117754	0,22 \pm 0,14 [0,02-4,4] n=105209	0,38 \pm 0,49 [0,04-15,53] n=162893
2001	0,26 \pm 0,26 [0,07-16,48] n=251192	0,35 \pm 0,42 [0,02-10,23] n=148651	0,22 \pm 0,18 [0,01-14,55] n=120836	0,41 \pm 0,4 [0,07-12,18] n=191906
2002	0,36 \pm 0,42 [0,06-10,81] n=183139	0,29 \pm 0,28 [0,02-17,68] n=110982	0,41 \pm 0,35 [0,02-19,74] n=127023	0,39 \pm 0,37 [0,07-4,77] n=367240
2003	0,55 \pm 0,52 [0,07-4,49] n=325578	0,43 \pm 0,55 [0,09-16,44] n=310412	0,23 \pm 0,16 [0,01-3,74] n=128513	0,33 \pm 0,26 [0,09-3,2] n=310842
2004	0,6 \pm 0,65 [0,05-18,04] n=444978	0,25 \pm 0,19 [0,04-4,25] n=245424	0,2 \pm 0,15 [0,01-3,06] n=169983	0,47 \pm 0,6 [0,08-5,39] n=274678
2005	0,37 \pm 0,51 [0,06-8,68] n=235492	0,35 \pm 0,45 [0,07-6] n=234636	0,3 \pm 0,25 [0,02-6,85] n=186716	0,49 \pm 0,5 [0,09-9,22] n=246885
2006	0,67 \pm 0,67 [0,07-13,45] n=521617	0,26 \pm 0,2 [0,01-2,71] n=288838	0,27 \pm 0,22 [0,01-5,37] n=193009	0,39 \pm 0,31 [0,1-4,98] n=453900
2007	0,5 \pm 0,43 [0,07-4,3] n=292762	0,27 \pm 0,36 [0,06-14,05] n=213123	0,21 \pm 0,24 [0,01-3,99] n=120955	0,28 \pm 0,33 [0,09-3,93] n=330164
2008	0,47 \pm 0,48 [0,06-3,53] n=510964	0,34 \pm 0,39 [0,02-7,82] n=117270	0,29 \pm 0,29 [0,01-4,95] n=141685	0,39 \pm 0,36 [0,06-5,41] n=250748
2009	0,57 \pm 0,59 [0,08-6,72] n=434442	0,34 \pm 0,4 [0,06-6,56] n=243105	0,46 \pm 0,44 [0,02-5,01] n=101389	0,56 \pm 0,7 [0,09-6,82] n=257130

2010	0,57±0,51 [0,09-5,42] n=324016	0,37±0,35 [0,06-3,12] n=240995	0,34±0,32 [0,01-3,01] n=136822	0,48±0,57 [0,08-6,81] n=280658
2011	0,57±0,57 [0,06-3,57] n=373794	0,3±0,27 [0,01-4,46] n=150839	0,37±0,3 [0,01-3,55] n=87218	0,62±0,73 [0,08-5,51] n=305620
2012	0,45±0,48 [0,05-6,31] n=305780	0,4±0,5 [0,05-16,26] n=185529	0,42±0,66 [0,01-51,15] n=81196	0,39±0,36 [0,05-8,6] n=163913
2013	0,48±0,56 [0,05-9,08] n=442476	0,27±0,23 [0,05-5,87] n=239962	0,4±0,53 [0,01-42,56] n=87621	0,59±0,67 [0,08-6,28] n=245256
2014	0,45±0,41 [0,07-4,29] n=294309	0,51±0,61 [0,02-7,52] n=182054	0,37±0,39 [0,01-24,79] n=107912	0,86±0,91 [0,07-7,37] n=228839
2015	0,36±0,33 [0,07-3,94] n=267355	0,35±0,32 [0,04-3,63] n=255534	0,34±0,45 [0,01-41,48] n=107616	0,54±0,44 [0,09-3,96] n=270325
2016	0,48±0,45 [0,08-4,76] n=336994	0,46±0,44 [0,03-15,43] n=161980	0,41±0,37 [0,01-19,31] n=184638	0,42±0,32 [0,08-3,45] n=414919
2017	0,49±0,4 [0,09-3,27] n=438226	0,51±0,56 [0,09-6,28] n=270364	0,31±0,21 [0,01-14,01] n=170953	0,39±0,33 [0,1-4,48] n=255767
2018	0,51±0,46 [0,08-3,79] n=489532	0,37±0,34 [0,03-5,62] n=227287	0,41±0,36 [0,01-10,11] n=126449	0,58±0,51 [0,1-5,68] n=362306
2019	0,39±0,32 [0,06-5,88] n=353866	0,59±0,72 [0,05-9,84] n=153422	0,38±0,42 [0,01-18,28] n=103822	0,46±0,32 [0,09-3,69] n=334772

Para determinar la fluctuación estacional de clorofila-a satelital en la zona costera, región que presentó mayor variabilidad de clorofila en la serie de tiempo de distribución superficial de clorofila-a, se seleccionaron 3 localizaciones en la zona norte, centro y sur (Figura 85). En la estación norte, la concentración promedio mensual de clorofila varió entre 0,37 y 5,81 mg/m³ (promedio 1,46±1,02 mg/m³). La concentración de clorofila presentó un ciclo estacional, con las menores concentraciones en invierno y las mayores en verano. Dentro del período analizado, los periodos primavera-verano con los mayores máximos de concentración de clorofila (*i.e.*, sobre el percentil 75) se observaron los años 97/98, 04/05, 05/06, 09/10, 10/11 y 17/18, mientras que los menores máximos estivales (*i.e.*, bajo el percentil 25) se observaron los años 99/00, 02/03, 03/04, 06/07, 13/14 y 14/15.

En la estación centro, la concentración promedio mensual de clorofila-a satelital varió entre 0,34 y 4,72 mg/m³ (promedio 1,22±0,74 mg/m³). Estas concentraciones fueron menores a las observadas en las estaciones seleccionadas del norte y sur de la zona costera. Esta diferencia podría ser explicada porque, si bien está en la línea definida como a 5 mn de la costa por la presencia de algunas islas más pequeñas, está más alejada de zonas continentales que signifiquen un aporte importante de nutrientes, y, por lo tanto, la producción primaria podría ser menos favorecida. La concentración de clorofila también presentó un ciclo estacional, con las menores concentraciones en invierno y las mayores en verano. Los periodos primavera-verano con los mayores máximos de concentración de clorofila-a (*i.e.*, sobre el percentil 75) se observaron los años 98/99, 02/03, 08/09, 09/10, 13/14 y 14/15, mientras que los menores máximos estivales (*i.e.*, bajo el percentil 25) se observaron los años 01/02, 03/04, 06/07, 11/12, 12/13 y 14/15.

La concentración promedio mensual de clorofila-a satelital superficial en la estación centro varió entre 0,30 y 6,63 mg/m³ (promedio 1,58±1,10 mg/m³). Estas concentraciones fueron mayores a las observadas en la estación norte y centro el 54% y 62% de las fechas analizadas (1997-2019), respectivamente. La concentración de clorofila-a también presentó un ciclo estacional, con las menores concentraciones en invierno y las mayores en verano. Los periodos primavera-verano con los mayores máximos de concentración de clorofila (*i.e.*, sobre el percentil 75) se observaron los años 99/00, 07/08, 09/10, 13/14, 15/16 y 16/17, mientras que los menores máximos estivales (*i.e.*, bajo el percentil 25) se observaron los años 01/02, 06/07, 10/11, 11/12, 14/15 y 18/19.

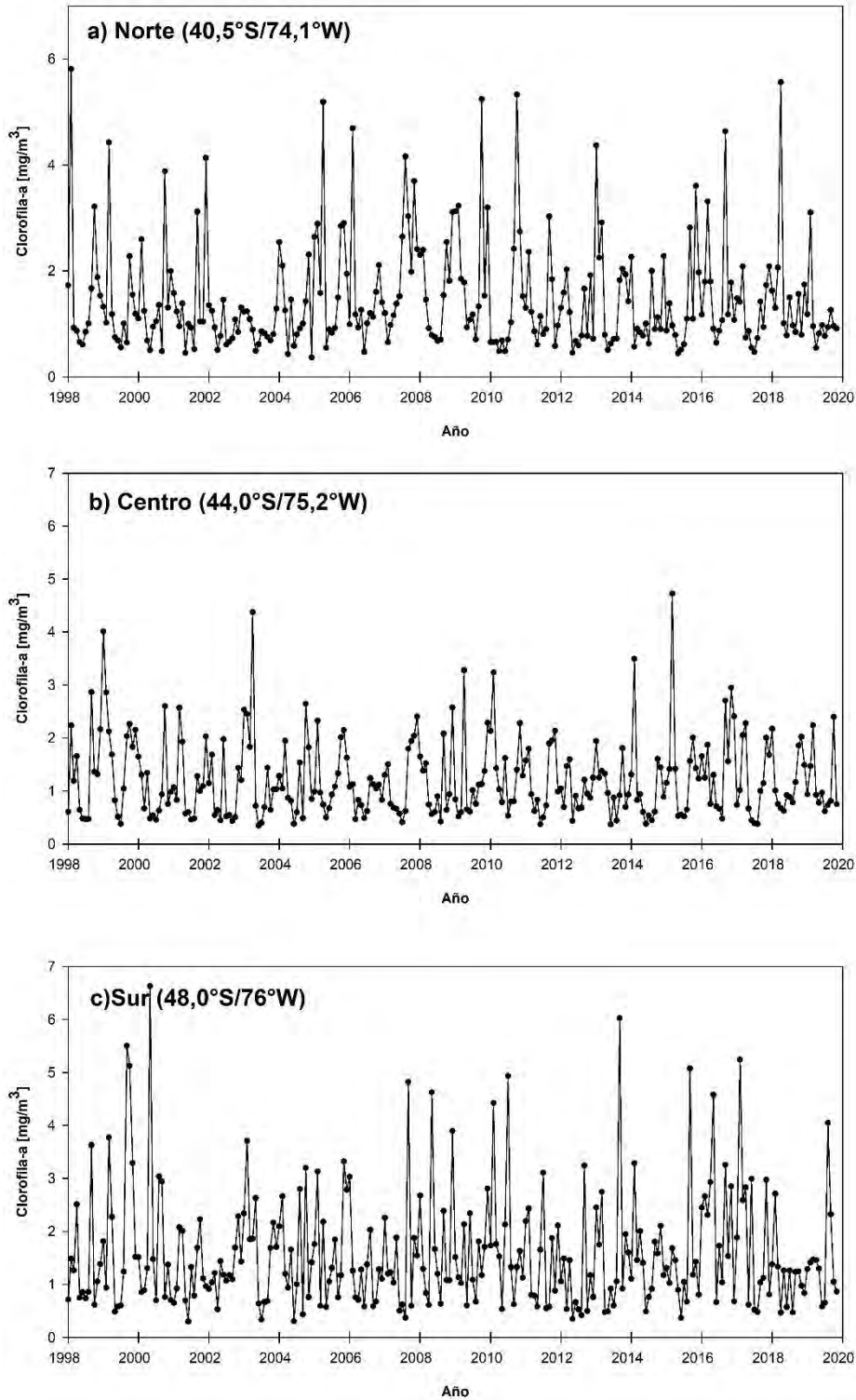


Figura 85. Distribución temporal de clorofila-a superficial satelital al a) norte (40,5°S/75,1°W), b) centro (44,0°S/75,2°W) y sur (48,0°S/76°W) de la zona costera.

6.3.2.6 Caracterización biológica y ambiental de los ambientes bentónicos.

La lista de antecedentes recopilados en la Tabla 37 hace referencia a una parte importante del conocimiento existente respecto a la taxonomía, abundancia, distribución, relaciones tróficas y las asociaciones especie-ambiente de los organismos bentónicos y las características sedimentológicas en el área de estudio (Figura 86). La información biológica disponible constituye el resultado de expediciones científicas internacionales, pero en gran proporción es de carácter cualitativo, correspondiendo a registros de especies y descripciones de las características de sus hábitats. En este contexto, la mayoría de las estaciones de muestreos biológico y sedimentario, corresponden al mar interior que colinda con la zona de estudio (zona oceánica/*offshore*), por lo tanto, la caracterización biológica y ambiental de los ambientes bentónicos se presentan como antecedentes respecto a la información disponible existente.

Tabla 37. Descripción de los principales antecedentes bióticos existentes para el área de estudio.

Referencia	Área de estudio	Profundidad	Aspectos relevantes
Palma et al. 2005	40°S–46°S	Plataforma y talud continental, Llanura abisal (100-4000 m)	Se caracteriza el macrobentos de fondos blandos cuantitativamente, así como parámetros sedimentarios relacionados con la cantidad y calidad de la materia orgánica
Quiroga & Levin 2005	36°S–46°S	Plataforma y talud continental (100-500 m)	Se describe a <i>P. pennata</i> , poliqueto bentónico asociados a crestas carbonáticas en sumideros fríos activos y pasivos en la costa exterior de la Península de Taitao.
Rozbaczylo et al. 2006a	40°S–44°S	Plataforma continental	Se caracterizan los ensambles de poliquetos bentónicos de fondos blandos en el marco de las Expediciones CIMAR Fiordos 7 y 8, con énfasis en las estaciones ubicadas en la plataforma exterior.
Rozbaczylo et al. 2006b	40°S–44°S	Plataforma continental	Se caracterizan los ensambles de poliquetos bentónicos de fondos blandos en el marco de las Expediciones CIMAR Fiordos 7 y 8, con énfasis en las estaciones ubicadas en la plataforma exterior.
Rozbaczylo et al. 2017	40°S–44°S	Plataforma continental	Se caracterizan los ensambles de poliquetos bentónicos de las familias de Poliquetos bentónicos Amphinomida, Phyllodocida y Eunicida (Annelida: Polychaeta) de la región de fiordos y canales australes de Chile recolectados durante los cruceros CIMAR 13 a los 20 fiordos.
Blake 2017	40°S–46°S	Plataforma continental	Se caracterizan los ensambles de poliquetos bentónicos de fondos blandos en el marco de las Expediciones extranjeras RV Eltanin y RV Verma, con énfasis en las estaciones ubicadas en la plataforma exterior.

Maurer & Williams 1988	40°S–46°S	Plataforma y talud continental, Llanura abisal (100-4000 m)	Se caracterizan los ensambles de poliquetos bentónicos de fondos blandos en el marco de las Expediciones extranjeras RV Eltanin y RV Vema, con énfasis en las estaciones ubicadas en la plataforma exterior.
Hartmann-Schröder 1965	40°S–46°S	Plataforma y talud continental, Llanura abisal (100-4000 m)	Se caracterizan los ensambles de poliquetos bentónicos de fondos blandos en el marco de la Expedición Mar Chile I.
Zapata-Hernández et al. 2014.	45°S	Talud continental (500 m)	Descripción de las características tróficas de las comunidades bentónicas frente a la Península de Taitao mediante isotopos estables.
Muñoz et al. 2004	36°S–42°S	Plataforma y talud continental, Llanura abisal (100-4000 m)	Se describen las condiciones sedimentológicas, contenido de materia orgánica, tasas de sedimentación y perfiles de Pb210.
Guzmán & Quiroga 2005	40°S–46°S	Plataforma y talud continental, Llanura abisal (100-4000 m)	Reporte de nuevos rangos de distribución de crustáceos decápodos recolectados en la Expedición SO156 PUCK.
Quiroga et al. 2009	40°S–46°S	Plataforma y talud continental, Llanura abisal (100-4000 m)	Se caracteriza la megafauna bentónica mediante redes de arrastres bentónicos (AGT). Se describen patrones batimétricos y latitudinales, registrando patrones de distribución influenciados por masas de aguas como el agua intermedia Antártica (AIA) y Aguas Ecuatoriales subsuperficiales (AES)
Guzmán & Sellanes 2012	40°S–46°S	Plataforma y talud continental, Llanura abisal (100-4000 m)	Reporte de nuevos rangos de distribución de crustáceos decápodos recolectados en la Expedición SO156 PUCK.
Hebbeln et al., 2001	40°S–46°S	Plataforma y talud continental, Llanura abisal (100-4000 m)	Reporte de crucero de la Expedición SO156 PUCK. Se describen comunidades bentónicas y sedimentarias. Las muestras de sedimentos fueron recolectadas mediante testigos.
Völker et al., 2012	33°S–43°S	Plataforma y talud continental, Llanura abisal (100-4000 m)	Se describen la morfología y geología del margen continental, incluyendo la plataforma y talud continental mediante herramientas geofísicas y testigos.
García et al. 2019	40°S–44°S	Plataforma y talud continental, Llanura abisal (100-4000 m)	Se caracteriza las condiciones sedimentarias en la zona exterior de Chiloé, asociados a cañones submarinos. Se reportan valores de pH y potencial REDOX superficial en sedimentos superficiales.

Stuut et al. 2007	36°S–43°S	Plataforma y talud continental, Llanura abisal (100-4000 m)	Se describen las caracterizas físicas, químicas y mineralógicas de los sedimentos en el plataforma y talud continental. Se describe el porcentaje de materia orgánica y material terrígeno y su contribución en los sedimentos.
Kaiser et al. 2015	36°S–43°S	Plataforma y talud continental, Llanura abisal (100-4000 m)	Se describen proxies basados en lípidos de glicerol de arqueas [isoprenoide GDGTs] y bacterias [GDGTs ramificados] en 33 sedimentos superficiales de marinos, fiordos y lagos. Se analizaron sistemas entre 25 ° S y 50 ° S en Chile
Melo et al. 2007	29°S–40°S	Plataforma y talud continental (100-500 m)	Se describen las condiciones ambientales y ecológicas, incluyendo las características hidrográficas (concentración de oxígeno, temperatura y salinidad). Se caracteriza las comunidades bentónicas con especial énfasis en macrobentos de fondos blandos. Caracterización del fondo marino entre las III y X regiones (Proyecto FIP N° 2005-61) .

Las comunidades macrobentónicas en el margen continental exterior entre 41.5°S y 46.5°S han sido escasamente investigadas, principalmente en el marco de investigaciones internacionales (Hartmann-Schröder 1965; Maurer & Williams 1988). Adicionalmente, se incluyen antecedentes obtenidos en el marco del programa CIMAR Fiordos, en los cuales se reportaron aquellos relacionados con la descripción de las comunidades macrobentónicas en el mar interior y algunos sitios en la plataforma exterior (Figura 86, Tabla 37). En términos generales, los estudios corresponden a caracterizaciones cualitativas y cuantitativas del componente bentónico (Rozbaczylo et al., 2006 a, b; Quiroga & Levin, 2005; Guzmán & Sellanes, 2015; Blake, 2017), como también sobre las condiciones sedimentológicas (Hebbeln et al., 2001, Muñoz et al., 2004, Stuut et al., 2007, Volker et al., 2017, Kaiser et al., 2015).

Las comunidades bentónicas y los patrones de riqueza de especies registrados para la zona de estudio han sido descritos en diversos trabajos (Maurer & Williams, 1988; Palma et al., 2005, Quiroga et al., 2009, Sellanes et al., 2010). En estos estudios, la profundidad y los niveles de oxígeno disuelto fueron los factores principales que controlan los patrones de distribución ecológicos a lo largo de la plataforma continental y en áreas batiales. Algunas especies parecen estar limitadas a distintas áreas en la plataforma continental, mientras otras especies se restringen a zonas batiales. Además, otras especies tienen un rango más amplio, que se extiende desde la plataforma continental hasta zonas batiales, como poliquetos anfinómidos (Maurer & Williams, 1988). Existen relaciones biogeográficas con el Pacífico Sur. Los océanos Atlántico y Sur, pero estos últimos parecen ser más débiles de lo que se esperaría considerando la conexión por aguas antárticas intermedias. En particular, la macrofauna bentónica ha sido escasamente estudiada en términos cuantitativos, pero en general, el macrobentos es dominado numéricamente por poliquetos en la plataforma continental y zonas batiales, seguidos por los crustáceos peracáridos (Palma et al., 2005). La

riqueza y diversidad de especies se correlacionan con los cambios observados en las concentraciones de oxígeno en el fondo del agua y el aporte de fitodetritus. Los resultados sugieren que las comunidades macrobénticas en la zona de estudios están relacionados con los diferentes entornos proporcionados por las masas de agua (Quiroga et al., 2009). De hecho, los rangos de profundidad de los grupos de estaciones con sus inventarios específicos de especies coinciden con los límites de las tres masas de agua importantes en la región, el Agua Ecuatorial Subsuperficial (50 - 400 m de profundidad), Agua Intermedia Antártica (400 - 1200 m de profundidad) y Agua Profunda del Pacífico (>1200 m de profundidad).

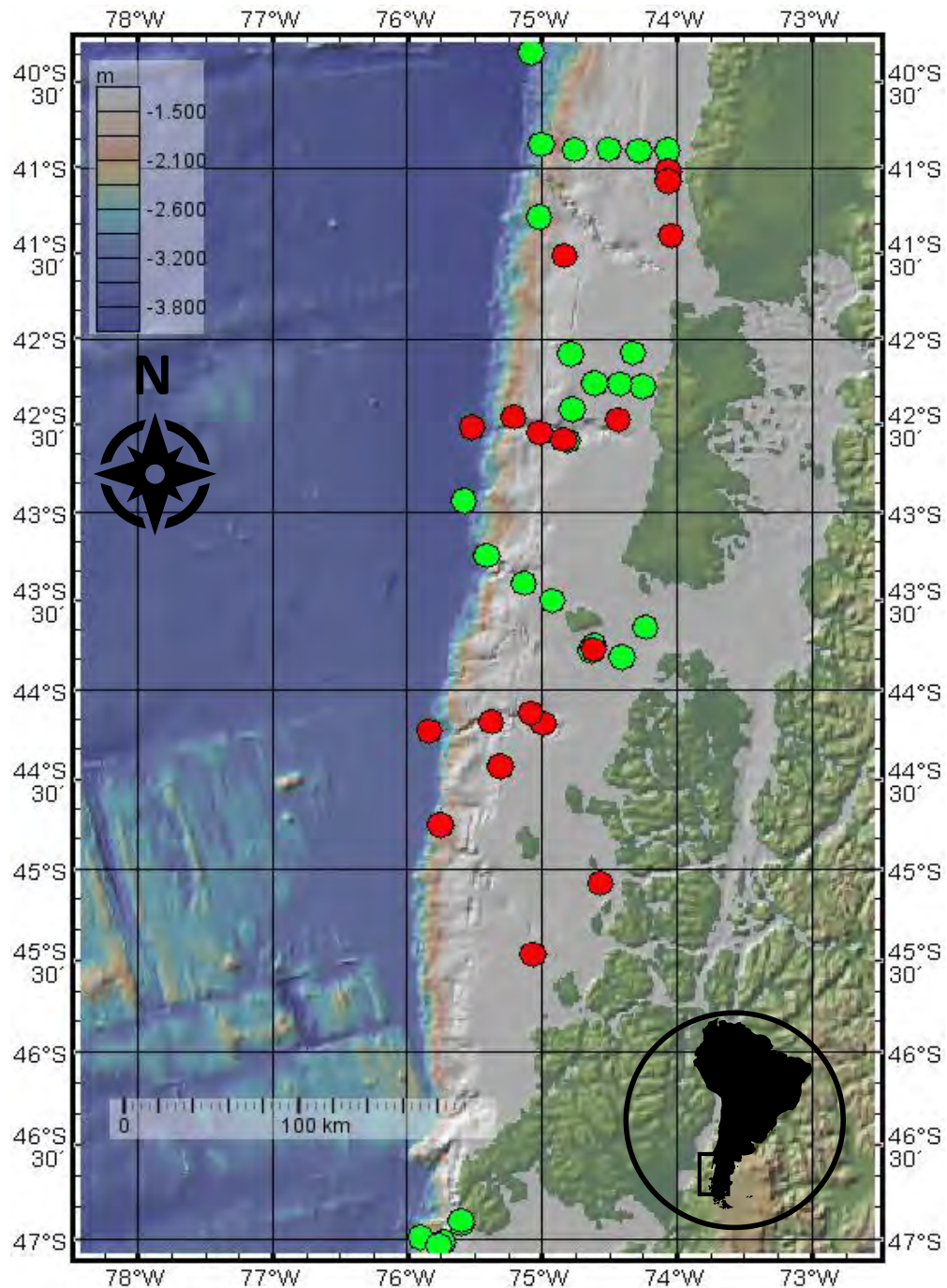


Figura 86. Ubicación estaciones de muestreo biológico y sedimentario (40°S y 48°S latitud). Se señala la información biológica cuantitativa- cualitativa (círculos verdes) y sedimentaria como pH, potencial REDOX, MOT y COT (círculos rojos).

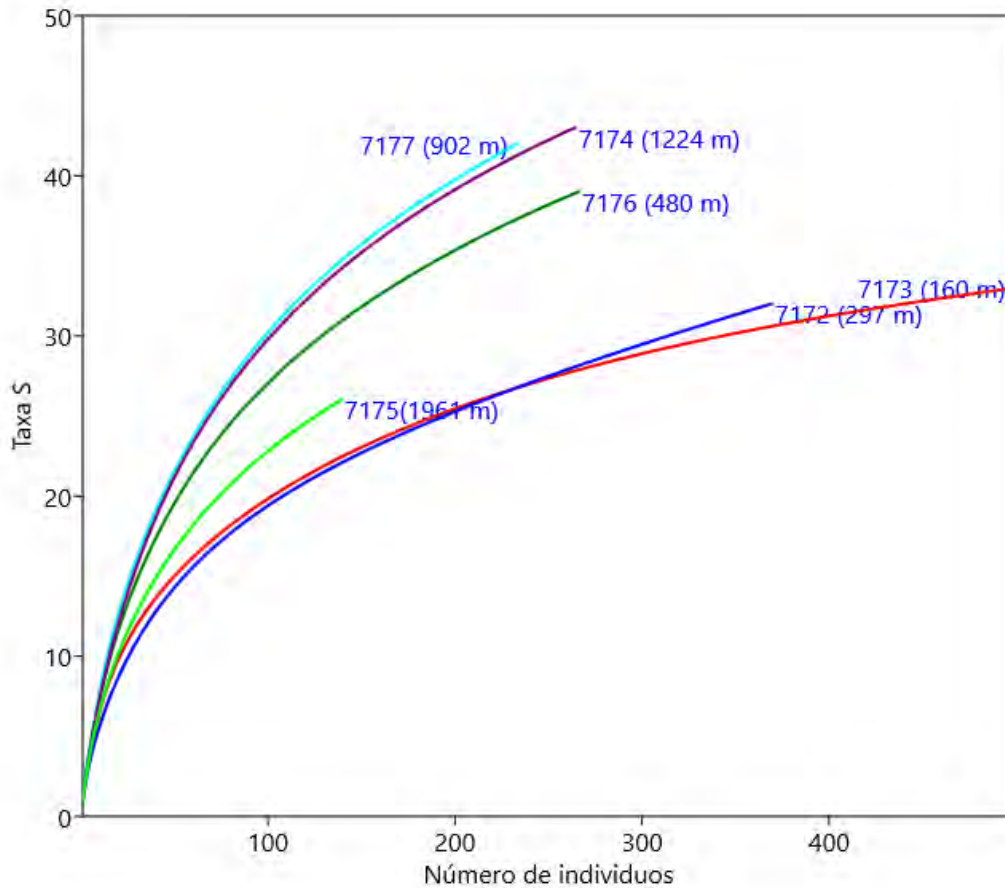


Figura 87. Curvas de número esperado de especies (ES) para las estaciones frente a la costa de la Isla de Chiloé (42°S). La riqueza de especies estimadas fue obtenida de muestras cuantitativas de macrofauna bentónica reportadas por Palma et al. (2005).

Los patrones de riquezas de especies reportadas por Palma et al. (2005) para la macrofauna bentónica indican que las comunidades en ciertas áreas de la zona de estudio han sido relativamente bien muestreadas (160 – 297 m), mientras las estaciones del talud (>480 m) no alcanzan la asíntota, sugiriendo comunidades bentónicas más diversas (Figura 87). Estos resultados son consistentes con aquellos reportado por Quiroga et al. (2009) y Sellanes et al. (2010), quienes describen para todo el conjunto faunístico bentónico (macro y megafauna bentónica) similares patrones, caracterizados con marcados gradientes batimétricos asociados a las masas de aguas imperantes en la zona de estudio. Es más, el análisis de ordenación comunitaria del macrobentos exhibieron gradientes batimétricos bien definidos, caracterizados por comunidades con altas similitudes en la plataforma continental (160 – 290 m) y en zonas profundas del talud continental (960 m, 1224 m y 1961 m; Figura 88).

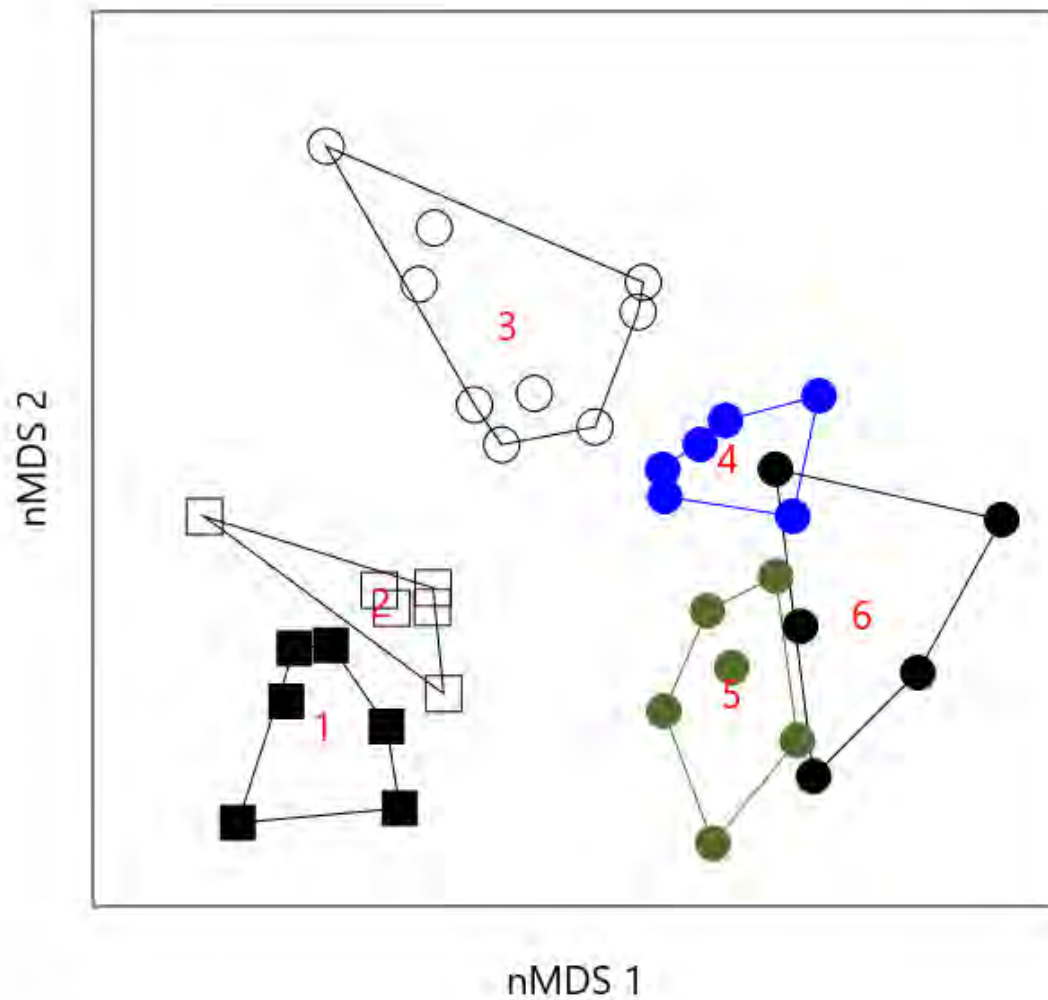


Figura 88. Análisis de ordenación no métrica multidimensional (nMDS) basado en la macrofauna bentónica frente a 42°S (Palma et al., 2005). 1= 160 m, 2= 290 m, 3=460 m, 4= 960 m, 5=1961 m y 6=1224 m (valor de stress=0.22).

Por otra parte, en términos de la estructura trófica de las comunidades bentónicas en el área de la plataforma continental exterior, existe escasa información. Zapata-Hernández et al (2014) describieron la estructura trófica de las comunidades bentónicas, mediante la aplicación de análisis de isótopos estables de carbono ($d^{13}C$) y nitrógeno ($d^{15}N$), incluyendo sumideros fríos, cold seeps (e.g., quimiosimbióticos bivalvos y poliquetos siboglinidos), que son típicos de los ambientes de filtración de metano. Los resultados exhibieron que la comunidad es heterotrófica, cuya nutrición tiene origen predominantemente de fuentes fotosintéticas ($d^{13}C = -21 \text{ ‰}$). Estos estudios aportan los primeros antecedentes tróficos

básicos para el área batial del sur de Chile, incluida la identificación de una nueva área de filtración de metano.

6.3.2.7 Contexto internacional de la zona de estudio.

- a) **La convención de la conservación de la diversidad ha declarado la región del Pacífico oriental y templado tropical, entre los 41.5 ° S y 47 °S frente a la costa de Chile (incluidos fiordos y canales y el área costa afuera hasta 100 nm de las líneas de base rectas) como un área de significancia biológica y ecológica (ESBAs).**

El área que abarca zonas pelágicas a través del océano profundo entre 41.5 ° S y 47 ° S frente a la costa de Chile (incluidos fiordos y canales y el área costa afuera hasta 200 km de la costa), comprende una intrincada variedad de mares interiores, archipiélagos, canales y fiordos que se extienden unos 600 km lineales y encierran aproximadamente 10.700 km de costas enrevesadas y protegidas. Esta región ha sido clasificada como una región de alto interés biológico y ecológico para la conservación marina en América Latina y el Caribe (Figura 89; <https://www.cbd.int/ebsa/>). Parcialmente perteneciente a la provincia de Sudamérica de clima frío, y también conocida como la ecorregión de Chiloense. Esta área es donde el West Wind Drift golpea el continente de América del Sur en dirección sureste (Silva & Neshyba, 1977) trayendo aguas frías al continente. La región se caracteriza por un amplio régimen de mareas y un abundante aporte de agua dulce proveniente del deshielo de los glaciares, el drenaje de los ríos y las abundantes precipitaciones (4000-7000 mm por año). De hecho, dos de los tres valores máximos de descarga media anual del río en el mundo se han encontrado en la ecorregión de Chiloense (2470 m³/s en la latitud 42°S y 3480 m³/s en la latitud 46°S) (Dávila et al., 2002). El área también alberga el tercer lugar de alimentación y parto más importante del mundo para los cetáceos: el Golfo de Corcovado. Es aquí donde cientos de ballenas jorobadas y azules se congregan cada año para alimentarse del abundante krill que es producto de los ricos sistemas de afloramiento a lo largo de la corriente de Humboldt y donde las ballenas azules llevan a sus crías a amamantar. Sin embargo, estas ballenas no son las únicas especies que habitan en esta región, existe una excepcional diversidad marina, incluidas las especies endémicas y los taxones relictos, se encuentra en esta región, que es una de las más productivas del mundo (<https://www.cbd.int/ebsa/>; Area meeting EBSA criterio, 2014. Anexo I).

b) Ecosistemas marinos profundo de significancia biológica y ecológica

En esta región se reconocen tres tipos de ecosistemas que constituyen áreas de significancia biológica y ecológica (Fig. 89-91):

1. Montes submarinos y colinas submarinas (Knoll) (Global distribution of seamounts and knolls, <https://data.unep-wcmc.org/datasets>).

2. Cañones submarinos (Harris & Whiteway, 2011. Global distribution of large submarine canyons: Geomorphic differences between active and passive continental margin. *Marine Geology*. 285: 1–4, 69-86).
3. Ecosistemas quimiosimbióticos (<http://www.coml.org/projects/biography-deep-water-chemosynthetic-ecosystems-chess.html>).

PDF Print

Ecologically or Biologically Significant Areas (EBSAs)

Convergencia de la Deriva del Oeste (West Wind Drift Convergence)

PUBLISHED: 16 AUG 2016

General Information

Summary
None

Introduction of the area

The area proposed, covering pelagic through deep-ocean zones between 41.5° S and 47° S off the coast of Chile (including fjords and channels and the offshore area up to 200 km from the coastline) comprises an intricate array of inner seas, archipelagos, channels, and fjords stretching some 600 linear km and enclosing roughly 10,700 km of convoluted and protected shoreline. This region (also termed as being part of the "roaring forties") has been classified as one of 'main concerns' within the process of setting geographic priorities for marine conservation in Latin America and the Caribbean (Sullivan Sealey & Bustamante, 1999). Partly belonging to the Cold-temperate South America Province and also known as Chiloense Ecoregion. This area is where the West Wind Drift strikes the South America continent in southeast direction (Reid, 1965; Wyrka, 1975; Silva & Neshyba, 1977) bringing cold waters to the continent (Silva & Neshyba, 1979). The region is characterized by a wide tidal regime (up to eight meters in some areas) and abundant freshwater input from glacier melt, river drainage and copious precipitation (4000-7000 mm per year). In fact, two out of three maximum values of mean annual river discharge in the world have been found in the Chiloense ecoregion (2470 m³/s at latitude 42°S and 3480 m³/s at latitude 46°S) (Davila et al., 2002). The area is also home to the world's third-most important feeding and calving grounds for cetaceans, the Gulf of Corcovado. It is here that hundreds of humpback and blue whales congregate each year to feed on the abundant krill that are product of the rich upwelling systems along the Humboldt Current and where blue whales bring their calves to nurse. These whales, however, are not the only creatures drawn to this area: the exceptional marine diversity, including endemic species and relict taxa, is found in this region, which is one of world's most productive. Biogeographic region: Magellanic Province, Chiloense marine ecoregion. Habitat: Pelagic habitat, demersal and benthonic, continental shelf and slope, kelp forest, underwater sea canyons, chemosynthetic habitat. Species richness: 31 species of marine mammals, 2 species of otter, 110 species of seabirds, 23 shallow-water sea anemones (Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria, Corallimorphana) (37% of all described Chilean sea anemones), coldwaters species. Biological importance: 18 threatened species, 4 species near threatened.

EBSA Region
Eastern Tropical and Temperate Pacific

Description of location
Between 41.5° S and 47° S off the coast of Chile (including fjords and channels and the offshore area until 100 nm from the straight baselines). It covers pelagic through hadal depth zones.

Geo-Location
• ETPP_20_EBSA.geojson

DISCLAIMER: The designations employed and the presentation of material in this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

Figura 89. Área de significancia biológica y ecológica definida por la convención para la conservación de la diversidad (<https://chm.cbd.int/database/record?documentID=204089>). Esta área se restringe entre 41,5°S y 47°S frente a la costa de Chile.

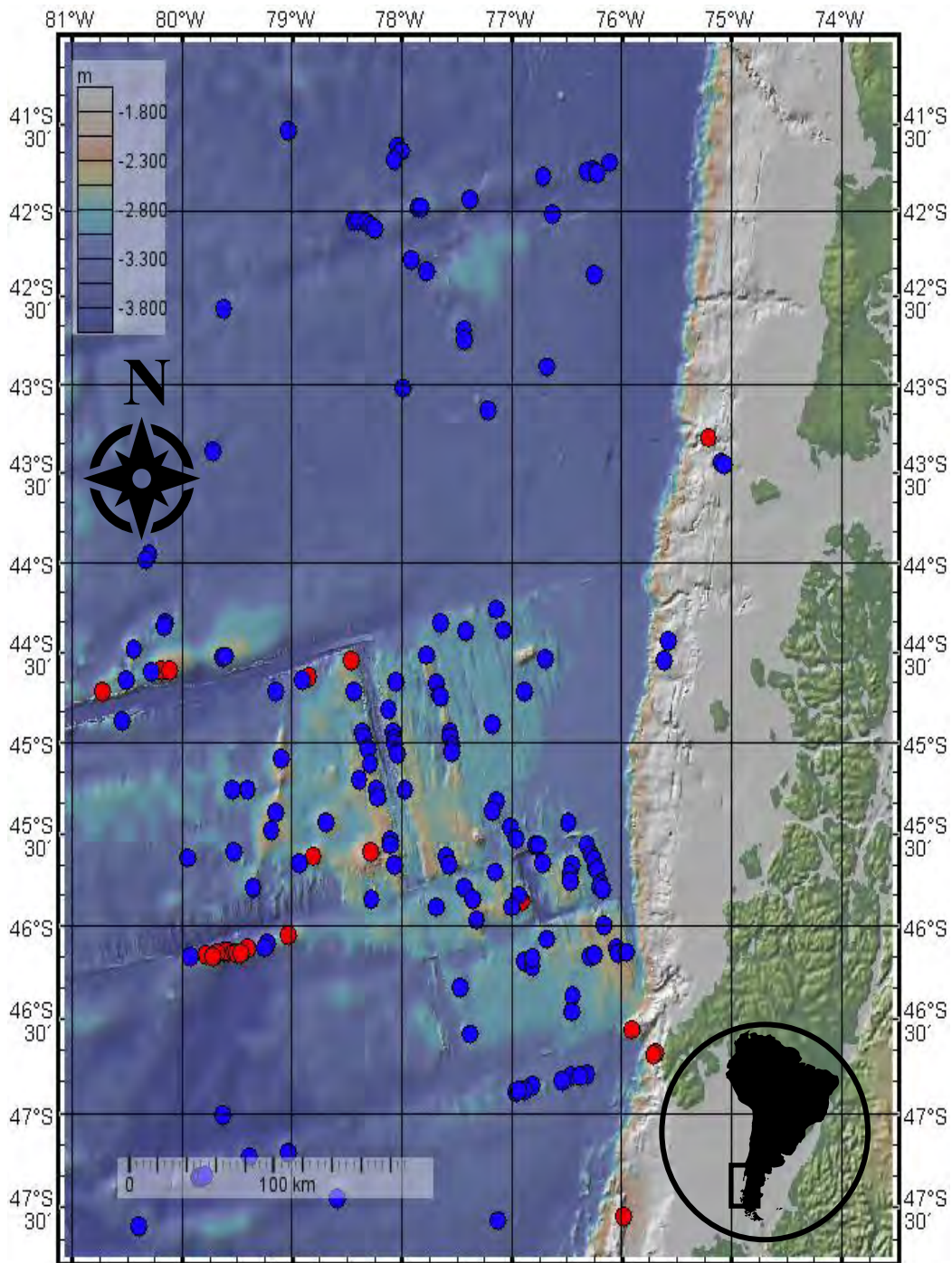


Figura 90. Ubicación de montes y colinas submarinos (Knoll) identificados mediante métodos de altimetría (Fuente: <https://data.unep-wcmc.org/datasets>, círculos rojos = montes submarinos, círculos azules = colinas submarinas o knoll, Yesson et al., 2011).

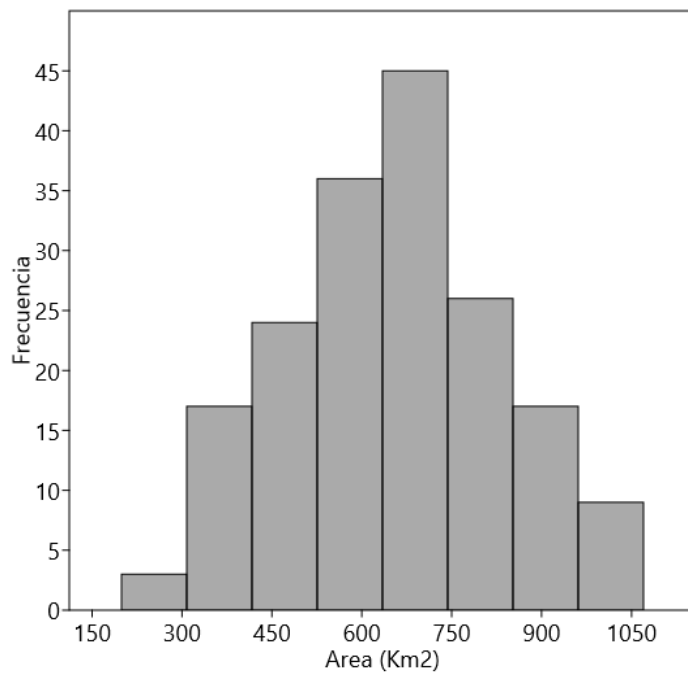
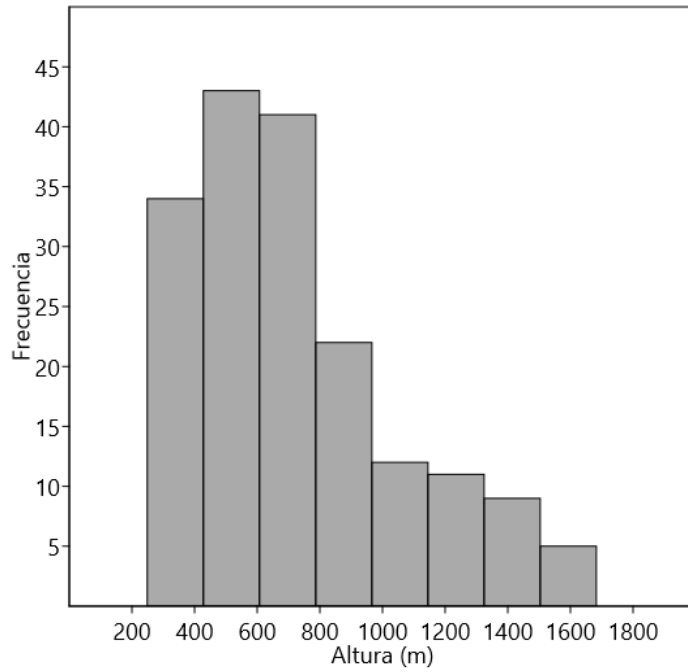


Figura 91. Altura (m) y área basal (Km²) de montes y colinas submarinas entre los 41,5°S y 46,5°S (Fuente: <https://data.unep-wcmc.org/datasets>).

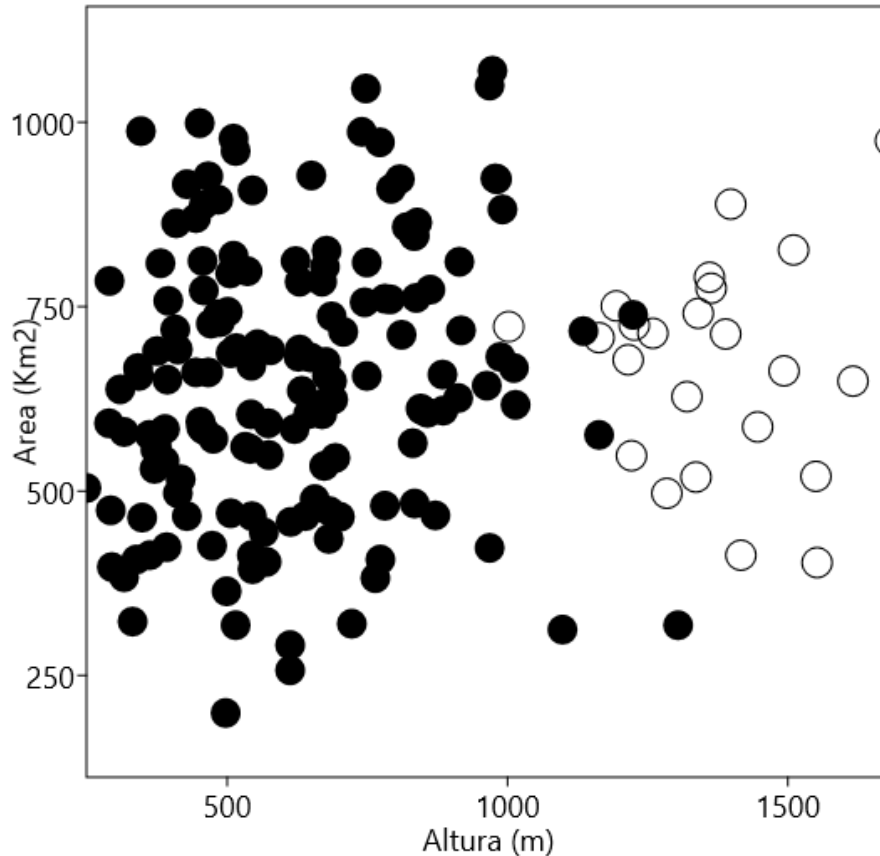


Figura 92. Relación entre la altura (m) y el área basal (Km²) de los montes y colinas submarinas entre 41,5°S y 46,5°S (Fuente: <https://data.unep-wcmc.org/datasets>, círculos blancos= montes submarinos, círculos negros = colinas submarinas o knoll).

En términos generales, se han identificado 23 montes submarinos (> 1000 m de altura) y 154 colinas submarinas (knoll) mediante técnicas satelitales (*i.e.*, altimetría satelital) y mediciones directas desde cruceros oceanográficos (<https://data.unep-wcmc.org/datasets>). La altura de estas estructuras submarinas tiene un rango que varía entre 300 y 1700 m de profundidad y volumen basal que oscila entre 200 y 1100 Km² (Figura 91 y Figura 92). Los montes submarinos constituyen ecosistemas únicos en términos de su biodiversidad y endemismo tanto para las comunidades pelágicas como para las bentónicas (Pitcher et al., 2007). Estos ecosistemas son considerados “hotspots” de productividad (local) asociadas a procesos de surgencia local y sostienen una importante diversidad de organismos marinos y constituyen ecosistemas de alto interés para la actividad pesquera de recursos acuáticos. Sin embargo, nuestro conocimiento acerca de estos ecosistemas es extremadamente escaso y limitado a algunas regiones en el mundo (Pitcher et al., 2007).

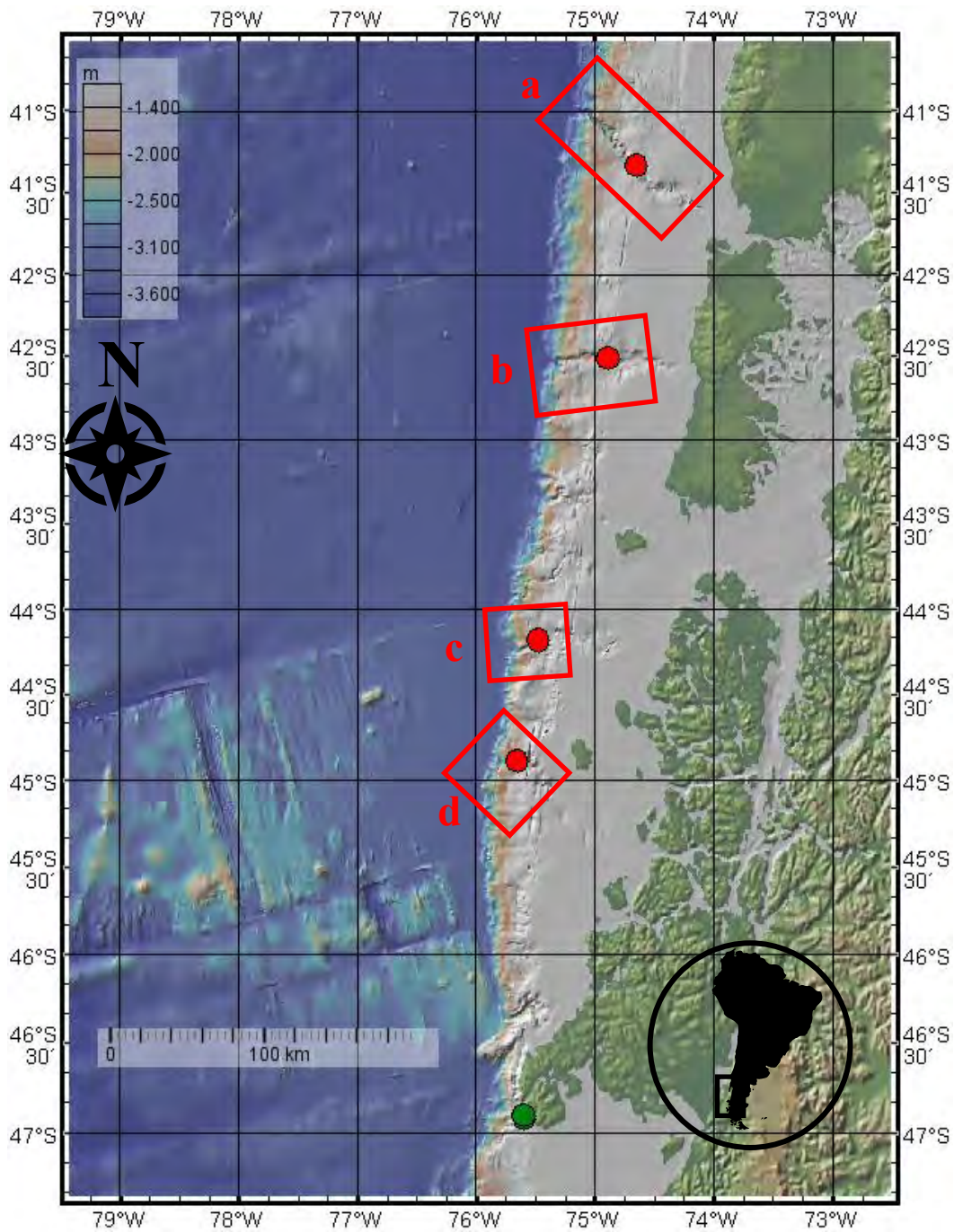


Figura 93. Ubicación de cañones de submarinos (círculos rojos) y ambientes quimiosintéticos (círculos verdes) registrados en el área de estudio (Hebbeln et al., 2001, García et al., 2019).

c) **Declaración de la zona de estudio como región EBSA como ecosistema de convergencia de la deriva del oeste por la Global Ocean Biodiveristy Initiative (GOBI)**

El GOBI es una asociación internacional de instituciones comprometidas con el avance de la base científica para conservar la diversidad biológica en el medio marino. En particular, GOBI aporta experiencia, conocimiento y datos para respaldar los esfuerzos del Convenio sobre la Diversidad Biológica para identificar áreas marinas ecológicas y biológicamente significativas (EBSA) al ayudar a una variedad de organizaciones intergubernamentales, regionales y nacionales a utilizar y desarrollar datos, herramientas y metodologías.

La región comprendida entre 41,5°S y 46,5°S ha sido declarada una región EBSA (ver Anexo II). La revisión de EBSA como región de alto interés biológico de especies migratorias marinas se muestra en la Figura 94.

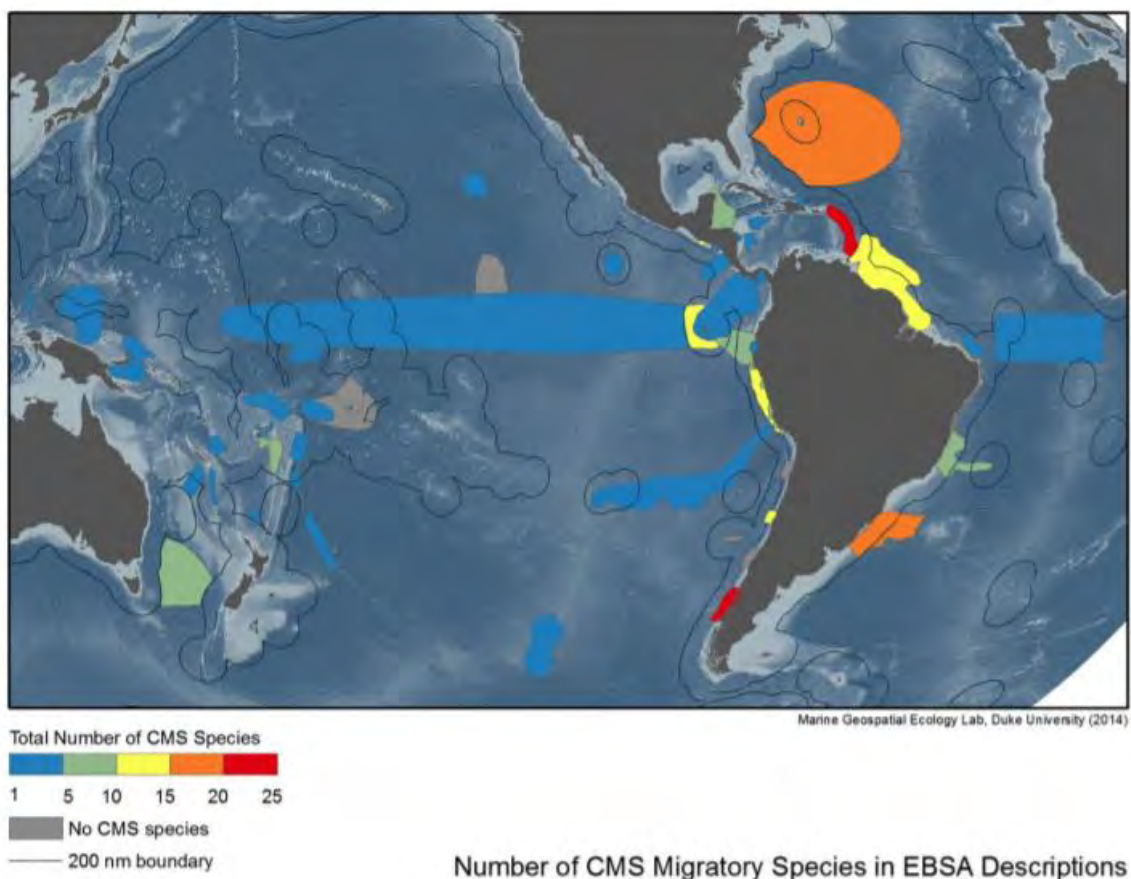


Figura 94. Número total de especies migratorias como mamíferos, aves marinas, tortugas, rayas y tiburones; siendo las regiones del Caribe Este y Pacífico Sur Oeste las regiones con las mayores riquezas de especies de acuerdo a la convención de especies migratorias (CMS= Convention of Migratory Species, Anexo II).

d) Criterios propuestos por la comisión sobre la conservación de la diversidad para definir áreas de significancia biológica y ecológica (EBSAs)

CRITERIO N°1	Singularidad o rareza	ALTA
<p>El proceso ambiental clave que rige la dinámica de esta área es la convergencia de la deriva del viento del oeste (WWD) en el continente. El funcionamiento completo y la dinámica del sistema de Corriente de Humboldt pueden depender en gran medida de la variabilidad de la WWD. Por lo tanto, existe una clara necesidad de comprender la conexión entre el WWD y el sistema Humboldt. Además, la convergencia de esta gran masa de agua en la región costera de Chile puede causar un ambiente muy particular donde las aguas oceánicas encuentran un sistema dominado por agua dulce, dando lugar a una variedad de microhábitats promovidos por una morfología costera abrupta, irregular e interrumpida. La singularidad ecológica del área se hace evidente cuando se considera que el área se caracteriza por una amplia gama de tipos de hábitat (heterogeneidad) tanto en aguas abiertas como en mares interiores. La complejidad estructural del medio ambiente derivada de la intrincada geometría costera y batimetría, junto con su influencia en la dinámica hidrológica y oceanográfica, ha favorecido la formación de diferentes comunidades ecológicas. Estos conjuntos de poblaciones de plantas, animales y bacterias, que interactúan entre sí dentro del medio ambiente, forman un sistema de vida distintivo con su propia composición, estructura, relaciones ambientales, desarrollo y función, y, por lo tanto, son cruciales para la sostenibilidad de la biodiversidad marina que habita el área y los ecosistemas relacionados. Dentro de estas comunidades, muchas especies clave y emblemáticas dependen de nuestra capacidad para mantener la integridad del ecosistema más amplio. La presencia de especies endémicas, la alta diversidad de depredadores marinos superiores y la presencia de hábitats críticos para varias especies, son solo algunos indicadores indirectos del valor biológico de los ecosistemas marinos en la ecorregión de Chiloense. Tales características son un reflejo del ambiente abiótico que da forma a las comunidades biológicas asociadas y están directamente conectadas con la diversidad y productividad de la flora y fauna marina. En la ecorregión Chiloense se han identificado importantes comunidades de corales de agua fría en altas densidades e incluso identificaron nuevas especies. Estos corales de agua fría han sido recientemente descritos para aguas profundas (de 35 a 2500 m) en otras partes del mundo. Sin embargo, en los canales y fiordos de esta ecorregión pueden ser encontrados a menos de 8 m de profundidad. En esta ecorregión se encuentran además especies de delfines únicas en Sudamérica. El delfín chileno (<i>Cephalorhynchus eutropia</i>), únicos cetáceos endémico en Chile, tiene tal vez sus poblaciones más importantes en esta ecorregión. Existen otras especies únicas en esta área. Entre ellas se encuentra la nutria de mar, o Chungungo (<i>Lontra felina</i>), que se encuentra solo en Perú y Chile. Es una especie en peligro de extinción que habita en simpatria con la</p>		

nutria de río, o huillín (*Lontra provocax*), la otra especie de mustélido en la ecorregión que se encuentra solo en Argentina y Chile. El huillín también está listada como especie en peligro. Este complejo sistema de condiciones salinas mixtas es uno de los cinco únicos en el mundo.

CRITERIO N°2	Especial importancia para las etapas de la historia de vida de las especies	ALTA
<p>En isla Guafo se localiza la colonia más boreal del lobo de dos pelos sudamericano. En los últimos 20 años, esta especie ha registrado una disminución poblacional en todo el litoral chileno. Isla Guafo representa un 10% del total poblacional (Oliva et al., 2008). En la isla Metalqui se reproduce la mayor población de lobo marino de un pelo sudamericano de todo el litoral chileno. El último censo realizado en verano y para la X región, registró un total de 57 loberías, ocho de las cuales corresponden a colonias reproductivas (14%). El número total de lobos censados fue de 35.456 ejemplares, de los cuales el 14,3% fueron crías. Una de las colonias de aves marinas más grande del mundo se localiza en isla Guafo, con más de 4 millones de fardelas negras. Existen varias familias de chungungo, así como de delfín chileno y austral. La ecorregión Chilense se ha identificado como un área de alta importancia para especies de peces óseos de importancia ecológica y de gran interés comercial, como es el caso de la merluza del sur y de cola. El delfín chileno, por su condición de uso de hábitat restringido, y como se describió arriba, se cree que es el área con mayor abundancia de esta especie. Por esta razón, la zona es posiblemente de gran importancia para el desarrollo general de esta especie en la ecorregión.</p>		

CRITERIO N°3	Importancia para especies y / o hábitats amenazados, en peligro o en declive	MEDIA
<p>La ecorregión chilense como el área de alimentación más importante para la ballena azul en todo el Hemisferio Sur (Especie en peligro). Así mismo, en esta ecorregión existe uno de los sitios reproductivos más importantes para la fardela negra (<i>Puffinus griseus</i>), especie clasificada como “casi amenazada”. La fardela blanca (<i>Puffinus creatopus</i>) es una especie endémica para Chile, clasificada como “en peligro”. Aunque no nidifica en la ecorregión, visita el área para alimentarse. El área es también de gran importancia para el huillín, la otra especie de mustélido en la ecorregión que se encuentra solo en Argentina y Chile. El huillín también está listada como especie en peligro. Varias son las especies en la Lista Roja IUCN (International Union for Conservation of Nature), entre estas: la ballena azul (<i>Balaenoptera musculus</i>): Endangered Southern right whale: Endangered River otter (<i>Lontra provocax</i>): Endangered Tonina overa: Endangered Playero ártico</p>		

(*Calidris canutus*): Endangered Fárdela blanca: Endangered Humpback whale (*Megaptera novaeangliae*): pingüino de Humboldt vulnerable (*Spheniscus humboldt*).

CRITERIO N°4	Vulnerabilidad, fragilidad, sensibilidad o recuperación lenta.	MEDIA
<p>Las agregaciones de corales proporcionan sustratos y hábitats complejos de los que dependen diversos conjuntos de peces y otros invertebrados. Sin embargo, su baja tolerancia a diversas condiciones físicas (<i>e.g.</i>, salinidad, temperatura, sedimentación) y su lenta tasa de crecimiento los hace extremadamente vulnerables al impacto antropogénico. Los fiordos del sur de Chile contienen una macrofauna bentónica asombrosamente diversa de la cual los antozoos (<i>i.e.</i>, anémonas, corales) forman una parte importante. Recientemente, se han encontrado agregaciones notablemente densas de especies de coral, descritas habitar solo en aguas de 700 a 2400 m de profundidad, en aguas poco profundas (20 m) en dos fiordos de la ecorregión de Chilense. Además de los corales de agua fría encontrados en la ecorregión, se debe destacar la presencia de grandes bancos de huiro (<i>Macrocystis pyrifera</i>). El huiro es un alga parda que presenta una distribución geográfica bipolar, localizándose principalmente a lo largo de las costas del Pacífico de América del Norte (México, norte de Baja California y Alaska) y del Sur (Perú hasta Cabo de Hornos), Sudáfrica, Australia, Nueva Zelanda. Sus poblaciones forman cordones continuos paralelos a la costa, de hasta 100 m de ancho, habitando preferentemente áreas protegidas y semi-protegidas del oleaje. La especie se caracteriza por formar densos bosques con ejemplares que alcanzan fácilmente 30 m de longitud. <i>M. pyrifera</i> tiene una gran importancia ecológica, siendo considerada como especie clave y paraguas para la coexistencia de otros organismos. En este aspecto cabe destacar que la presencia de <i>M. pyrifera</i> es crucial para mantener la organización y diversidad de comunidades ecológicas. Se ha observado que los bancos de huiro son, además, de gran importancia para los delfines australes por albergar especies presa clave.</p>		

CRITERIO N°5	Productividad biológica	ALTA
<p>De acuerdo con ciertos análisis relativos a la dinámica del fitoplancton y la información disponible acerca de la oceanografía física del área, los procesos de mesoescala tales como remolinos, frentes y plumas incrementarían la recolección y retención de la biomasa de fitoplancton que se encuentra en el área. Estas características determinarían la formación de floraciones fitoplanctónicas durante el verano y otoño (llegando hasta 200 o 300 km</p>		

mar afuera). Estas floraciones, podrían incluso superar la productividad de zonas de surgencias de latitudes medias y bajas.

CRITERIO N°6	Diversidad biológica	ALTA
<p>La ecorregión marina de Chilense ha sido identificada como un punto de acceso para los cetáceos y otros mamíferos marinos, así como las aves marinas y otra fauna emblemática. Las especies endémicas o especies de importancia regional son: Ballena azul (<i>Balaenoptera musculus</i>), Ballena fin (<i>Balaenoptera physalus</i>), Ballena sei (<i>Balaenoptera borealis</i>), Ballena jorobada (<i>Megaptera novaeangliae</i>), Cachalote (<i>Physeter macrocephalus</i>, Orca, Delfín, Orcin, Delfin, Orca, Delfin) chileno (<i>Cephalorhynchus eutropia</i>), Delfín austral (<i>Lagenorhynchus australis</i>), Marsopa espinoza (<i>Phocoena spinipinnis</i>), Huillin (<i>Lontra provocax</i>), Chungungo (<i>Lontra felina</i>), Lobo fino austral (<i>Arctocephalus australis</i>), Lobo común (<i>Otaria flavosceros Diomedea exulans</i>), Albatros real del norte (<i>Diomedea (epomophora) sanfordi</i>), Albatros real del sur (<i>Diomedea (epomophora) epomophora</i>), Albatros de Salvín (<i>Thalassarche (cauta) salvini</i>), Petrel gigante antártico (<i>Macronectes giganteus</i>), Petrel gigante subantartico (<i>Macronectes halli</i>), Petrel plateado (<i>Fulmarus glacialoides</i>), Cormorán Lile (<i>Phalacrocorax gaimardi</i>), Cormorán de las rocas (<i>Phalacrocora cracora</i>), Quetru no volador (<i>Tachyeres pteneres</i>), Caranca (<i>Chloephaga hybrida</i>), Gaviota austral (<i>Larus scoresbii</i>), Gaviota Cahuil (<i>Larus maculipennis</i>), Gaviotín sudamericano (<i>Sterna hirundinacea</i>), Pingüino de Magallanes, Fardela negra (<i>Puffinus griseus</i>), Fardela chica (<i>Puffinus assimilis</i>), Fardela negra grande (<i>Procellariaa equinoctialis</i>), Fardela de Nueva Zelanda (<i>Procellaria westlandica</i>), Yunco de Magallanes (<i>Pelecanoides magellani</i>).</p>		

CRITERIO N°7	Naturalidad	MEDIA
<p>Más de 800,000 personas viven dentro del área, la mayoría de ellas en zonas costeras. Actualmente, muchas actividades productivas locales, como la pesca y la acuicultura en pequeña escala (principalmente el cultivo de salmón) se centran en el medio marino, mientras que otras actividades incluyen la agricultura y la silvicultura. La pesca a pequeña escala o de nivel rural en el área se dedica principalmente a los recursos bentónicos, particularmente a los erizos de mar (<i>Loxechinus albus</i>). La recolección de algas y la pesca demersal juntas representan la mayor parte de las actividades productivas en el área. En el municipio de Guaitecas, el 31% de la población que trabaja en actividades relacionadas con el mar son pescadores a nivel de cabaña, mientras que, en Chaitén, la pesca y el manejo de los bosques nativos representan el 16% y el 15%, respectivamente, de las actividades</p>		

productivas. El cultivo de salmón juega un papel importante, con aumentos exponenciales en los últimos 15 a 20 años, lo que lo convierte en una de las principales actividades productivas en Chile.

6.3.2.8 Aplicación de índices bióticos para la caracterización del estatus ambiental (AMBI – AZTI MARINE BIOTIC INDEX)

AMBI es una herramienta para la evaluación de la calidad de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos por medio del cálculo del índice homónimo, desarrollada por el Centro Tecnológico AZTI. La nueva versión 5.0 AMBI incluye 9.251 taxa representativos de las comunidades más importantes presentes en los estuarios y sistemas costeros de Europa, desde el Mar del Norte al Mediterráneo, e incluso de Norteamérica, Sudamérica y sudeste asiático. Las nuevas reglamentaciones europeas (Directiva de Aguas 2000/60/EC, Estrategia Marina) enfatizan la importancia de los indicadores biológicos. Con el fin de establecer la calidad ecológica de las costas y estuarios, técnicos de AZTI, han desarrollado el índice AMBI (AZTI' Marine Biotic Index) y la herramienta M-AMBI. Estas herramientas exploran la respuesta de las comunidades a los cambios naturales y humanos en la calidad del agua, integrando condiciones medioambientales a largo plazo. Este programa permite calcular los índices AMBI y M-AMBI, representa gráficamente los datos y exporta los resultados. Para su utilización se puede seguir las recomendaciones contenidas en el protocolo de uso, publicado en Marine Pollution Bulletin y en la Revista de Investigación Marina. Esta versión del AMBI data de mayo de 2012 y la lista de especies está actualizada a mayo de 2019 (<https://ambi.azti.es/es/>).

Para facilitar el trabajo con AMBI, se encuentra un software gratuito disponible en la página web de AZTI (<http://www.azti.es>). Sin embargo, al usar esta herramienta, se deben tener en cuenta algunas precauciones para evitar errores y malas interpretaciones.

Los autores que usan y publican investigaciones basadas en este software siempre deben verificar la última lista de especies disponible, que contiene el EG de cada una de las especies; Además, deben mencionar, en sus contribuciones, la versión del software y la versión de la lista de especies utilizada. Esta observación se hace porque, en algunos casos, el EG para una especie en particular podría cambiarse, siguiendo las indicaciones de los expertos o la información recientemente disponible.

Por lo tanto, cuando se usa AMBI, se deben utilizar algunas reglas de truncamiento de datos, como se describe a continuación:

- a) Nunca use el software AMBI con datos de sustrato de fondo rígido; está diseñado solo para su uso con comunidades de fondo blando.
- b) Elimine, de su archivo inicial, todos los taxones de invertebrados no bentónicos (por ejemplo, peces, algas).

- c) Eliminar todos los taxones de agua dulce (por ejemplo, Cladocera).
- d) En salinidad > 10, eliminar la insecta.
- e) Eliminar juveniles, cuando las especies no están identificadas.
- f) Eliminar los taxones de sedimentos no blandos (por ejemplo, Nudibranchia).
- g) Eliminar los taxones epifaunales (por ejemplo, Bryozoa).
- h) Eliminar los taxones planctónicos (por ejemplo, Crangonidae).
- i) Ciertos taxones deben agruparse (por ejemplo, los tipos de género a – d).
- j) Nunca use niveles taxonómicos altos (por ejemplo, Bivalvia, Gastropoda), excepto los incluidos en la lista de especies (por ejemplo, Nemertea, etc.).

Normalmente, hemos encontrado que menos del 10% (generalmente menos del 5%) de los individuos por muestra no están asignados. Cuando el porcentaje de taxones que no se asignan es alto (> 20%), los resultados deben evaluarse con cuidado, ya que puede haber problemas posteriores en la interpretación. Cuando el porcentaje de taxones no asignados es > 50%, el AMBI no debe usarse.

Para evitar resultados ambiguos, es preferible calcular los valores de AMBI para cada una de las réplicas, y luego derivar el valor medio. La ausencia de fauna en algunas de las réplicas (luego de la confirmación de que no es un artefacto de muestreo) debe considerarse como un signo de alta perturbación; en consecuencia, esto se explica mucho mejor, mediante el uso del valor medio de AMBI de las réplicas. Por lo tanto, todas las réplicas deben incluirse en el archivo de datos inicial.

La asignación de un taxón a uno de los cinco EG, junto con problemas asociados con la taxonomía (sinónimos, etc.), podría conducir a una clasificación errónea.

Los diferentes umbrales en la clasificación de contaminación del sitio, o incluso en el estado ecológico, dependen de los umbrales establecidos dentro de los valores de la escala AMBI. Cambiar los umbrales alteraría la clasificación final (como en otros métodos). Probablemente, en algunos casos, el rango de valores aplicable a diferentes hábitats (estuarios, áreas costeras, etc.) debería cambiarse. Por ejemplo, en algunos estuarios es muy difícil alcanzar valores de AMBI <2, debido a la presencia de especies clasificadas en EG III, que son especies que estructuran la comunidad. En estos casos particulares, consideramos que es mejor trabajar cambiando los límites de los niveles de perturbación (o comparando los resultados con las condiciones de referencia para estas áreas particulares (Borja et al., 2004a), en lugar de modificar las asignaciones de EG. Por lo tanto, los valores de AMBI, calculados utilizando la misma asignación de EG, serán comparables en relación con diferentes áreas geográficas y fuentes de impacto. Sin embargo, los autores podrían intentar adaptar sus propios umbrales (si es necesario), para producir evaluaciones más precisas para sus casos particulares.

6.4 ANALIZAR LA INFORMACIÓN ESPACIAL REFERENTE AL USO DEL ESPACIO MARÍTIMO EN TORNO A LAS POTENCIALES ÁREAS DE ACUICULTURA OCEÁNICA

Para el análisis de los usos del espacio marítimo en torno a las potenciales áreas de AO, se consideró un área que abarca, de norte a sur, desde la frontera marina entre la región de Los Ríos y la región de Los Lagos (40° 14' 50'' S y 73° 43' 04'' W) y la frontera marina sur entre la región de Aysén y la región de Magallanes (41° 48' 23'' S y 74° 03' 06'' W). De este a oeste se considerarán las zonas expuestas al Océano Pacífico a partir del límite de las 5 mn de reserva para la pesca artesanal por el este.

Los usos considerados en este análisis se refieren a usos antrópicos dinámicos o estáticos y usos por parte de grandes mamíferos marinos como los cetáceos, delfines y otros. En los usos antrópicos dinámicos se consideraron la pesca y el cabotaje o transporte marítimo (personas y mercancías, incluyendo wellboats). En los usos antrópicos estáticos se consideraron las posibles interacciones con zonificaciones asociadas a Espacios Costeros Marinos de los Pueblos Originarios (ECMPO), las Áreas Marinas Protegidas (AMPs), las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERBs) y concesiones de acuicultura.

Para este análisis primero se procedió a la identificación de la definición y características de las medidas de administración del espacio y borde costero. Segundo, a un análisis de la distribución geográfica de los distintos tipos de usos antes definidos en base al análisis del posicionamiento geográfico de los mismos en la región geográfica de interés y su intersección actual o potencial con el área inicial de interés para la AO. Esto en base a la localización de los polígonos de zonificaciones estáticas (ECMPOs, AMPs, AMERBs y concesiones de acuicultura) y las trayectorias más comunes de las rutas de migración de grandes mamíferos y de zonas de pesca más frecuentadas.

6.4.1 Definición y características sobre medidas de administración del borde costero:

6.4.1.1 Espacios Costeros Marinos de Pueblos Originarios (EMPO)

Los Espacios Costeros Marinos de Pueblos de los Pueblos Originarios (ECMPO) constituyen una herramienta legal específica, Ley N° 20.249, que reconoce las particularidades de la relación entre los pueblos indígenas y el borde costero (MINECON, 2014), comúnmente conocida como Ley Lafkenche. Esta Ley permite la asignación de una superficie del borde costero marino a una comunidad indígena o asociación de comunidades indígenas que ejerzan

uno o más usos consuetudinarios¹ en dicho espacio en forma habitual, por la generalidad de los integrantes de la comunidad o asociación de comunidades y sean reconocidas colectivamente como manifestaciones de su cultura (MINECON, 2014).

Específicamente, los ECMPO son una **destinación marítima** delimitada que el Ministerio de Defensa Nacional le otorga a SUBPESCA para que dicha institución, a través de un convenio de uso, le entregue la administración del espacio a una asociación de comunidades o excepcionalmente a una comunidad indígena, previa aprobación del Plan de Administración por parte de una Comisión Intersectorial (MINECON, 2014).

De acuerdo con la Ley N° 20.249, los ECMPO tienen por objetivo resguardar el uso consuetudinario de dichos espacios, a fin de mantener las tradiciones y el uso de los recursos naturales por parte de las comunidades vinculadas al borde costero (MIDEPLAN, 2008).

La delimitación del ECMPO estará determinada por la superficie necesaria para asegurar el ejercicio del uso consuetudinario realizado en él. Y este, deberá fundarse siempre en el uso consuetudinario del mismo que han realizado los integrantes de la asociación de comunidades o comunidad solicitante (MIDEPLAN, 2008).

Los ECMPO pueden recaer sobre los bienes comprendidos en el borde costero marino que se encuentran bajo la supervisión y administración del Ministerio de Defensa Nacional (Figura 95), lo que incluye playas de mar, terrenos de playa fiscales, porciones de agua y fondo, y rocas, dentro y fuera de las bahías, no pudiendo recaer en ríos y lagos (MINECON, 2014).

Sin embargo, la superficie otorgada al término de la tramitación de la solicitud, puede no corresponder a la originalmente solicitada ya que ello dependerá principalmente de la superficie en la que la CONADI haya acreditado los usos consuetudinarios invocados y de lo que resuelva la respectiva Comisión Regional de Uso del Borde Costero (CRUBC) en base a la vocación de cada región (MINECON, 2014).

¹ El artículo N°6 de la Ley 20.249 define como uso consuetudinario: Se entenderá por uso consuetudinario las prácticas o conductas realizadas por la generalidad de los integrantes de la asociación de comunidades o comunidad, según corresponda, de manera habitual y que sean reconocidas colectivamente como manifestaciones de su cultura. El reglamento establecerá, respecto de cada tipo de uso, la periodicidad de las prácticas o conductas. No afectará la habitualidad las interrupciones del uso. El uso consuetudinario podrá comprender, entre otros, usos pesqueros, religiosos, recreativos y medicinales (MIDEPLAN, 2008).

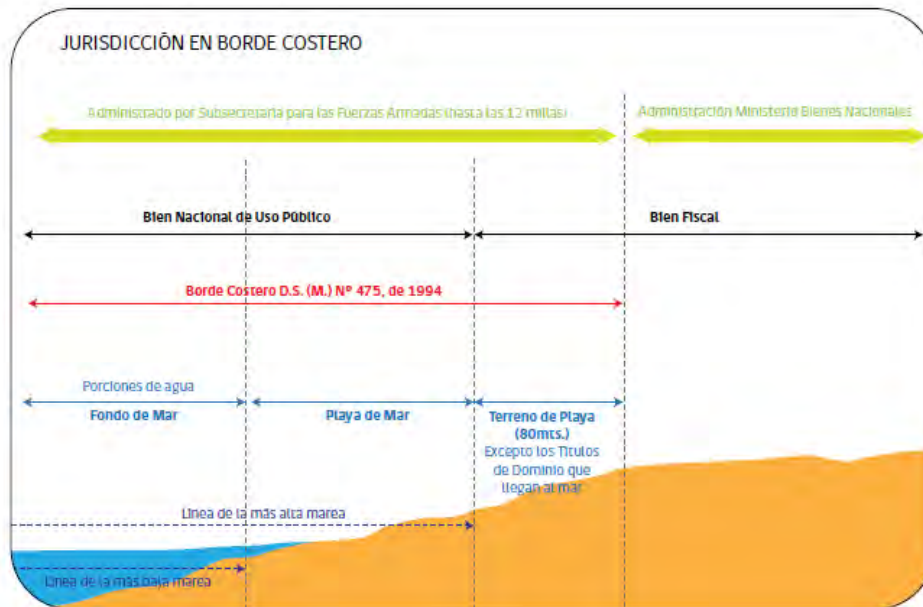


Figura 95. Jurisdicción en Borde Costero que muestra los bienes comprendidos bajo la supervigilancia y administración del Ministerio de Defensa Nacional (Fuente: MINECON, 2014. Guía para la Aplicación de la Ley de Espacios Costeros Marinos para Pueblos Originarios).

La Ley N° 20.249 establece un procedimiento para la solicitud de los ECMPO, cuya tramitación involucra principalmente a SUBPESCA, SUBFFAA, CONADI y las CRUBC. Además, intervienen en el proceso, como proveedores de información y entidades de fiscalización, SERNAPESCA y DIRECTEMAR; esta última, a su vez, es miembro de la Comisión Intersectorial encargada de aprobar los planes de administración o manejo. Asimismo, los Ministerios de Economía, Fomento y Turismo, y de Desarrollo Social, son los órganos competentes para conocer y resolver determinados recursos administrativos, y el Ministerio de Defensa Nacional es el responsable de decretar la destinación marítima correspondiente (MINECON, 2014).

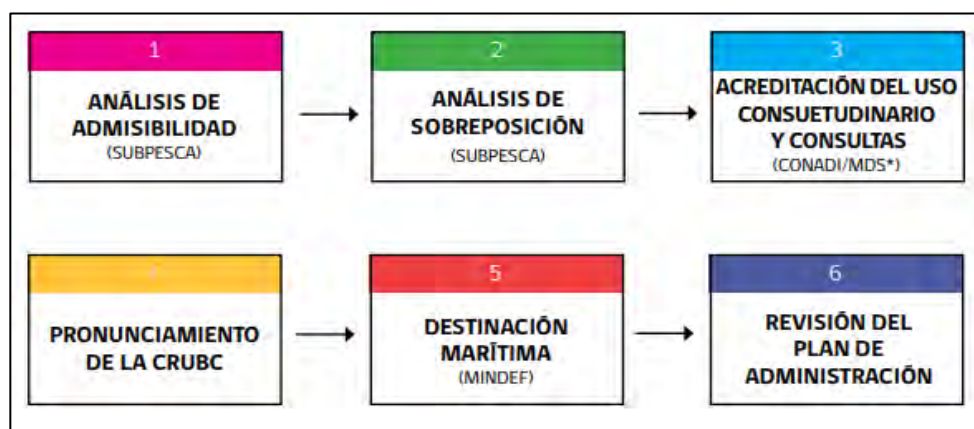


Figura 96. Etapas de la tramitación de un ECMPO (Fuente: MINECON, 2014. Guía para la Aplicación de la Ley de Espacios Costeros Marinos para Pueblos Originarios).

Cabe mencionar, que ante una solicitud de ECMPO, la tramitación de concesiones de acuicultura, marítimas o AMERB se suspenden en virtud de la preferencia legal en favor de las comunidades indígenas por sobre otros actores interesados en el mismo espacio. Dicha preferencia es independiente de la fecha de presentación de las solicitudes (MINECON, 2014).

La destinación de los ECMPO y el convenio de uso se otorgarán de manera indefinida. Sin embargo, se les podrá poner término si se configuran una o más de las causales que se presentan a continuación (MINECON, 2014):

- No presentar o presentar fuera de plazo el Plan de Administración (Art. 11 Ley N° 20.249).
- Incumplimiento del plan de manejo que haya afectado gravemente la conservación de recursos hidrobiológicos del ECMPO (Art 13 letra a) Ley N° 20.249).
- Disolución de la asociación de comunidades o comunidad asignataria del área. (Art 13 letra b) Ley N° 20.249).
- Haber sido sancionada la asociación de comunidades o la comunidad asignataria del área respectiva tres veces por resolución ejecutoriada en el plazo de un año (Art 13 letra c) Ley N° 20.249).
- Por comunicación formal del o los representantes de la comunidad o asociación de comunidades indígenas a SUBPESCA, en la que expresen su voluntad de dar por finalizada la destinación (Art 13 inc. 5° Ley N° 20.249).

6.4.1.2 Áreas Marinas protegidas (AMP)

De acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) un área protegida constituye “un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados” (Dudley, 2008).

En tanto, a nivel nacional las áreas protegidas (AP) son definidas como “porciones de territorio, delimitadas geográficamente y establecidas mediante un acto administrativo de autoridad competente, colocadas bajo protección oficial con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza o conservar el patrimonio ambiental” (Página Web del MMA²).

En cuanto a los hitos importantes en torno a las Áreas Marinas Protegidas (AMP), destaca que, a principios de la década del 90, con las modificaciones a la Ley General de Pesca y Acuicultura (Ley N° 18.892), se establecen regulaciones asociadas a la conservación en

² <http://areasprotegidas.mma.gob.cl/areas-protegidas/> Página Web Consultada en julio del 2020.

espacios marinos, entre las que destacan los parques y reservas marinas; y las áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos (AMERB) (MMA, 2015).

En el año 2003 se aprobó la Estrategia Nacional de Biodiversidad, la cual incluyó los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad; en el año 2005, se aprobó la Política Nacional de Áreas Protegidas; y en el 2014, se creó el Comité Nacional de Áreas Protegidas, mismo año en que el Ejecutivo envió al Congreso Nacional el proyecto de ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP), aún en tramitación (MMA, 2015).

De acuerdo con la Política Nacional de Áreas Protegidas, estas ayudan a que los ecosistemas terrestres y acuáticos funcionen. Las alteraciones que se provocan en los ecosistemas naturales se mitigan o están ausentes en las AP. Esas áreas mantienen, en diverso grado, según sean las restricciones a la actividad humana que las caracterice, los procesos naturales iguales o cercanos a lo que originalmente fueron. En todas ellas existen hábitat o especies protegidas, que permiten que los procesos naturales ocurran y, con ello, se beneficien las actividades productivas y los asentamientos humanos. En un territorio continental y marítimo cada vez más intervenido, las AP son necesarias para garantizar que los ecosistemas mantengan sus funciones. En casos como los ambientes dulce-acuícolas o marinos, las AP pueden ser los lugares donde se garantice la reproducción y crianza de los ejemplares, que son objeto de interés para consumo o turismo (MMA, 2005).

De acuerdo con la información de SUBPESCA, específicamente las Áreas Marinas Protegidas (AMP) son áreas delimitadas y definidas geográficamente cuya administración y regulación permiten alcanzar objetivos específicos de conservación y/o preservación (Página Web SUBPESCA³).

Estas áreas son declaradas para la conservación y gestión sustentable de la biodiversidad marina, para lo cual se establecen medidas de administración y de regulación para el acceso a las actividades pesqueras y otras para prevenir impactos negativos sobre esta biodiversidad y el ecosistema, de acuerdo con el Plan General de Administración correspondiente y el marco general establecido en la Ley General de Pesca y Acuicultura (Página Web SUBPESCA⁴).

De acuerdo con la definición entregada por el Ministerio de Medio Ambiente, las Áreas Marinas Protegidas constituyen el espacio que incluye porciones de agua y fondo marino, rocas, playas y terrenos de playa fiscales, flora y fauna, recursos históricos y culturales que la ley u otros medios eficientes colocan en reserva para proteger todo o parte del medio así delimitado. Este tipo de área se usa a nivel mundial para conservar la biodiversidad, proteger

³ <http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-79856.html> Página Web Consultada en julio del 2020

⁴ <http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-79856.html> Página Web Consultada en julio del 2020

las especies marinas en peligro, reducir los conflictos de uso, generar instancias de investigación y educación; y desarrollar actividades comerciales y recreativas. Asimismo, otro objetivo de estas áreas es la conservación del patrimonio histórico-cultural marino y costero de las comunidades que las habitan para el desarrollo sostenible del turismo, la pesca y la recreación (Página Web del MMA⁵).

Base Legal de las AMP: Al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS) le corresponde proponer al Presidente de la República la creación de nuevas AP (art. 71, letra c, Ley N° 19.300); materializar los actos administrativos acordados por el CMS a través del Ministerio de Medio Ambiente (art.73 Ley N° 19.300) y a esta última repartición le corresponde proponer políticas, planes, programas, normas y supervigilar las Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos (art. 70 letra b y c Ley N° 19.300). Asimismo, el Ministerio en virtud del art. 70 letra i) y j) puede solicitar la destinación de espacios costeros y marinos afectados como AMCP-MU con el objeto que se los emplee en el cumplimiento de las funciones que le son propias y las mencionadas en dichos literales, constituyéndose en un administrador transitorio de esta categoría (Página Web del MMA⁶).

En Chile existen cuatro tipos de AMP: i) los **parques marinos** y ii) las **reservas marinas**, que son esencialmente acuáticas; y iii) los **santuarios de la naturaleza** y iv) las **áreas marinas y costeras protegidas de múltiples usos**, que pueden contener porciones de tierra. Todas son decretadas por el Ministerio de Medio Ambiente, pero en el caso de las dos primeras, es la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura la encargada de proveer los antecedentes para su destinación, quedando la tuición en manos del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Página Web SUBPESCA⁷).

6.4.1.3 Parque Marino

En las áreas marinas específicas y delimitadas destinadas a preservar unidades ecológicas de interés para la ciencia y, cautelares áreas que aseguren la mantención y diversidad de especies hidrobiológicas, como también aquellas asociadas a su hábitat, no se puede realizar ninguna actividad, salvo aquellas que se autoricen con propósitos de observación, investigación o estudio (Página Web del MMA y Página Web SUBPESCA⁸).

Los parques marinos se establecerán en las áreas de pesca, independientemente del régimen de acceso a que se encuentren sometidas, mediante Decreto Supremo fundado del Ministerio,

⁵ <http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/busqueda?p=11> Página Web Consultada en julio del 2020

⁶ <http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/busqueda?p=11> Página Web Consultada en julio del 2020

⁷ <http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-79856.html> Página Web Consultada en julio del 2020

⁸ <http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/busqueda?p=5> y <http://www.subpesca.cl/portal/616/w3-propertyvalue-50832.html> Página Web Consultada en julio del 2020

con informe técnico de la Subsecretaría y comunicación previa al Consejo Zonal de Pesca que corresponda. Para su declaración se consultará a los Ministerios que corresponda (MINECON, 2004)

Base Legal: Los Parques Marinos están establecidos en los siguientes cuerpos legales: - El D.S. N° 430, de 1991, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, - En la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) - En el D.S. N° 238, de 2004, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Reglamento de Parques Marinos y Reservas Marinas. En consecuencia, esta categoría de protección tiene una consagración jurídica formal, de rango legal. Desde la Ley N° 20.417 (2010), dependen del Ministerio de Medio Ambiente. Anteriormente, el órgano administrador de esta categoría de protección es el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), dependiente del Ministerio de Economía y eran regidas por la Ley General de Pesca y Acuicultura (N° 18.892 de 1989) (Página Web del MMA⁹).

6.4.1.4 Reservas marinas

Las reservas marinas son áreas de resguardo de los recursos hidrobiológicos con el objeto de proteger zonas de reproducción, caladeros de pesca y áreas de repoblamiento por manejo (Página Web del MMA, Consultada en julio de 2020).

Las reservas marinas se establecerán mediante Decreto Supremo del Ministerio, previo informe técnico de la Subsecretaría y del Consejo Zonal de Pesca respectivo. Estas reservas podrán establecerse en la franja del mar territorial de cinco millas marinas medidas desde las líneas de base normales a partir del límite norte de la República y hasta el paralelo 41°28,6' de Latitud Sur y alrededor de las islas oceánicas, en las aguas situadas al interior de la línea de base del mar territorial y en aguas terrestres (MINECON, 2004).

Base Legal: Las Reservas Marinas están establecidas en los siguientes cuerpos legales - En el D.S. N° 430, de 1991, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, - En la Ley General de Pesca y Acuicultura - En el D.S. N° 238, de 2004, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Reglamento de Parques Marinos y Reservas Marinas. En consecuencia, esta categoría de protección tiene una consagración jurídica formal, de rango legal. Desde la Ley N° 20.417 (2010), dependen del Ministerio de Medio Ambiente. Anteriormente, el órgano administrador de esta categoría de protección es el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), dependiente del Ministerio de Economía y eran regidas por la Ley General de Pesca y Acuicultura (N° 18.892 de 1989) (Página Web del MMA¹⁰).

⁹ <http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/busqueda?p=5> Página Web Consultada en julio del 2020.

¹⁰ <http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/busqueda?p=5> Página Web Consultada en julio del 2020.

6.4.1.5 Santuario de la Naturaleza:

Sitios terrestres o marinos que ofrecen posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado (Página Web del MMA¹¹).

Base Legal: Los Santuarios de la Naturaleza están establecidos en la Ley N° 17.288, de 1970, sobre Monumentos Nacionales. En consecuencia, esta categoría de protección tiene una consagración jurídica formal, de rango legal. Desde la Ley N° 20.417 (2010), dependen del Ministerio de Medio Ambiente. Anteriormente gestionadas por el Min. Educación y regidas por la Ley de Monumentos Nacionales (N° 17.288) (Página Web del MMA¹²).

6.4.1.6 Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiple Uso (AMCP - MU)

Las AMCP-MU nacen como la herramienta de gestión para la protección, administración, mantención y restauración de los recursos naturales y culturales de las aguas marinas y costeras (CONAMA, GEF y PNUD, 2008).

Es así como este instrumento se usa a nivel mundial para conservar la biodiversidad, proteger las especies marinas en peligro, reducir los conflictos de uso, generar instancias de investigación y educación; y desarrollar actividades comerciales y recreativas. Asimismo, otro objetivo de estas áreas es la conservación del patrimonio histórico-cultural marino y costero de las comunidades que las habitan para el desarrollo sostenible del turismo, la pesca y la recreación (CONAMA, GEF y PNUD, 2008).

Una de las definiciones más completas de Área Marina y Costera Protegida de Múltiples Usos es la que propone la Unión Mundial para la Naturaleza: Las Áreas Marinas y Costeras Protegidas de Múltiples Usos son el espacio que incluye porciones de agua y fondo marino, rocas, playas y terrenos de playa fiscales (flora y fauna), recursos históricos y culturales que la ley u otros medios eficientes colocan en reserva para proteger todo o parte del medio así delimitado (CONAMA, GEF y PNUD, 2008)

SUBPESCA define las AMCP-MU como áreas geográficas delimitadas puestas bajo protección oficial con el objeto de establecer una gestión ambiental integrada sobre la base de estudios e inventarios de sus recursos y una modalidad de conservación in situ de los

¹¹ <http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/busqueda?p=10> Página Web Consultada en julio del 2020.

¹² <http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/busqueda?p=10> Página Web Consultada en julio del 2020.

ecosistemas y hábitat naturales, a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación (Página Web SUBPESCA¹³).

A través de varias instituciones: La Comisión Nacional del Medio Ambiente, Subsecretaría de Marina, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, Ministerio de Bienes Nacionales, Servicio Nacional de Pesca y Servicio Nacional de Turismo; el Gobierno de Chile, coordinan la implementación de las AMCP – MU (Página Web SUBPESCA¹⁴).

No obstante, el principal problema de esta figura es que no se encuentra regulada en forma integral por un cuerpo normativo, sino que gran parte de su regulación depende del acto administrativo que la crea (Bermúdez y Hervé, 2013).

6.4.1.7 Áreas Aptas para Acuicultura (AAA)

Las A.A.A., son todos aquellos espacios geográficos fijados según el artículo 67 de la Ley General de Pesca y Acuicultura sobre bienes nacionales de uso público, mediante la debida consulta a los organismos encargados de los usos alternativos de esos terrenos o aguas, en los cuales el Estado está facultado para recibir y tramitar solicitudes de concesión de acuicultura (Página Web SUBPESCA¹⁵).

Así lo señala el inciso primero del artículo 67 de la mencionada Ley: “En las áreas de playas de mar, terrenos de playa fiscales, porciones de agua y fondo, y rocas dentro y fuera de las bahías, y en los ríos que sean navegables por buques de más de cien toneladas de registro grueso, fijadas como apropiadas para el ejercicio de la acuicultura, por grupo o grupos de especies hidrobiológicas, por uno o más decretos supremos, expedidos por el Ministerio de Defensa Nacional, existirán concesiones de acuicultura para actividades acuícolas, las que se regirán solo por las disposiciones de este título y sus reglamentos” (MINECON, 1991).

Características de las A.A.A. (Página Web SUBPESCA¹⁶):

- Las A.A.A. no son excluyentes, pudiendo desarrollarse en su interior otras actividades, tales como turismo, concesiones marítimas, áreas de manejo, etc.
- Al interior de las A.A.A. es posible solicitar concesiones de acuicultura de playa, terrenos de playa, porción de agua y fondo y de rocas.

¹³ <http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-79952.html> Página Web Consultada en julio del 2020.

¹⁴ <http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-79952.html> Página Web Consultada en julio del 2020.

¹⁵ <http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-60648.html> Página Web Consultada en julio del 2020.

¹⁶ <http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-60648.html> Página Web Consultada en julio del 2020.

Específicamente, el artículo 67 de la LGPA señala: Las clases de concesiones y autorizaciones de acuicultura reconocidas por esta ley son: de playa; de terrenos de playa; de porción de agua y fondo, y de rocas. Los decretos que se dicten de conformidad con lo dispuesto en el inciso primero de este artículo, deberán delimitar claramente las áreas geográficas que se fijen como apropiadas para el ejercicio de la acuicultura, especificándose el perímetro de ellas (MINECON, 1991).

- Las A.A.A. pueden ser modificadas o desafectadas de acuerdo al mismo procedimiento mediante el cual estas fueron fijadas.
- Las A.A.A. quedan a disposición de los usuarios a partir del momento en que el Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, publica en el Diario Oficial el respectivo Decreto Supremo.
- Las A.A.A. vigentes en aguas marítimas, originalmente fueron fijadas por región, utilizando como referencia cartas náuticas del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA).
- Actualmente las A.A.A. fijadas en cartas SHOA antiguas, están siendo traspasadas a nuevos planos del borde costero elaborados por SUBPESCA, referidos al datum WGS-84, con lo cual se ha producido un notorio mejoramiento en el proceso de concesiones de acuicultura.
- Falta que se decreten las A.A.A. de las regiones V y VI, las cuales se encuentran en proceso para su fijación, al interior de las respectivas Comisiones Regionales de Uso del Borde Costero (Página Web SUBPESCA, consultada en Julio de 2020).

6.4.1.8 Concesiones de Acuicultura

Por definición una Concesión Acuicultura es un **acto administrativo** mediante el cual el Ministerio de Defensa Nacional otorga a una persona **derechos de uso y goce** sobre determinados bienes nacionales, situados dentro de las áreas fijadas como apropiadas para el ejercicio de la acuicultura, para fines de cultivo de especies hidrobiológicas y que se rigen por las disposiciones de la Ley General de Pesca y Acuicultura y su Reglamento (Armada de Chile, 2018).

Los derechos de uso y goce otorgados tienen un plazo de 25 años renovables (Página Web SUBPESCA¹⁷).

¹⁷ <http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-12182.html> Página Web Consultada en julio del 2020.

Las concesiones de acuicultura pueden recaer en áreas de playa de mar, terrenos de playa fiscales, porciones de agua y fondo, rocas y ríos navegables por buques de más de cien toneladas de registro grueso (Página Web SUBPESCA, consultada en Julio de 2020).

Las clases de concesiones de acuicultura reconocidas por la Ley General de Pesca y Acuicultura y por el reglamento sobre concesiones de acuicultura (MINECON, 1993) son: de playa; de terrenos de playa; de porción de agua y fondo, y de rocas.

De acuerdo con la Ley General de Pesca y Acuicultura, en su artículo 71: Solo podrán ser concesionarios de acuicultura o titulares de una autorización para realizar actividades de acuicultura las siguientes personas (MINECON, 1991):

- a) Personas naturales, que sean chilenas, o extranjeras que dispongan de permanencia definitiva.
- b) Personas jurídicas que sean chilenas constituidas según las leyes patrias. Si la persona jurídica chilena tiene participación de capital extranjero, será necesario que esta haya sido debidamente aprobada en forma previa por el organismo oficial apropiado para autorizar la correspondiente inversión extranjera de conformidad con las leyes y regulaciones vigentes.

6.4.1.9 Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB)

Las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) constituyen una **medida de administración**, un instrumento idóneo para la conservación y aprovechamiento racional de los mismos y de la colaboración de las organizaciones de pescadores artesanales con la administración pesquera (MINECON, 1955).

Específicamente, un AMERB es un **régimen de acceso** que asigna derechos de explotación exclusiva a organizaciones de pescadores artesanales, mediante un plan de manejo y explotación basado en la conservación de los recursos bentónicos presentes en sectores geográficos previamente delimitados (Página Web SUPESCA¹⁸). Es decir, solo podrán optar a las áreas de manejo las organizaciones de pescadores artesanales legalmente constituidas. No obstante, dos o más organizaciones podrán solicitar una misma área de manejo. En este caso, deberán presentar conjuntamente la solicitud, manifestando expresamente en ella su voluntad de ejecutar conjuntamente el proyecto de manejo (MINECON, 1995).

¹⁸ <http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-79853.html> Página Web Consultada en julio del 2020.

A través del régimen AMERB se otorgan derechos de uso o explotación exclusiva sobre los recursos bentónicos (invertebrados bentónicos y algas), presentes en sectores geográficos previamente delimitados (Página Web SUPESCA¹⁹).

De acuerdo con el Reglamento sobre AMERB, estas podrán establecerse en la franja costera de las 5 mn que la ley reserva a la pesca artesanal, como en las aguas terrestres e interiores; mediante Decreto Supremo del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, previos informes técnicos de la Subsecretaría y del Consejo Zonal de Pesca respectivo (MINECON, 1995).

Para la creación de un sector AMERB se requiere de una propuesta inicial por parte de una organización de pescadores artesanales, quienes identifican el lugar de su interés en la costa, para luego ser presentado ante la SSPA. Se continúa por parte de la Subsecretaría, con un proceso de verificación de posibles sobre posiciones con otros usos del borde costero (concesiones marítimas de todo tipo), debiendo luego solicitarse los pronunciamientos del Consejo Zonal de Pesca respectivo, y de la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas. Cumplidas estas consultas, y no habiendo detectado impedimentos para su aprobación, el sector puede ser declarado bajo régimen AMERB mediante decreto del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Finalmente, el sector debe ser validado por parte del Ministerio de Defensa Nacional, a través del otorgamiento de una destinación marítima, en el mismo lugar, a nombre del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Página Web SUPESCA²⁰).

Una vez establecido el sector AMERB, por ambos ministerios, cualquier organización de pescadores puede iniciar el proceso de asignación. Para ello presenta una solicitud de autorización para realizar un proyecto de manejo y explotación, la cual finaliza con la presentación de un Estudio de Situación Base (ESBA) y una propuesta de Plan de Manejo y Explotación del Área (PMEA), los que son analizados y posteriormente sancionados por la Subsecretaría. La asignación del AMERB culmina con la celebración de un convenio de uso entre el SERNAPESCA y la organización de pescadores, quien pasa a ser el titular del AMERB (Página Web SUPESCA²¹).

Los espacios que son asignados bajo este régimen de acceso, se administran bajo un plan de manejo y explotación del área (PMEA) presentado por las organizaciones, con la asesoría técnica de una institución ligada a las ciencias del mar (universidad, instituto o empresa consultora). El PMEa debe estar formulado bajo un enfoque moderno de manejo pesquero

¹⁹ <http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-79853.html> Página Web Consultada en julio del 2020.

²⁰ <http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-79853.html> Página Web Consultada en julio del 2020.

²¹ <http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-79853.html> Página Web Consultada en julio del 2020.

que compatibilice objetivos de conservación y explotación, dando sustentabilidad al sistema biológico-productivo. La aplicación de dicho plan es informada y evaluada periódicamente por la Subsecretaría, a través de los informes de seguimiento (Página Web SUPESCA²²).

6.4.1.10 Rutas de Migraciones Mamíferos Marinos

Los mamíferos marinos representan un conjunto de cerca de 138 especies en el mundo, agrupados en tres órdenes: Cetácea (delfines, ballenas, marsopas, cachalotes, zifios, mesoplodontes, entre otros), Sirenia (manatíes y dugongos) y Carnívora (lobos marinos, focas, nutrias, morsas y oso polar). Son animales de tamaño y aspecto heterogéneo y con un origen evolutivo diverso, pero que comparten la condición de tener como hogar al medio acuático, ya sea marino, estuarino o de agua dulce (MMA, 2018).

En Chile se encuentran 51 especies, un 36% de la diversidad mundial de mamíferos marinos, con representantes en tres grupos: cetáceos, nutrias y pinnípedos (lobos marinos y focas). La mayoría de los mamíferos marinos del mundo pertenece al orden Cetácea (unas 87 especies), quienes, a diferencia del resto de mamíferos, carecen de pelaje (MMA, 2018).

En nuestro país se pueden reconocer cinco hábitats principales para los mamíferos marinos, y cada especie puede hacer uso de más de uno de ellos. Estos hábitats son: sistemas fluviales y lacustres, estuarios, litoral o borde de tierra, costero y oceánico. De acuerdo a estos hábitats, en Chile la mayoría de las especies se encuentran exclusivamente en hábitats oceánicos (21 especies) o en hábitats oceánicos y costeros (17 especies). En los otros hábitats o combinación de ellos el número de especies es bastante menor (bajo el 21%). La condición de especies oceánicas y/o costeras de muchos de los mamíferos marinos (38 especies) constituye una de las limitantes más serias para acceder a un conocimiento más acabado de dichas especies (MMA, 2018).

Además, la elevada capacidad de desplazamiento de la mayoría de los mamíferos marinos (particularmente los cetáceos y los pinnípedos), así como la condición altamente migratoria de muchos de ellos (especialmente las ballenas), que les faculta a vivir en ambientes diferentes, permite que se encuentren individuos lejos de las áreas de mayor concentración, y ocasiona que sea difícil en algunos casos describir un patrón geográfico claro de diversidad, por lo que debe mirarse este aspecto con cierta flexibilidad (MMA, 2018).

En este contexto, la definición e identificación de las rutas migratorias de los mamíferos marinos no es una tarea fácil. En el caso de los cetáceos, por ser animales de gran tamaño y movilidad, requieren inmensos espacios oceánicos para completar las diferentes etapas de su

²² <http://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-79853.html> Página Web Consultada en julio del 2020.

ciclo biológico, conectando áreas separadas por miles de kilómetros. Su distribución no se limita a aguas jurisdiccionales ni sus movimientos migratorios son exclusivamente latitudinales (CPPS, 2012).

Las especies de ballenas migratorias tienen áreas de concentración para alimentación y reproducción separadas por miles de kilómetros. Además, en la mayoría de los casos, la migración de las ballenas ocurre entera o parcialmente en alta mar, lo que presenta desafíos adicionales que probablemente son de diferente naturaleza de aquellos en zonas de concentración (CPPS, 2012).

6.4.1.11 Transporte marítimo (personas, mercancía, wellboats, entre otros)

Desde la antigüedad, el ser humano se ha preocupado de generar diversas formas de transporte, siendo el puerto dentro de la cadena del transporte, uno de los medios más importantes, ya que permite el intercambio comercial entre el mar y la tierra (Bermúdez & Hervé, 2013).

Actualmente alrededor del 90% del comercio mundial se transporta a través del transporte marítimo internacional. Sin él, no sería posible la importación y exportación de mercancías en la escala necesaria para mantener las economías del mundo. La expansión constante que sigue experimentando el transporte marítimo se traduce en beneficios para los consumidores de todo el mundo a través del bajo costo de los fletes. En nuestro país, el sector marítimo moviliza más de 114 millones de toneladas de comercio exterior, correspondiendo un 44% importación y un 66% a exportación (año 2015) (Página Web MMT²³).

En Chile, el desarrollo económico, fundado en la estrategia de desarrollo del comercio exportador de los productos, hace que el modo de transporte marítimo y los puertos cumplan un rol estratégico (MTT, 2008).

Conceptualmente, el puerto, terminal marítimo o recinto portuario se define como un área litoral delimitada por condiciones físicas o artificiales que permite la instalación de infraestructura destinada a la entrada, salida, atraque, desatraque, amarre, desamarre y permanencia de naves, y a la realización de operaciones de movilización y almacenamiento de carga, a la prestación de servicios a las naves, cargas, pasajeros o tripulantes, actividades pesqueras, de transporte marítimo, deportes náuticos, turismo, remolque y construcción o reparación de naves (Armada de Chile, 2018).

²³ <http://www.logistica.mtt.cl/areas/2/departamento-de-transporte-maritimo-fluvial-y-lacustre> Consultada en julio del 2020

En Chile, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), es el organismo de la Armada de Chile que tiene por misión, cautelar el cumplimiento de las leyes y acuerdos internacionales vigentes, para dar seguridad a la navegación, proteger la vida humana en el mar, preservar el medio ambiente acuático, los recursos naturales marinos y fiscalizar las actividades que se desarrollan en el ámbito de su jurisdicción, con el propósito de contribuir al desarrollo marítimo de la Nación (Armada de Chile, 2019).

Por otro lado, desde el año 1997, a través de la Ley N° 19.542 se establecieron atribuciones sobre el Transporte Marítimo al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, las que pueden ser clasificadas en: i) Funciones de política sectorial; ii) Funciones administrativas relativas a las empresas portuarias; iii) Autorizaciones relativas a ciertas materias de los directorios de las empresas portuarias (MTT, 2008).

No obstante, cabe señalar que en Chile una de las leyes principales que regula el transporte marítimo es el Libro Tercero del Código de Comercio, que trata de las naves y artefactos navales de propiedad naval, de los privilegios e hipoteca naval, los sujetos de la navegación (armador o naviero, Capitán y los Agentes), los contratos para explotación de naves (fletamento), la responsabilidad del transportador y cargador, la documentación del transporte, el transporte multimodal, el remolque y mecanismos de resolución de controversias (MTT, 2008).

6.4.1.12 Sistema Portuario

El sistema portuario nacional está compuesto por 77 terminales portuarios: 13 estatales de uso público (agrupados en 10 empresas portuarias estatales), 17 privados de uso público y 47 privados de uso privado, a los que debe sumarse múltiples terminales menores de conectividad y actividades pesqueras²⁴.

Los procesos de modernización portuaria realizados en la década del 90 y la participación privada en concesiones portuarias, han permitido que el sistema portuario nacional cumpla con estándares de calidad de nivel mundial, lo que ha sido fundamental en su funcionamiento y desarrollo (MOP, 2010).

Entre las empresas de carácter estatal, en la región de Los Lagos se encuentra Empresa Portuaria Puerto Montt (EMPORMONTT) la cual constituye un puerto multi-operado, que entre sus áreas de negocios se encuentra el terminal de transbordadores, el recinto extra-portuario y el puerto de Castro. Por otra parte, administra diez rampas según convenio

²⁴ <http://www.logistica.mtt.cl/areas/1/desarrollo-portuario> Consultada en julio del 2020

tripartito con la Dirección de Obras Portuarias y El Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; por su parte, en el ámbito de los servicios a las personas, destaca la operación de cruceros²⁵.

En tanto, en la región de Aysén opera la Empresa Portuaria Chacabuco (EPCHA), quien también en su carácter de Estatal presta servicios portuarios como: muellaje, almacenamiento y acopio y transbordo de vehículos, siendo un actor relevante en el desarrollo de la Región de Aysén, dado que es el principal operador logístico-portuario de la región, facilitando la conectividad marítima, el cabotaje y el comercio exterior²⁶. El puerto Chacabuco, se ubica en la localidad del mismo nombre, a 82 km de Coyhaique, a 15 km de Puerto Aysén y a 1.731 km al Sur de Santiago, vía Carretera Austral. Además, administra rampas de conectividad en Puerto Cisnes y Melinka, Puerto Aguirre y Puerto Gala²⁷.

6.4.1.13 Cabotaje

La Ley de Fomento de la Marina Mercante define al cabotaje como “el transporte marítimo, fluvial o lacustre de pasajeros y carga entre puntos del territorio nacional, entre estos y artefactos navales instalados en el mar territorial o la zona económica exclusiva”. Por su parte, la ordenanza aduanera lo define como “el transporte por mar de mercancías nacionales o nacionalizadas, o la simple navegación entre dos puntos de la costa del país, aunque sea fuera de sus aguas territoriales, pero sin tocar puerto extranjero” (MTT, 2008).

La conectividad marítima, fluvial y lacustre de las distintas rutas de la zona austral se realiza actualmente a través de vías de navegación, cuya regularidad de servicio depende de las condiciones marítimas y de la responsabilidad de los operadores para cumplir con las frecuencias establecidas (MOP, 2010).

En las regiones de la zona más austral del país existe una demanda social por mayor integración física, la que requiere de importantes inversiones en infraestructura portuaria, de naves que presten los servicios de transporte de carga, pasajeros y vehículos y, en determinados casos, de subsidios al transporte a través de procesos de asociación público-privada (MOP, 2010).

²⁵ http://www.sepchile.cl/empresas-sep/portuario/?no_cache=1 Consultada en julio del 2020.

²⁶ <http://www.chacabucoport.cl/chacabucoport/site/edic/base/port/inicio.html> Consultada en julio del 2020.

²⁷ http://www.sepchile.cl/MemoriaSep2019/sep2019/public/pdf/empresas/EEFF_EP_Chacabuco.pdf Consultada en julio del 2020.

6.4.1.14 Cabotaje de Personas

El cabotaje de pasajeros está vinculado a necesidades de transporte con fines de conectividad y con fines turísticos (MTT, 2008).

6.4.1.15 Cabotaje de Carga

El cabotaje de carga es vital para el desarrollo de actividades industriales como la acuicultura, pesca, forestal, minería (oro y zinc) y transporte propiamente tal (MTT, 2008).

6.4.1.16 Wellboats – Industria Acuicultura

El transporte de peces entre centros, de agua dulce a centro de agua de mar; de centro de engorda a plantas de procesamiento o de una zona a otra, se realiza a través de los denominados wellboat o “barcos de transporte de peces vivos” (U. de Chile, 2002).

Con el crecimiento de la industria salmoniculora, y su extensión a diversas y más lejanas áreas geográficas, considerando aún como centro principal de producción la zona que va desde el estuario de Reloncaví hasta Chiloé, el transporte de peces, alimento, redes e insumos se ha visto incrementado fuertemente y ha tomado especial relevancia la vía marítima. Para esto se ha utilizado principalmente barcos de mediano tamaño, a los cuales se les ha adaptado bajo la cubierta, uno o más estanques para contener agua, con capacidad variable, denominados wellboat. Otros con mayor tecnología y especialmente diseñados o bien acondicionados para la cosecha viva, han sido importados (U. de Chile, 2002).

El Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control Anemia Infecciosa del Salmón (MINECON, 2011) define los Wellboats según sus características en cuanto al sistema de circulación de agua: a) Wellboat abierto: Nave con operación abierta, que transporta peces vivos con circulación permanente de agua que, dependiendo de las condiciones ambientales y fisiológicas del pez, utiliza tasas de recambio de su volumen total de agua de 3 a 8 veces por hora; b) Wellboat semi-cerrado: Nave con operación abierta que cuenta con un sistema de tratamiento de las aguas destinado a eliminar patógenos, aprobado por el Servicio; c). Wellboat cerrado: Nave con operación cerrada que transporta peces vivos con recirculación de agua, sin realizar intercambio con el exterior.

Por otra parte, existen otras clasificaciones de Wellboats, según las características de la embarcación. Según el tipo de barco, ya sea acondicionado o construido; de acuerdo a la capacidad de carga, a su sistema de monitoreo, o tipo de servicio prestado (cosecha, transporte de smolt, transporte de objetos) (U. de Chile, 2002).

Este tipo de embarcaciones, al realizar transporte marítimo de especies hidrobiológicas se encuentran sometidas tanto al Reglamento sobre Medidas de Protección, Control y Erradicación de Enfermedades de Alto Riesgo para las Especies Hidrobiológicas, aprobado

por DS (E) N°319, de 2001, como a lo dispuesto en Programa sanitario específico de vigilancia y control de la Anemia Infecciosa del Salmón (PSEVC-ISA) (MINECON, 2011).

6.4.1.17 Usos e interacciones con el área base de interés

El análisis de usos presentado a continuación se hace en referencia a un “espacio factible” determinado por el polígono de borde azul y fondo blanco denotado en las figuras presentadas a continuación. La línea azul que compone la cara este de dicho polígono corresponde a la línea de las 5 mn considerada para la delimitación este de la zona oceánica considerada en este estudio.

6.4.1.18 Actividad y flotas Pesqueras

La información disponible se obtuvo de las bases de datos del Global Fishing Watch (GFW), que cuenta con información de esfuerzo de pesca para la zona de interés para el período 2012 a 2016, que fue complementada con información más actualizada para los años 2017 y 2018.

De acuerdo a las categorías del GFW, los artes de pesca incluidos son: palangres de deriva, cerco, arrastre (pelágico-media agua y demersal), artes fijos (espineles, redes de enmalle, trampas y otros), poteras para calamar (industrial) y otros artes de pesca (currican, cañas de pesca y sin información de artes). La Figura 97 presenta la distribución espacial del esfuerzo de pesca de la flota pesquera que cuenta con posicionador satelital, en horas totales de pesca observadas y reportadas por el GFW para el período 2016-2018.

La Figura 97 muestra que en el área marina comprendida entre la Isla Guafo (43° 35” S) y la Península de Taitao (46° 41” S) el esfuerzo de pesca se concentra entre 75° y 76° W, con centros de gravedad de esfuerzo pesquero que varían entre las 16 y 78 hrs de pesca a la altura de la isla Guamblin y de la península Skyring. Al sur de la península de Taitao y hasta el límite sur de la zona de interés (48° 49” S) el esfuerzo de pesca se concentra entre 75° 30” y 76° 30” W aproximadamente con rangos que oscilan entre 0,4 y 3.3 horas de pesca, con excepción de aquellos que se observan cercanos a 48° 5” S que oscilan entre 3,3 y 16 horas de pesca.

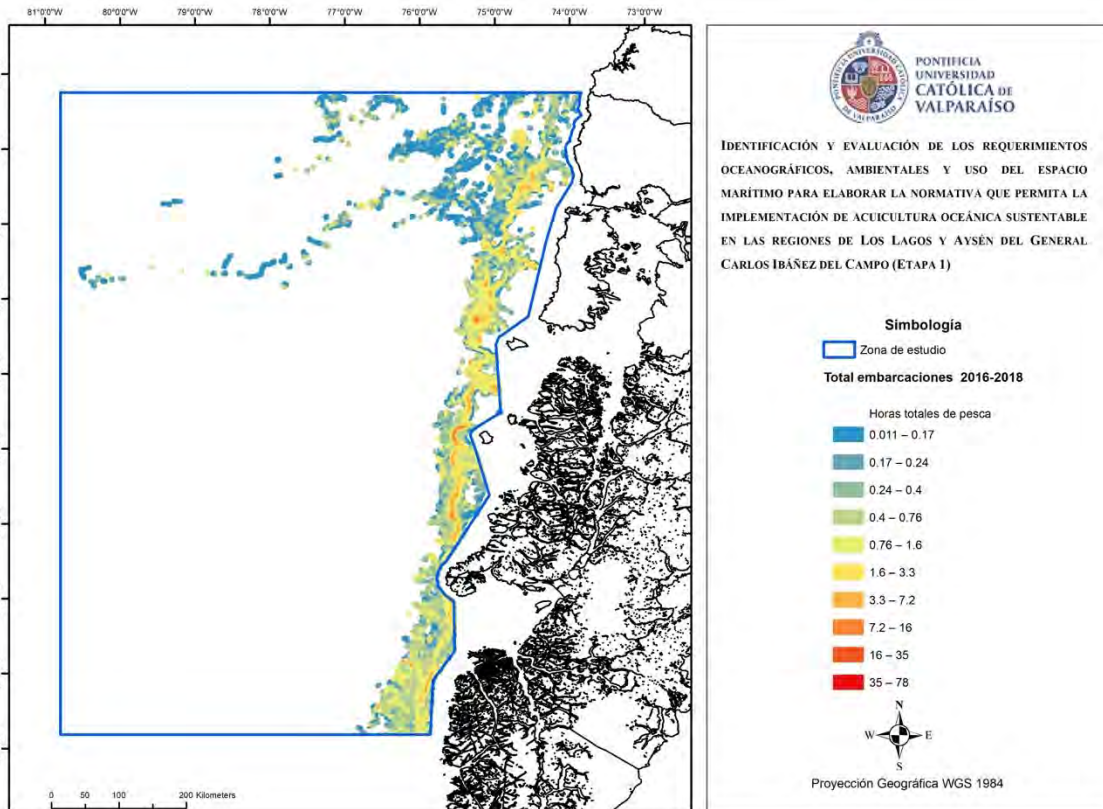


Figura 97. Distribución geográfica del esfuerzo pesquero total (horas de pesca) para distintos tipos de artes en la zona de interés para el período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch).

Al norte de isla Guafo ($43^{\circ} 35''$ S) y hasta el Canal de Chacao ($41^{\circ} 45''$ S) el esfuerzo pesquero se concentra entre los 74° y $75^{\circ} 30''$ W con rangos de 1,6 o más horas de pesca. A la altura de Cucao ($42^{\circ} 38''$ S) se observan niveles de esfuerzo menores entre los $77^{\circ} 30''$ W y los $81^{\circ} 30''$ W. Al norte del Canal de Chacao el esfuerzo pesquero se dispersa hacia el oeste manteniéndose en rangos menores a 1,6 horas de pesca.

La Figura 98 muestra que el esfuerzo de pesca de la flota de arrastre se distribuye de norte a sur a lo largo de toda el área marina de interés para este estudio, desde $40^{\circ} 15''$ S por el norte y hasta $48^{\circ} 49''$ S por el sur. Igualmente muestra que al sur de isla Guafo se va acercando más al límite este de las 5 mn, mientras que al norte de esta isla se desplaza más al oeste con excepción de la zona de Cucao donde nuevamente llega hasta el límite de las 5 mn.

La Figura 98 muestra también seis centros de gravedad de esfuerzo de pesca ejercidos durante el período 2016-2018. Estos son de norte a sur: (i) al noroeste del canal de Chacao entre $41^{\circ} 16''$ S y $41^{\circ} 29''$ S, entre 74° y 75° W, (ii) al oeste de Cucao ($42^{\circ} 38''$ S) también entre 74° y 75° W, (iii) al noroeste de isla Guafo entre $43^{\circ} 16''$ - $43^{\circ} 31''$ S y 75° - $75^{\circ} 30''$ W, (iv) al suroeste de isla Guafo entre $74^{\circ} 30''$ – $75^{\circ} 30''$ W, (v) al oeste de isla Guamblin entre $75^{\circ} 30''$ y 76° W y al oeste de la península de Skyring entre $75^{\circ} 30''$ y 76° W. Los centros de gravedad más

intensos son los de isla Guamblin y hasta el sur de la península de Skyrin con rangos que van desde las 8,7 a las 40 horas de pesca.

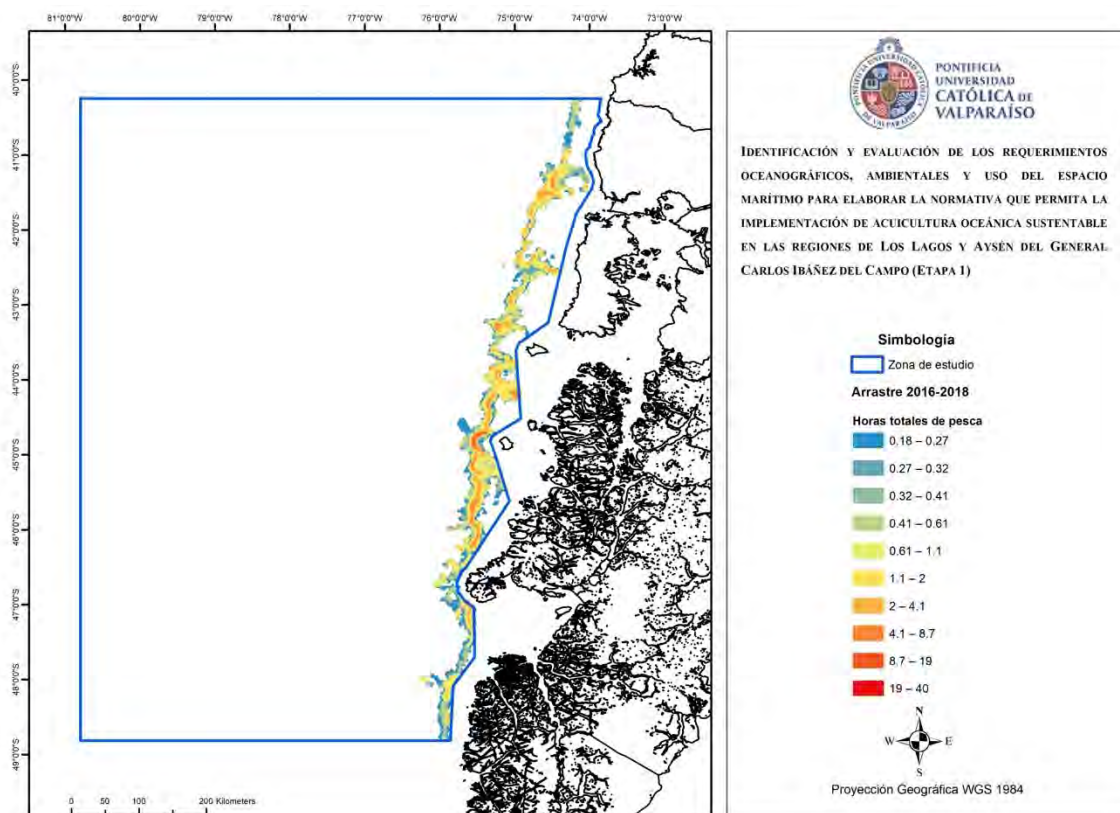


Figura 98. Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de arrastre (horas de pesca) en la zona de interés para el período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch).

La Figura 99 muestra que el esfuerzo de pesca de la flota de palangre presenta dos grandes áreas para su distribución, una más al norte desde un poco al noroeste de isla Guamblin $44^{\circ} 33''$ S por el norte y hasta $46^{\circ} 19''$ S llegando a la península de Taitao. La segunda área de distribución va desde la boca norte del Golfo de Penas ($46^{\circ} 58''$ S) y hasta el límite sur del área de interés de este estudio ($48^{\circ} 49''$ S).

La Figura 99 muestra también el área norte que presenta un centro de gravedad de esfuerzo de pesca de palangre a la altura de la península de Skyring cercano a $75^{\circ} 40''$ W en rango de 5,6 a 14 horas de pesca, con una cola que se desplaza hacia el sur y al este.

El área sur presenta un centro de gravedad de intensidad similar entre $48^{\circ} - 48^{\circ} 52''$ S y entre $76^{\circ} 30'' - 76^{\circ} 45''$ W, con intensidades de pesca en el rango de 5,6 a 14 horas de pesca.

La Figura 100 muestra la distribución de la flota de artes de pesca fijos (espinel, enmalle y trampas) que indica la presencia de dos focos claros y distantes. El primero al norte $40^{\circ} 54''$ S y entre $74^{\circ} 45'' - 75^{\circ}$ W, con un límite superior de 6,4 horas de pesca. El segundo foco se

encuentra en el extremo sur de la boca del Golfo de Penas en los $47^{\circ} 42''$ S y cercano a los 76° W, con un rango que llega a las 11 horas de pesca.

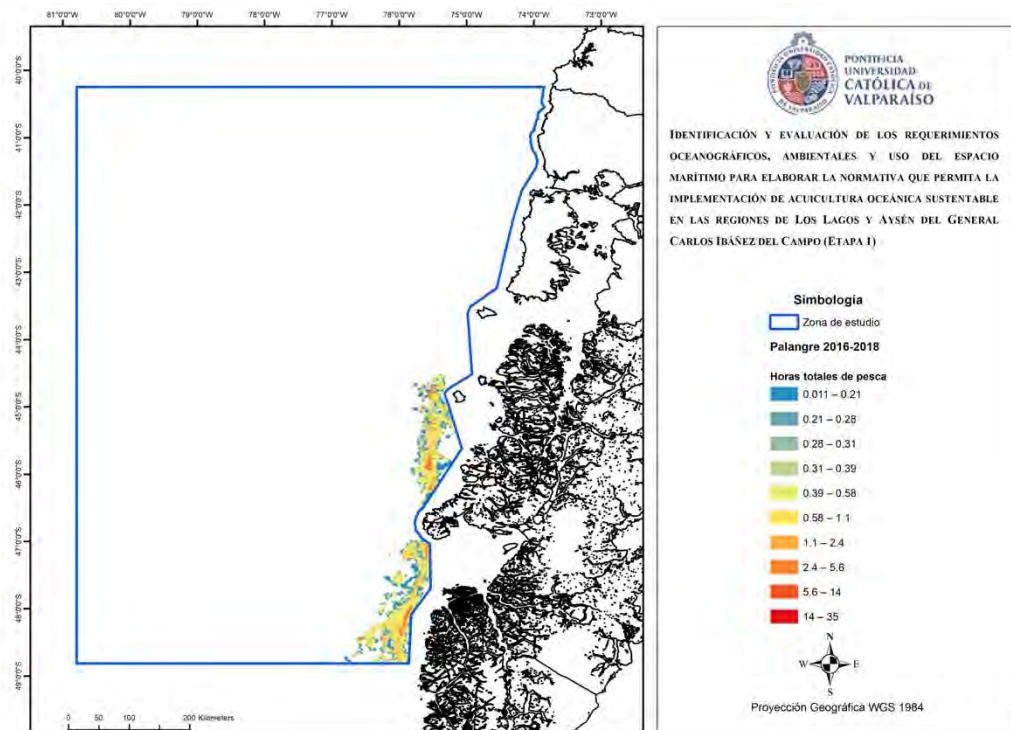


Figura 99. Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de palangre (horas de pesca) en la zona de interés para el período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch).

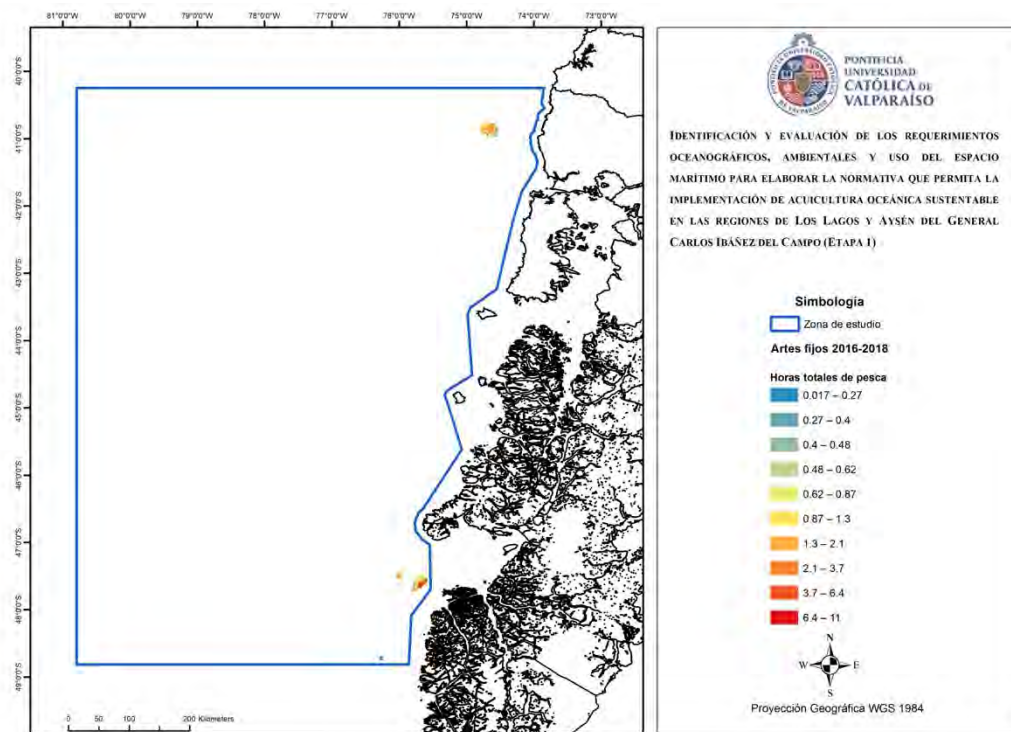


Figura 100. Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de artes fijos (horas de pesca) en la zona de interés para el período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch).

La Figura 101 muestra que el esfuerzo de pesca de la flota de cerco se distribuye al norte de 43° S y desde el límite este de la 5mn hasta aproximadamente 81° 30" W. Presenta varios centros de gravedad de hasta 5,9 horas de pesca, pero todos ocurren al oeste de 75° W.

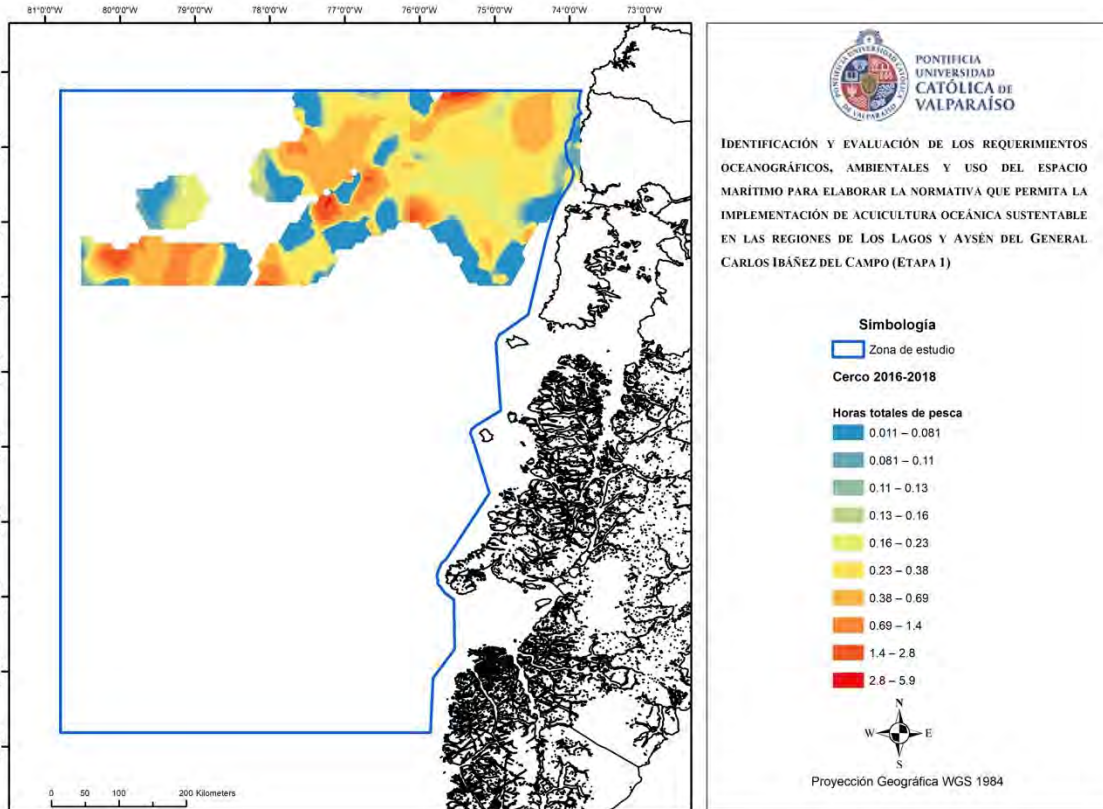


Figura 101. Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de cerco (horas de pesca) en la zona de interés para el período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch).

Anexo 7.3 muestra la distribución del esfuerzo pesquero de las principales flotas por trimestre para el período 2016-2018.

6.4.1.19 Transporte marítimo

Si bien se solicitó información de tracks de navegación para la flota de embarcaciones de transporte de insumos y materias primas para la industria de acuicultura al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, dicha información no ha sido proporcionada a la fecha. Así, se ha utilizado la información del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT), que muestra las rutas navieras subsidiadas por el estado, esto es las líneas de transbordadores de pasajeros, vehículos y carga son las mostradas en la Figura 102.



Figura 102. Transporte marítimo subsidiado por el Estado en las regiones de Los Lagos y Aysén (Fuente: extraído de MMT).

Como se observa en la Figura 102, la mayoría de estas rutas se localiza en aguas interiores de la regiones de Los Lagos y Aysén, con la excepción de la ruta que une Puerto Montt con Punta Arenas, que sale a mar abierto entre las Guaitecas y la Isla Guafo, para continuar al sur frente al Archipiélago de Chonos e ingresar nuevamente a aguas interiores a través del Golfo de

Penas. Al comparar la Figura 102 y Figura 105, presentada más adelante, se observa que el único punto potencial de interacción con la zona de interés es al ingreso al Golfo de Penas.

La Figura 103 a continuación presenta las principales rutas para la navegación marítima entre las regiones de Los Lagos y la región de Magallanes. Las líneas rojas representan la ruta normal o más utilizada para navegar entre el Canal Chacao y el Estrecho de Magallanes. Las líneas celestes representan las diferentes rutas alternativas.

Como se observa en la Figura 103, la ruta más transitada se hace en gran parte de su trayecto al oeste de la línea de las 5 mn. Estas rutas incluyen el tráfico marítimo de carga y pasajeros en general, incluyendo cruceros, buques mercantes nacionales y wellboats. Las rutas de la Figura 102, corresponden a las de los transbordadores.

6.4.1.20 Espacios Costero Marinos de los Pueblos Originarios (ECMPOs)

De acuerdo con SUBPESCA²⁸, a la fecha existen 13 ECMPO decretados, de los cuales 12 de ellos se encuentran en la Región de Los Lagos (Tabla 38) y ninguno aún en la región de Aysén.

Tabla 38. ECMPO Decretadas (Fuente: Elaboración en base a información de la Página Web SUBPESCA²⁹).

N°	ECMPO Decretadas	N° Decreto	Fecha	Región	Comuna	Superficie
1	Caleta Milagros	250	04/03/20	Los Lagos	San Juan de la Costa	11.947,84 Has
2	Pucatué	45	14/01/20	Los Lagos	Chonchi	174,33 Has
3	Punta San Luis	1299	27/12/19	Los Lagos	Fresia	260,48 Has
4	Caulín	625	30/08/18	Los Lagos	Ancud	83,21 Has
5	Buta Lauken Mapu	2346	14/09/16	Los Lagos	Ancud	61,67 Has
6	Manquemapu	2358	14/09/16	Los Lagos	Purranque	670,20 Has
7	Cóndor	1214	01/06/16	Los Lagos	Río Negro	2.550,35 Has
8	Bahía San Pedro	719	18/04/16	Los Lagos	Purranque	56.114.900 m ²
9	Mahuidantu	621	27/03/15	Los Lagos	Purranque	51.685.600 m ²
10	Huentetique	266	12/02/14	Los Lagos	Ancud	1.120.900 m ²
11	Trincao	267	12/02/14	Los Lagos	Quellón	Sector 1: 471.500 m ² Sector 2: 1.450.300 m ² Sector 3: 179.000 m ²

²⁸ <http://www.subpesca.cl/portal/616/w3-propertyvalue-62421.html> Página Web Consultada en julio del 2020.

²⁹ <http://www.subpesca.cl/portal/615/w3-propertyvalue-51039.html> Página Web Consultada en julio del 2020.

						Sector 4A: 23.700 m ² Sector 4B: 7.600 m ² Sector 4C: 5.700 m ² Sector 5: 120.400 m ² Sector 7: 56.700 m ² Sector 8: 14.800 m ² Sector 9: 109.500 m ² Sector 10: 4.300 m ²
12	Punta Capitanes	1596	13/07/17	Los Lagos	Fresia	-

Todos los ECMPOs decretados a la fecha ocupan territorio marino en zonas expuestas al interior de la línea de las 5 mn o en zonas de agua interiores.

Para el caso de los Espacios Costeros Marinos Pueblos Originarios, a partir de la Figura 104 se han identificado aquellos que se sobreponen con la zona de estudio. Si bien no existen EMCPO decretados en los cuales sus áreas se sobrepongan con el área de interés, si hay ocho EMCPO donde existe superposición parcial dentro de la zona de estudio, las cuales están en estado de tramitación, cuatro de ellas están en etapa de estudio por parte de la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI), y corresponden a; Comunidad Indígena Purretrun Pucatrihue, Comunidades Ancapan y Mapu-Lafken, Comunidades Huilliches De Huentemo, Chanquin Palihue, Chanquin, Cucao, Quilque, Chaique Cole Cole y Montaña, y Comunidades Indígenas Antunen Rain, Pewmayen y Aliwen.

Por otra parte, también existe superposición con la Comunidad Indígena Maicolpué Río Sur, la cual se encuentra próxima a envío de solicitud destinación marítima. Por último, tres EMCPO que están en estado de consulta con otras instituciones las cuales corresponden a; Comunidades Indígenas Aliwen De Pumillahue y Wunen De Pumillahue, Asociación De Comunidades Indígenas De Waywen y Asociación De Comunidades Indígenas Wafo Wapi. Sin embargo, se debe destacar que por encontrarse en proceso de ser decretados los espacios costeros, las superficies totales pueden estar sujetas a modificaciones si así lo estima la CONADI, de acuerdo a la justificación de uso consuetudinario presentado por la comunidad.

Cabe señalar que, hasta diciembre de 2019, en la región de Los Lagos hay 66 solicitudes de ECMPO por parte de Comunidades indígenas en diferentes fases de tramitación; y 5 solicitudes de ECMPO en la región de Aysén, de las cuales 3 corresponden a la comuna de Cisnes, 1 a la comuna de Aysén y 1 a Las Guaitecas. Las cuatro primeras se encuentran en

trámite en la CONADI o próximas a estarlo; en tanto, la solicitud realizada en la comuna de Las Guaitecas, fue rechazada por la CRUBC (Página Web SUBPESCA³⁰).

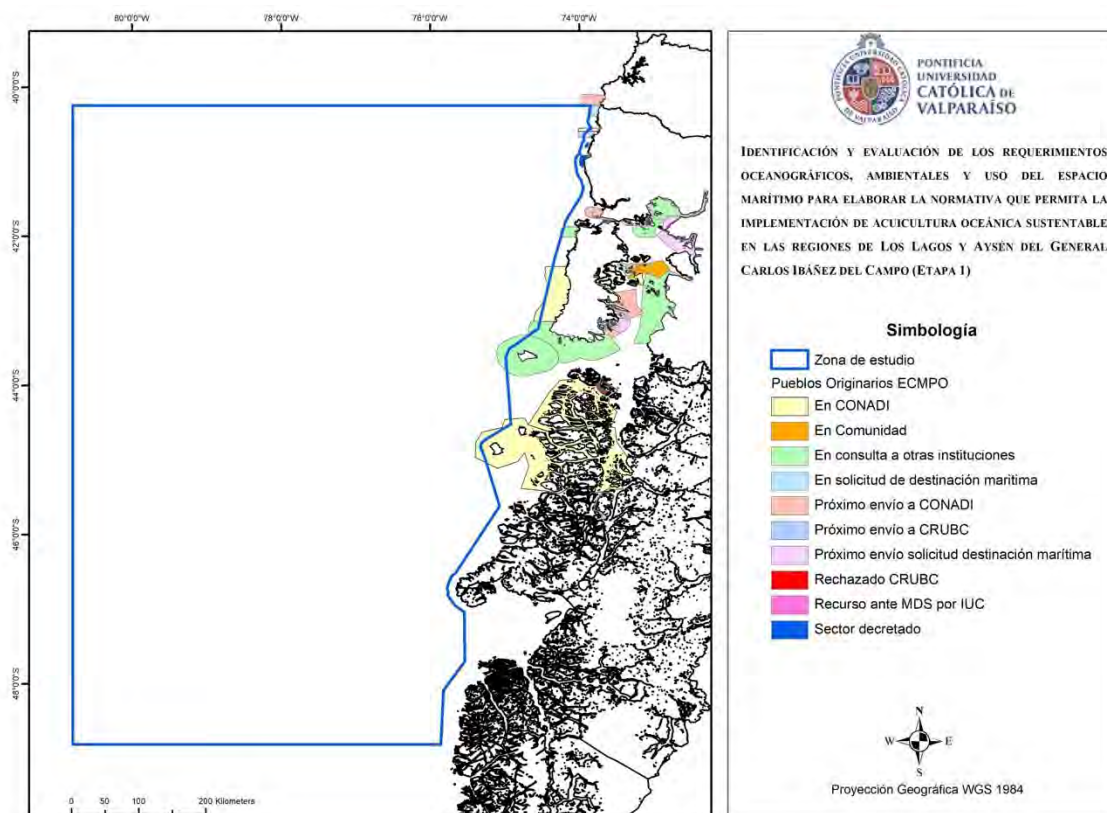


Figura 104. Distribución geográfica de los ECMPPO en la región de Los Lagos y de Aysén (Fuente: elaborado en base a información SUBPESCA).

6.4.1.21 Áreas Marinas Protegidas (AMPs)

6.4.1.21.1 Parques Marinos

En la zona de estudio no existen a la fecha Parque Marinos decretados en las regiones de Los Lagos y Aysén.

6.4.1.21.2 Reservas marinas

En la región de Los Lagos existen dos reservas marinas decretadas que son Reserva Marina de Pullinque y Reserva Marina de Putemún y se localizan en aguas interiores (Tabla 39).

³⁰ <http://www.subpesca.cl/portal/616/w3-propertyvalue-62421.html> Página Web Consultada en julio del 2020.

Tabla 39. Reservas Marinas en Chile (Fuente: Elaboración en base a información de la Página Web MMA³¹).

Nº	Reserva Marina	Nº Decreto	Fecha	Región	Comuna	Superficie
1	Pullinque	133	31/07/2003	Los Lagos	Ancud	773,03 Has
2	Putemún	134	31/07/2004	Los Lagos	Castro	753,10 Has

En la región de Aysén, no existen a la fecha reservas marinas decretadas.

1.1.1.1 Santuarios de la naturaleza marinos

De acuerdo con información del MMA en la región de Los Lagos existen cuatro Santuarios de la naturaleza y dos en la región de Aysén. Dos de los anteriores marinos, uno en Los Lagos y el otro en Aysén y ambos se localizan en aguas interiores (Tabla 40).

Tabla 40. Santuarios de la Naturaleza de las Regiones Los Lagos y Aysén (Fuente: Elaboración en base a información de la Página Web MMA³²)

Nº	Santuario de la Naturaleza	Ambiente	Nº Decreto	Fecha	Región	Comuna	Superficie
1	Alerzales existentes en el Fundo Potrero de Anay	Terrestre	835	1/09/1976	Los Lagos	Dalcahue	6.224,24 Has
2	Bosque fósil de Punta Pelluco	Terrestre	48	17/01/1978	Los Lagos	Puerto Montt	4 Has
3	Isla Kaikué-Lagartija	Marino	33	10/08/2017	Los Lagos	Calbuco	0,75 Has
4	Parque Pumalín	Terrestre	1137	19/08/2005	Los Lagos	Cochamó; Chaitén; Hualaihué	288.689 Has
5	Capilla de Mármol	Río Baker	281	22/06/1994	Aysén	Río Ibáñez	50 Has
6	Estero Quitralco	Marino	600	07/11/1996	Aysén	Aysén	17.600 Has

³¹ <http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/busqueda?p=5> Página Web Consultada en julio del 2020.

³² <http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/busqueda?p=5> Página Web Consultada en julio del 2020.

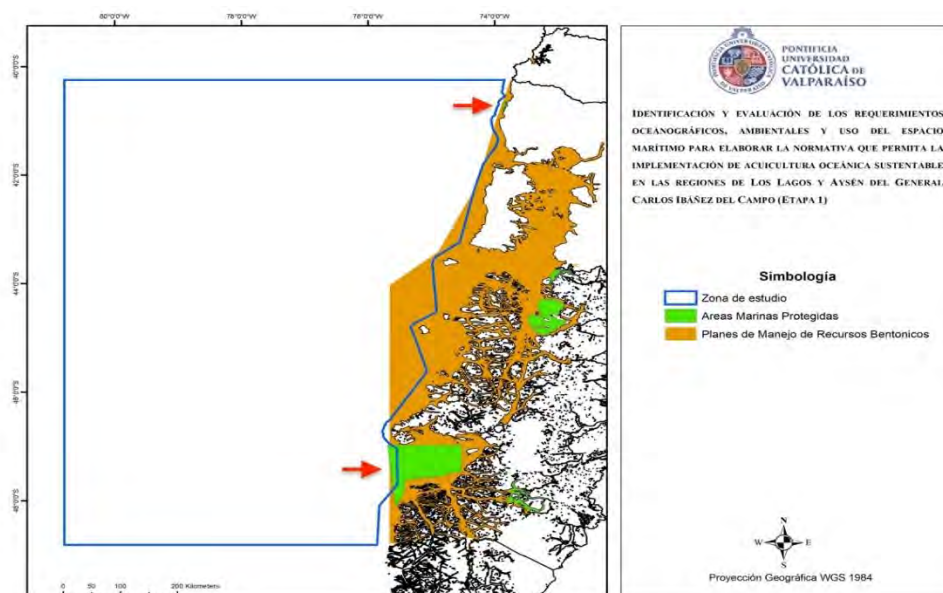
6.4.1.21.3 Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos (AMCP-MU)

De un total de 13 AMCP – MU decretadas en el país, solo dos se encuentran en la región de Los Lagos y dos más en la región de Aysén (Tabla 41).

Tabla 41. AMCP - MU de las Regiones Los Lagos y Aysén (Fuente: Elaboración en base a información de la Página Web MMA33)

Nº	AMCP – MU	Nº Decreto	Fecha	Región	Comuna	Superficie
1	Fiordo Comau- San Ignacio de Huinay	357	2/11/2001	Los Lagos	Hualaihué	414,55 Has
2	Lafken Mapu Lahual	517	12/12/2005	Los Lagos	Río Negro	4.463,75 Has
3	Pitipalena – Añihue	13	18/02/2014	Aysén	Cisnes	23.862 Has
4	Tortel	18	28/02/2018	Aysén	Tortel	670.210 Has

La AMCP-MU Lafken Mapu Lahual se encuentra en zonas costeras expuestas, pero a la costa de la línea de las 5 mn. La AMCP-MU Tortel, correspondientes al Golfo de Penas, sin embargo, tiene una pequeña porción que se sobrepone con el zona de interés de este estudio al oeste de la línea de las 5 mn tal como se observa en la Figura 105. Las restantes se encuentra en aguas interiores.



³³ <http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/busqueda?p=11> Página Web Consultada en julio del 2020.

Figura 105. Distribución geográfica de las AMCP-MU región de Aysén (Fuente: elaborado en base a información SUBPESCA).

El AMCP-MU de Tortel, ubicada en la comuna de Tortel, Región de Aysén, tiene una superficie aproximada total de 6.702,1 km², la cual comprende porciones de agua, fondo de mar de las zonas: Zona Oceánica de superficie 6.136,7 km², y zona de influencia Glaciar de superficie de 565,4 km². Cabe destacar, que la zona oceánica se caracteriza por ser de alta producción de plancton y reserva genética como larvas de peces e invertebrados. También corresponde a una zona de alimentación de lobos marinos y pingüinos que se reproducen en borde costero del golfo, además de ser de relevancia para especies altamente migratorias como mamíferos marinos y aves marinas.

Como es posible de identificar en la Figura 105, es una pequeña zona del total de AMP la que se superpone al área a la zona de estudio, donde los límites están representados en la Tabla 42 de los vértices de la zona oceánica, la Tabla 43 con los vértices de la zona de influencia del glaciar y , detallado en sistema de coordenadas proyectadas en UTM, Datum WGS84, Huso 18S

Tabla 42. Vértices Zona Oceánica Área Marina protegida Múltiples Usos Tortel.

Vértice	Este	Norte
1	447.095	4.797.440
2	535.650	4.797.440
3	535.650	4.746.180
4	538.770	4.742.437
5	526.834	4.741.457
6	509.606	4.733.417
7	486.307	4.730.464
8	469.815	4.725.203
9	467.767	4.714.877
10	467.483	4.703.682
11	464.177	4.689.862
12	457.942	4.670.314

Tabla 43. Vértices Zona de Influencia Glaciar Área Marina protegida Múltiples Usos Tortel.

Vértice	Este	Norte
1	605.845	4.725.563
2	601.747	4.722.851
3	597.665	4.716.003
4	598.895	4.710.129
5	606.665	4.707.326
6	610.042	4.705.274
7	616.456	4.700.337
8	615.289	4.694.117
9	634.184	4.686.660
10	618.750	4.686.104
11	612.1721	4.695.369
12	604.489	4.697.985
13	603.303	4.689.073

6.4.1.22 Planes de Manejo de Pesquerías Bentónicas (PMPBs), Áreas de explotación y Manejo de Recursos Bentónicos (AMERBs) y Concesiones de acuicultura

6.4.1.22.1 Planes de Manejo de Pesquerías Bentónicas (PMPBs)

La Figura 105 muestra la distribución geográfica de las áreas consideradas para el desarrollo de Planes de Manejo de Pesquerías Bentónicas por parte de la SUBPESCA y que incluyen los recursos erizo rojo (*Loxequinus albus*), almeja (*Venus antiqua*), almeja taca (*Protothaca taca*) y luga roja (*Gigartina skottsbergii*). La aplicación del plan actualmente está sujeta a análisis y revisión por los usuarios. Sin embargo, en un inicio correspondía a la zona marítimo geográfica de las regiones de Los Lagos y Aysén, delimitada por el polígono establecido en la resolución 2118 del 2001 y por fuera del polígono de exclusión entorno a Islas Guaitecas.

Tal como se muestra en la Figura 105 existe superposición parcial de los PMBs con la zona de interés tanto en la región de Los lagos como en la región de Aysén.

1.1.1.2 AMERBs y Concesiones de Acuicultura

La información que respecta a las AMERBs y Concesiones de Acuicultura decretadas, obtenidas de SUBPESCA, indican que los usos de estos espacios marítimos estáticos se encuentran bordeando la costa insular y continental dentro de las 5 mn, por lo que la zona de estudio en la que podría implementarse AO no se vería interferida por estos usos y las respectivas actividades que se desprenden de ellos (Figura 106 y Figura 107).

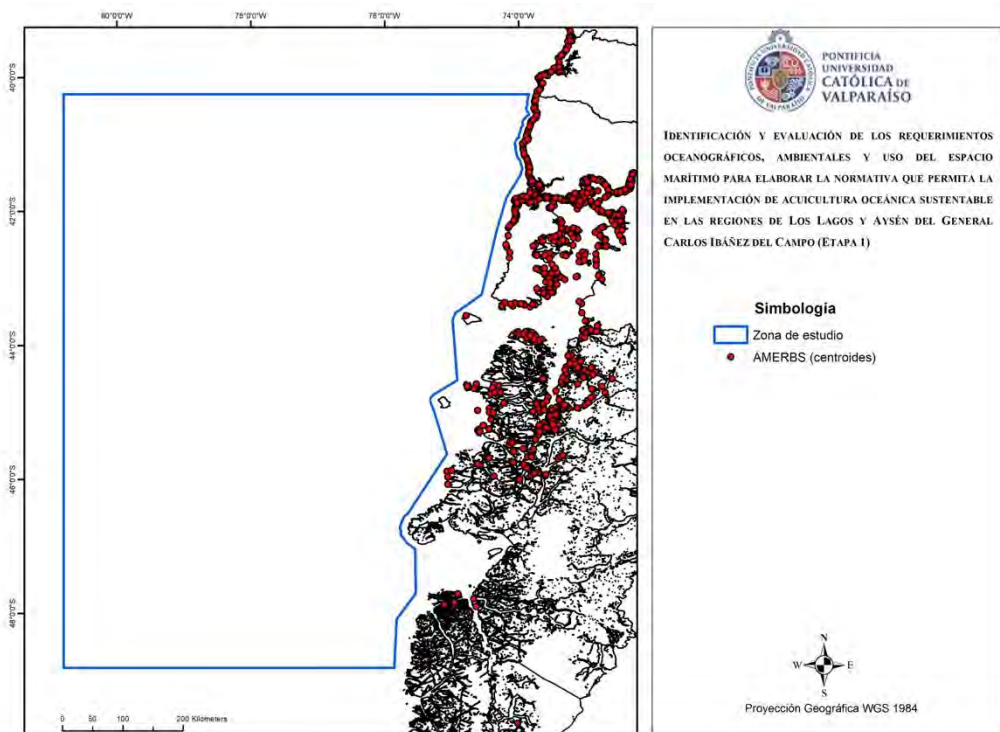


Figura 106. Distribución geográfica de AMERBs en las regiones de Los Lagos y de Aysén (Fuente: Elaboración propia en base a información oficial SUBPESCA).

En relación a las áreas de manejo es posible señalar que la mayor concentración de estas (313) se encuentra en la región de Los Lagos y una menor fracción (76) en la región de Aysén. A diferencia de lo ocurre con las AMERBs, las concesiones de acuicultura de salmónes se condensan en la región de Aysén con 723 concesiones y un número un poco menor la región de Los Lagos con 541.

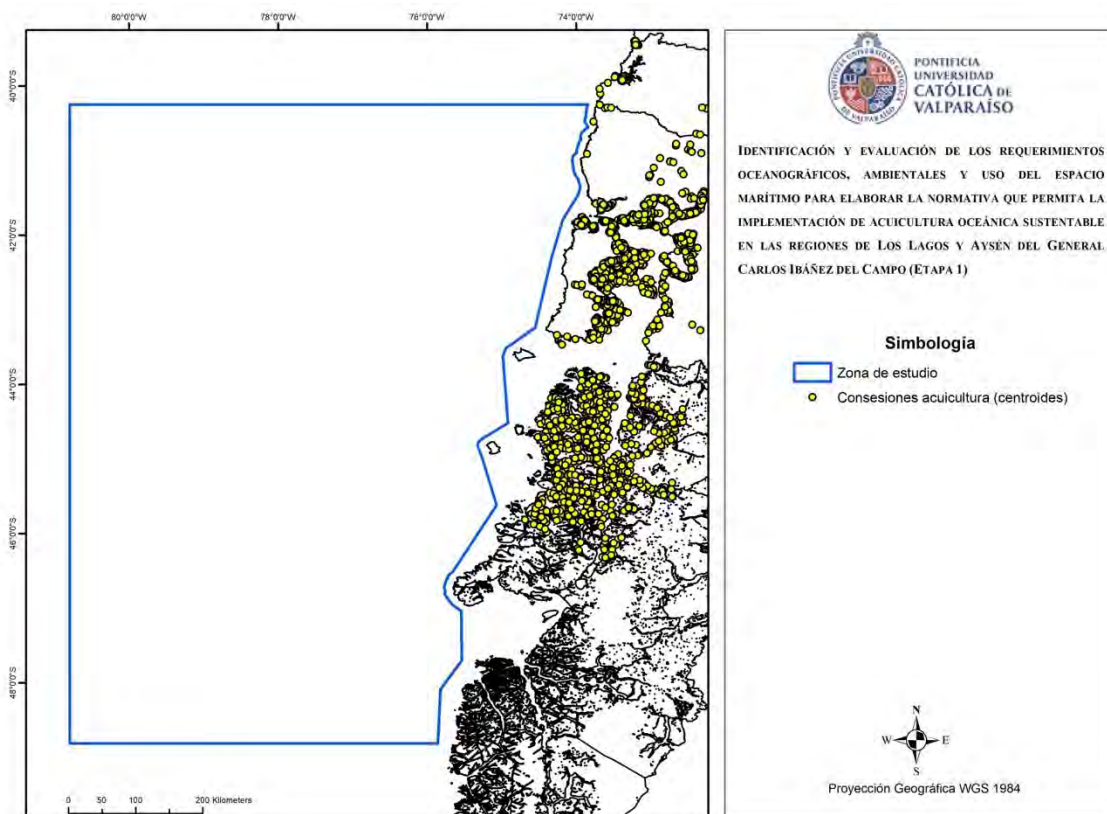


Figura 107. Distribución geográfica de Concesiones de Acuicultura en las regiones de Los Lagos y de Aysén (Fuente: Elaboración propia en base a información oficial SUBPESCA).

6.4.1.23 Rutas de migración de grandes mamíferos

La información de las rutas de migración de grandes mamíferos disponible otorgada por la ONG WWF, corresponde a las migraciones realizadas por el cetáceo Ballena azul durante el año 2014. De esta se observa que el trayecto de migración abarca tanto aguas interiores como exteriores, principalmente de la Región de Los Lagos (Figura 108).

Las aguas interiores de mayor uso por la ballena azul, se da en las aguas entre la Isla de Chiloé y la placa continental, entre un polígono cuyas coordenadas de los vértices corresponden a 41°53'21" S y 73°24'49" W al noroeste; 42°06'04" S y 72°43'34" W al noreste; 42°19'08" S y 73°19'28" W al suroeste y 42°27'21" S y 73°00'07" W al sureste.

La migración disminuye en intensidad en la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, así como también hacia aguas abierta, fuera de la línea base (5 mn). No obstante, la zona de mayor tránsito entre aguas exteriores y mar interior se da en el área denominada Boca del Guafo, entre la Isla de Chiloé y las Islas Guaitecas.

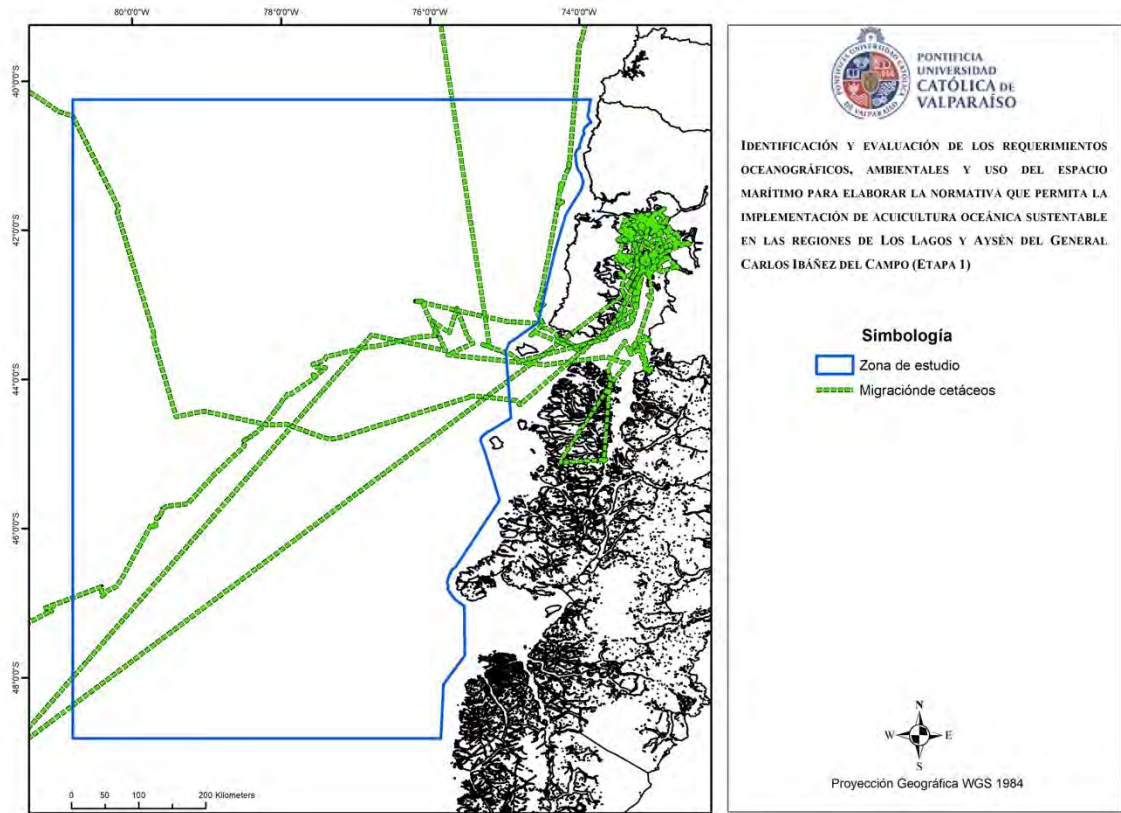


Figura 108. Rutas de migración de Ballena azul en 2014-2015. Fuente: Elaboración propia en base a información de WWF (2020).

Finalmente, se solicitó información adicional sobre migración de mamíferos marinos al Ministerio del Medio ambiente, cuyos funcionarios indicaron que no levantan información de rutas migratorias de cetáceos, a menos que sea un monitoreo de biodiversidad (objetos de conservación) de AMP, que no existen en el mar exterior de las regiones incluidas en este estudio. Adicionalmente se consultó con el Dr. Rodrigo Hucke si contaba con información al respecto, pero a la fecha no se ha recibido respuesta a dicha consulta.

6.5 IDENTIFICAR LAS ÁREAS ÓPTIMAS PARA REALIZAR LA ACTIVIDAD DE ACUICULTURA OCEÁNICA, EN BASE A LAS CAPAS IDENTIFICADAS EN LOS OBJETIVOS 2, 3 Y 4, PARA PROMOVER LA ACTIVIDAD DE ACUICULTURA OCEÁNICA SUSTENTABLE, PARA LAS REGIONES DE LOS LAGOS Y AYSÉN

En el presente objetivo se utilizó la información espacial y temporal de los objetivos anteriores con el fin de identificar áreas potenciales para desarrollar AO en la región de los Lagos y Aysén. Como consecuencia, se llevó a cabo un taller de expertos el día 20 de octubre del 2020 a través de video conferencia para discutir cuáles son las variables más importantes en diferentes condiciones para desarrollar AO.

El taller de expertos estuvo basado en metodologías de impacto ambiental que permiten seleccionar variables y actividades adecuadas para identificar las áreas óptimas en las que se puede desarrollar la acuicultura oceánica (AO), por lo tanto, las variables están supeditadas a las **áreas de producción acuícola, condiciones oceanográficas, meteorológicas, de operación e infraestructura**. Sin embargo, las metodologías no proporcionan respuestas completas a todas las preguntas sobre los impactos posibles de un proyecto o conjunto de alternativas, como consecuencia, las decisiones finales son producto de la experiencia profesional, aplicación continuada de juicio crítico sobre los insumos de datos y del análisis e interpretación de los resultados.

Resultado final taller de expertos

Tabla 44 - Resumen final CIR - CSE por variable

Variable	CIR	RESUMEN						Unidad
		CSE						
ALTURA DE OLA SIGNIFICATIVA								
		[0-2 [	[ 2- 4 [	[ 4-6 [	[ 6-8 [	[ 8-10 [	> 10	m
ALTURA DE OLA SIGNIFICATIVA	0,17	0,29	0,26	0,20	0,13	0,08	0,04	
VELOCIDAD DEL VIENTO								
		[0-10 [	[ 10-20 [	[ 20-30 [	[ 30-40 [	[ 40-50 [	> 50	kn
VELOCIDAD DEL VIENTO	0,13	0,30	0,26	0,18	0,13	0,09	0,04	
VELOCIDAD CORRIENTE								
		[0-0,4 [	[ 0,4-0,8 [	[ 0,8-1,2 [	[ 1,2-1,6 [	[ 1,6-2,0 [	> 2,0	kn
VELOCIDAD CORRIENTE	0,15	0,24	0,27	0,20	0,16	0,08	0,05	
TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR								
		[6-8 [	[ 8-10 [	[ 10-12 [	[ 12-14 [	[ 14-16 [	> 16	°C
TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR	0,07	0,10	0,12	0,19	0,25	0,20	0,14	
PROFUNDIDAD								
		[30 -100 [	[ 100 -300 [	[ 300 -500 [	[ 500 -700 [	[ 700 -900 [	> 900	m
PROFUNDIDAD	0,14	0,20	0,25	0,23	0,18	0,08	0,05	
CLOROFILA								
		[0 -10 [	[ 10 -20 [	[ 20 -30 [	[ 30 -40 [	[ 40 -50 [	> 50	mg/m3
CLOROFILA	0,10	0,28	0,25	0,21	0,10	0,08	0,07	
SALINIDAD								
		[32 -32,5 [	[ 32,5 -33 [	[ 33 -33,5 [	[ 33,5 -34 [	[ 34 -34,5 [	> 34,5	PSU
SALINIDAD	0,04	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	
OXIGENO DISUELTO								
		[1,4-2,1 [	[ 2,1-2,8 [	[ 2,8-3,5 [	[ 3,5-4,2 [	[ 4,2-4,9 [	> 4,9	mg/L
OXIGENO DISUELTO	0,20	0,03	0,08	0,14	0,19	0,26	0,30	

En la Tabla 44 se puede observar que todas las variables tienen un coeficiente de importancia relativa para permitir el potencial desarrollo de la AO, sin embargo, las variables más importantes en orden decreciente es el siguiente:

1. Oxígeno disuelto
2. Altura de ola significativa
3. Velocidad de corriente
4. Profundidad
5. Velocidad del viento
6. Clorofila
7. Temperatura superficial del mar
8. Salinidad

Como consecuencia, cada valor de coeficiente de importancia relativa y coeficiente selección de escalas para cada variable permiten obtener los potenciales impactos que identifica las áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica:

Tabla 45- Impacto potencial por variable que permite desarrollar acuicultura oceánica en la región de Los lagos y Aysén

Variables ambientales relevantes que permiten identificar áreas potenciales para desarrollar Acuicultura Oceánica (AO)								
VARIABLES	Parámetro	Condición	CIR	CSE	Magnitud	importancia	Valor M*I	Tipo de impacto
Ambientales	Altura de ola significativa [m]	[0-2 [	0,17	0,29	7,88	7	58	P. impacto altamente positivo
		[2-4 [		0,26	6,29	7	47	P. impacto positivo
		[4-6 [		0,20	1,87	7	14	P. impacto positivo
		[6-8[		0,13	-2,85	7	-21	P. impacto negativo
		[8-10 [		0,08	-6,02	7	-45	P. impacto negativo
		> 10		0,04	-8,87	7	-66	P. impacto altamente negativo
	Velocidad del viento [kn]	[0-10 [	0,13	0,30	8,60	6	49	P. impacto altamente positivo
		[10-20 [		0,26	6,06	6	35	P. impacto positivo
		[20-30 [		0,18	0,67	6	4	P. impacto positivo
		[30-40 [		0,13	-2,50	6	-14	P. impacto negativo
		[40-50 [		0,09	-5,67	6	-33	P. impacto negativo
		> 50		0,04	-8,84	6	-51	P. impacto altamente negativo
	Velocidad de corriente [kn]	[0-0,4 [	0,15	0,24	4,97	7	33	P. impacto positivo
		[0,4-0,8 [		0,27	6,78	7	45	P. impacto positivo
		[0,8-1,2 [		0,20	1,74	7	12	P. impacto positivo
		[1,2-1,6 [		0,16	-1,01	7	-7	P. impacto negativo
		[1,6-2,0 [		0,08	-6,14	7	-41	P. impacto negativo
		> 2,0		0,05	-8,04	7	-53	P. impacto altamente negativo

Temperatura superficial del mar [°C]	[6-8 [	0,07	0,10	-4,71	3	-14	P. impacto negativo
	[8-10 [		0,12	-3,39	3	-10	P. impacto negativo
	[10-12 [		0,19	1,17	3	3	P. impacto positivo
	[12-14 [		0,25	5,35	3	16	P. impacto positivo
	[14-16 [		0,20	1,74	3	5	P. impacto positivo
	> 16		0,14	-1,86	3	-5	P. impacto negativo
Profundidad [m]	[30 -100 [	0,14	0,20	2,33	6	15	P. impacto positivo
	[100 - 300 [		0,25	5,66	6	36	P. impacto positivo
	[300 - 500 [		0,23	3,79	6	24	P. impacto positivo
	[500 - 700 [		0,18	0,54	6	3	P. impacto positivo
	[700 - 900 [		0,08	-6,07	6	-38	P. impacto negativo
	> 900		0,05	-7,94	6	-50	P. impacto altamente negativo
Clorofila [mg/m ³]	[0 -10 [	0,10	0,28	7,60	4	32	P. impacto positivo
	[10 -20 [		0,25	5,67	4	24	P. impacto positivo
	[20 -30 [		0,21	2,77	4	12	P. impacto positivo
	[30 -40 [		0,10	-4,95	4	-21	P. impacto negativo
	[40 -50 [		0,08	-5,91	4	-25	P. impacto negativo
	> 50		0,07	-6,88	4	-29	P. impacto negativo
Salinidad [PSU]	[32 -32,5 [	0,04	0,17	-0,28	2	-1	P. impacto neutro
	[32,5 -33 [		0,17	-0,28	2	-1	P. impacto neutro
	[33 -33,5 [		0,17	-0,28	2	-0,55	P. impacto neutro
	[33,5 -34 [		0,17	-0,28	2	-0,55	P. impacto neutro
	[34 -34,5 [		0,17	-0,28	2	-0,55	P. impacto neutro

	> 34,5		0,17	-0,28	2	-1	P. impacto neutro
Oxígeno disuelto [mg/L]	[1,4-2,1 [	0,20	0,03	-9,80	9	-87	P. impacto altamente negativo
	[2,1-2,8 [		0,08	-5,99	9	-53	P. impacto altamente negativo
	[2,8-3,5 [		0,14	-2,19	9	-19	P. impacto negativo
	[3,5-4,2 [		0,19	1,62	9	14	P. impacto positivo
	[4,2-4,9 [		0,26	5,90	9	52	P. impacto altamente positivo
	> 4,9		0,30	8,75	9	78	P. impacto altamente positivo

En la siguiente tabla se pueden observar los resultados finales que se obtuvieron en el taller, determinando el potencial impacto para cada variable en cada condición que permite el desarrollo de la acuicultura oceánica:

1. **Oxígeno disuelto:** Condición inferior a 3,5 mg/L es potencialmente negativo desarrollar acuicultura oceánica, sin embargo, sobre 3,5 mg/L si es posible.
2. **Altura de ola significativa:** Condición superior a 6 m es potencialmente negativo desarrollar acuicultura oceánica, sin embargo, bajo 6 m si es posible.
3. **Velocidad de corriente:** Condición superior a 1,2 kn es potencialmente negativo desarrollar acuicultura oceánica, sin embargo, bajo 1,2 kn si es posible.
4. **Profundidad:** Condición superior a 900 m es potencialmente negativo desarrollar acuicultura oceánica, sin embargo, bajo 700 m si es posible.
5. **Velocidad del viento:** Condición superior a 30 kn es potencialmente negativo desarrollar acuicultura oceánica, sin embargo, bajo 30 kn si es posible.
6. **Clorofila:** Condición superior a 30 mg/m³ es potencialmente negativo desarrollar acuicultura oceánica, sin embargo, bajo 30 mg/m³ si es posible.
7. **Temperatura superficial:** Condición entre 10 y 16 °C es potencialmente positivo desarrollar acuicultura oceánica, sin embargo, bajo 10 °C y superior a 16 °C es potencialmente negativo, considerando que actualmente que la acuicultura chilena esta basada en el cultivo de truchas y salmónidos.
8. **Salinidad:** Para cada condición de salinidad se atribuye un potencial impacto neutro debido a que no se presentan grandes rangos de variabilidad, por ende, no tiene efectos en los cultivos de truchas y salmónidos.

En este contexto, se analizó la serie temporal y espacial de cada variable para determinar las capas temáticas en la región de estudio, considerando que la variable oxígeno no presenta una robustez estadística. Por lo tanto, en este análisis no fue posible incluirla ya que, en comparación de las demás variables, es insuficiente la cantidad de datos obtenidos. Cabe mencionar que para este trabajo en particular y para la determinación de potenciales áreas de cultivo para desarrollar AO en Chile es necesario seguir haciendo mediciones *in situ* ya que, según los expertos, es la variable más importante. Además, la variable salinidad tampoco se incorporó en las capas temáticas debido a que su potencial impacto es neutro, siendo “irrelevante” para esta zona de estudio en particular.

Área potencial para desarrollar acuicultura oceánica.

Para identificar áreas potenciales que permiten desarrollar acuicultura oceánica en Chile se obtuvo un tipo de impacto para condición de cada variable ambiental a través del taller de expertos (académicos, profesionales de la industria, empresas prestadoras de servicios, entre otros.). Por tanto, se consideraron todas las variables ambientales para identificar las potenciales áreas, determinando que cada serie temporal de cada variable de cada cuadrícula debe superar la probabilidad de ocurrencia de impacto positivo y neutro en un 80%. Dicho esto, la determinación de cada área potencial está supeditada a la información océano – atmósfera recopilada y procesada.

Variable ambiental	Probabilidad de ocurrencia de Impacto positivo en la serie de tiempo	Probabilidad de ocurrencia de Impacto neutro en la serie de tiempo	Área potencial para desarrollar acuicultura oceánica
Altura de ola	≥ 80 %	≥ 80 %	SI
Velocidad del viento			
Velocidad de corriente			
Temperatura superficial del mar			
Profundidad			
Clorofila			
Salinidad			
Oxígeno disuelto			

Considerando lo anterior, se caracterizan los potenciales impactos para cada variable y rango de condición, culminando en el área potencial para desarrollar acuicultura oceánica en la región de Los Lagos y Aysén.

P. Impacto Altamente Positivo : Altura de Ola Significativa. Condición (m): [0, 2]

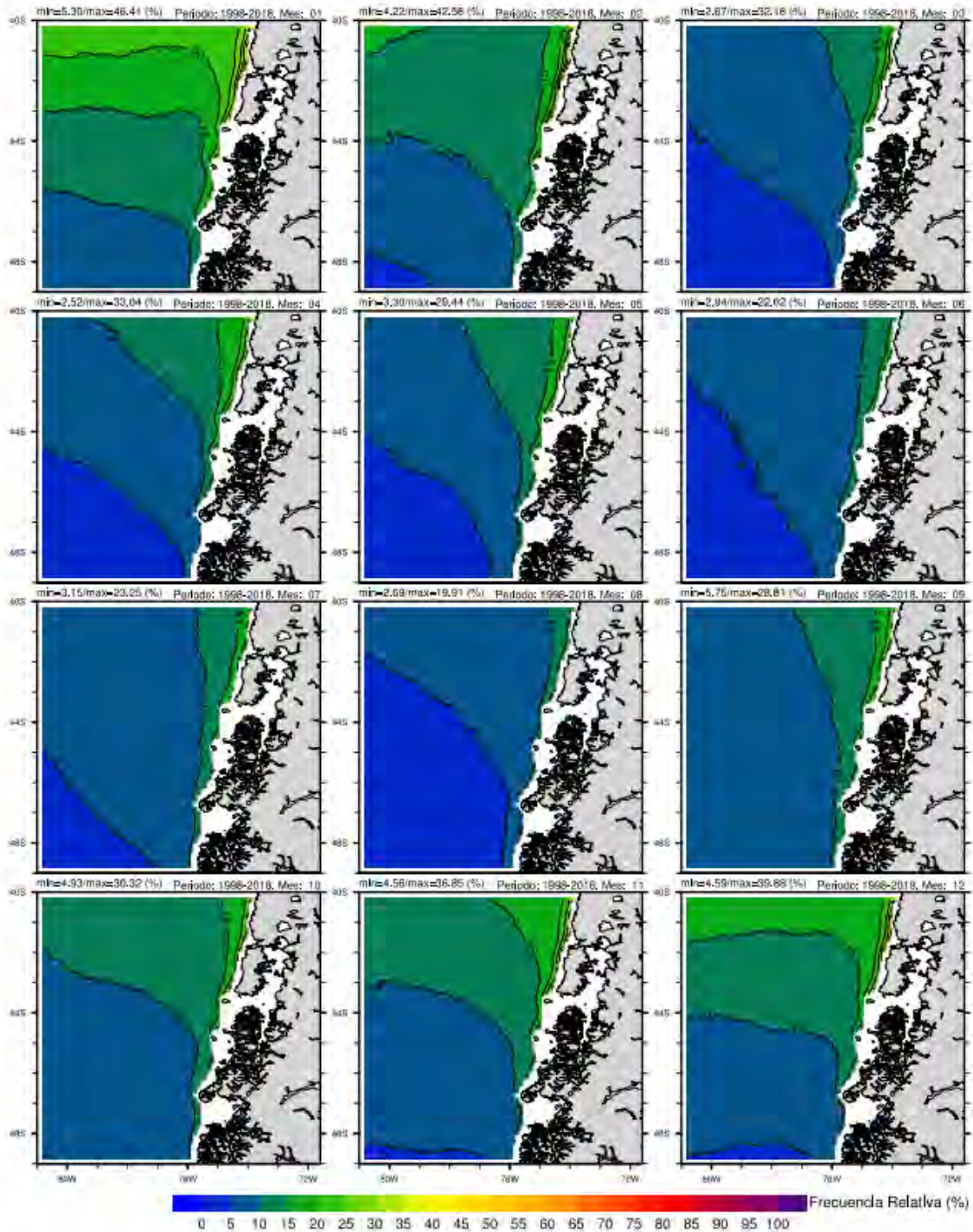


Figura 109. Capa temática Potencial impacto altamente positivo para la variable altura de ola significativa en la región de estudio.

P. Impacto Positivo : Altura de Ola Significativa. Condicion (m) : [2, 6]

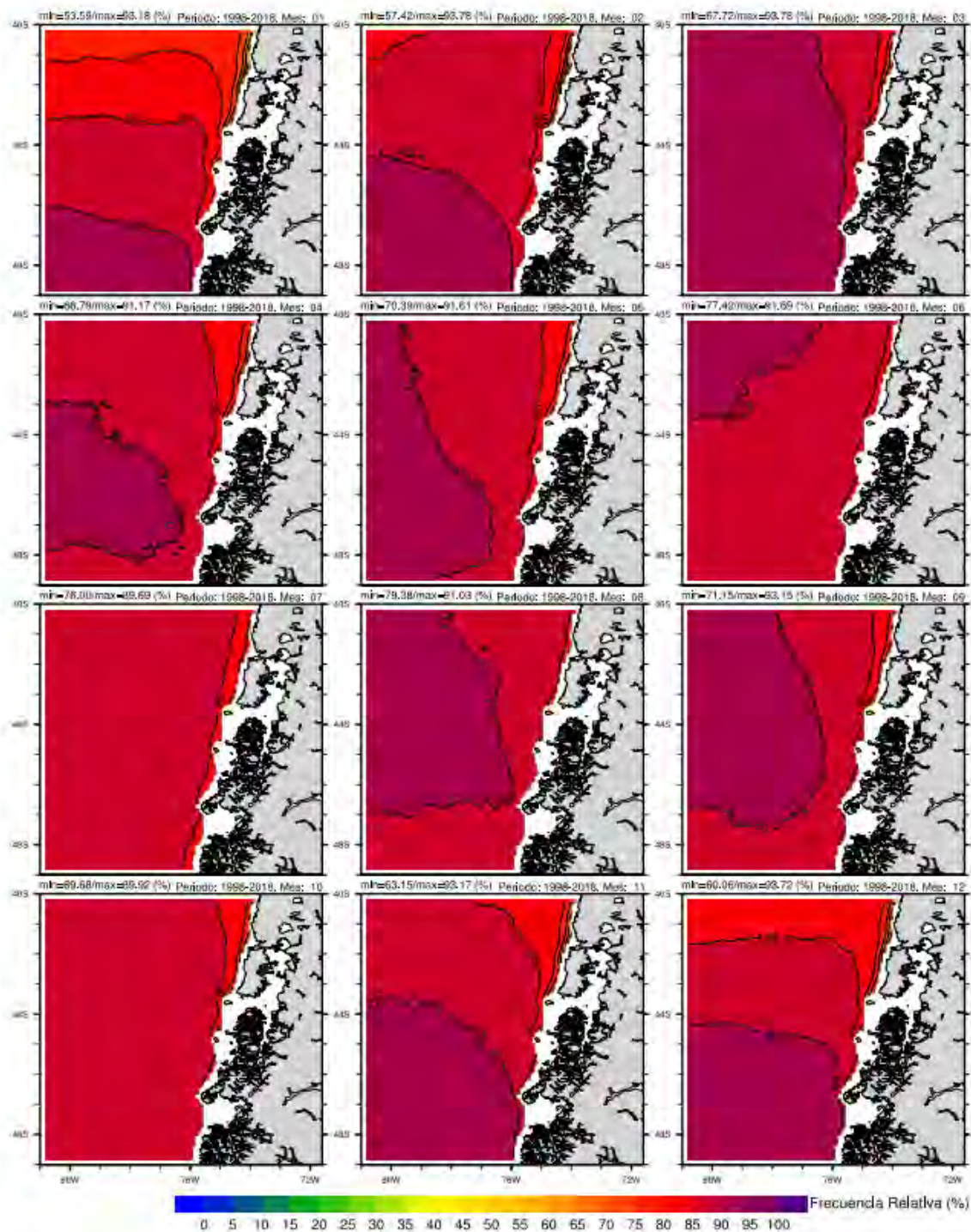


Figura 110. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable altura de ola significativa en la región de estudio.

P. Impacto Negativo : Altura de Ola Significativa. Condicion (m): [6, 10]

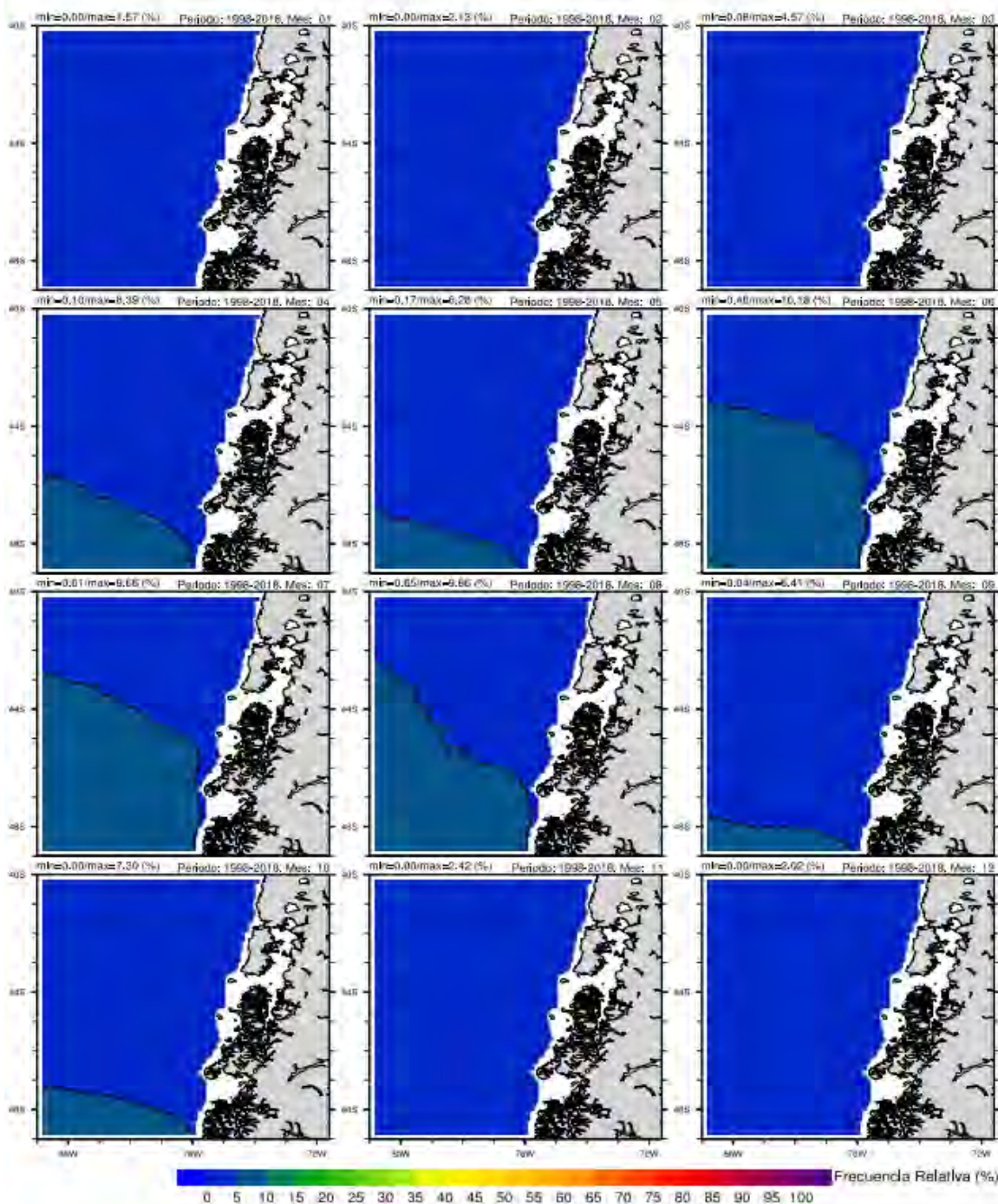


Figura 111. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable altura de ola significativa en la región de estudio.

Áreas Potenciales para el Desarrollo de la Acuicultura Oceanica : Altura de Ola Significativa

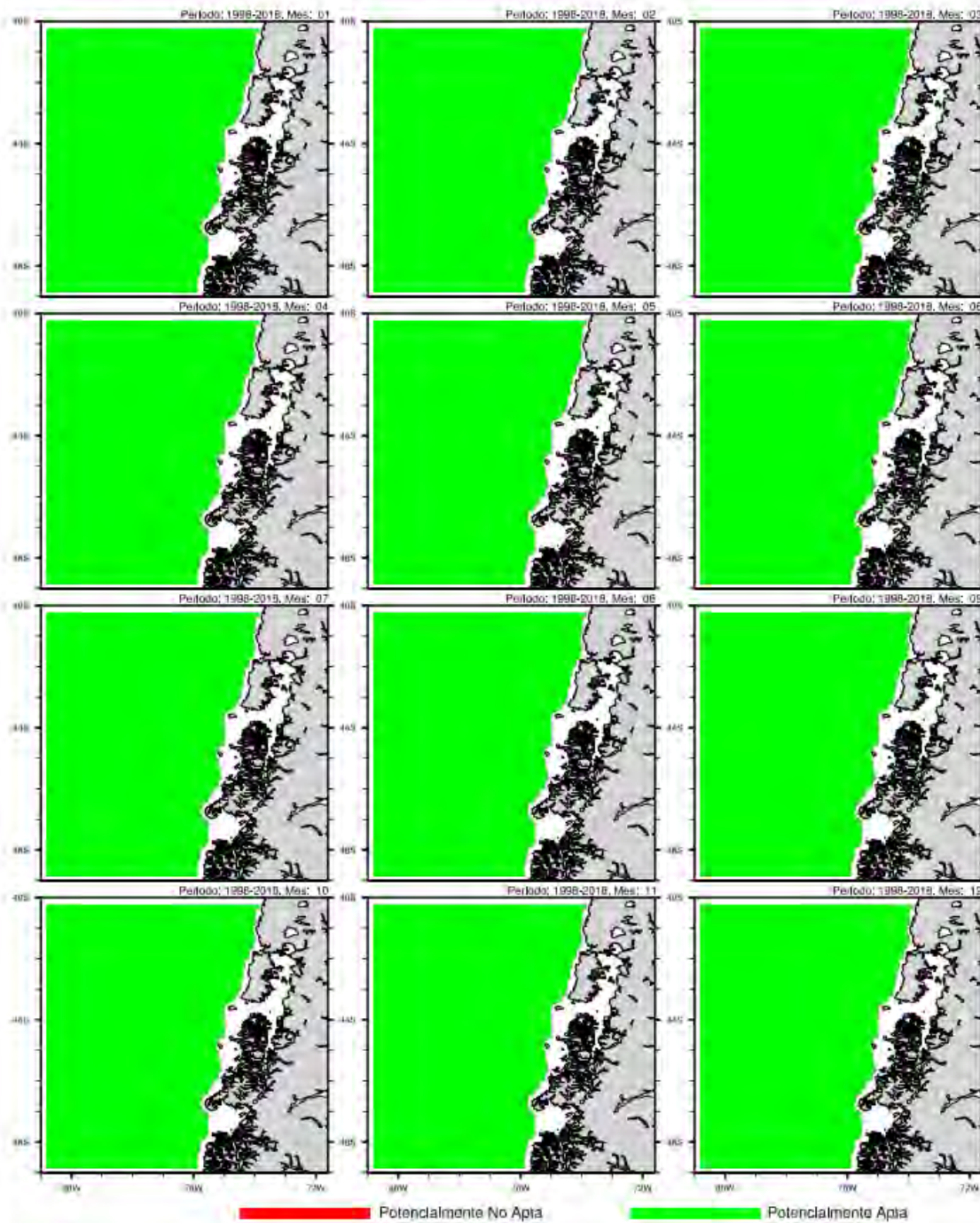


Figura 112. Capa tematica del potencial area para desarrollar acuicultura oceanica según la variable Altura de ola significativa para la región de estudio

P. Impacto Altamente Positivo : Velocidad del Viento. Condición (kN): [0, 10]

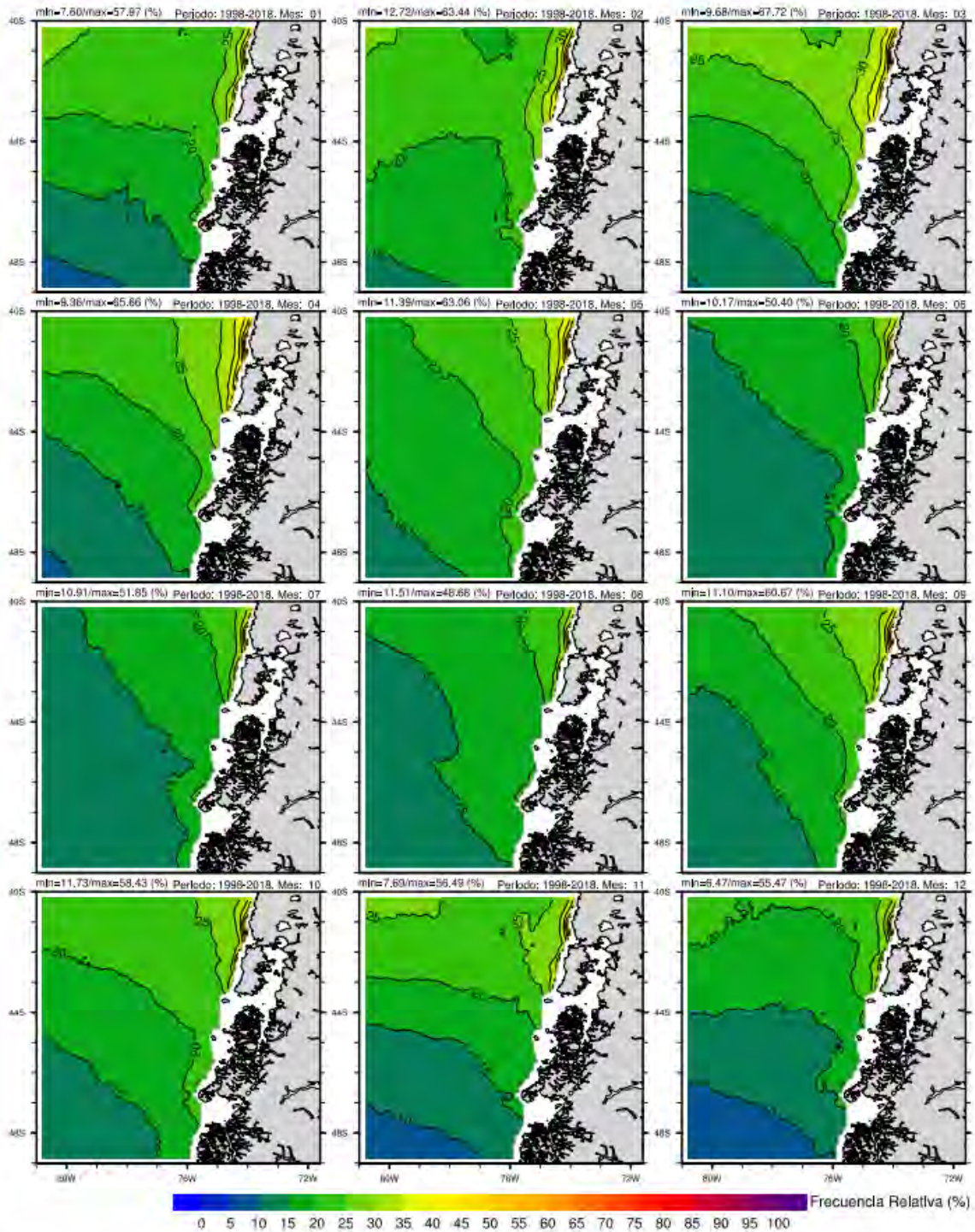


Figura 113. Capa temática Potencial impacto altamente positivo para la variable velocidad del viento en la región de estudio.

P. Impacto Positivo : Velocidad del Viento. Condicion (kN): [10, 30]

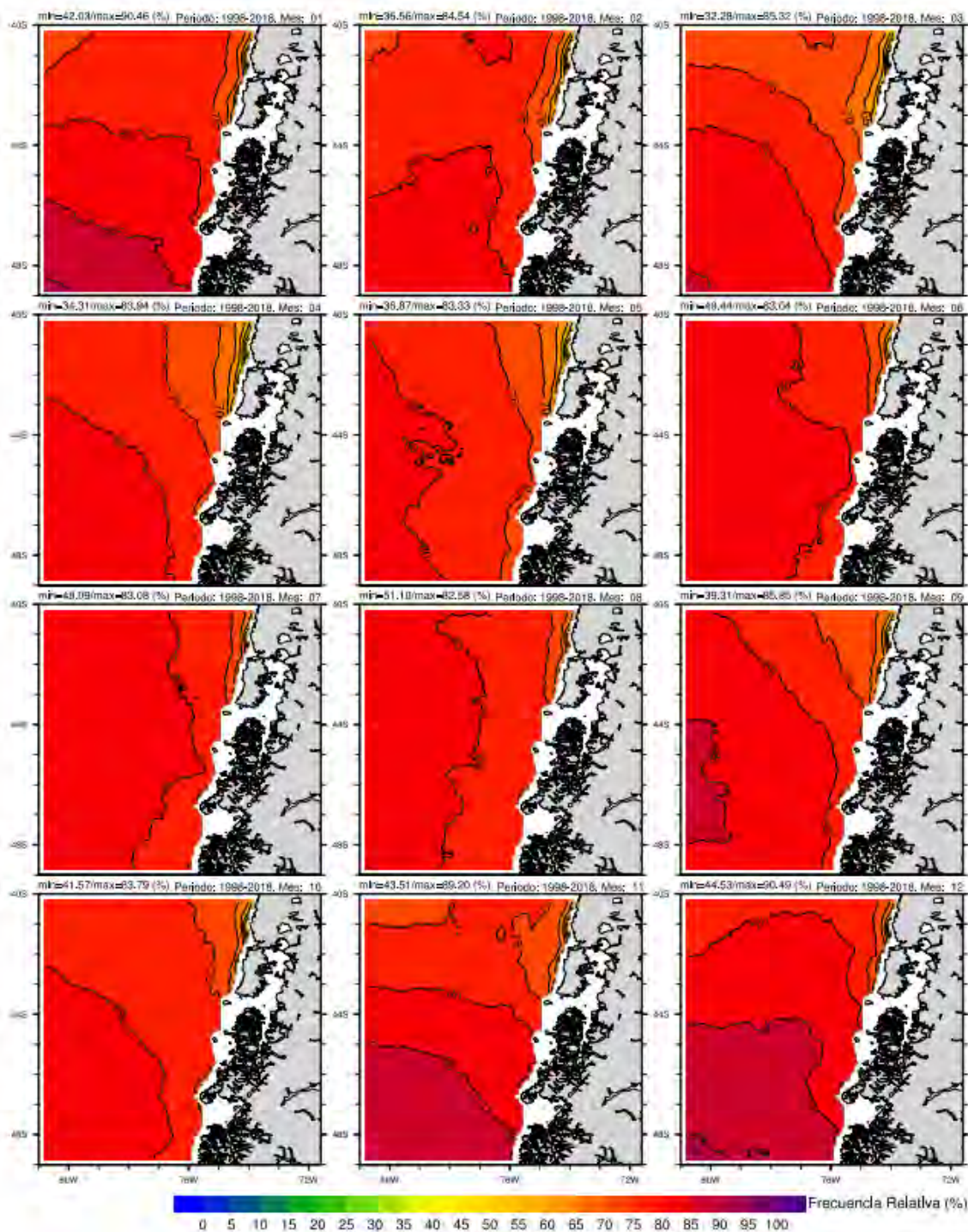


Figura 114. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable velocidad del viento en la región de estudio.

P. Impacto Negativo : Velocidad del Viento. Condicion (kN): [30, 50 [

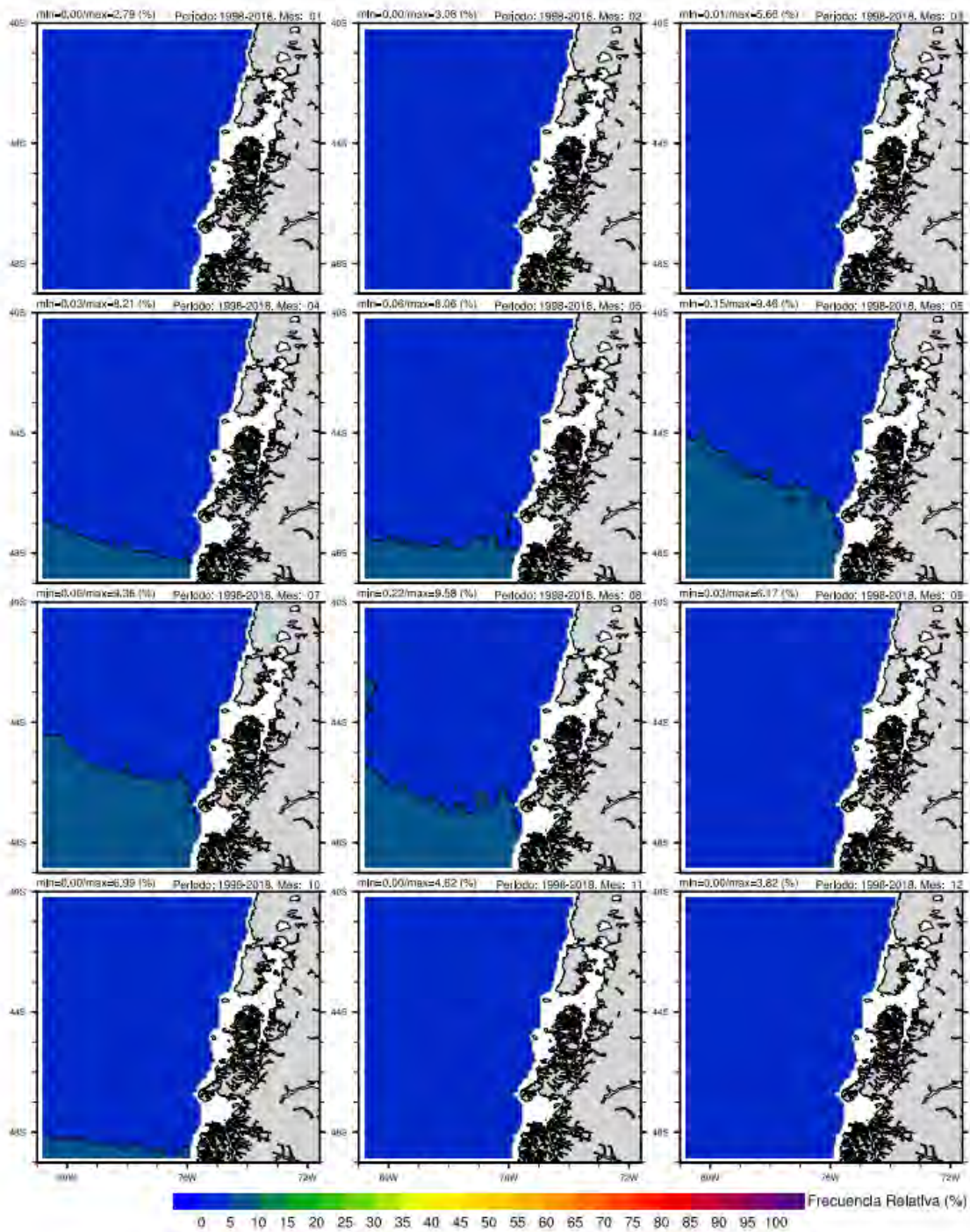


Figura 115. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable velocidad del viento en la región de estudio.

P. Impacto Altamente Negativo : Velocidad del Viento. Condición (kN): ≥ 50

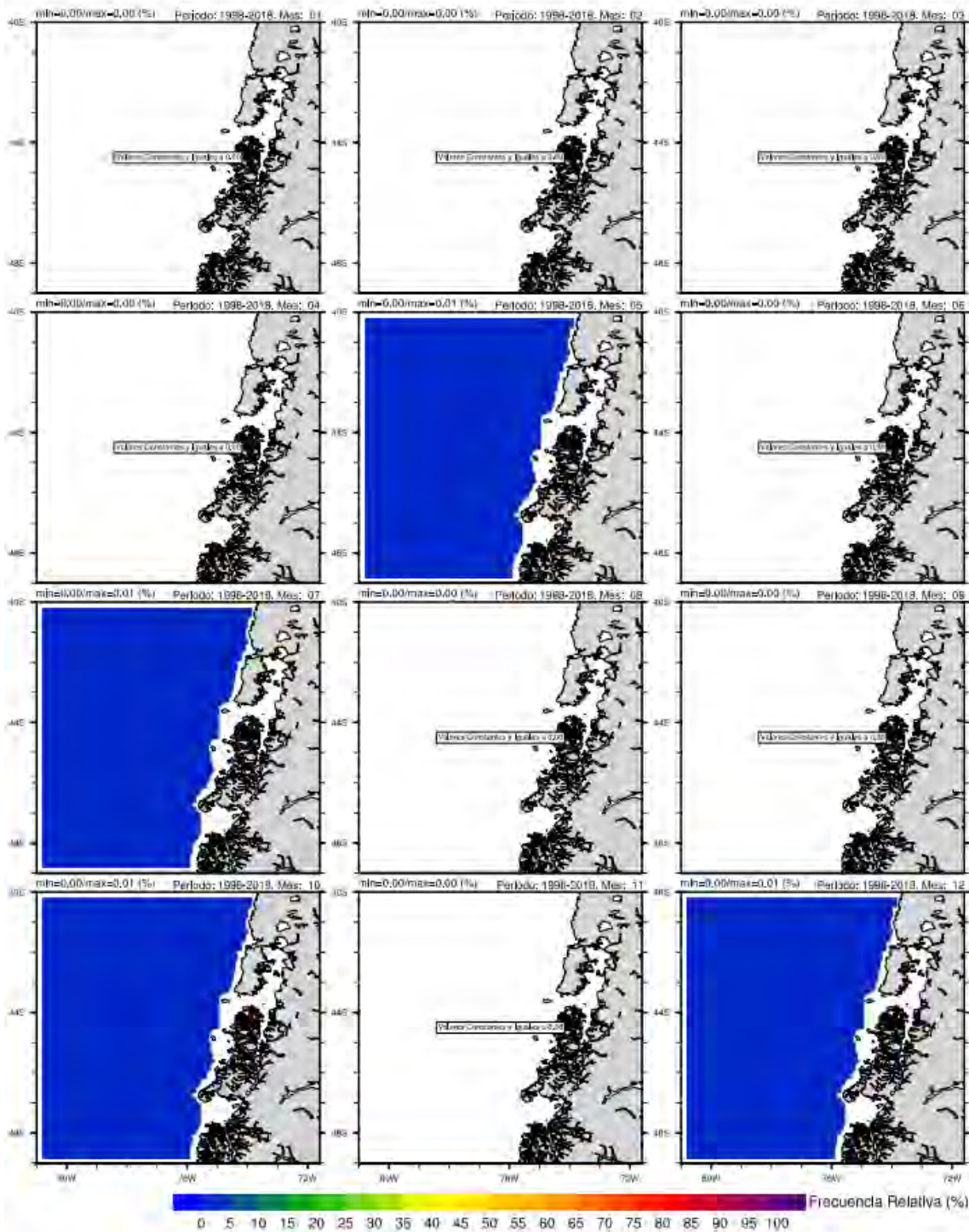


Figura 116. Capa temática Potencial impacto altamente negativo para la variable velocidad del viento en la región de estudio.

Áreas Potenciales para el Desarrollo de la Acuicultura Oceanica : Velocidad del Viento

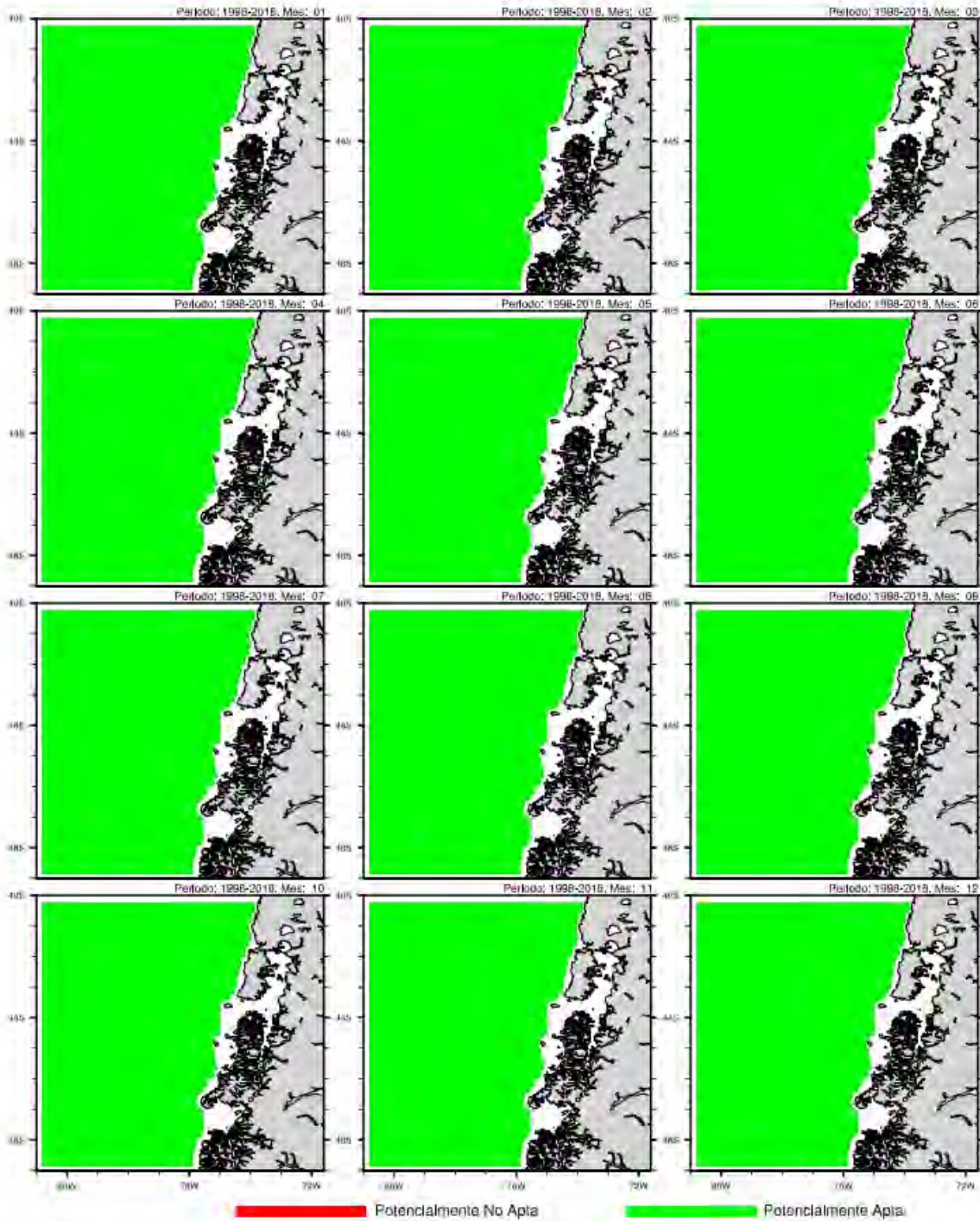


Figura 117. Capa tematica del potencial area para desarrollar acuicultura oceanica según la variable velocidad del viento para la región de estudio

P. Impacto Positivo : Velocidad de Corriente - Glorys Profundidad: 0.5m. Condicion (kN): [0, 1,2]

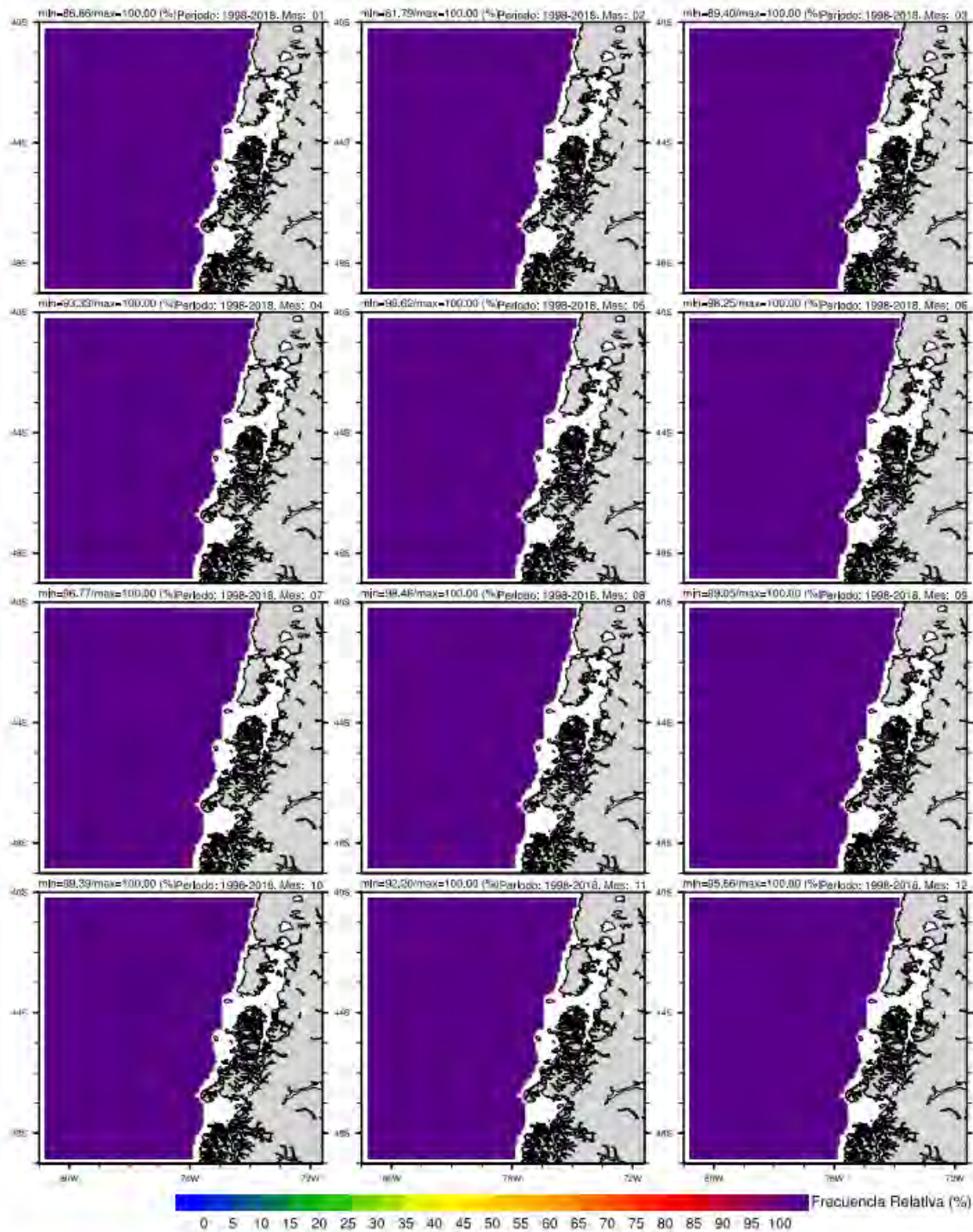


Figura 118. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 0,5 m en la región de estudio.

P. Impacto Negativo : Velocidad de Corriente - Glorys Profundidad: 0.5m. Condicion (kN) : [1,2, 2]

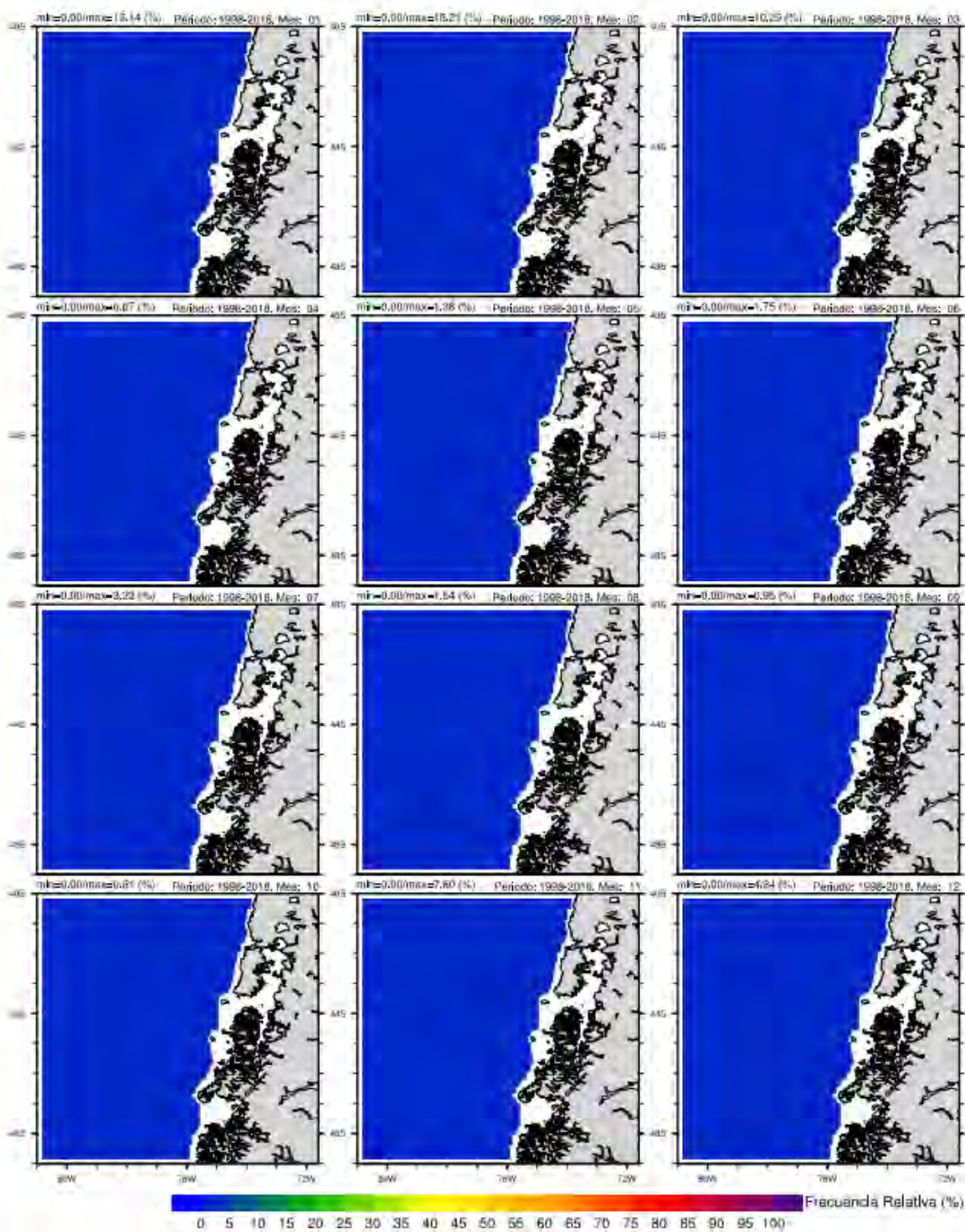


Figura 119. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 0,5 m en la región de estudio.

P. Impacto Altamente Negativo : Velocidad de Corriente - Glorys Profundidad: 0.5m. Condicion (kN) : ≥ 2

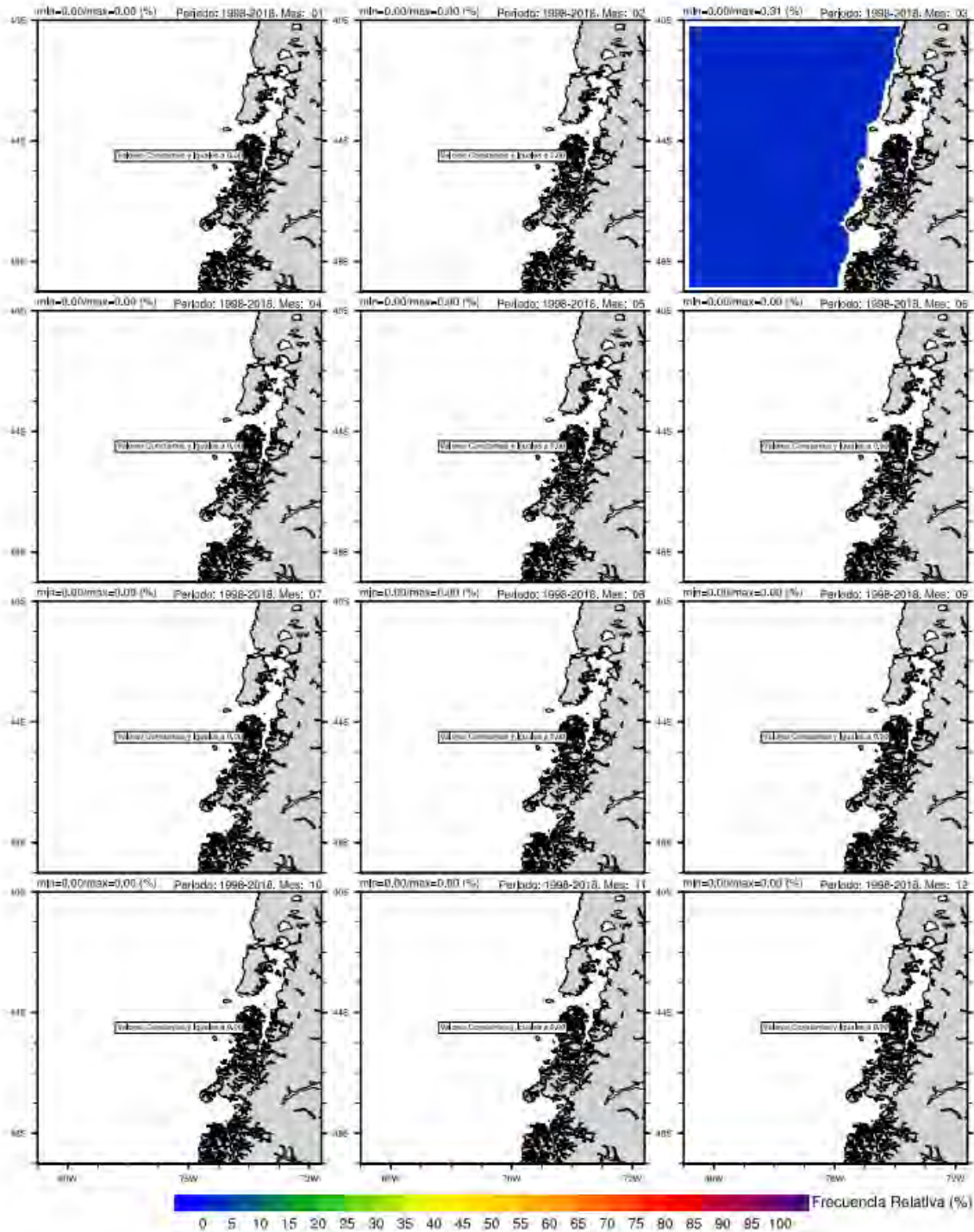


Figura 120. Capa temática Potencial impacto altamente negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 0,5 m en la región de estudio.

P. Impacto Positivo : Velocidad de Corriente - Glorys Profundidad: 10m. Condicion (kN) : [0, 1.2]

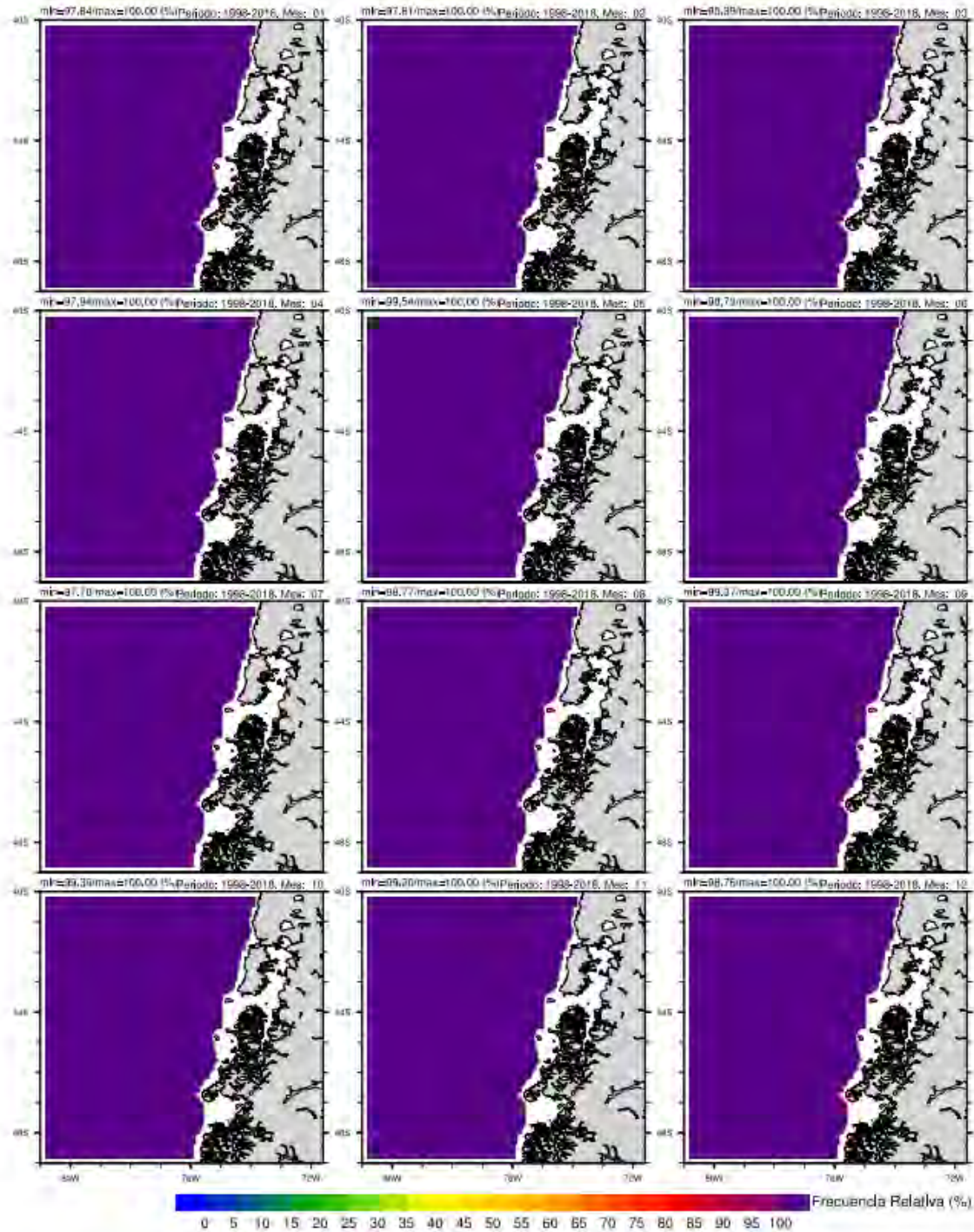


Figura 121. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 10 m en la región de estudio.

P. Impacto Negativo : Velocidad de Corriente - Glorys Profundidad: 10m. Condicion (kN): [1.2, 2]

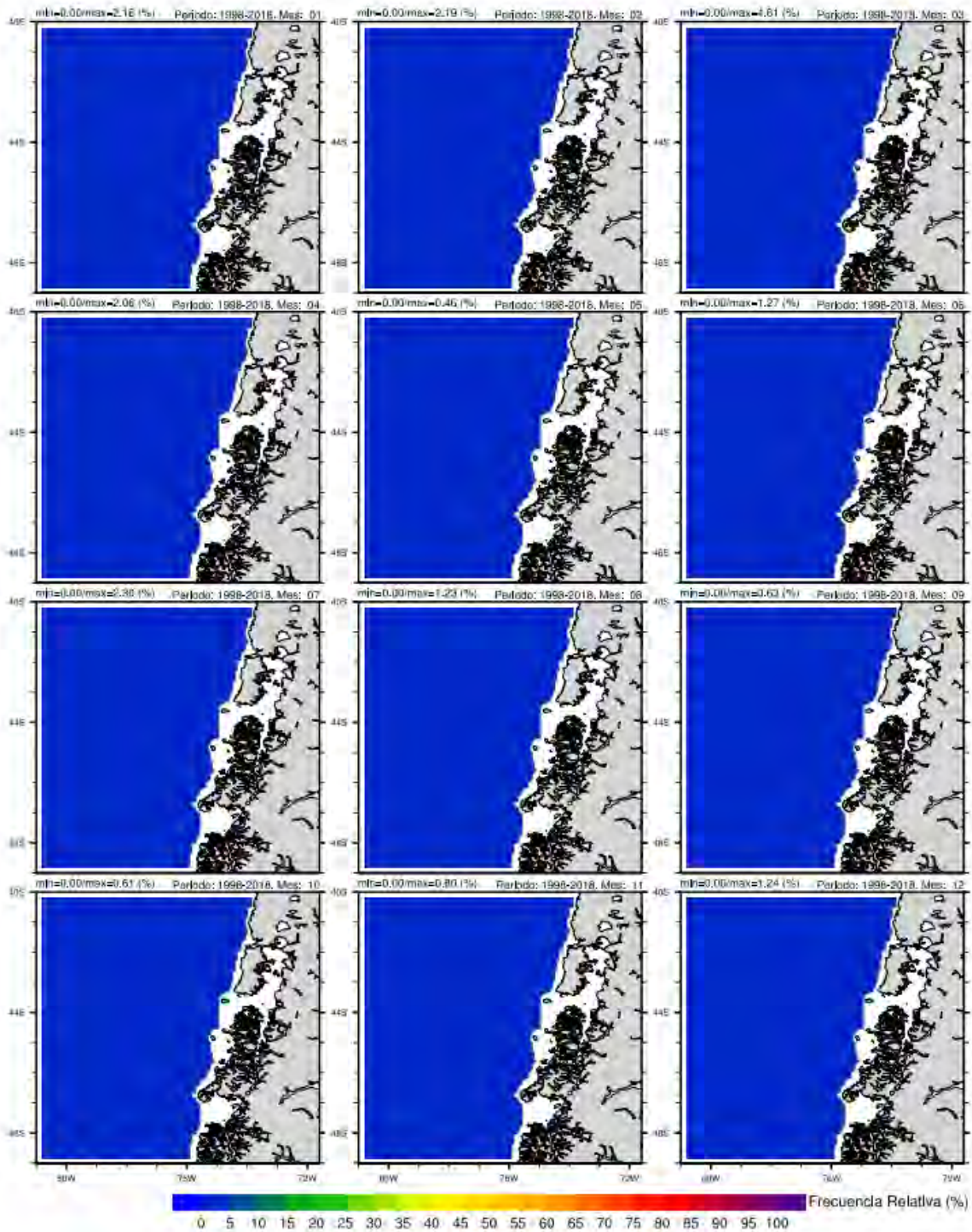


Figura 122. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 10 m en la región de estudio.

P. Impacto Altamente Negativo : Velocidad de Corriente - Glorys Profundidad: 10m. Condicion (kN) : >= 2

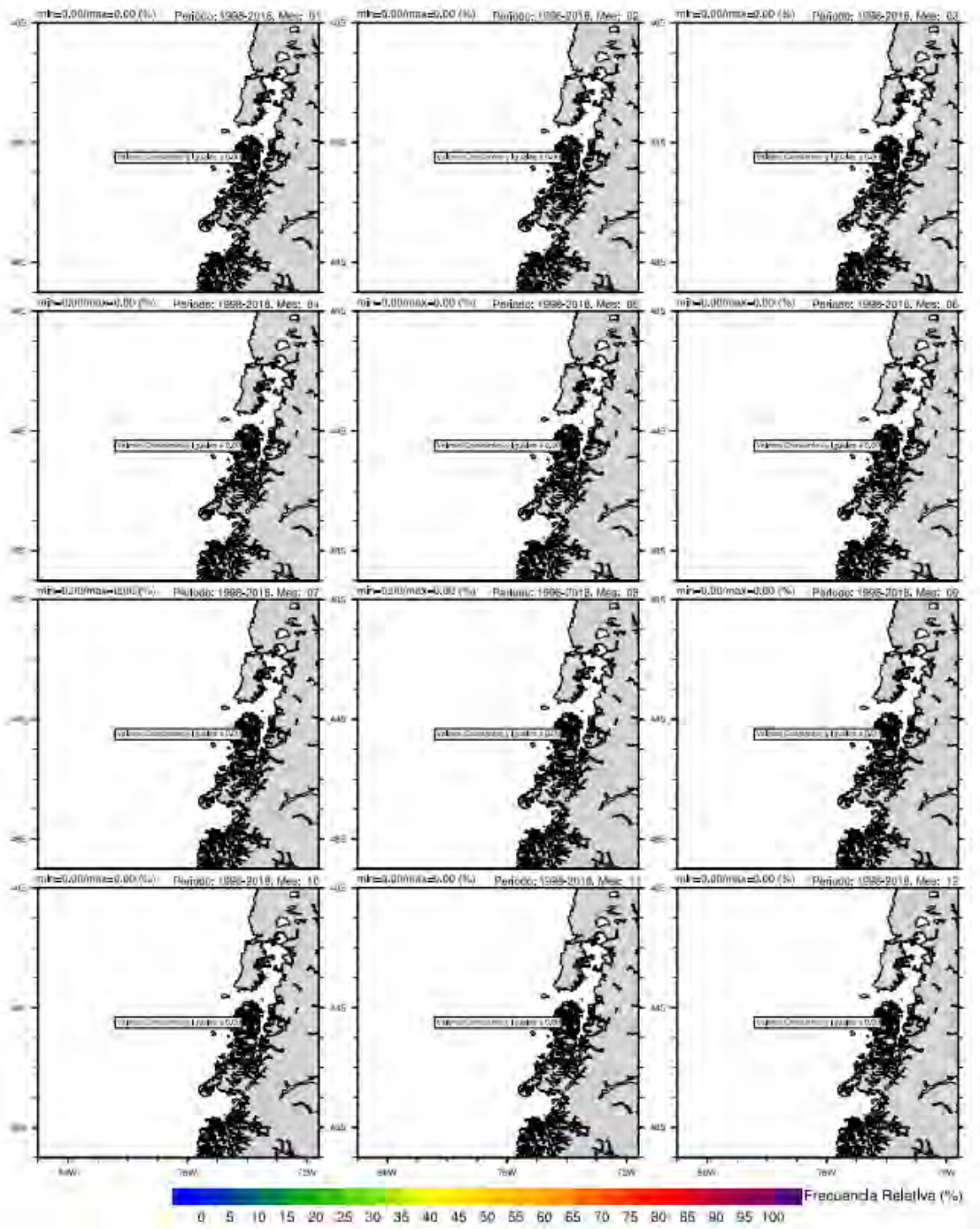


Figura 123. Capa temática Potencial impacto altamente negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 10 m en la región de estudio.

P. Impacto Positivo : Velocidad de Corriente - Glorys Profundidad: 20m. Condicion (kN): [0, 1.2]

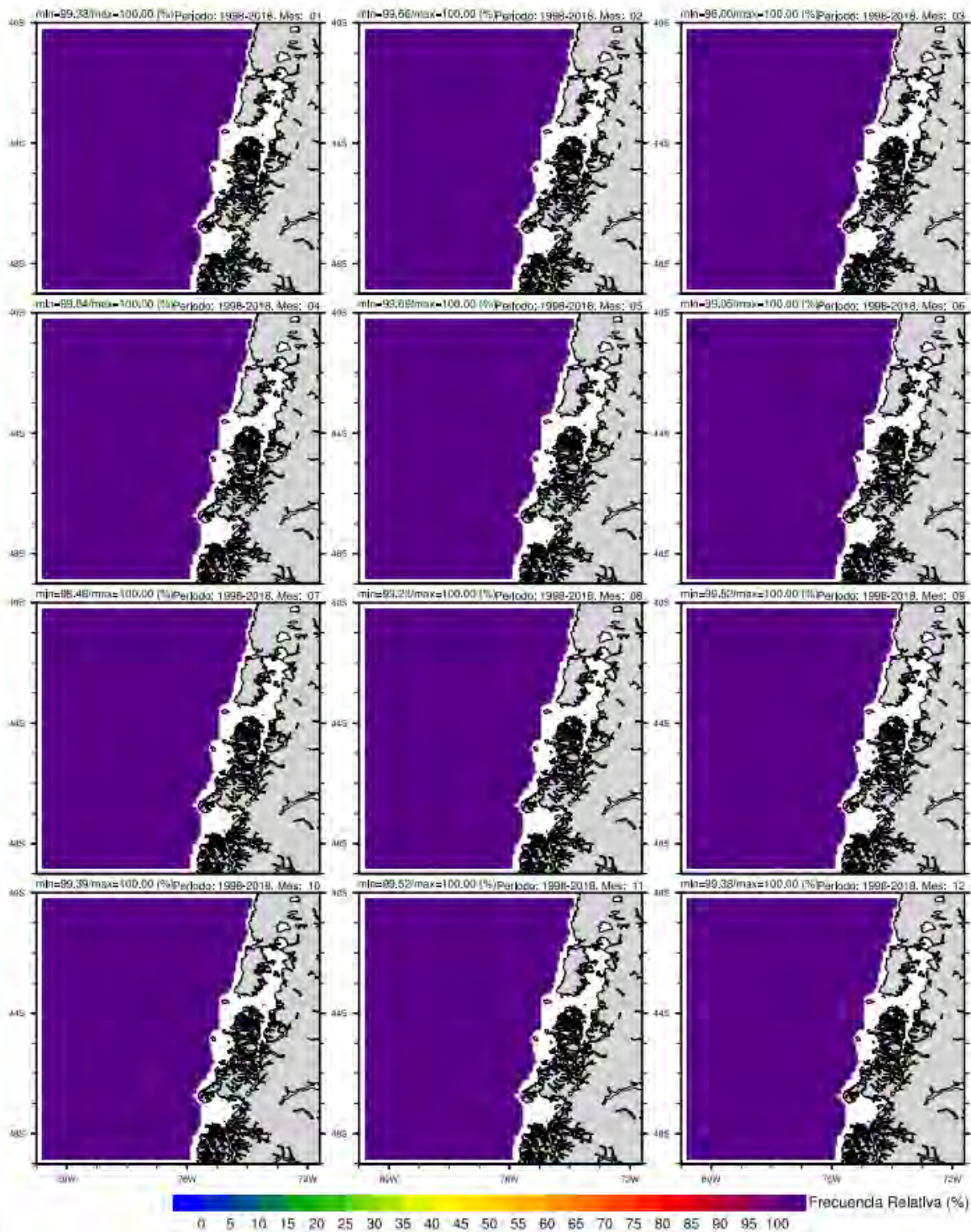


Figura 124. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 20 m en la región de estudio.

P. Impacto Negativo : Velocidad de Corriente - Glorys Profundidad: 20m. Condicion (kN): [1,2, 2]

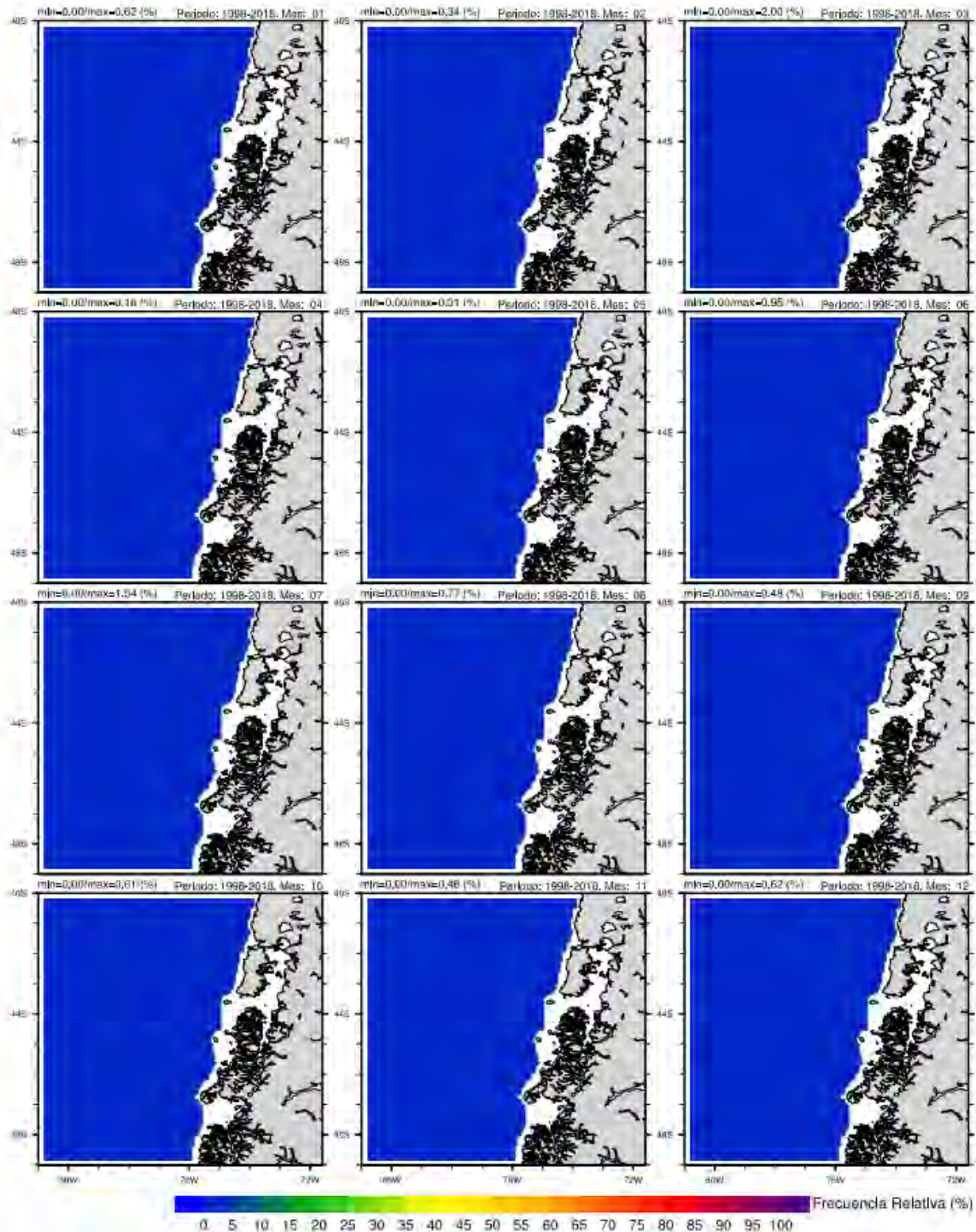


Figura 125. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 20 m en la región de estudio.

P. Impacto Altamente Negativo : Velocidad de Corriente - Glorys Profundidad: 20m. Condicion (KN) : ≥ 2

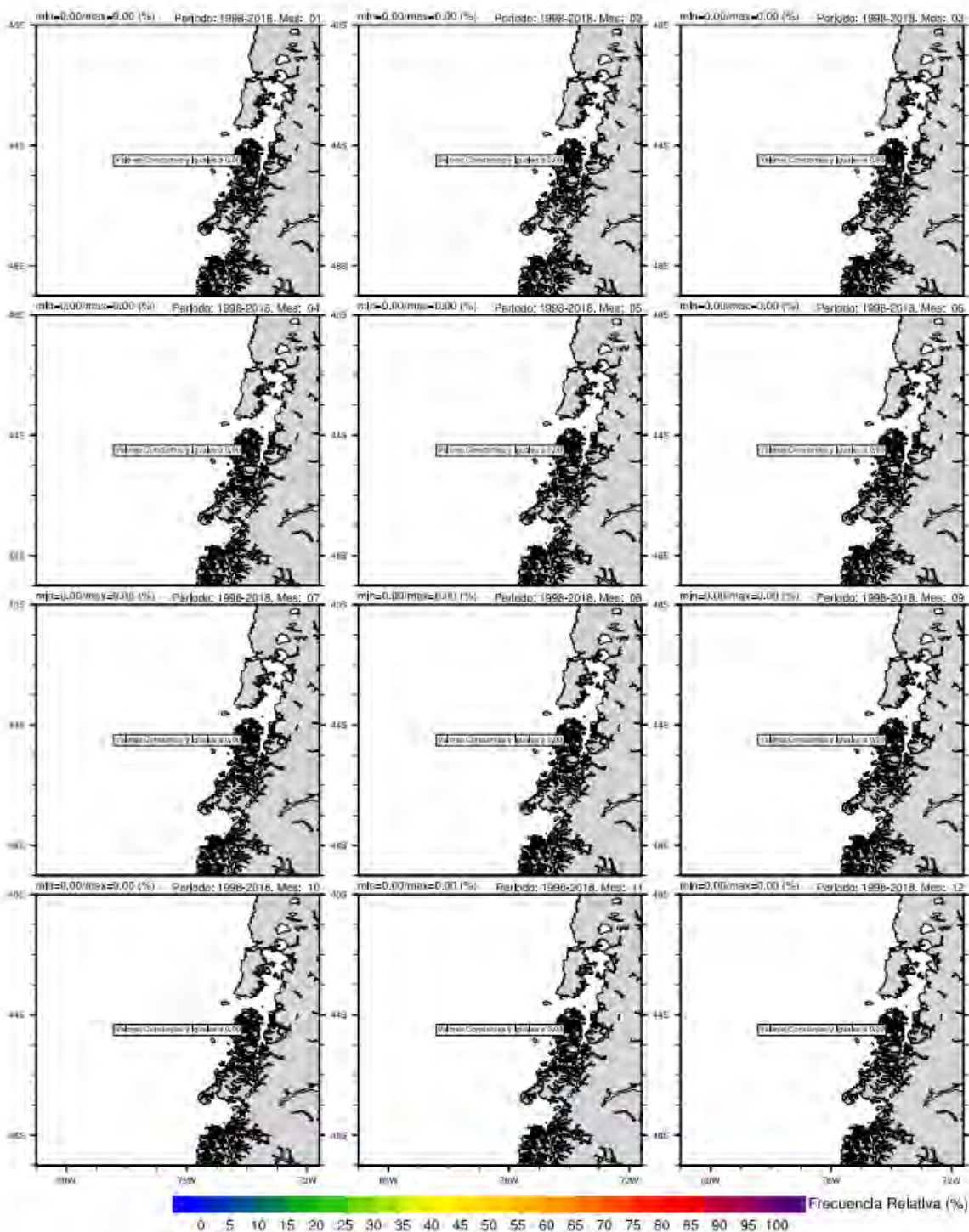


Figura 126. Capa temática Potencial impacto altamente negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 20 m en la región de estudio.

P. Impacto Positivo : Velocidad de Corriente - Glorys Profundidad: 40m. Condicion (kN): [0, 1,2]

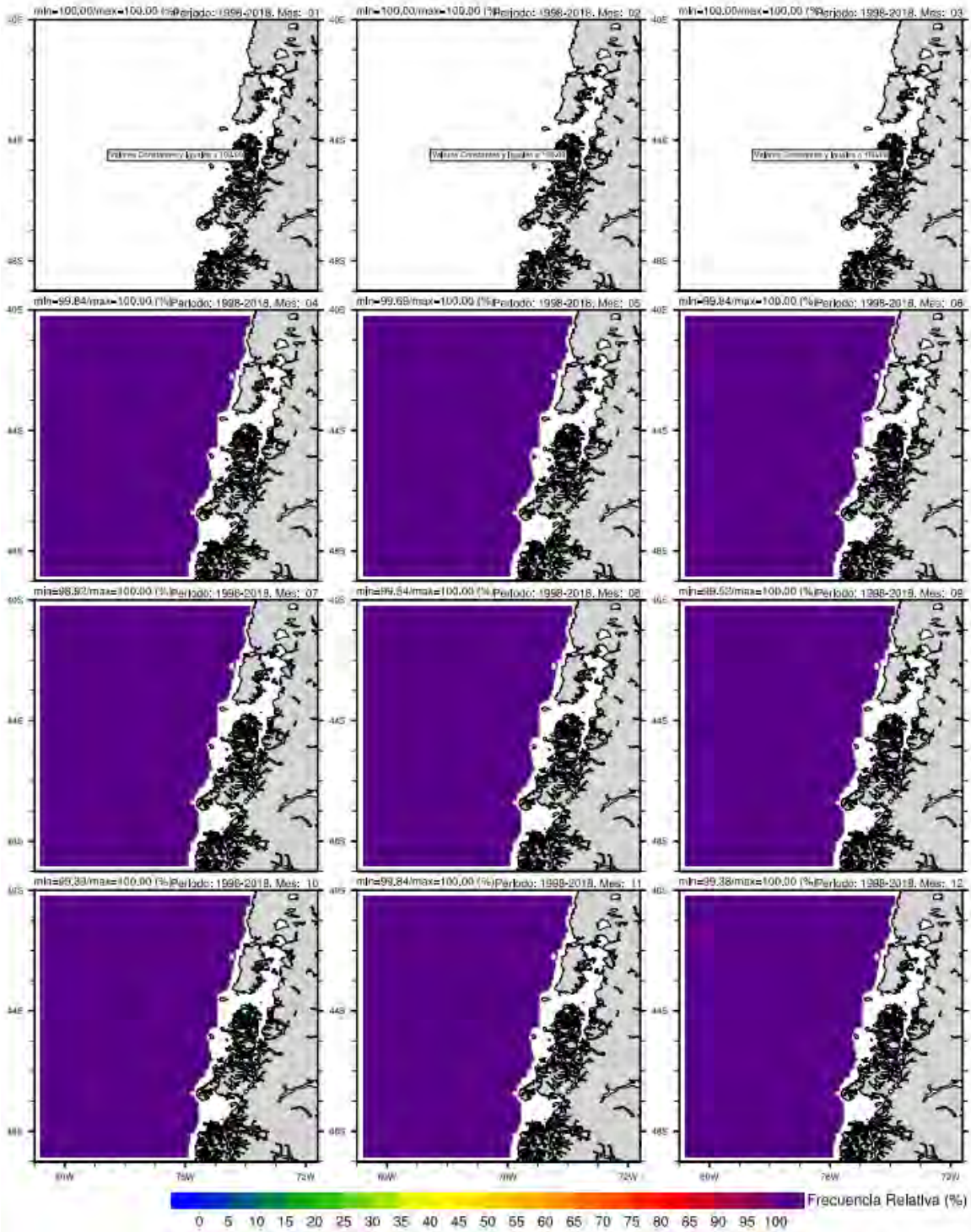


Figura 127. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 40 m en la región de estudio.

P. Impacto Negativo : Velocidad de Corriente - Glorys Profundidad: 40m. Condición (kN): [1.2, 2]

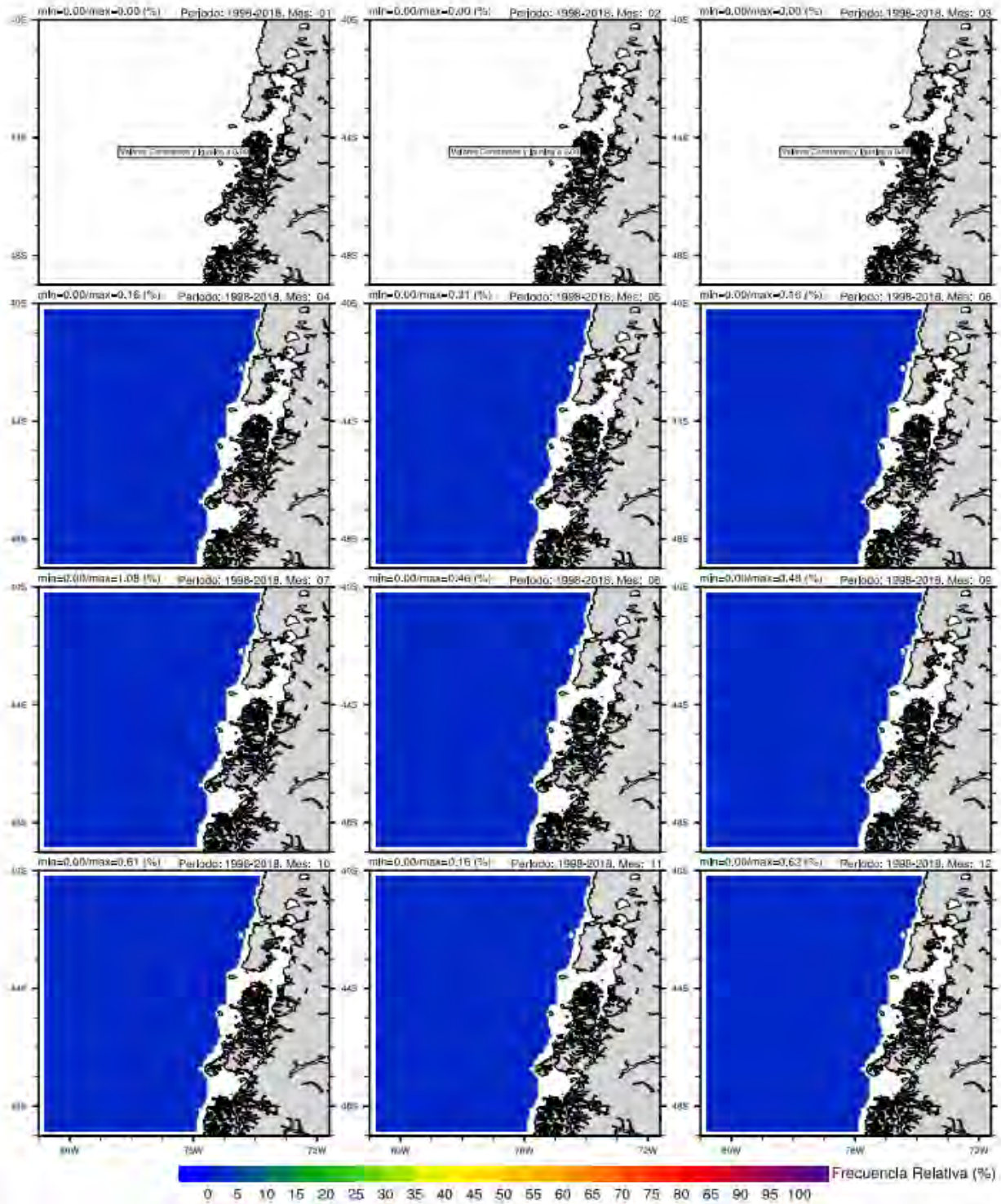


Figura 128. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 40 m en la región de estudio.

P. Impacto Altamente Negativo : Velocidad de Corriente - Glorys Profundidad: 40m. Condición (kN) : ≥ 2

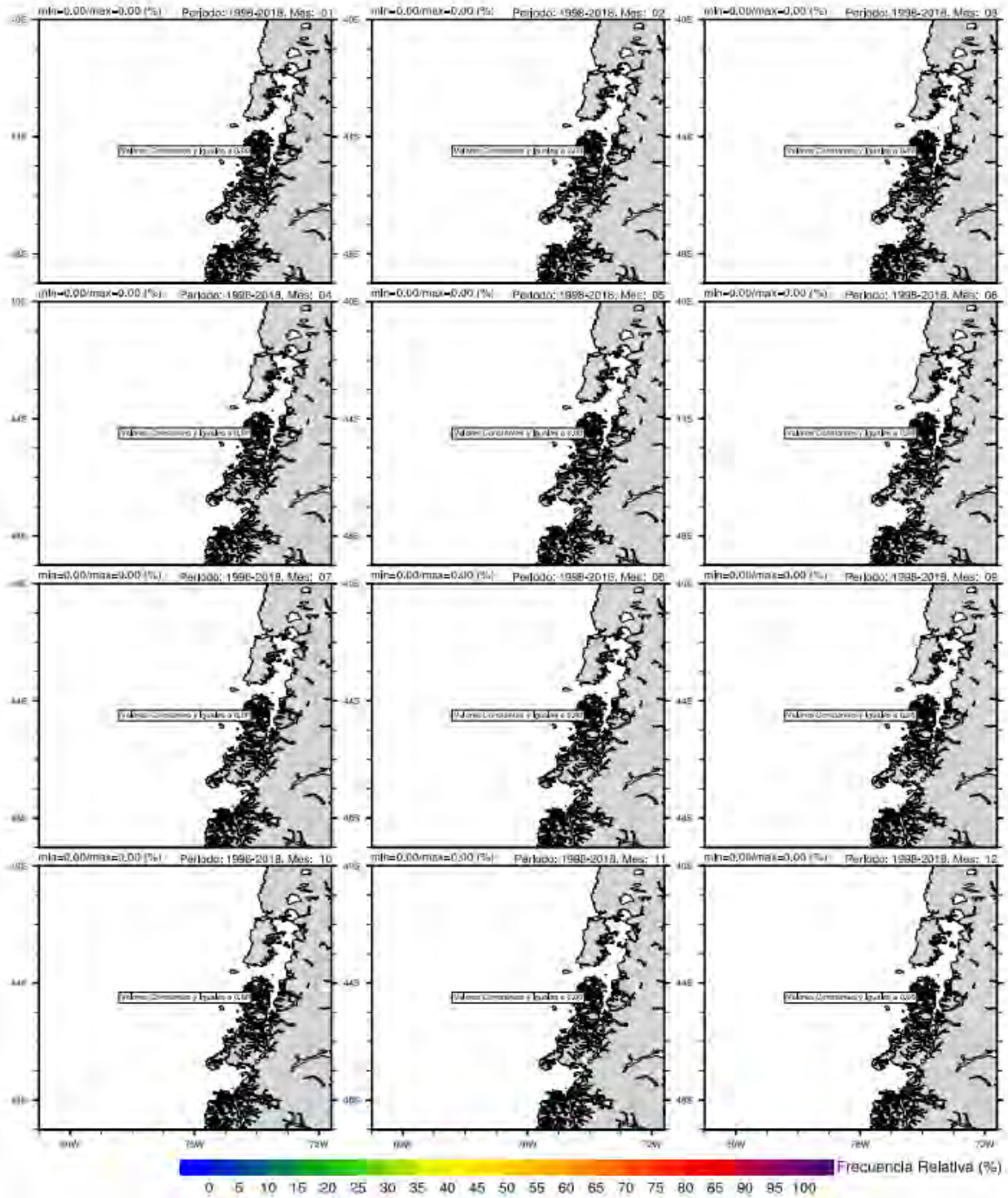


Figura 129. Capa temática Potencial impacto altamente negativo para la variable velocidad de corriente a una profundidad de 40 m en la región de estudio.

Áreas Potenciales para el Desarrollo de la Acuicultura Oceánica : Vel. de Corriente - Glorys. Profundidad: 0.5m

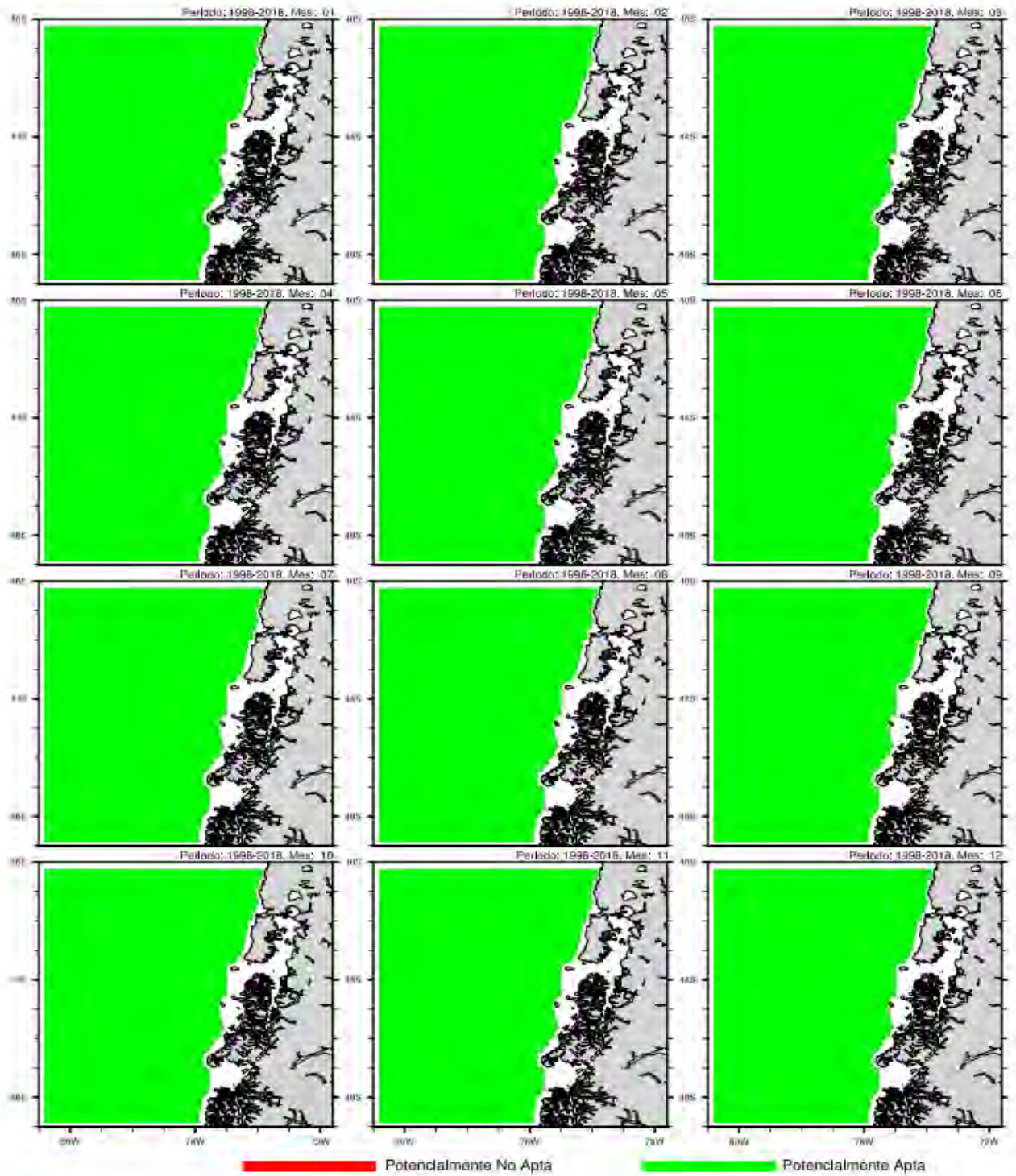


Figura 130. Capa tematica del potencial area para desarrollar acuicultura oceanica según la variable velocidad de corriente a una profundidad de 0,5 m para la región de estudio

Áreas Potenciales para el Desarrollo de la Acuicultura Oceánica : Vel. de Corriente - Glorys. Profundidad: 10m



Figura 131. Capa tematica del potencial area para desarrollar acuicultura oceanica según la variable velocidad de corriente a una profundidad de 10 m para la región de estudio

Áreas Potenciales para el Desarrollo de la Acuicultura Oceanica : Vel. de Corriente - Glorys. Profundidad: 20m

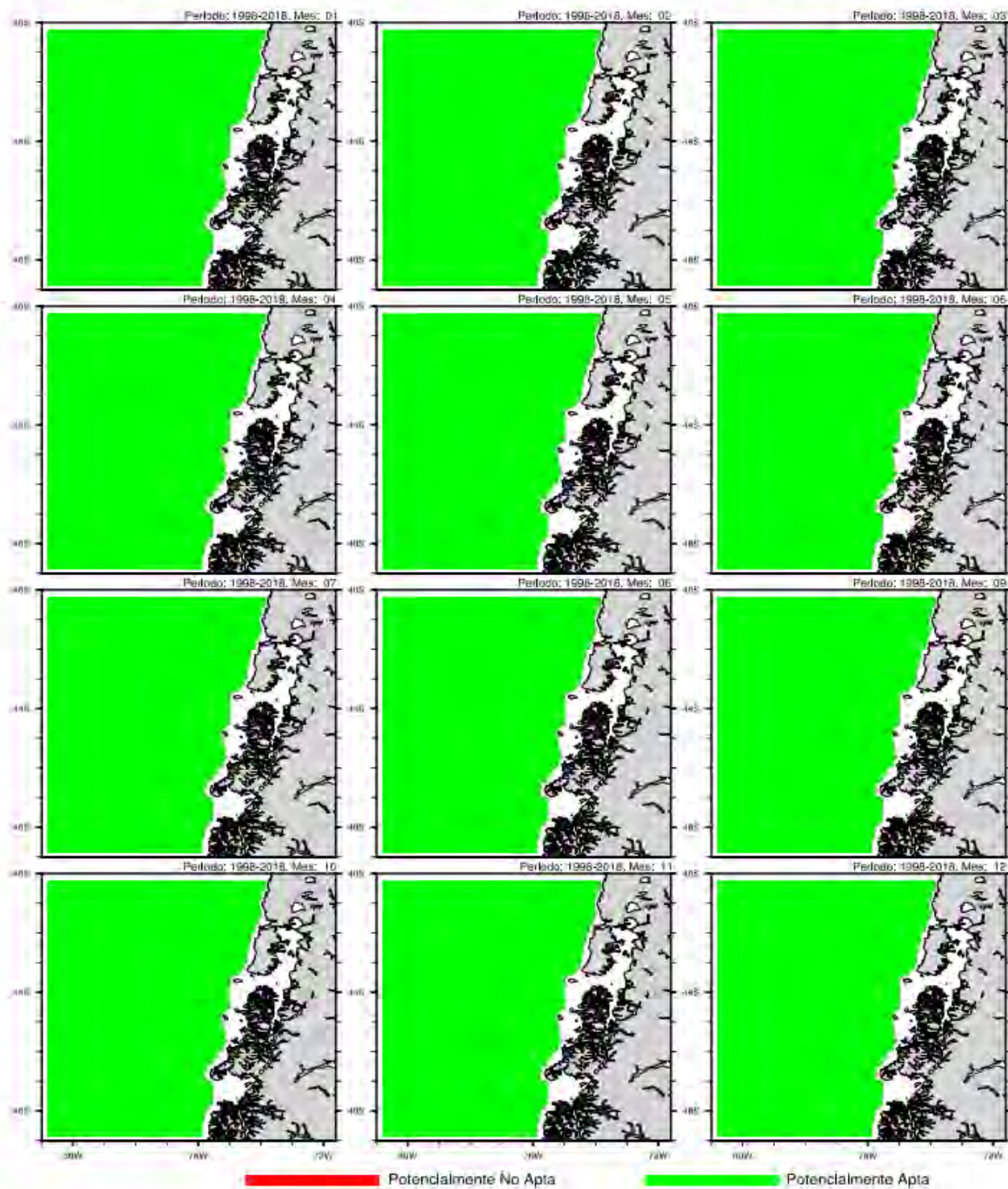


Figura 132. Capa tematica del potencial area para desarrollar acuicultura oceanica según la variable velocidad de corriente a una profundidad de 10 m para la región de estudio

Áreas Potenciales para el Desarrollo de la Acuicultura Oceánica : Vel. de Corriente - Glorys. Profundidad: 40m

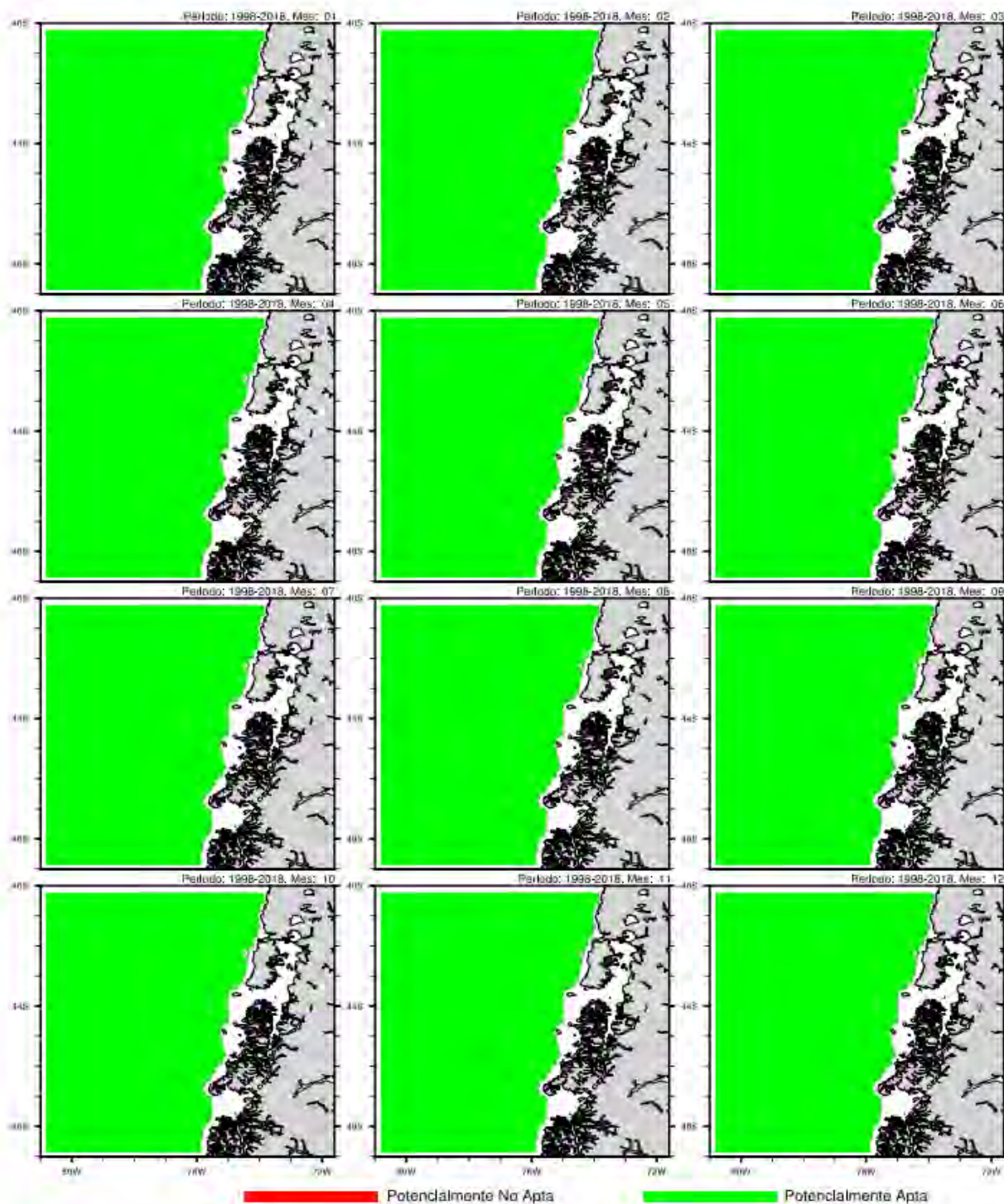


Figura 133. Capa temática del potencial área para desarrollar acuicultura oceánica según la variable velocidad de corriente a una profundidad de 40 m para la región de estudio

P. Impacto Positivo : Temperatura Superficial del Mar. Condicion (DegC): [10, 16]

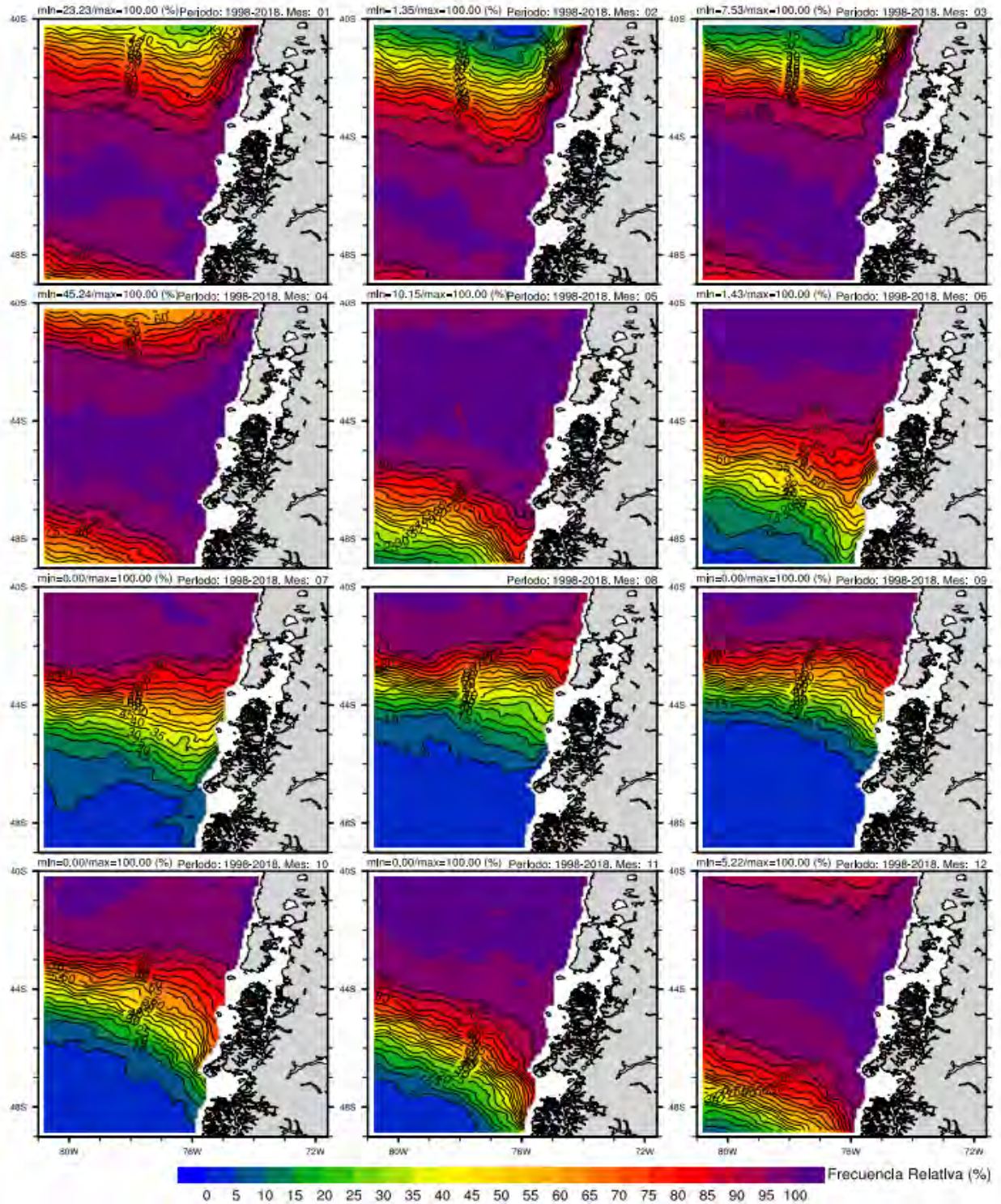


Figura 134. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable temperatura superficial del mar en la región de estudio.

P. Impacto Negativo : Temperatura Superficial del Mar. Condicion (DegC): [6, 10 [y >= 16

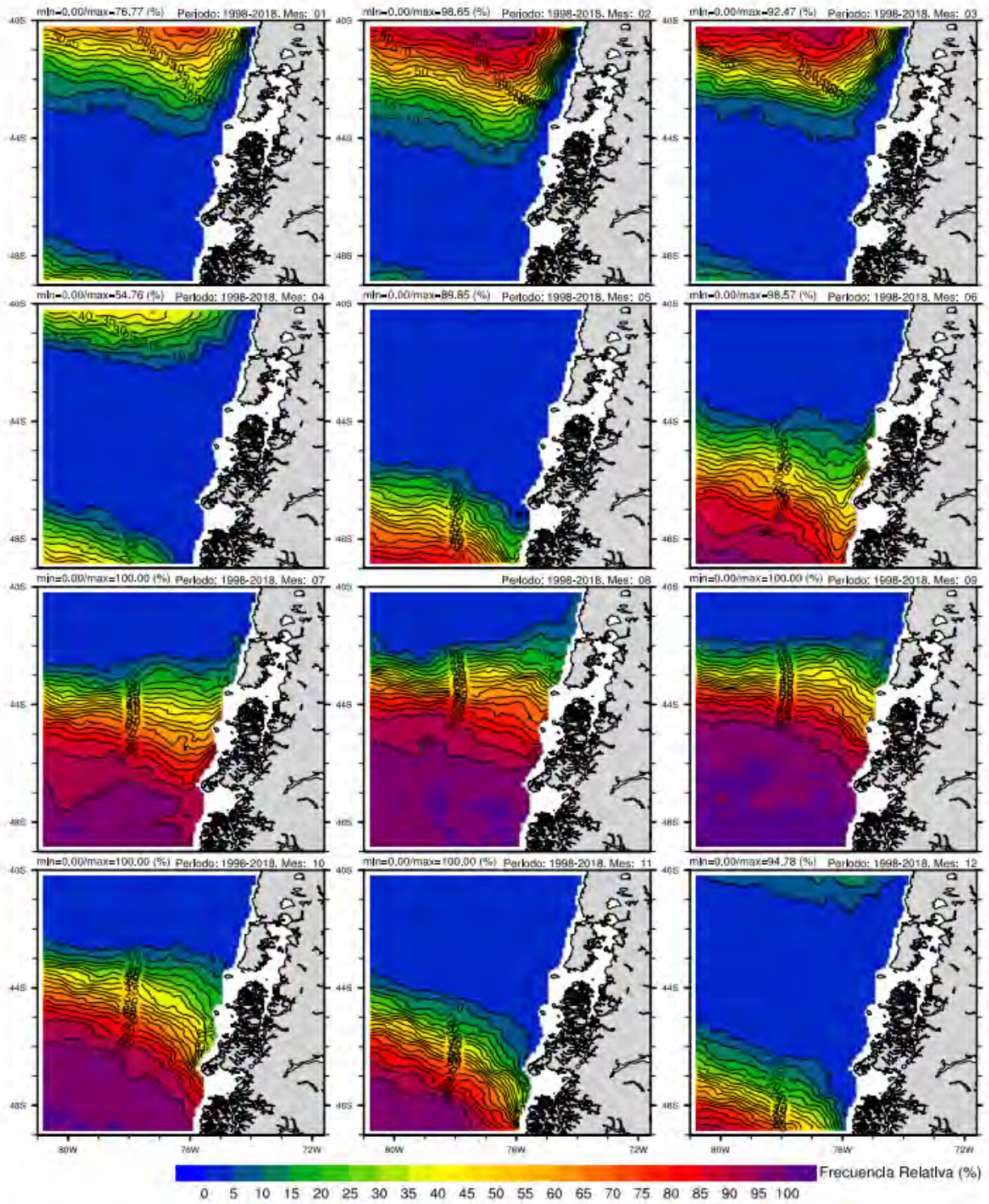


Figura 135. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable temperatura superficial del mar en la región de estudio.

Áreas Potenciales para el Desarrollo de la Acuicultura Oceanica : Temperatura Superficial del Mar

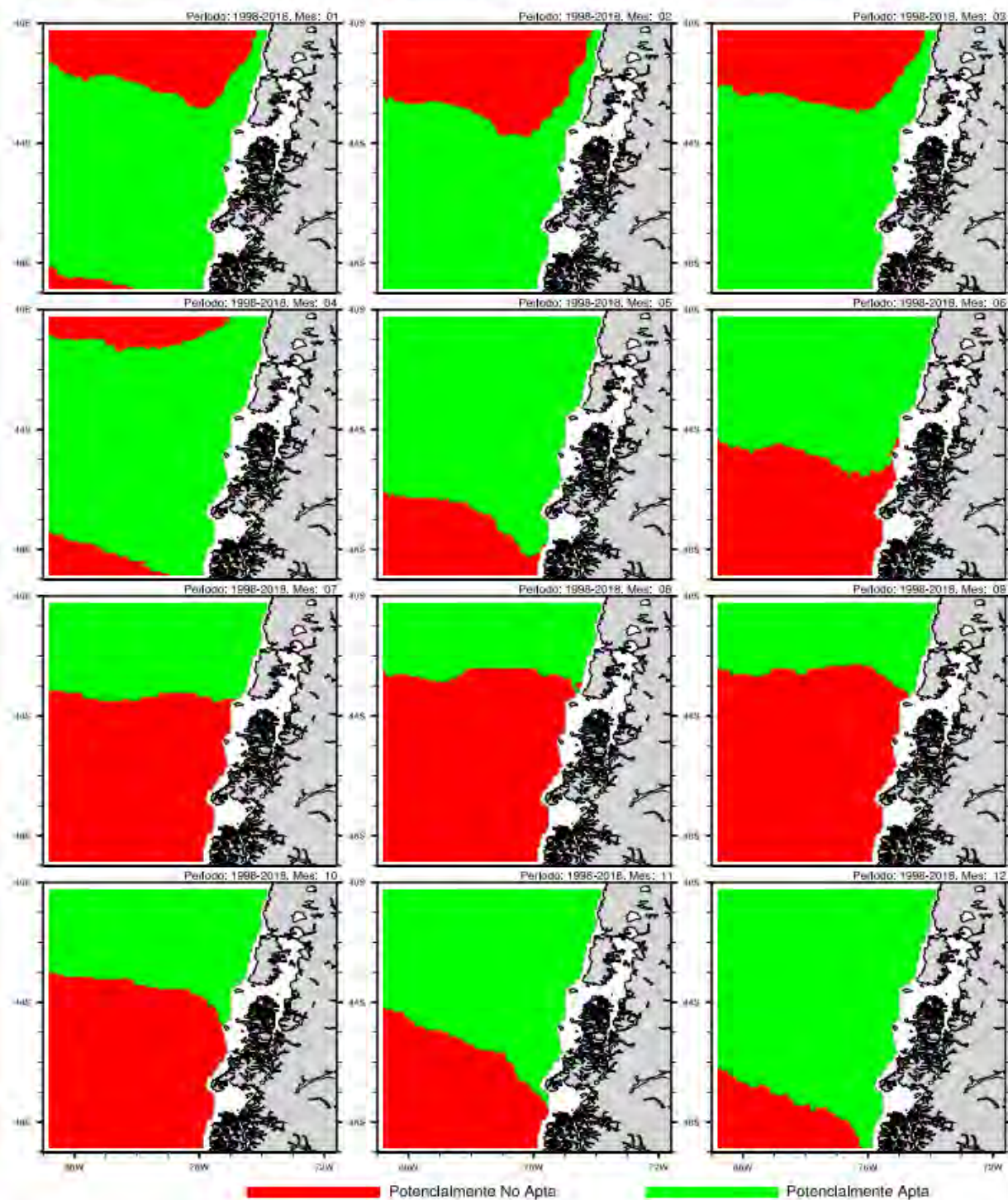


Figura 136. Capa temática del potencial area para desarrollar acuicultura oceanica según la variable temperatura superficial del mar para la región de estudio

P. Impacto Positivo : Clorofila a Satelital. Condición (mg/m3): [0, 30 [

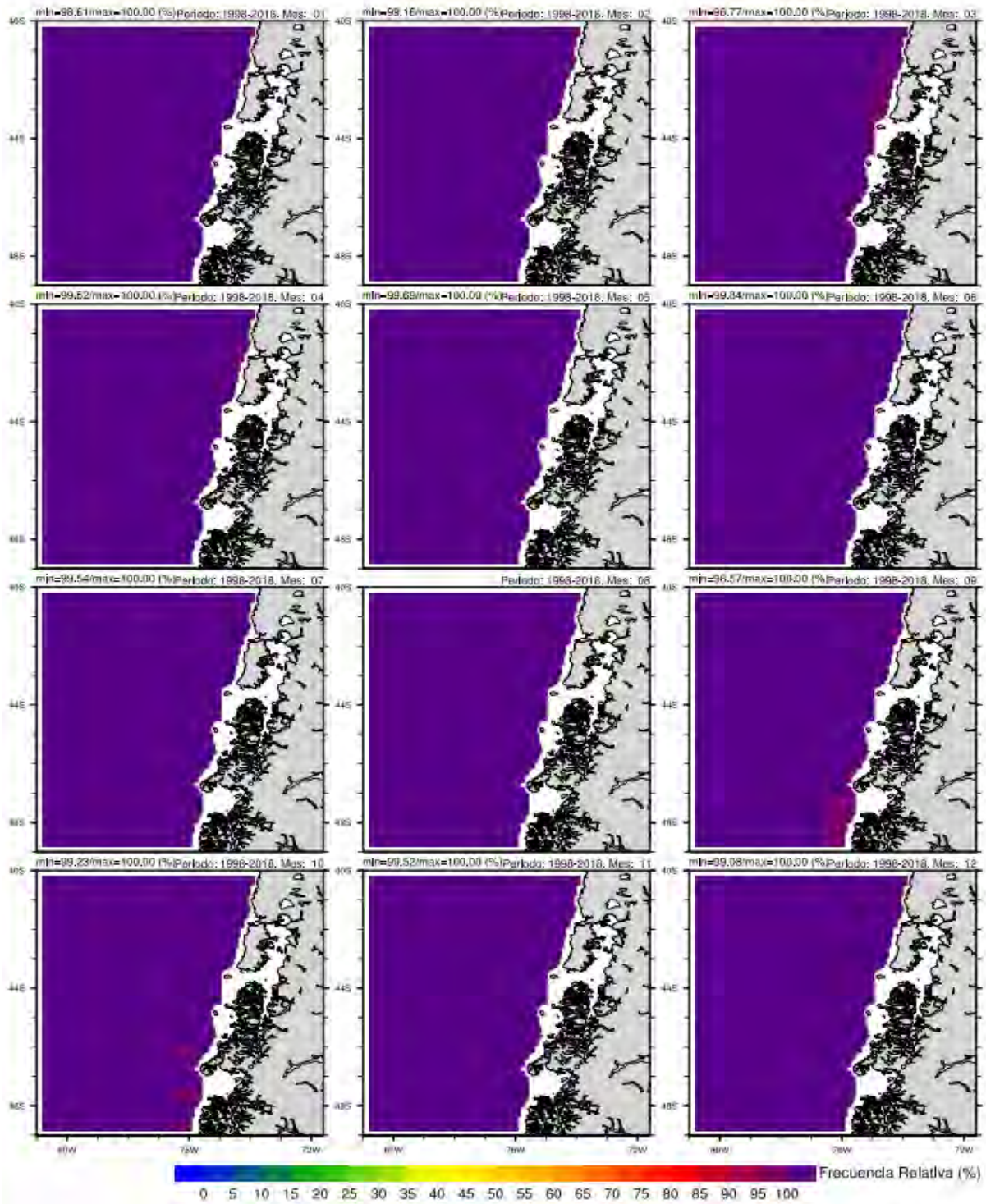


Figura 137. Capa temática Potencial impacto positivo para la variable clorofila en la región de estudio.

P. Impacto Negativo : Clorofila a Satelital. Condicion (mg/m3) : ≥ 30

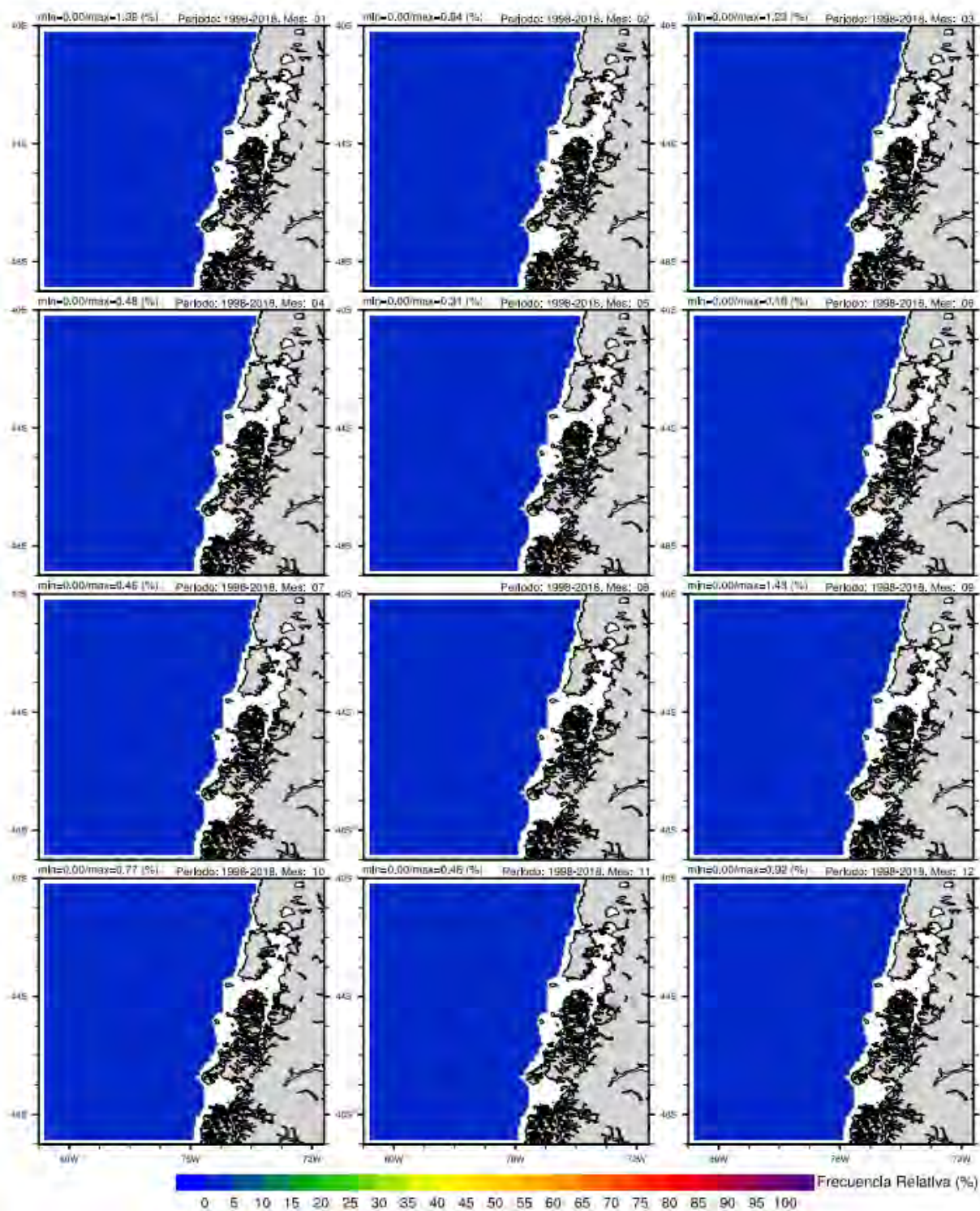


Figura 138. Capa temática Potencial impacto negativo para la variable clorofila en la región de estudio

Áreas Potenciales para el Desarrollo de la Acuicultura Oceánica

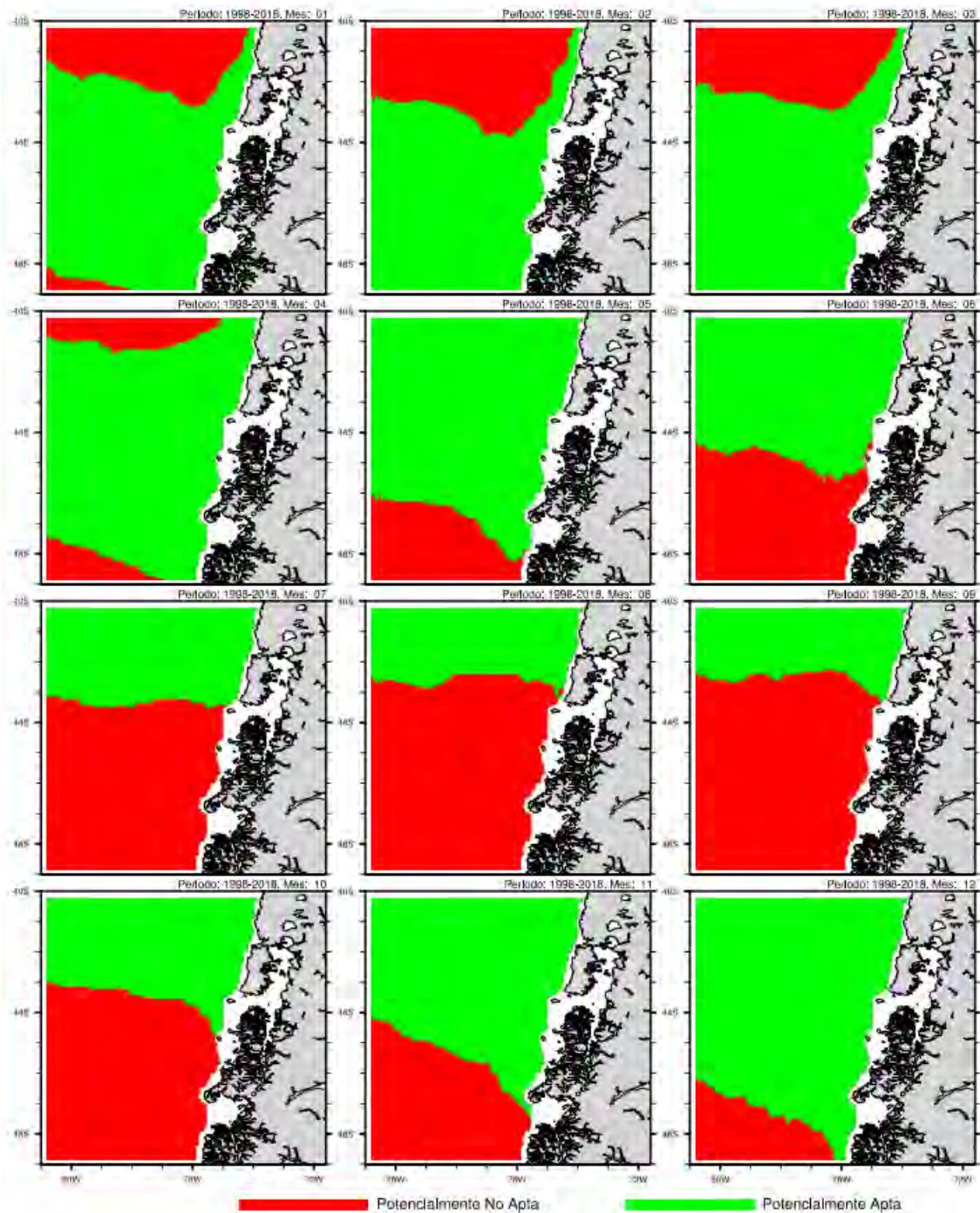


Figura 139. Áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica en la región de Los Lagos y Aysén. Este mapa tiene considerado todas las variables ambientales de estudio, excepto salinidad, oxígeno y profundidad.

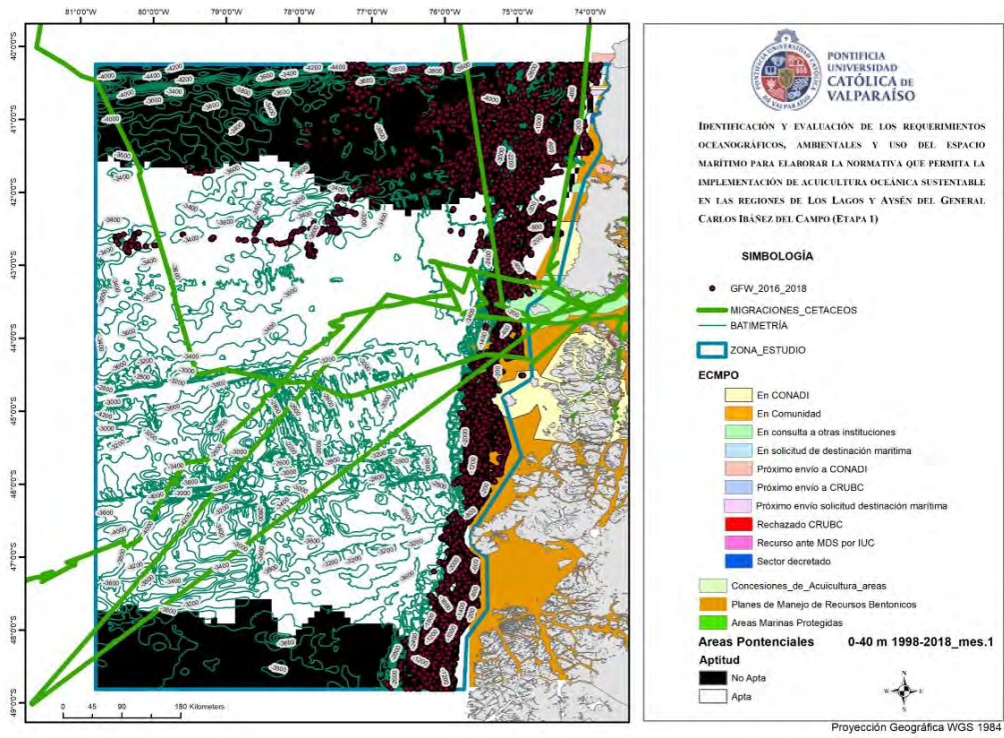


Figura 140. Áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica 1998-2018 enero.

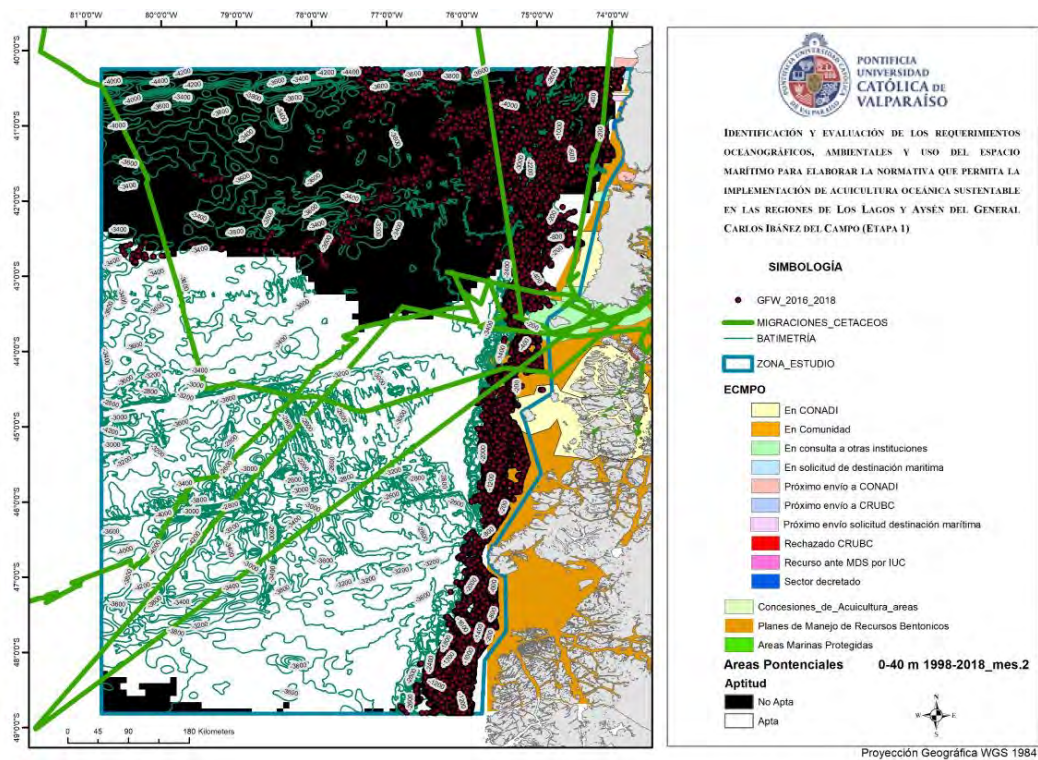


Figura 141. Áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica 1998-2018 febrero.

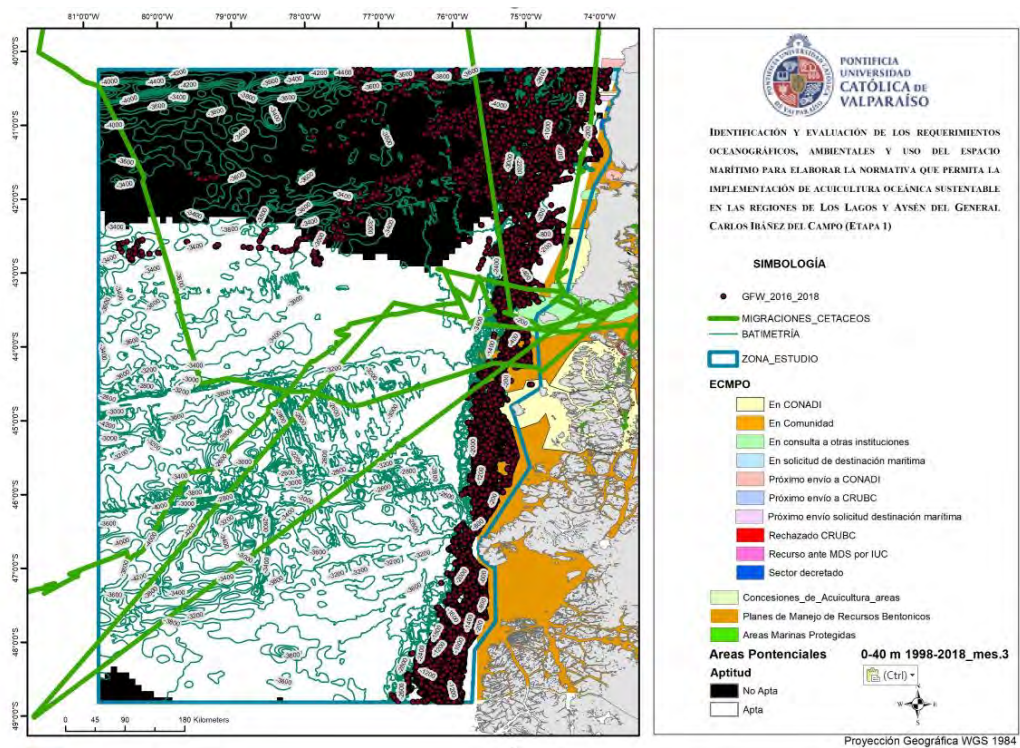


Figura 142. Áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica 1998-2018 marzo.

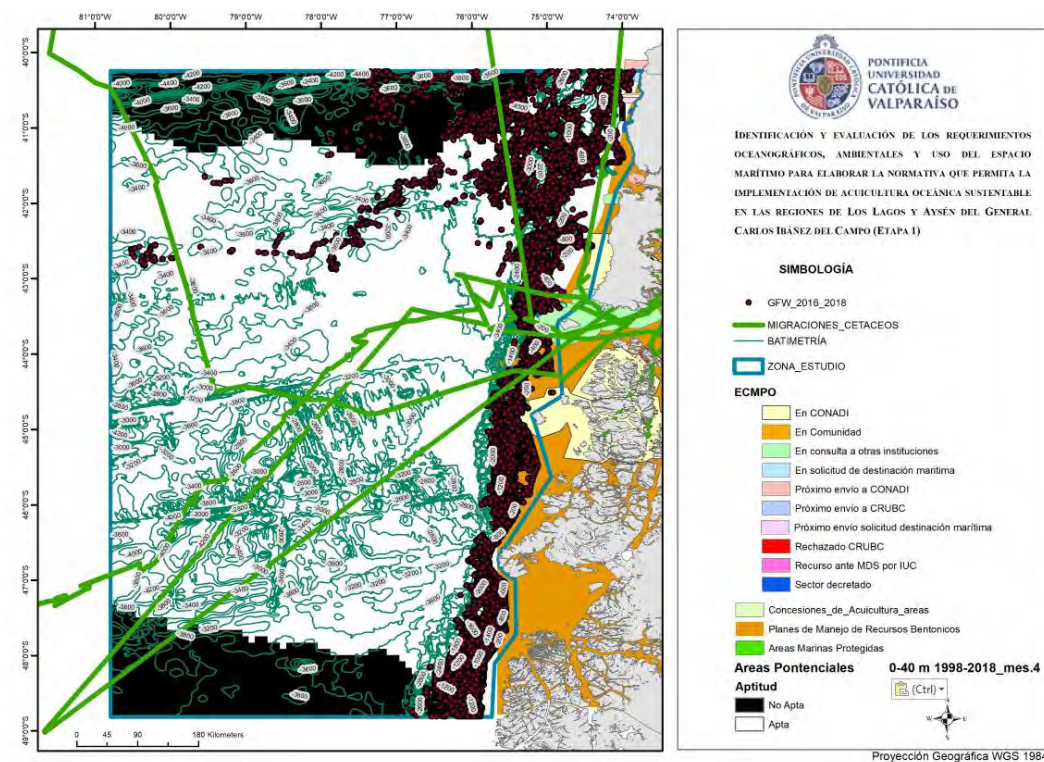


Figura 143. Áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica 1998-2018 Abril.

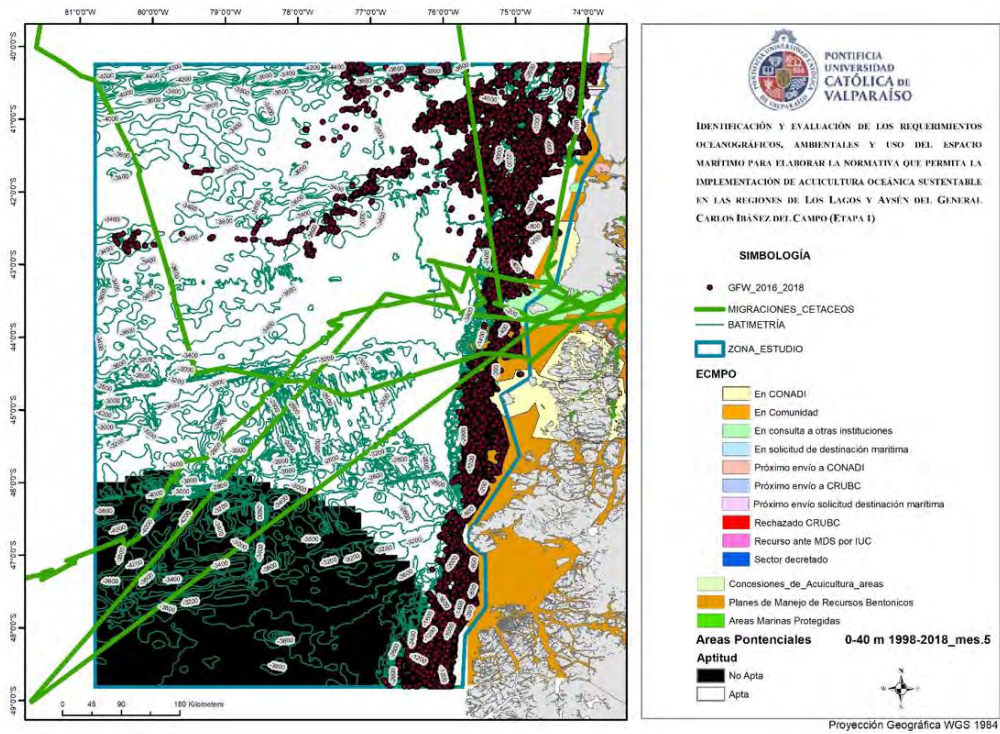


Figura 144. Áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica 1998-2018 mayo.

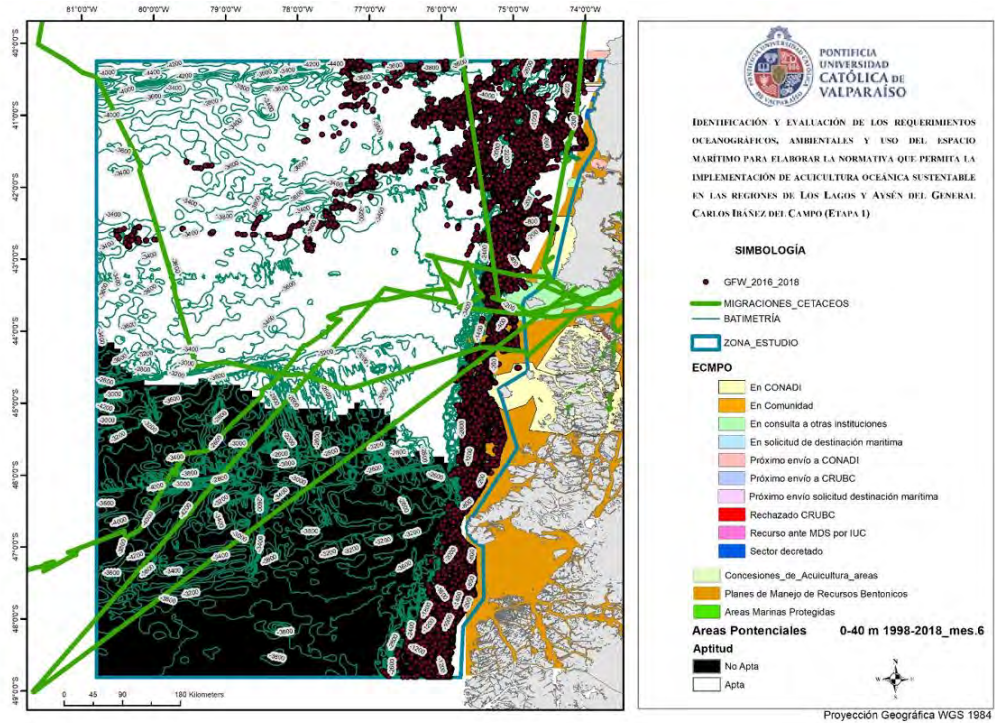


Figura 145. Áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica 1998-2018 junio.

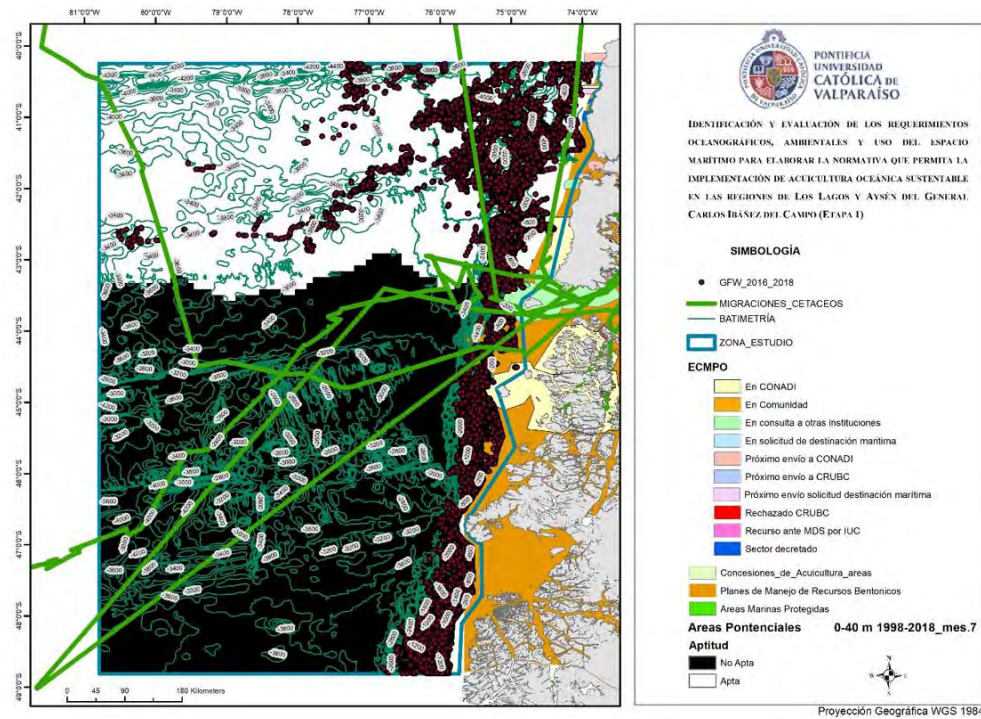


Figura 146. Áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica 1998-2018 Julio.

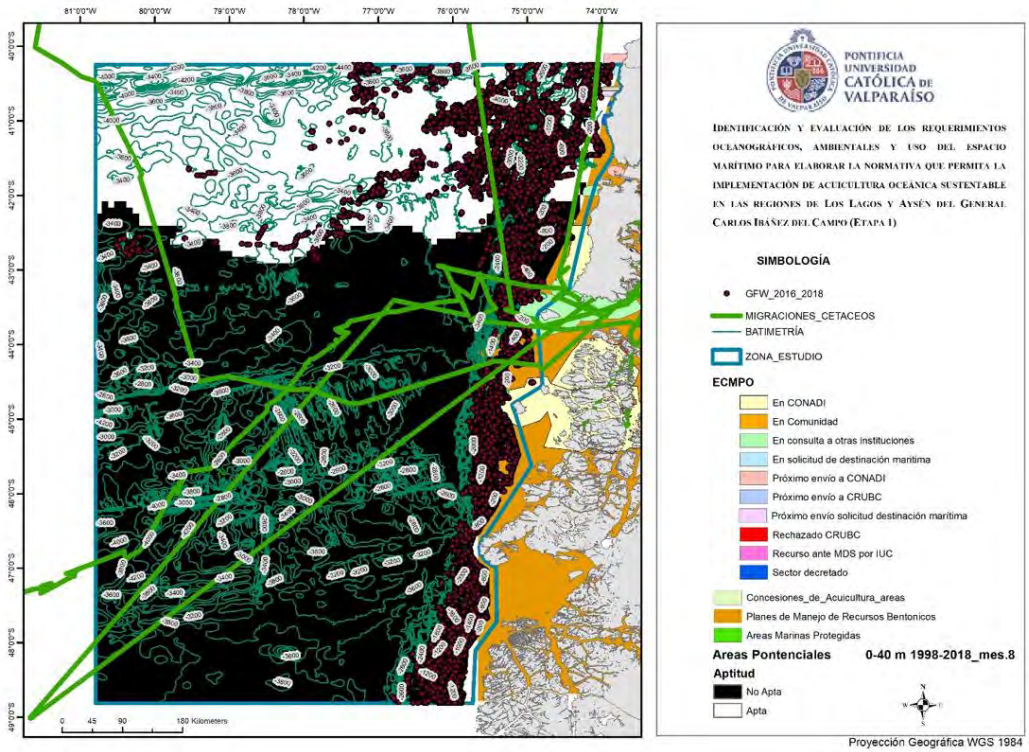


Figura 147. Áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica 1998-2018 agosto.

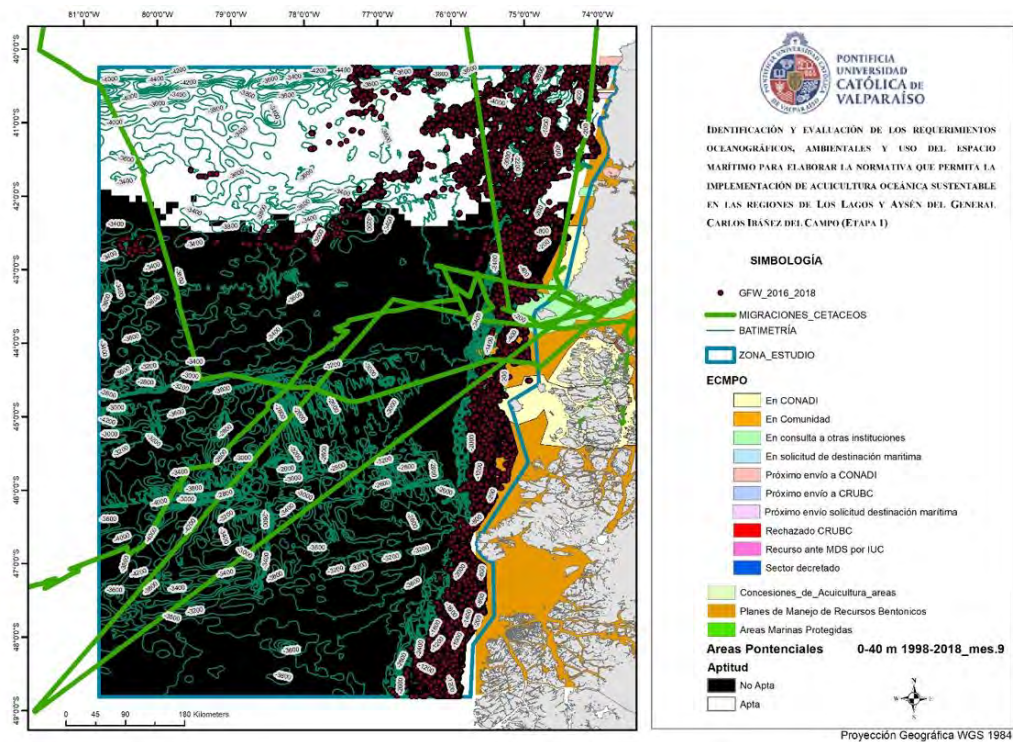


Figura 148. Areas potenciales para desarrollar acuicultura oceanica 1998-2018 septiembre.

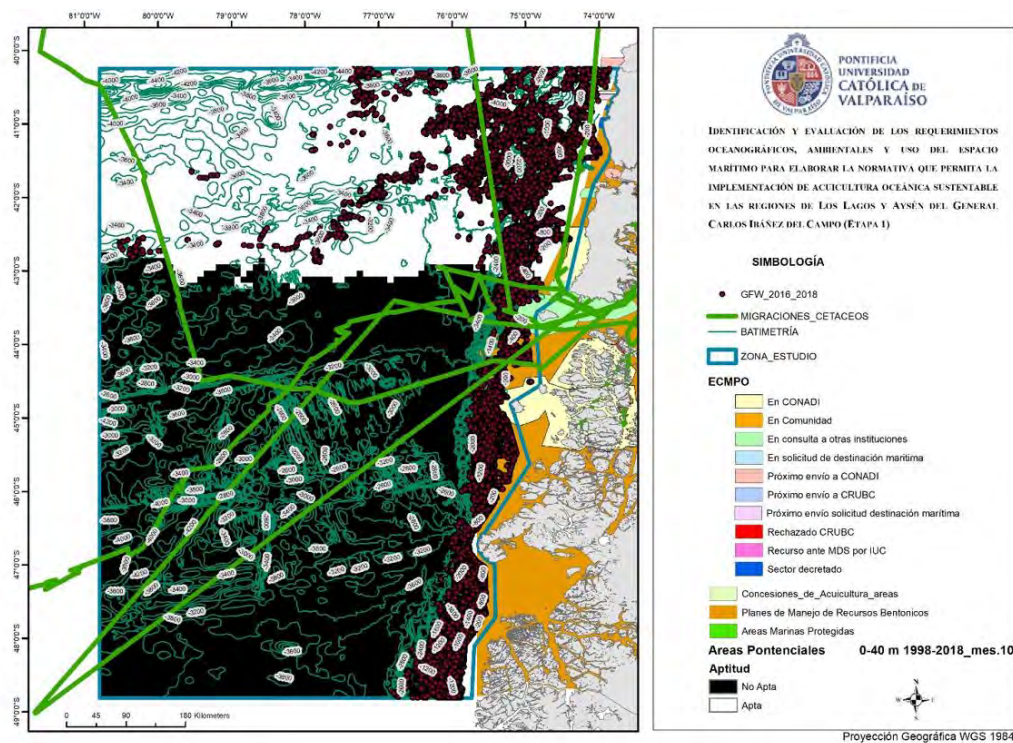


Figura 149. Areas potenciales para desarrollar acuicultura oceanica 1998-2018 octubre.

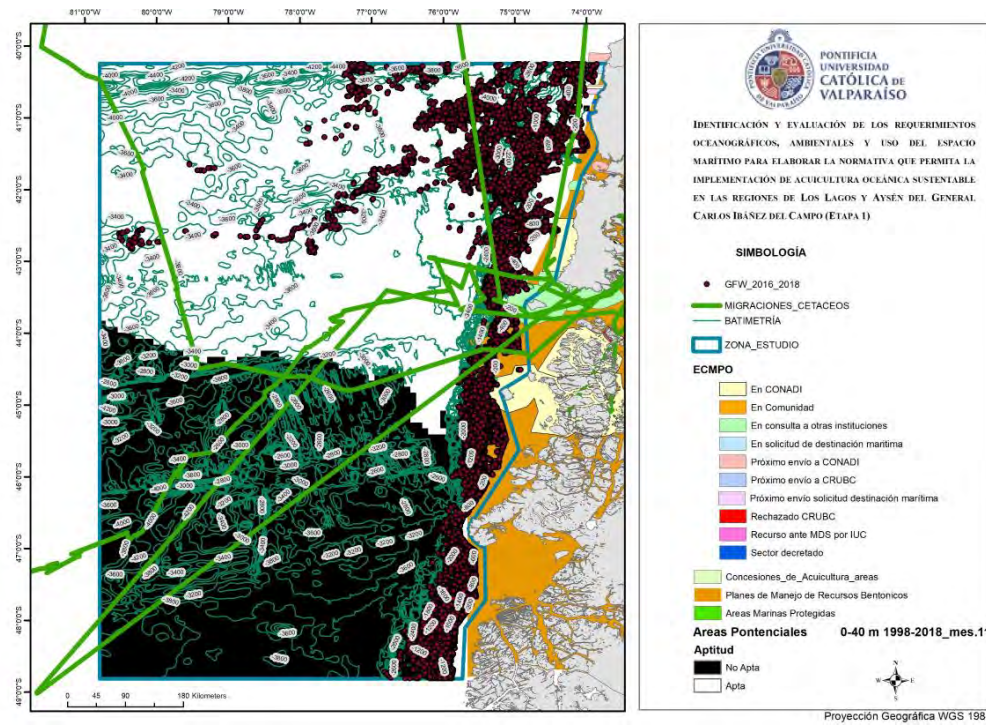


Figura 150. Áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica 1998-2018 noviembre.

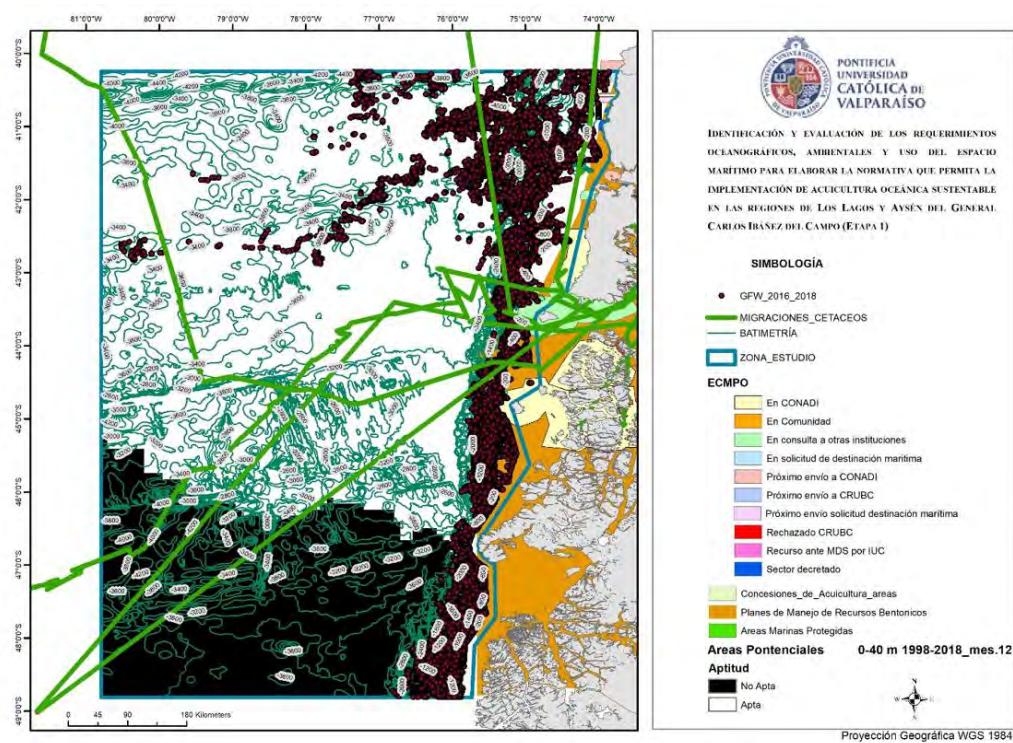


Figura 151. Áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica 1998-2018 Diciembre.

6.6 IDENTIFICAR LAS VARIABLES AMBIENTALES QUE PODRÍAN SER INCLUIDAS DENTRO DEL MARCO REGULATORIO AMBIENTAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN SUSTENTABLE DE LA ACUICULTURA OCEÁNICA

En términos generales, en los ambientes marinos se presentan parámetros o variables que pueden provocar o conducir a un grado de estrés (parámetros estresores) para el ambiente y los organismos acuáticos que lo habitan. Bajo un desbalance ambiental, además, son capaces de provocar o desencadenar otros procesos que pueden alterar las condiciones naturales de los cuerpos de agua. Dentro de estos parámetros estresores, es posible definir los del tipo físico y químicos, los cuales a su vez pueden clasificarse según sus efectos en directos e indirectos (Figura 152).

Sin embargo, la distribución y comportamiento de estos parámetros estresores no es uniforme en todos los ambientes, así como tampoco su respuesta ante diferentes forzantes, sean estos naturales o de origen antropogénicos. Por esta razón, en cada ambiente, es muy importante establecer los límites o rangos de concentración para los diversos parámetros, conocer su distribución y variabilidad natural, ya sea en un área específica o tener valores referenciales de ellos en sistemas acuáticos comparables. Adicionalmente, se debe contar con un grado de conocimiento de los efectos ecológicos y biológicos que tienen estos parámetros estresores en los sistemas acuáticos.

Los valores límites para cada parámetro estresor pueden ser más o menos conservativos, dependiendo de los acuerdos entre tomadores de decisiones, expertos y gobierno. Sin embargo, siempre deberían orientarse para asegurar un ambiente saludable, procurando generar la menor perturbación ambiental.

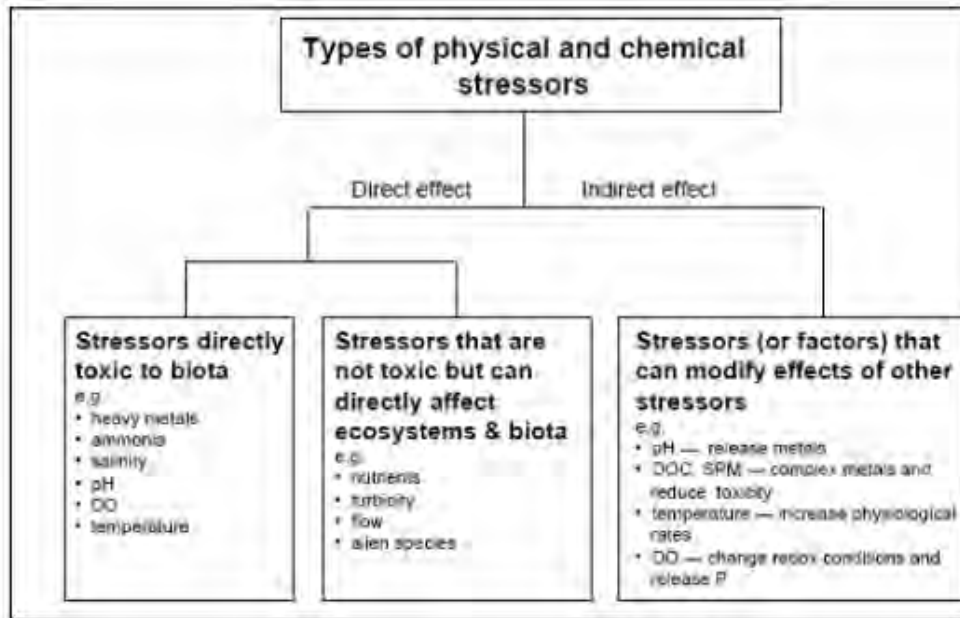


Figura 152. Clasificación de parámetros estresantes en ambientes marinos. Fuente: (Anzecc & Armcanz, 2000).

Para este objetivo en particular se consideraron los coeficientes de importancia relativa de cada variable obtenidos en los resultados del objetivo específico 5, donde la condición de cada variable fue caracterizada y analizada como potencial impacto positivo, negativo o neutro para el futuro desarrollo de la acuicultura oceánica en la **región de Los Lagos y Aysén**. En este sentido, las variables ambientales que pueden ser incluidas dentro de un marco regulatorio ambiental respecto a la **región de estudio** deben estar supeditadas a las exigencias actuales de la autoridad. La legislación exige a los productores acuícolas al momento de solicitar una concesión de acuicultura, realizar una Caracterización Preliminar de Sitio (CPS). Adicionalmente, el productor debe realizar un Informe Ambiental para la Acuicultura (INFA) en el período de máxima biomasa, incorporando aquellas variables definidas en las categorías de cada centro (No. 3612 de 2009). Las principales variables de medición son: oxígeno disuelto, materia orgánica, pH, potencial redox, macrofauna y caracterización del sedimento. Considerando lo anterior, y en lo particular cuando el sitio presenta condiciones anaeróbicas (de acuerdo al análisis del potencial redox en el sustrato), no se permite cultivar peces hasta que se restablezcan las condiciones aeróbicas (Alvial, 2017).

El marco legal chileno (Res No. 3612 de 2009) divide los diferentes centros acuícolas en siete categorías, donde, las categorías que aplican a la industria acuícola con sistemas de producción intensiva son:

- Categoría 3: Centros de cultivo con sistemas de producción intensivo, ubicados en ambientes marinos, cuyas producciones máximas anuales proyectadas sean superiores a 50

ton, siempre que se encuentren en sitios con sustrato blando y profundidades iguales o inferiores a 60 m, y,

- Categoría 5: Centros de cultivo con sistemas de producción intensiva, cuyas producciones máximas anuales proyectadas sean superiores a 50 ton, siempre que se encuentren en sitios con profundidades superiores a 60 m.

Cabe destacar que por medio de la resolución Ex. N° 3612/2009 (y sus modificaciones) se estableció la metodología para elaborar la CPS y la INFA, en términos generales para los distintos centros de cultivo clasificados en función de su profundidad, tipo de sedimento, nivel productivo y tipo de cuerpo de agua (Tabla 46):

Tabla 46. Categoría concesiones de acuicultura con requerimientos INFA.

INFA Parámetros	Categoría						
	1	2	3	4	5	6	7
Plano batimétrico, ubicación de módulos, estación de muestreo y referencia.	X	X	X	X	X	X	X
Correntometría (*)			X	X	X	X	X
Granulometría		X	X			X	X
Materia Orgánica en sedimentos	X	X	X			X	X
Macrofauna bentónica		X	X			X	X
pH, Potencial Redox y T° en sedimentos)			X			X	X
Perfil Oxígeno disuelto	X		X	X	X	X	X
T° y Salinidad en columna de agua	x		x	x	x	x	x
Sulfuro (aun sin implementar)			x				
Registro Visual				x			

(*) Se presentan sólo en la CPS.

En este contexto, para este estudio la región analizada en particular, no se presentan profundidades menores a 60 m (Figura 153, Tabla 46).

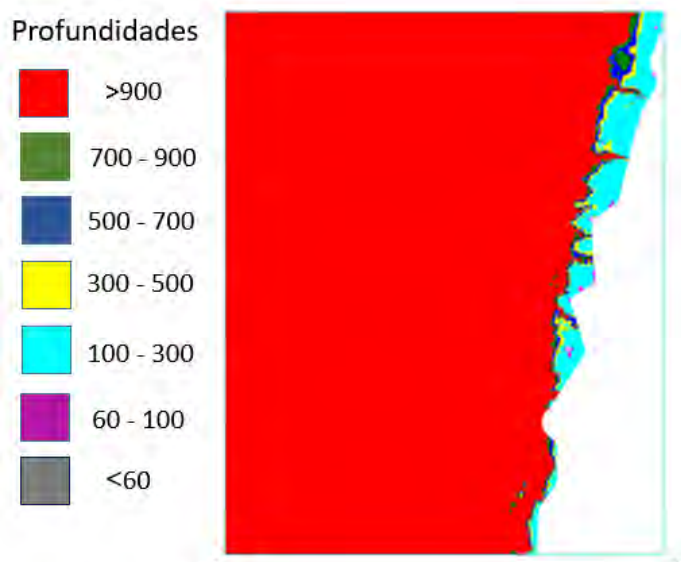


Figura 153. Profundidades (m) zona oceánica (>5 mn de la costa) frente a la región de Los Lagos y Aysén.

Tabla 47. Porcentaje de áreas con rangos de profundidades característicos en la zona de estudio.

Profundidades [m]	% espacio marítimo de la región de estudio
0 - 60	0,0
60 -100	0,1
100 - 300	3,7
300 - 500	0,8
500 - 700	0,8
700 - 900	0,8
>900	93,8

Considerando lo anteriormente descrito y la normativa actual vigente, en los sistemas de cultivos intensivos (categoría 3 y 5) las principales variables ambientales a considerar son: oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, batimetría, correntimetría, granulometría, pH, potencial redox y

macrofauna. Sin embargo, en el área de estudio no se cuenta con registros o base de datos disponibles de las variables de granulometría, pH, potencial redox y macrofauna en el sedimento. Por esta razón, no es posible establecer una línea base de la condición ambiental actual del área de estudio en relación a estas variables ni inferir sobre su relevancia en la selección de áreas potenciales para el desarrollo sustentable de la acuicultura oceánica en la región de Los Lagos y Aysén. En este contexto, se propone realizar estudios pertinentes que avalen la incorporación de estas variables en un marco regulatorio de acuicultura oceánica. Estos estudios debieran incluir un monitoreo que abarque tanto una frecuencia temporal (*e.g.*, intra estacional e interanual) como espacial (vertical, zonal y meridional). Por otra parte, se cuenta con registros o base de datos de temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, batimetría, correntimetría, consideradas en la normativa actual sumadas a la altura de ola significativa, velocidad del viento y clorofila-a. Estas variables fueron seleccionadas por el equipo de trabajo y analizadas por el panel de expertos, las cuales serán justificadas a continuación:

1. Oxígeno disuelto

El panel de expertos estimó que el oxígeno disuelto en el agua es la variable más importante a considerar para establecer un área potencialmente apta para la acuicultura oceánica, afectando directamente sobre su metabolismo y la vida de cualquier organismo hidrobiológico que se pretenda cultivar. En dicho taller, los expertos establecieron un rango apropiado para llevar a cabo el ejercicio de la acuicultura superior a 3,5 mg/L. Las concentraciones inferiores ponen en riesgo la vida de los organismos y el proceso productivo en sí mismo. Mientras que por sobre 4,2 mg/L de oxígeno disuelto en la columna de agua el impacto es altamente positivo en el cultivo, dado que se favorece un metabolismo apropiado en los peces mejorando el proceso productivo, permitiéndole permanecer con vida, crecer y comer de manera adecuada.

Además, el oxígeno es un factor importante en el proceso de respiración y el metabolismo de los organismos. En los peces, la tasa metabólica se ve muy afectada por la concentración de oxígeno en los ambientes de cultivo. A medida que disminuye la concentración de oxígeno disuelto, las actividades de respiración e ingesta de alimento también se ven disminuidas. Como resultado de ello, el índice de crecimiento se reduce, y se incrementan las posibilidades de enfermedades al incrementar el estrés, la hipoxia tisular, la disminución de actividades de nado y la reducción de la inmunidad frente a enfermedades. Al mismo tiempo, los peces no son capaces de asimilar bien el alimento cuando el nivel de oxígeno disuelto es bajo. De esta forma, las condiciones generales de salud de los peces, y las fisiológicas, son mejores si el nivel de oxígeno disuelto se mantiene cercano a la saturación, con lo cual las posibilidades de altas producciones en el centro de cultivo aumentan.

Por otra parte, la caracterización de la zona de estudio en relación a la distribución de oxígeno disuelto se realizó con la escasa información disponible. Esta caracterización mostró que en verano se presentó hipoxia en algunas localidades del sector norte bajo 30 m de profundidad. Sin embargo,

los datos son insuficientes para determinar que no exista una mayor cobertura, espacial y temporal, de estas áreas de hipoxia y con ello la potencialidad del desarrollo de un cultivo respecto al oxígeno. Es importante considerar un estudio que precise un mayor número de datos espaciales (vertical y horizontalmente) y temporales respecto a la disponibilidad de oxígeno para luego definir en mayor detalle la concentración y saturación en la columna de agua donde se llevará a cabo el cultivo, así como los potenciales efectos de la actividad sobre las concentraciones de oxígeno (*e.g.*, producir o intensificar eventos de hipoxia)

2. Altura de ola significativa

En el taller de expertos se determinó que la altura significativa es la segunda variable más importante para permitir el potencial desarrollo de acuicultura en zonas oceánicas, considerando que está relacionada directamente con la resistencia de las balsas jaulas y con el estrés al que se ven sometidos los peces, por tanto, con la supervivencia del cultivo. Como consecuencia, el panel de expertos determinó que cuando se presenten olas superiores a 6 m el nivel de energía es extremo respecto a la acuicultura tradicional. Por esta razón, existe un potencial impacto negativo para desarrollar la actividad desde el punto de vista estructural, productivo y operacional. El sitio apropiado para el desarrollo de acuicultura debiera presentar olas con frecuencia y alturas de la ola (máxima y significativa) que no sobrepasen los estándares de resistencia fijados para el modelo de balsa jaula diseñada. Se recomienda conocer la dirección predominante del oleaje (frecuencia de cada cuadrante), el periodo de la ola, las alturas significativa y máxima (según los regímenes extremos escalares), el oleaje umbral para la consideración de temporal en la zona, los días por año que se supera el oleaje umbral, el fetch o barrido (longitud del área de exposición al oleaje, es decir, recorrido sin obstáculos del viento en el mar), y el tipo de oleaje (sea o mar de viento: olas de origen próximo, o swell o mar de fondo: olas generadas a gran distancia). Considerando lo anterior, también se expuso en el taller de expertos que se pueden diseñar balsas jaulas capaces de resistir las condiciones ambientales extremas o permitir que los operadores del cultivo tomen medidas evasivas sumergiendo las estructuras con peces durante el mal tiempo.

3. Velocidad de corriente

En el taller de expertos se determinó que la velocidad de corriente es la tercera variable más importante para desarrollar acuicultura en zonas oceánicas, aún teniendo presente que las velocidades de corrientes son menores respecto a los de los canales, fiordos, estuarios presentes en la zona sur de Chile. Aunque la velocidad de corriente es esencial para el cultivo de peces en balsas jaulas para reponer el oxígeno y eliminar los desechos orgánicos, a veces puede tener un impacto perjudicial tanto en las estructuras de los sistemas balsas jaulas como en los peces. Especialmente para un sistema de cultivo flexible, las fuerzas de arrastre horizontales ejercidas por la corriente pueden reducir el volumen interno de la jaula. La velocidad de la corriente causa una tensión excesiva en el sistema de flotación de la balsa jaula y aumenta la tensión en las líneas de fondeo.

Además, bajo un flujo de corriente excesivo, los peces pueden gastar demasiada energía para nadar y sufrir pérdidas importantes de alimento (Beveridge, 2004). En consecuencia, se frena el crecimiento de los peces y aumenta el riesgo de mortalidad. En la práctica, se ha encontrado que las velocidades actuales en el rango de 0,1 m/s a 0,6 m/s son satisfactorias para el cultivo de salmonidos (Gowen, 1990; Beveridge, 2004; Kapetsky et al., 2013). Johansson *et al.* (2014) señalaron el alto grado de plasticidad en el comportamiento de nado del salmón para adaptarse a corrientes de agua fuertes e intermitentes. Sin embargo, generalmente no se recomiendan los sitios donde la velocidad excede 1 m/s (Gowen, 1990; Beveridge, 2004; Kapetsky et al., 2013) debido a que aumenta la fuerza de arrastre y el diseño de la balsa jaula tendrá que ser más robusto (Moe-Føre et al., 2016). Considerando lo anterior, el taller de expertos determinó que velocidades superiores a 1,2 kn (0,6 m/s) en un sistema de cultivo es potencialmente negativo para desarrollar acuicultura oceánica.

4. Profundidad

El taller de expertos determinó que la profundidad es la cuarta variable más importante para desarrollar acuicultura oceánica en la zona sur de Chile debido a que está relacionada directamente a los costos de instalación y mantenimiento del sistema de anclaje y amarre. La longitud de las líneas de fondeo suele ser de tres a cinco veces la profundidad del agua. Por lo tanto, una mayor profundidad requiere más costos en el sistema de fondeo y anclaje (Cardia y Lovatelli, 2016; Forster, 2013). El costo de inspeccionar el lecho marino incremental con el aumento de la profundidad de la columna de agua.

Por otro lado, una gran profundidad de la columna de agua puede disminuir la concentración de sedimentos de desecho en el área alrededor del sistema de cultivo. Dado que el agua ingresa a la balsa jaula no solo por los lados sino también por el fondo, mantener el fondo de la balsa jaula limpio es esencial para garantizar un agua prístina para los peces (Chacon Torres et al., 1988). Además, una mayor profundidad de la columna de agua permite tener una balsa jaula de peces mucho más alta, que brinda más espacio para el movimiento de los peces y disminuye la probabilidad de que estos enfermen, así como hundir las balsas a zonas de aguas más profundas y tranquilas durante una tormenta. Considerando lo anterior, y la experiencia de los expertos presentes en el taller, se determinó que logísticamente es muy costoso operar la instalación y el cultivo con centros de confinamientos fondeadas en profundidades superiores a 700 m, por lo tanto, a mayores profundidades es potencialmente negativo desarrollar acuicultura oceánica. Sin embargo, profundidades menores a 700 m es potencialmente positivo.

5. Velocidad del viento

El taller de expertos determinó que la velocidad del viento es la quinta variable más importante para desarrollar acuicultura oceánica debido a que es el generador principal del oleaje de campo lejano y campo cercano. Por lo tanto, en este contexto esta variable en particular tiene efectos indirectos sobre la estructura de la balsa jaula y efectos directos en la operación del cultivo. Como

consecuencia, el panel de expertos concordó que velocidades superiores a 30 kn (15 m/s) es potencialmente negativo para desarrollar acuicultura oceánica en el sur de Chile. Sin embargo, velocidades inferiores a 30 kn es potencialmente positivo. De esta forma, se recomienda que en el sitio probable de desarrollo de acuicultura oceánica se cuente con información sobre la dirección predominante del viento (frecuencia de cada cuadrante), velocidades máximas (según los regímenes extrémales escalares), velocidad umbral para la consideración de temporal en la zona y los días por año que se supera dicho valor.

6. Clorofila-a

El panel de expertos consideró que la clorofila-a por sí misma no representa una variable importante a considerar para el desarrollo de la acuicultura, mientras que conocer la probabilidad de eventos de proliferación de algas nocivas resulta más relevante para el desarrollo de la actividad acuícola. En este contexto, el panel de experto señaló que idealmente la concentración de clorofila no debiera presentarse en concentraciones superiores a 30 mg/m³.

Por otra parte, la floración de algas, algas microscópicas de flotación libre, ocurre en ecosistemas marinos y de agua dulce y forman la base de la trama trófica acuática. Estas microalgas también son un nutriente esencial para la alimentación por filtración de los mariscos bivalvos y para las larvas de crustáceos y peces de importancia comercial.

La detección de clorofila-a por satélites permite contar con un indicador de la concentración de microalgas y con ello detectar eventos de bloom fitoplanctónicos en el pasado, de manera de estimar la probabilidad de futuros eventos. En general, se recomienda en el futuro hacer estudios sobre las especies dominantes de los blooms fitoplanctónicos, su persistencia y cuantificación en el área de estudio.

7. Temperatura superficial del mar

El grupo de expertos consideró que la temperatura del mar es importante dado que esta influye de manera relevante en la sobrevivencia y tasa de crecimiento de los peces. Sin embargo, si consideramos que la temperatura del mar varía con la profundidad y que los peces se cultivan entre 0 y 30 m de la capa superficial sin mayor problema, es que el panel de expertos señaló que la temperatura superficial del mar es un buen indicador para conocer *a priori* la temperatura de la capa superficial de la columna de agua. No obstante, es indispensable contar con rangos específicos de temperatura en la columna de agua para evaluar un área marina como un área apropiada para el ejercicio de la acuicultura oceánica. Se estableció, por ejemplo, que la temperatura ideal para el cultivo del salmón varía entre 10 y 16 °C, mientras que bajo 10 °C el cultivo se vuelve menos competitivo. Al mismo tiempo, una temperatura sobre 16°C, es considerado potencialmente negativo. En ambos extremos de temperatura la principal preocupación es la inanición que

comienzan a manifestar los peces afectando directamente el crecimiento de la especie, y así, al proceso productivo.

Por otra parte, la temperatura del agua de mar tiene otros efectos sobre el ambiente que interfieren en el desarrollo de las especies hidrobiológicas como, por ejemplo: i) el aumento de temperatura disminuye solubilidad del oxígeno disuelto, y así su concentración, vital para el desarrollo de la acuicultura; ii) el aumento de temperatura favorece que el amoníaco se encuentre en el agua como especie tóxica.

8. Salinidad

Considerando al panel de expertos se determinó que la salinidad no es relevante para esta zona de estudio, en particular debido a la baja variabilidad de salinidad en función de los datos recopilados y modelados. Sin embargo, se recomienda hacer un análisis detallado para todas las regiones marítimas faltantes de Chile, ya que cada zona tiene su particularidad.

Cabe considerar que las variables de las que no se cuenta con registros o base de datos no dejan de ser importantes en un marco regulatorio ambiental para el potencial desarrollo de la acuicultura oceánica ya que tienen potenciales impactos bentónicos o en la columna de agua (principalmente asociado a nutrientes como nitrógeno y fósforo), en particular en condiciones eutróficas, donde la acumulación de materia orgánica en los sedimentos puede resultar en anoxia y pérdida en la biodiversidad (Hargrave et al., 2008).

Por otra parte, se ha descrito que el cultivo oceánico o de altar mar tiene un menor impacto bentónico en comparación al cultivo tradicional debido a una mayor dispersión de partículas de desecho. Sin embargo, Kutti *et al.*(2007a) evidenció que un cultivo de salmónes a 250 m de profundidad en fiordos noruegos tenía las mayores tasas de sedimentación a una distancia entre 550 y 900 m del centro de cultivo. Adicionalmente, a 900 m de distancia del sitio de cultivo, se encontró un aumento de la biomasa y biodiversidad de la fauna bentónica, sugiriendo una estimulación de la producción en la comunidad bentónica (Kutti *et al.*2007b, 2008). Lo anterior sugiere que la acuicultura en aguas profundas podría contribuir al enriquecimiento de sedimentos en grandes áreas. Sin embargo, no existe información en la zona de estudio, por lo que se recomienda realizar estudios que contemplen estos análisis.

La dispersión de los residuos de la actividad acuícola aumenta a medida que incrementan las velocidades de corrientes y la ocurrencia de eventos de tormentas durante el paso de sistemas de baja presión que pueden crear aguas turbulentas y modificar la sedimentación de partículas, en particular para sistemas balsa jaula ubicados en la superficie. Sin embargo, como la mayoría de los eventos son estacionales, limitados al invierno o temporales de menor duración, las turbulencias y las fuertes corrientes pueden desempeñar un papel relativamente menor en la sedimentación de los

productos de desecho durante un ciclo anual. Además, los cambios en las corrientes de agua a menudo se limitan a capas superficiales, mientras que, en las capas más profundas de la columna de agua disminuyen las velocidades de corriente, permitiendo una rápida sedimentación de las partículas más grandes.

Considerando lo anterior, la falta de evidencia científica en el área de estudio respecto a las variables como el potencial redox, pH, materia orgánica, granulometría, macrofauna bentónica y dispersión de sólidos, se sugiere realizar estudios científicos que permitan determinar la pertinencia de estas variables en el monitoreo ambiental de la acuicultura oceánica. Por ejemplo, estudios de dispersión del tipo horaria que permite conocer la trayectoria de los residuos.

7 RESULTADOS TALLER DE DIFUSIÓN

El jueves 03 de junio del 2021 se desarrollo el taller de difusión de los reultados del proyecto FIPA 2019-27. Este taller se ejecuto via *Zoom (online)* debido a la contingencia de la pandemia mundial (2020-2021) ocasionada por el Covid19 (SARS –CoV-2).

7.1 TALLER DE DIFUSIÓN

Figura 154 - Invitación digital del taller de difusión

Taller de difusión
Proyecto FIPA 2019 -27

Identificación y evaluación de los requerimientos oceanográficos, ambientales y uso del espacio marítimo para elaborar la normativa que permita la implementación de acuicultura oceánica sustentable en las regiones de Los Lagos y Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo (etapa 1)

JUEVES 03 DE JUNIO 2021

Producción acuícola  Condiciones oceanográficas y meteorológicas  Operación e Infraestructura 

Este taller se desarrollo entre las 09:00 hrs y 12:00 hrs, iniciando con una Bienvenida de Rafael hernandez, Director Ejecutivo del FIPA, y posteriormente integrantes del equipo PUCV describieron y caracterizaron los resultados de cada objetivo del proyecto. Finalmente, Felipe hurtado. Director del proyecto FIPA, presento las conclusiones del taller, culminando en consultas y discusión entre los asistentes y el equipo de trabajo respecto a lo presentado y proyecciones en la actividad.

Tabla 48 - Cronograma taller de difusión Proyecto FIPA 2019-27

Hora	Expositor	Actividad
09:00 - 09:05	Rafael Hernández	Bienvenida Director Ejecutivo FIPA
09:05 - 09:10	Susana Giglio	Directrices Subsecretaría de Pesca y Acuicultura - Subpesca
09:10 - 09:20	Dr. Felipe Hurtado	Presentación Proyecto FIPA 2019 – 27 - PUCV
09:20 - 09:40	Dr. Felipe Hurtado	Antecedentes bibliográficos, nacionales como internacionales, relacionados al desarrollo de las actividades oceánicas o zonas expuestas y normativas asociadas a dicha actividad. - PUCV
09:20 - 09:40	Miguel Fernández – Luis Valencia	Caracterización oceanográfica física y meteorológica de la región de los Lagos y Aysén - PUCV
09:40 – 10:00	Dr. Marcela Cornejo	Caracterización oceanográfica química de la región de los Lagos y Aysén. - PUCV
10:00 – 10:20	Exequiel González	Caracterización espacial del uso marítimo. - PUCV
10:20 – 10:40	Joaquim Bento	Reducción y análisis de datos: océano – atmósfera - PUCV
10:40 – 11:00	Jean Pierre Toledo	Áreas potenciales para desarrollar AO sustentable en la región de Los Lagos y Aysén. - PUCV
11:00 – 11:20	Jean Pierre Toledo	Variables ambientales que pueden ser incluidas dentro de un marco regulatorio ambiental para la implementación y operación sustentable de la AO - PUCV
11:20 – 11:40	Dr. Felipe Hurtado	Consultas, discusión y conclusión.

7.1.1 Capturas presentación via Zoom de los resultados del Proyecto FIPA 2019-27.



Identificación y evaluación de los requerimientos oceanográficos, ambientales y uso del espacio marítimo para elaborar la normativa que permita la implementación de acuicultura oceánica sustentable en las regiones de Los Lagos y Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo (etapa 1).

Taller de difusión Proyecto FIPA 2019 -27



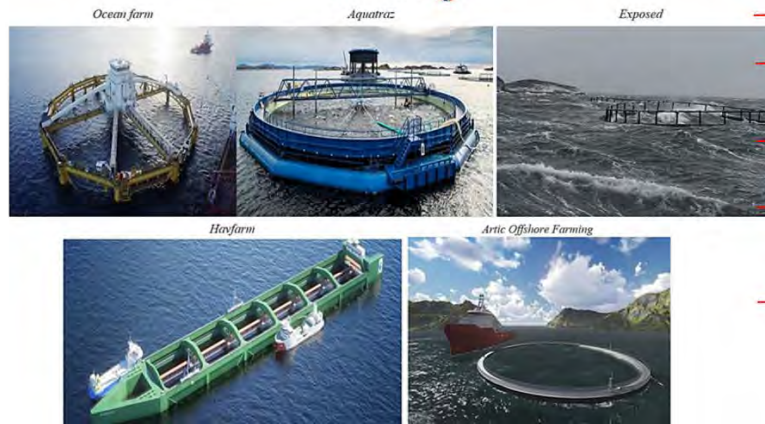
1. Equipo de trabajo 2. Antecedentes 3. Justificación 4. Objetivos 5. Metodología general 6. Presentación de los resultados 7. Resultados OE1

7. Resultados OE1

D. Acuicultura Oceánica

Experiencia internacional en AO – **estructuras de cultivo**

NORUEGA



Estudios P. Exposed

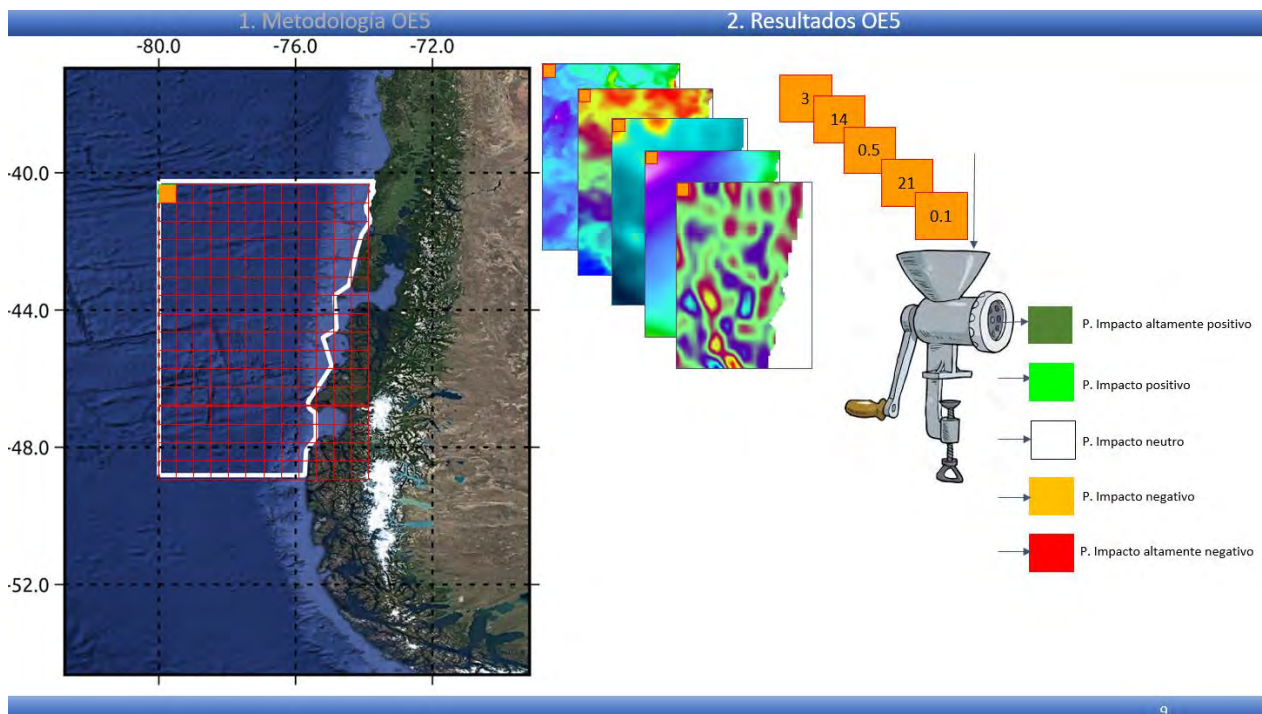
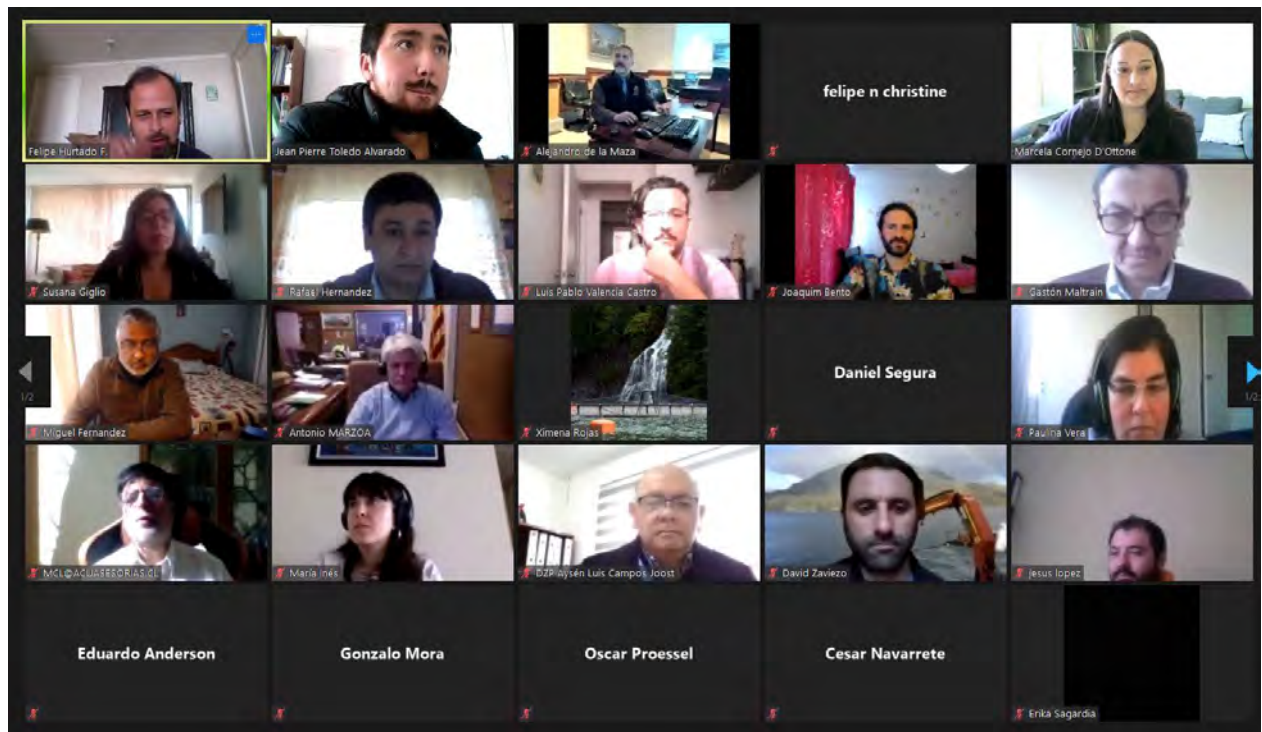
Inspección remota

Interacción entre embarcaciones y sistemas de cultivos

Gestión de riesgos y practicas operativas

Comportamiento y bienestar de los peces (producción)

Diseño / análisis estructural



7.2 ASISTENTES TALLER DE DIFUSIÓN

Nombre	Apellido	Correo	Institución
Mauricio	Reyes	mreyes@akvagroup.com	AKVA
Rafael	Hernandez	rhernandez@subpesca.cl	IFOP-subpesca
Roberto	Valledor	rvalledor@akvagroup.com	AKVA
Andrea	salinas	andrea.salinas@pucv.cl	PUCV
Alejandro	Barrientos	abarrientos@subpesca.cl	Subpesca
Maria	Muñoz	maria.munoz@sma.gob.cl	SMA
Ximena	Rojas	xrojas@intesal.cl	INTESAL
Alonso	Echevarria	aechevarria@aex-group.com	AEX group
Alejandro	Duque	aduque@australis-sa.com	Australis
Oscar	Proessel	oscar.proessel@scaleaq.com	scaleaq
Luis	Campos	lcampos@subpesca.cl	Subpesca
Josue	Tapia	jtapia@subpesca.cl	Subpesca
Erika	Sagardia	erika.sagardia@gmail.com	PUCV
Samuel	Hormazabal	samuel.hormazabal@pucv.cl	PUCV
Luis	Valencia	lpvalenciac@gmail.com	PUCV
Alvaro	Perez	Alvaro.Perez@mowi.com	MOWI
Nicolas	Castillo	nicolas.castillo@ecoseafarming.com	ECOSEA
Yareztly	Bustamante	ybustamante@subpesca.cl	Subpesca
Walter	Buschmann	wbuschmann@walbusch.cl	walbusch
Ruben	Avendaño	ravendano@unab.cl	UNAB
Antonio	Marzoa	marzoa@danespa.net	A. Nacional Catalana
Valeska	Gonzalez	margaritapgg@hotmail.com	Subpesca
Paulina	Vera	pvera@subpesca.cl	Subpesca

Elio	Barria	ebarria@camanchaca.cl	Camanchaca
Luis	Poblete	lpoblete@camanchaca.cl	Camanchaca
Mauricio	Delgado	mdelgado@australis-sa.com	Australis
Valeska	Carcamo	vcarcamo@australis-sa.com	Australis
David	escobar	deriveaud@subpesca.cl	Subpesca
Cristian	Acebedo	cristianac@subpesca.cl	Subpesca
Igor	Stack	istack@ventisqueros.cl	Ventisqueros
Tomas	Mendoza	tmendoza@australis-sa.com	Australis
Juan Pablo	Barrales	jpbarrales@innovasea.com	Innovasea
Felipe	Ramirez	framirez@innovasea.com	Innovasea
Daniel	segura	dsegura@subpesca.cl	Subpesca
Francisco	Holmberg	fholmberg@subpesca.cl	Subpesca
Pablo	Albistur	pablo.albistur@blumar.com	Blumar

7.3 RECOMENDACIONES ASISITENTES TALLER DE DIFUSIÓN

- i. Se recomienda monitorear las especies fitoplanctónicas en vez de la clorofila para la selección de áreas potenciales de AO, sin embargo, cabe considerar que la clorofila es un buen indicador para identificar las concentraciones de especies fitoplanctónicas. Se recomienda realizar los estudios pertinentes de especies fitoplanctónicas principalmente donde se caractericen aumento de concentraciones de clorofila en la región de estudio.
- ii. Ejecutar estudios pertinentes para aminorar si es necesario incluir las siguientes variables al momento de desarrollar acuicultura oceánica: nutrientes, macrofauna, materia orgánica, dispersión de sólidos, pH, potencial redox, granulometría. Debido a que 99,99% del área de estudio supera los 60 metros de profundidad y según el marco legal chileno (N°3612) estas variables no son requeridas al momento de ejecutar un INFA (Informe ambiental para la acuicultura).
- iii. Se reconoce el buen trabajo y resultados para identificar y analizar las variables que pertenecen a la actividad como la acuicultura oceánica (AO), debido a que es un potencial

mercado de gran escala, con grandes proyecciones sustentables que dan origen a una acuicultura con menor impacto en el ambiente marino y permite el desarrollo y uso de nuevas tecnologías supeditadas a la industria 4.0

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

OE1

La acuicultura oceánica esta supeditada a la competencia y demanda por espacios marítimos oceánicos a través de la pesca, turismo y conservación del medio ambiente con necesidad de planificación espacial para su desarrollo. Existe disponibilidad global de grandes áreas con condiciones ambientales aptas para el cultivo, especialmente en zonas expuestas y/o alta mar con presencia de flujo constante que reduce los riesgos de enfermedades y la concentración de nutrientes. Además, hay fuertes velocidades que favorecen el desarrollo del pez ya que nada como si se encontrara en estado salvaje. La calidad del agua es excelente, estable y cercana al estado natural útil para obtener una buena calidad de peces.

En este contexto, hay varios países que están desarrollando estructuras flotantes para la acuicultura oceánica, tal como: Estados Unidos, Noruega, China y recientemente en Chile. Cabe mencionar que los países descritos anteriormente excluyendo Chile trabajan actualmente con estructuras rígidas y semi-surmejables de gran envergadura evaluados en cientos de millones de dólares, siendo totalmente diferente a la experiencia chilena que está basada en estructuras de carácter flexible que cuesta 100 veces menos.

Considerando lo anterior, existen diferentes normativas que regulan el diseño de las estructuras flotantes y sus sistemas de fondeo tales como **Noruega** (NS9415 -Norwegian Standard), **Escocia** (A Technical Standard for Scottish Finfish Aquaculture), **Estados Unidos** (American Petroleum Institute (API), Design and Analysis of Station Keeping System for Flotating Structures; y ABS Rules for building and classing mobile offshore drilling unit **Reino Unido** (Rules and Regulations for the Classification of a Floating Offshore Instalation at a Fixed Location, Lloyd's register), Casa clasificadora de origen **francesa** (Bureau Veritas - Rules for the classification and Certification of Fishfarms) y **Chile** – **Subsecretaria de pesca y acuicultura. Resolución 1821 – Cálculo estructuras de fondeo (2020)**. Dicho esto, se debe tener en cuenta que la nueva normativa chilena esta orientada en la acuicultura tradicional y no a la oceánica u offshore. Por lo tanto, faltan desarrollos y avances para implementar una normativa que regule los diseños de estructuras, manejo y operación para desarrollar acuicultura oceánica. Por ende, se recomienda incluir en una futura normativa estudios de planificación espacial marítima, gestión ambiental en AAA oceánicas, investigación y/o licencias de paquetes tecnológicos y adaptación al cambio climático a través de los siguientes criterios: Restricciones de uso de espacios marítimos, protocolos ambientales y de

seguridad para operar en aguas oceánicas, tecnología de acceso remoto para automatizar y supervisar procesos de cultivo y voluntad política y económica.

OE2

A través de información satelital y modelos de re-análisis, se estudió la circulación oceánica en la región de estudio. Los resultados obtenidos describieron los patrones descritos en la literatura, con la Corriente del Pacífico Sur dominando la mayor parte del área. Cerca de la costa, la circulación respondió al forzamiento del viento, con características que corresponderían a la dinámica de Ekman.

De acuerdo a lo observado, y previamente descrito para la región, el viento es el principal forzante de la circulación costera y oceánica, y del clima de oleaje en la región de estudio. Considerando que este, además de poseer una significativa variabilidad estacional, exhibe una persistente y energética variabilidad sinóptica, es esperable que dichas perturbaciones y ciclos también existan en las corrientes y en el oleaje, modulando la dinámica oceanográfica de la región. De esta manera, se sugieren estudios en la región basados en mediciones directas de oleaje y corrientes con series temporales que puedan resolver las modulaciones temporales expresadas anteriormente. Los resultados de esos estudios permitirían evaluar los patrones de variabilidad observados en los análisis climatológicos y de reanálisis basados en modelos numéricos asimilados en la misma medida que sus rangos de magnitud de la altura de las olas y las velocidades de las corrientes.

Además, se sugiere un estudio específico para definir las condiciones típicas *off-shore*, *off-coast* and *coastal* con respecto a la exposición a los vientos, oleaje, corrientes de mareas y corrientes oceánicas. Estas definiciones permitirían clasificar y establecer normas para las actividades de acuicultura *off-shore*, *off-coast* and *coastal* con respecto no solo a la distancia de la costa, las profundidades y los límites políticos.

El modelo de re-análisis oceánico GLORYSv12, modelo utilizado en este estudio para evaluación de la temperatura y corrientes oceánicas, representa medianamente bien los procesos oceanográficos mesoescalares (de 10 a cientos de kilómetros). Sin embargo, para entender y cuantificar el transporte y los procesos advectivos (dispersivos) involucrados en el, es necesario considerar modelos cuyas resoluciones espaciales resuelvan la dinámica submesoescalar de la región (< 2 km). Esto permitiría resolver la tasa de intercambio de las aguas del sector costero con las de mar afuera y con las provenientes del sector de los fiordos y canales interiores. En este sentido, el empleo de aproximaciones numéricas para el estudio de partículas lagrangianas, mejoraría nuestra comprensión de los patrones de dispersiones de materiales y organismos que se desplazan pasivamente con las corrientes provenientes de las áreas de acuicultura, los cuales podrían afectar las áreas marinas protegidas, zonas costeras adyacentes, fondo marino, entre otros.

OE3

El oxígeno disuelto es una variable vital para los procesos fisiológicos de distintas especies biológicas. Su disminución, entonces, determinará la presencia o ausencia de estas especies, así como también el buen desarrollo de actividades como la acuicultura. En la zona de estudio, la presencia de hipoxia se limitó a algunos pocos puntos en la parte norte bajo 30 m de profundidad, y principalmente en verano. Sin embargo, la limitación de información no permite concluir que estos eventos no tengan una variabilidad espacial determinada en la zona que abarquen una mayor área, o que no ocurran en otras estaciones del año. Por esta razón, y debido a que las actividades acuícolas pueden producir o intensificar la hipoxia, es esencial el monitoreo de esta variable en distintos puntos de la zona costera y con una alta resolución vertical en los primeros 100 m de la columna de agua con una menor resolución bajo esta profundidad.

La disponibilidad de mediciones de nutrientes en la zona de estudio es extremadamente baja. Esto no permite tener una visión representada espacial y temporalmente de la variabilidad de las concentraciones de nutrientes. Dada la importancia que estos tienen en la productividad primaria, y eventualmente a eventos de eutrofización y proliferación de algas nocivas, se requiere que, en especial las áreas costeras con fuerte aporte continental, cuenten con un monitoreo de macronutrientes, nitrato, fosfato, nitrito y amonio, con una alta frecuencia vertical y temporal. Adicionalmente, dado el rol que tiene el hierro como micronutriente y como potencia forzante en eventos de marea roja, es importante contar con mediciones de este metal traza.

En este contexto, la presencia de macro y micro nutrientes, pueden favorecer la ocurrencia de eventos de marea roja. Así, es recomendable realizar un monitoreo de las especies fitoplanctónicas en la zona de estudio y analizar su relación con variables biogeoquímicas, especialmente en aquellos sectores en donde se presenta un aumento de la concentración de clorofila cada primavera y verano.

Por otra parte, la caracterización biológica y ambiental de los ambientes bentónicos para este proyecto se aproxima a la zona de estudio, debido a la escasa información muestreada y disponible, por lo tanto, toda información recopilada y descrita es relevante para fortalecer la planificación de estudios AMBI si es que fuese necesario en el futuro para su potencial o no desarrollo de la acuicultura oceánica entre la región de Los Lagos y Aysén.

Finalmente, considerando lo anterior, la información sobre la influencia que tiene la productividad en la columna de agua sobre los sedimentos es escasa o nula en la mayor parte de la región de estudio. Más bien esta está enfocada en la zona de fiordos y canales. Por esta razón, realizar estudios sobre la dinámica hidrográfica, estado de los sedimentos y productividad biológica en la región y el acoplamiento pelágico-bentónico permitirá establecer la respuesta del fondo marino ante eventuales aumentos de aporte de materia orgánica por la productividad acuícola.

OE4

La información disponible y accesible muestra que las mayores interacciones potenciales por uso se darían con la actividad pesquera, cuya mayor zona de uso se encuentra meridionalmente entre la Isla Guafo por el norte y la península de Taitao por el sur. En términos longitudinales se da entre las 5 mn por el este y 75° 30' W por el oeste a la altura de Isla Guafo y las 5 mn por el este y 76° W por el oeste a la altura de la península Taitao. La información pesquera también muestra usos a la cuadra al oeste del Golfo de Penas y hasta el límite sur de la zona de interés de este estudio, pero mucho menor intensidad.

Los usos fijos como las AMPs muestran baja interacción con solo una pequeña interacción en la boca del Golfo de Penas. Las ECMPOs ya decretadas no muestran interacción potencial, aunque existen ocho áreas en fase de estudio que pudiesen generar en el futuro una interacción con el área de interés de este estudio que son: Comunidad Indígena Purretrun Pucatrihue, Comunidades Ancapan y Mapu-Lafken, Comunidades Huilliches De Huentemo, Chanquin Palihue, Chanquin, Cuafo, Quilque, Chaique Cole Cole y Montaña, y Comunidades Indígenas Antunen Rain, Pewmayen y Aliwen. Otros usos fijos como AMERBs no muestran interacción con el área de interés.

Respecto de los mamíferos marinos se obtuvo información de tracks para ballena azul por parte de WWF para una temporada (2014 – 2015), que muestra que estos grandes mamíferos transitan de entrada y salida al mar interior de la región de Los Lagos a través del canal del Guafo. Es necesario que se genere mayor información respecto de los potenciales impactos de la acuicultura oceánica y estos grandes mamíferos marinos entre Isla Guafo e Isla Guambin, al menos. No se cuenta con información respecto de otros mamíferos marinos en el área de interés, siendo importante en el futuro identificar si existe potencial de interacción con estas otras especies.

OE5

La metodología de impactos que permite determinar las áreas potenciales para desarrollar acuicultura oceánica en la región de Los Lagos y Aysén se realizó a través de pesos y escala en cada variable ambiental cuantificada, culminando en que las variables más importantes para desarrollar acuicultura oceánica en orden descendente son: oxígeno disuelto, altura de ola, velocidad de corriente, profundidad, velocidad del viento, clorofila, temperatura superficial del mar y salinidad. El panel de expertos según la variabilidad de los datos de salinidad determinó que es un variable irrelevante o con potencial impacto neutro para desarrollar acuicultura oceánica, siendo para la zona de estudio en particular no tan importante. Estos resultados son propios y exclusivos para la región de Los Lagos y Aysén, por lo tanto, no se recomienda extrapolar a las demás regiones oceánicas ya que todas tienen su particularidad, por ende, la hidrodinámica, los procesos biológicos, la disponibilidad de nutrientes, las especies químicas, etc., frecuentemente serán diferentes en términos espaciales y temporales.

OE6

Las variables recomendadas para incorporar en un marco regulatorio de acuicultura oceánica en orden de importancia son: oxígeno disuelto, altura de ola significativa, velocidad de corrientes, profundidad, velocidad del viento, temperatura superficial de agua y clorofila. Cabe destacar que no se considero potencial redox, granulometría, macrofauna y nutrientes en sedimentos para el marco regulatorio ya que en el área de estudio no se registran profundidades menores a 60 m (Reso. 3612 del 2009) y la escases de información de estas variables. Por esta razón, no es posible establecer una línea base de la condición ambiental actual del área de estudio en relación a estas variables ni inferir sobre su relevancia en la selección de áreas potenciales para el desarrollo sustentable de la acuicultura oceánica en la región de Los Lagos y Aysén. En este contexto, se propone realizar estudios pertinentes que avalen la incorporación de estas variables en un marco regulatorio de acuicultura oceánica.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguado-Giménez F., Carballeira Oca-a A., Collado Sánchez C. et al. 2012. Propuesta Metodológica para la realización de los planos de vigilancia ambiental de los cultivos marinos en jaulas flotantes. Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos (JACUMAR). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 164.
- Aguilar-Manjarrez, J, Soto, D. y R. Brummett. (2017). Aquaculture zoning, site selection and area management under the ecosystem approach to aquaculture. Full document. Report ACS113536. Rome, FAO, and World Bank Group, Washington, DC. 395 pp.
- Alexander, K. A., Janssen, R., Arciniegas, G., O'Higgins, T.G., Eikelboom, T. y Wilding, T. (2012). Interactive marine spatial planning: siting tidal energy arrays around the Mull of Kintyre. PLoS ONE 7, e30031.
- Anderson, D. a, 1997. Diversity of harmful algal blooms in coastal waters. *Limnol. Oceanogr.* 42, 1009–1022..
- Anderson, D.M., Cembella, A.D., Hallegraeff, G.M., 2012. Progress in understanding harmful algal blooms: Paradigm shifts and new technologies for research, monitoring, and management. *Ann. Rev. Mar. Sci.* <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120308-081121>
- ANZECC & ARMCANZ. 2000. Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality - Volume 2 - Chapter 8 - Aquatic Ecosystems - 8.2 Physical and Chemical Stressors. 74 pp.

- Ansong, J., Gissi, E. y Calado, H. (2017). An approach to ecosystembased management in maritime spatial planning process. *Ocean & Coastal Management* 141: 65–81.
- Arancibia, L. 2019. Acuicultura oceánica: La experiencia de Estados Unidos de América y Noruega. Recuperado el 15 de junio del 2020, de Asesoría técnica parlamentaria Sitio web: [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27139/2/BCN_Acuicultura_oceanica_final\(1\).pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27139/2/BCN_Acuicultura_oceanica_final(1).pdf)
- Armada de Chile, 2018. Reglamento sobre concesiones marítimas. Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante. Oficina De Reglamentos y Publicaciones Marítimas. Tercera Edición. (<https://www.concesionesmaritimas.cl/pdf/Regto.pdf>)
- Armada de Chile, 2019. Reglamento Orgánico y de funcionamiento de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante. Tercera Edición.
- Armijo, J., Oerder, V., Auger, P., Bravo, A., Molina, E., 2020. The 2016 red tide crisis in southern Chile : Possible influence of the mass oceanic dumping of dead salmon. *Mar. Pollut. Bull.* 150, 110603. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110603>
- Asche, F., M. Bellemare, F., Roheim, C., Smith, M. D. y Tveteras, S. (2015). Fair enough? Food security and the international trade of seafood. *World Dev.* 67, 151–160.
- Baki, Birol & Kaya Öztürk, Dilara. (2017). Environmental and Social Risks and Solution Criteria in Offshore Aquaculture Systems. *International Journal of Engineering Research and Applications.* 07. 114-118. 10.9790/9622-070503114118.
- Barbanti A., Gissi, E., Musco, F., Sarretta, A., Appiotti, F., Bianchi, I. (2017) Towards marine spatial planning implementation in the Adriatic and Ionian region. In: Kitsiou D, Karydis M (eds) *Marine Spatial Planning: Methodologies, Environmental Issues and Current Trends*, pp. 323–350. Nova Science Publishers, Hauppauge
- Barillé, L., Le Bris, A., Gouletquer, P., Thomas, Y., Glize, P., Kane, F., Falconer, L., Guillotreau, P., Trouillet, B., Palmer, S., Gernez, P., 2020. Biological, socio-economic, and administrative opportunities and challenges to moving aquaculture offshore for small French oyster-farming companies. *Aquaculture* 521, 735045. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735045>
- Barillé, L., Prou, J., Héral, M., Razet, D., 1997. Effects of high natural seston concentrations on the feeding, selection, and absorption of the oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg). *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 212. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(96\)02756-6](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(96)02756-6).

- Behrenfeld, M.J., O'Malley, R.T., Siegel, D.A., McClain, C.R., Sarmiento, J.L., Feldman, G.C., Milligan, A.J., Falkowski, P.G., Letelier, R.M., Boss, E.S., 2006. Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature* 444. <https://doi.org/10.1038/nature05317>
- Benetti, D.D., O'Hanlon, B., Rivera, J.A., Welch, A.W., Maxey, C., Orhun, M.R., 2010. Growth rates of cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in open ocean submerged cages in the Caribbean. *Aquaculture* 302. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.02.021>
- Berdalet, E., Banas, N., Bresnan, E., Burford, M., Davidson, K., Gobler, C., Karlson, B., Kudela, R., Lim, P., Montresor, M Trainer, V., Usup, G., Yin, K., Enevoldsen, H., Urban, E., 2017. GlobalHAB. Global Harmful Algal Blooms. Science and Implementation Plan.
- Bermúdez, Jorge; Hervé, Dominique, 2013. Justicia Ambiental, Derecho e Instrumentos de Gestión del Espacio Marino Costero. Santiago. Ed. LOM.
- Beyá, J., Álvarez, M., Gallardo, A., Hidalgo, H., Aguirre, C., Valdivia, J., Parra, C., Méndez, L., Contreras, F., Winckler, P., M. Molina. (2016). Atlas de Oleaje de Chile. Primera edición. Valparaíso, Chile, Escuela de Ingeniería Civil Oceánica - Universidad de Valparaíso.
- Billing, S-L., Tett, P., Brennan, R., Miller, R. (2017) Societal, policy and academic 'visions' for the future of the marine environment and its management, exemplified in the Western and Northern Isles of Scotland. *Humanities* 6: 81.
- Bjelland, H. V., Fore, M., Lader, P., Kristiansen, D., Holmen, I.M., Fredheim, A., Grotli, E.I., Fathi, D.E., Oppedal, F., Utne, I.B., Schjolberg, I., 2015. Exposed Aquaculture in Norway, in: OCEANS 2015 - MTS/IEEE Washington. <https://doi.org/10.23919/oceans.2015.7404486>
- Blake J. 2017. Polychaeta Orbiniidae from Antarctica, the Southern Ocean, the Abyssal Pacific Ocean, and off South America. *2017Zootaxa* 4218(1):1. DOI: 10.11646/zootaxa.4218.1.1
- Bore, P. T., & Amdahl, J. 2017. Determination of Environmental Conditions Relevant for the Ultimate Limit State at an Exposed Aquaculture Location. In *ASME 2017 36th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering*. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection.
- Borges, A. V., Gypens, N., 2010. Carbonate chemistry in the coastal zone responds more strongly to eutrophication than to ocean acidification. *Limnol. Oceanogr.* 55. <https://doi.org/10.4319/lo.2010.55.1.0346>
- Borja, A., A. Miles, A. Occhipinti-Ambrogi, T. Berg, 2009. Current status of macroinvertebrate methods used for assessing the quality of European marine waters: implementing the Water Framework Directive. *Hydrobiologia*, 633(1): 181-196.

- Borja, A., A. Ranasinghe, S.B. Weisberg, 2009. Assessing ecological integrity in marine waters, using multiple indices and ecosystem components: challenges for the future. *Marine Pollution Bulletin*, 59(1-3): 1-4.
- Borja, A., A.B. Josefson, A. Miles, I. Muxika, F. Olsgard, G. Phillips, J.G. Rodríguez, B. Rygg, 2007. An approach to the intercalibration of benthic ecological status assessment in the North Atlantic ecoregion, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 42-52.
- Borja, A., D.M. Dauer, 2008. Assessing the environmental quality status in estuarine and coastal systems: comparing methodologies and indices. *Ecological Indicators*, 8(4): 331-337.
- Borja, A., Franco, J., Muxika, I., 2003. Classification tools for marine ecological quality assessment: the usefulness of macrobenthic communities in an area affected by a submarine outfall. ICES CM 2003/Session J-02, Tallinn (Estonia), 24-28 September, 2003.
- Borja, A., I. Muxika, 2005. Do benthic indicator tools respond to all impact sources?, The case of AMBI (Azti Marine Biotic Index), p 15-18. Magni, P., J. Hyland, G. Manzella, H. Rumohr, P. Viaroli, A. Zenetos (Eds.). Proceedings of the Workshop “Indicators of Stress in the Marine Benthos”, Torregrande-Oristano (Italy), 8–9 October 2004. Paris, UNESCO/IOC, IMC, 2005. iv + 46 pp., OC Workshop Reports, 195.
- Borja, A., I. Muxika, 2005. Guidelines for the use of AMBI (AZTI’s marine biotic index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 787-789.
- Borja, A., I. Muxika, 2008. Biological Communities as a Forensic Tool in Marine Environments, Chapter 7, pp. 219-249, in *Methods in Environmental Forensics* (Stephen Mudge Ed.), CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Ratón, 386 pp.
- Borja, A., I. Muxika, J. Franco, 2006. Long-term soft-bottom benthos recovery, following urban and industrial sewage treatment in the Nervión estuary (southern Bay of Biscay). *Marine Ecology Progress Series*, 313: 43-55.
- Borja, A., I. Muxika, J.G. Rodríguez, 2009. Paradigmatic responses of marine benthic communities to different anthropogenic pressures, using M-AMBI, within the European Water Framework Directive. *Marine Ecology*, 30: 214-227.
- Borja, A., J. Bald, J. Franco, J. Larreta, I. Muxika, M. Revilla, J.G. Rodríguez, O. Solaun, A. Uriarte, V. Valencia, 2009. Using multiple ecosystem components in assessing ecological status in Spanish (Basque Country) Atlantic marine waters. *Marine Pollution Bulletin*, 59(1-3): 54-64.

- Borja, A., J. Franco, I. Muxika, 2004. The Biotic Indices and the Water Framework Directive: the required consensus in the new benthic monitoring tools. *Marine Pollution Bulletin*, 48(3-4): 405-408.
- Borja, A., J. Franco, V. Pérez, 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40(12): 1100-1114.
- Borja, A., J. Franco, V. Valencia, J. Bald, I. Muxika, M.J. Belzunce, O. Solaun, 2004. Implementation of the European Water Framework Directive from the Basque Country (northern Spain): a methodological approach, *Marine Pollution Bulletin*, 48(3-4): 209-218.
- Borja, A., J. Mader, I. Muxika, J.G. Rodríguez, J. Bald, 2008. Using M-AMBI in assessing benthic quality within the Water Framework Directive: some remarks and recommendations. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 1377-1379.
- Borja, A., J.G. Rodríguez, K. Black, A. Bodoy, C. Emblow, T.F. Fernandes, J. Forte, I. Karakassis, I. Muxika, T.D. Nickell, N. Papageorgiou, F. Pranovi, K. Sevastou, P. Tomassetti, D. Angel, 2009. Assessing the suitability of a range of benthic indices in the evaluation of environmental impact of fin and shellfish aquaculture located in sites across Europe. *Aquaculture*, 293: 231-240.
- Borja, A.; Dauer, D.; Díaz, R.; Llansó, R.J.; Muxika, I.; Rodríguez, J.G.; Schaffner, L., 2008. Assessing estuarine benthic quality conditions in Chesapeake Bay: a comparison of three indices. *Ecological Indicators*, 8(4): 395-403.
- Borja, A.; I. Muxika, J. Franco, 2003. The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 835-845.
- Bostock, J., McAndrew, B., Richards, R., Jauncey, K., Telfer, T., Lorenzen, K., Little, D., Ross, L., Handiyde, N., Gatward, I. y Corner, R. (2010). *Aquaculture: global status and trends*. *Philos. Trans. R. Soc. B: Biol. Sci.* 365, 2897–2912.
- Bresnan, E., Davidson, K., Edwards, M., Fernand, L., Gowen, R., Hall, A., Kennington, K., Mckinney, A., Milligan, S., Raine, R., Silke, J., 2013. Impacts of climate change on harmful algal blooms. *MCCIP Sci. Rev. Sci. Rev.*
- Bresnan, E., Davidson, K., Edwards, M., Fernand, L., Gowen, R., Hall, A., Kennington, K., Mckinney, A., Milligan, S., Raine, R., Silke, J., 2013. Impacts of climate change on harmful algal blooms. *MCCIP Sci. Rev. Sci. Rev.*

- Buhl-Mortensen, L., Galparsoro, I., Vega Fernandez, T., Johnson, K., D'Anna, G., Badalamenti, F. (2017) Maritime ecosystem-based management in practice: Lessons learned from the application of a generic spatial planning framework in Europe. *Marine Policy* 75: 174–186.
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista digital universitaria*, 8(10), 1-11..
- Carballeira, A., Aguado-Giménez, F., González, N., Sánchez-Jerez, P., Texeira, J.M., Gairin, J.I., Carballeira, C., García-García, B., Fernández-González, V., Carreras, J., Macías, J.C., Acosta, D., Collado, C. 2011. Utilización de perfiles ecológicos para la selección de variables geoquímicas de sedimentos marinos como indicadores del impacto ambiental generado por los cultivos marinos en mar abierto. *Comunicación, XIII Congreso Nacional de Acuicultura*. Barcelona.
- Carballeira, A., González, N., Texeira, J.M., Gairin, J.I., Carballeira, C., Carreras, J., Acosta, D., 2011. Utilización de perfiles ecológicos para la selección de variables geoquímicas de sedimentos marinos como indicadores del impacto ambiental generado por los cultivos marinos en mar abierto 4–5.
- Carchipulla, V., 2018. Importancia Del Oxígeno Disuelto Para Mejorar La Calidad De Agua En Estanques De Camarón Blanco *Litopenaeus Vannamei*.
- Cardia, F., Lovatelli, A., 2016. Aquaculture operations in floating HDPE cages, *Fisheries and Aquaculture*.
- CEA (California Environmental Associates) (2018). Offshore Finfish Aquaculture Global Review and U.S. Prospects. En pág. web: [<https://www.packard.org/insights/resource/offshore-fish-aquaculture-global-review-and-u-s-prospects/>] Revisado: 9 de abril de 2019
- Chavarría, J., & Mendo, J. 2015. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN AMBIENTAL PARA UNA MARICULTURA OCEÁNICA SOSTENIBLE EN ECUADOR. *Revista Ciencias Pedagógicas e Innovación*, 3(1).
- Chu, Y.I., Wang, C.M., Park, J.C., Lader, P.F., 2020. Review of cage and containment tank designs for offshore fish farming. *Aquaculture* 519, 734928. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734928>
- Cid, A., Herrero, C., Torres, E., Abalde, J., (1995). Copper toxicity on the marine microalga *Phaeodactylum tricornutum*: effects on photosynthesis and related parameters. *Aquatic Toxicology* 31 (2): 165– 174.

- Coccoli, C., Galparsoro, I., Murillas, A., Pinarbasi, K. y Fernandes, JA. (2018). Conflict analysis and reallocation opportunities in the framework of marine spatial planning: a novel, spatially explicit Bayesian belief network approach for artisanal fishing and aquaculture. *Marine Policy* 94: 119–131.
- Cochlan, W.P., Trainer, V.L., Trick, C.G., Wells, M.L., Bill, B.D., 2012. Heterosigma akashiwo in the Salish Sea : Defining growth and toxicity leading to fish kills Heterosigma akashiwo in the Salish Sea : Defining growth and toxicity leading to fish kills
- Comisión Permanente del Pacífico Sur – CPPS, 2012. Atlas sobre distribución, rutas migratorias, hábitats críticos y amenazas para grandes cetáceos en el Pacífico Oriental. Guayaquil, Ecuador. (<http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/docs2013/ago/transfront/cpps-pnuma-2012.pdf>)
- Coneza Fdez.-Vítora, V. (1993). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 276 p
- Corporación Nacional del Medio Ambiente (CONAMA); Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF); Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2008. Antecedentes de las Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos de Chile. Documento de apoyo a Guía docente AMCP-MU. Proyecto GEF Marino, 2008. (<https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/7042/Levantamiento%20informaci%c3%b3n%20AMCP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)
- Correa-Ramirez, M.A., y Hormazabal, S. (2012). MultiTaper Method-Singular Value Decomposition (MTM-SVD): variabilidad espacio-frecuencia de las fluctuaciones del nivel del mar en el Pacífico suroriental, *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 40(4), pp. 1039–1060.
- CPPS/PNUMA. (2012). Atlas sobre distribución, rutas migratorias, hábitats críticos y amenazas para grandes cetáceos en el Pacífico oriental. Comisión Permanente del Pacífico Sur - CPPS / Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA. Guayaquil, Ecuador. 75p.
- Cranford, P.J., Ward, J.E., Shumway, S.E., 2011. Bivalve Filter Feeding: Variability and Limits of the Aquaculture Biofilter, in: *Shellfish Aquaculture and the Environment*. <https://doi.org/10.1002/9780470960967.ch4>
- Culha, M., Somek, H., Aksoy, O., 2019. Impact of offshore aquaculture on molluscan biodiversity in Ildir Bay, Aegean Sea, *Tirkey* 40, 76–83.
- de Paz, L., J. Patrício, J.C. Marques, Á. Borja, A.J. Laborda, 2008. Ecological Status assessment in the lower Eo estuary (Spain). The challenge of habitat heterogeneity integration: a benthic perspective. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 1275-1283.

- Dean, R.J., Shimmiel, T.M. y Black, K.D. (2007). Copper, zinc and cadmium in marine cage fish farm sediments: an extensive survey. *Environmental Pollution*, 145 (1): 84– 95
- DeGrasse, S., Conrad, S., DiStefano, P., Vanegas, C., Wallace, D., Jensen, P., Hickey, J.M., Cenci, F., Pitt, J., Deardorff, D., Rubio, F., Easy, D., Donovan, M.A., Laycock, M., Rouse, D., Mullen, J., 2014. Onboard screening dockside testing as a new means of managing paralytic shellfish poisoning risks in federally closed waters. *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 103. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.01.036>
- Diaz, R.J., Rosenberg, R., 1995. Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna, in: *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. Vol. 33.
- DIRECTEMAR (1989) – Cursos nacionales sobre técnicas básicas y metodologías de impacto ambiental: Chile -Valparaíso. (Doc. CPPS / PNUMA / OCA-PAC / ECO (OPS) WG.1)
- Doney, S.C., Fabry, V.J., Feely, R. a., Kleypas, J. a., 2009. Ocean Acidification: The Other CO 2 Problem. *Ann. Rev. Mar. Sci.* 1, 169–192. <https://doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163834>
- Douvere, F. (2008) The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management. *Mar. Policy* 32, 762–771.
- Dudley, Nigel (Editor), 2008. Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas. (<https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/PAPS-016-Es.pdf>)
- EPA(2016). Water quality control plan ocean waters of California. State of California. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-01/documents/ca-cop2012.pdf>
- Estevan, M.T. (1981). Las evaluaciones de impacto ambiental. Criterios y metodologías. Boletín informativo del medio ambiente. Madrid julio-septiembre, Madrid-1981.
- Estevan, M.T. (1984). Evaluación del impacto ambiental ITSEMAP. Madrid. España. ^[L]_[SEP]
- Evans, O., 2018. China gets Ready to Harvest First Batch of Farmed Salmon from Huge, Deep Sea Fully-Submersible Fish Cage. *SalmonBusiness*.
- Falconer, L., Middelboe, A.L., Kaas, H., Ross, L.G., Telfer, T.C., 2020. Use of geographic information systems for aquaculture and recommendations for development of spatial tools. *Rev. Aquac.* <https://doi.org/10.1111/raq.12345>

- FAO (2010). Aquaculture development. 4. Ecosystem approach to aquaculture. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. No. 5, Suppl. 4. Rome, FAO. 53p
- FAO (2010). Expanding mariculture Farther Offshore Technical, environmental, spatial and governance challenges. Fisheries and Aquaculture proceedings 24.
- FAO (2016) The State of World Fisheries and Aquaculture 2016 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy 2016).
- FAO, 2018. The state of world fisheries and aquaculture., The state of the world. <https://doi.org/10.1111/fog.12466>
- FAO. 2011. Regional Review on Status and Trends in Aquaculture Development in North America.
- Ferreira, J.G., Hawkins, A.J.S., Bricker, S.B., 2007. Management of productivity, environmental effects and profitability of shellfish aquaculture - the Farm Aquaculture Resource Management (FARM) model. Aquaculture 264. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.12.017>
- Foley, M., Halpern, B., Micheli, F., Armsby, M., Caldwell, M., Crain, C., Prahler, E., Rohr, N., Sivas, D., Beck, M., Carr, M., Crowder, L., Duffy, J.D, Hacker, S., McLeod, K., Palumbi, S., Peterson, C., Regan, H., Ruckelshaus, M. y Steneck, Robert. (2010). Guiding ecological principles for marine spatial planning. Marine Policy. 34. 955-966. [10.1016/j.marpol.2010.02.001](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2010.02.001). Franklin, N.M., Stauber, J.L., Lim, R.P., 2001. Development of flow cytometry-based algal bioassays for assessing toxicity of copper in natural waters. Environmental Toxicology and Chemistry 20 (1): 160–170.
- Froehlich, H.E., Smith, A., Gentry, R.R., y Halpern, B.S. (2017). Offshore Aquaculture: |Know It When See It. Front. Mar. Sci. 4:154. [doi:10.3389/fmars.2017.00154](https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00154).
- Fuentes, M.S., Wikfors, G.H., 2013. Control of domoic acid toxin expression in Pseudo-nitzschia multiseriis by copper and silica: Relevance to mussel aquaculture in New England (USA). Mar. Environ. Res. 83. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.10.005>
- García, M., Pérez M., Townley B., Decart K., Moncada D. 2019. Estudio mineralógico y geoquímico del fondo marino entre la Isla de Chiloé y península de Taitao para la caracterización en los recursos minerales y evaluación del potencial de la zona exclusiva económica de Chile. Reporte de Crucero. CIMAR Fiordos 24.44-58 pp.
- Garcia, S.M., y Cochrane, K. L. (2005). Ecosystem approach to fisheries: a review of implementation guidelines. ICES Journal of Marine Science, 62: 311- 318

- García-Pérez, J., García López, A., Carrillo-Ovalle, L., Solares-Cortez, N., López-Bran, R., 2020. Florecimiento algal nocivo de *Pyrodinium bahamense* en diciembre 2018 en la costa del Pacífico de Guatemala. *Ciencia, Tecnol. y Salud* 7, 154–159.
- Garmendia, M., Á., Borja, I., Muxika, 2008. Long-term environmental, climatic and anthropogenic factors affecting subtidal soft-bottom benthic communities, within the Basque coast. *Revista de Investigación Marina*, 2: 28 pp.
- Garreaud, R.D., 2018. Record-breaking climate anomalies lead to severe drought and environmental disruption in western Patagonia in 2016. *Clim. Res.* 74, 217–229.
- Gazeau, F., Parker, L.M., Comeau, S., Gattuso, J.P., O'Connor, W.A., Martin, S., Pörtner, H.O., Ross, P.M., 2013. Impacts of ocean acidification on marine shelled molluscs. *Mar. Biol.* 160. <https://doi.org/10.1007/s00227-013-2219-3>
- Gentry, R. R., Froehlich, H., Grimm, D., Kareiva, P., Parke, M., Rust, M., Gaines, S.D y Halpern, B. (2017) Mapping the global potential for marine aquaculture. *Nat. Ecol. Evol.* 1, 1317–1324.
- Gentry, R. R., Lester, S. E., Kappel, C. V., White, C., Bell, T. W., Stevens, J., & Gaines, S. D. 2017. Offshore aquaculture: spatial planning principles for sustainable development. *Ecology and evolution*, 7(2), 733-743.
- Gobierno de Chile (2019). Política Oceánica Nacional de Chile. Consultado en septiembre de 2019. https://minrel.gob.cl/minrel/site/artic/20180309/asocfile/20180309143025/politica_oceanica_nacional_de_chile_ok.pdf.
- Gobler, C.J., Doherty, O.M., Hattenrath-Lehmann, T.K., Griffith, A.W., Kang, Y., Litaker, R.W., 2017. Ocean warming since 1982 has expanded the niche of toxic algal blooms in the North Atlantic and North Pacific oceans. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 114, 4975–4980. <https://doi.org/10.1073/pnas.1619575114>
- Gorostiaga, J.M., Á. Borja, I. Díez, G. Francés, S. Pagola-Carte, J.I. Sáiz Salinas, 2004. Recovery of benthic communities, in polluted systems. In: Borja, A. and Collins, M. (Eds.). *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*, Elsevier Oceanography Series, 70: 549-578, Elsevier, Amsterdam.
- Grantham, H., Agostini, V., Wilson, J., Mangubhai, S., Hidayat, N., Muljadi, A., Muhajir, M., Rotinsulu, C., Mongdong, M., Beck, M. y Possingham, H. (2013). A comparison of zoning analyses to inform the planning of a marine protected area network in Raja Ampat, Indonesia. *Marine Policy*. 38. 184–194. 10.1016/j.marpol.2012.05.035. Halpern, B. S. et al. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319, 948–952 (2008).

- Green, M.A., Waldbusser, G.G., Reilly, S.L., Emerson, K., O'Donnell, S., 2009. Death by dissolution: Sediment saturation state as a mortality factor for juvenile bivalves. *Limnol. Oceanogr.* 54. <https://doi.org/10.4319/lo.2009.54.4.1037>
- Guillotreau, P., Allison, E.H., Bundy, A., Cooley, S.R., Defeo, O., Lebihan, V., Pardo, S., Ianperry, R., Santopietro, G., Seki, T., 2017. A comparative appraisal of the resilience of marine social-ecological systems to mass mortalities of bivalves. *Ecol. Soc.* 22. <https://doi.org/10.5751/ES-09084-220146>
- Guzmán G, Quiroga E. 2005. New records of shrimps (Decapoda; Caridea and Dendrobranchiata) in deep waters off Chile. *Gayana* 62(2), 285-290
- Guzmán G., Sellanes J. 2015. A review of the Munidopsidae Ortmann, 1898 (Decapoda, Galatheaidea) in Chilean waters, including new records for the Southeastern Pacific September 2015 *Zootaxa* 4021(2):282. DOI: 10.11646/zootaxa.4021.2.3
- Hallegraeff, G.M., 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia* 32. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-32-2-79.1>
- Harris, P., Whiteway T. 2011. Global distribution of large submarine canyons: Geomorphic differences between active and passive continental margins. *Marine Geology*, 285. Issues 1–4: 69-86.
- Hawkins, A.J.S., James, M.R., Hickman, R.W., Hatton, S., Weatherhead, M., 1999. Modelling of suspension-feeding and growth in the green-lipped mussel *Perna canaliculus* exposed to natural and experimental variations of seston availability in the Marlborough Sounds, New Zealand. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 191. <https://doi.org/10.3354/meps191217>
- Hebbeln, D., cruise participants, 2001. Puck, report and preliminary results of RV Sonne Cruise SO-156, Valparaíso-Talcahuano (Chile), March 29–May 14, 2001. *Berichte Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen*, Bremen No. 182, 195pp
- Helsley, C.1999. Hawaii open ocean aquaculture demonstration program. In *Proceedings of the 28'h US-Japan Natural Resources Aquaculture Panel Joint Meeting on Spawning and Maturation of Aquaculture Species*. November.10-12.
- Helsley, C.E., 2000. Hawai'i Open Ocean Aquaculture Demonstration Program, in: *The Twenty-Eighth US-Japan Natural Resources Aquaculture Panel: Spawning and Maturation of Aquaculture Species*, CP-00-01.

- Hinder, S.L., Hays, G.C., Brooks, C.J., Davies, A.P., Edwards, M., Walne, A.W., Gravenor, M.B., 2011. Toxic marine microalgae and shellfish poisoning in the British isles: History, review of epidemiology, and future implications. *Environ. Heal. A Glob. Access Sci. Source* 10, 1–12. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-54>
- Hucke-Gaete, Rodrigo; Ruiz, Jorge, 2010. Guía de campo de las especies de aves y mamíferos marinos del sur de Chile Especies comunes de avistar en las regiones de Los Lagos y Aysén. Esta guía es producto integral que emana del estudio “Investigación para el desarrollo de Área Marina Costera Protegida Chiloé, Palena y Guaitecas”, ejecutado por la Universidad Austral de Chile, mandado por Conama Región de Los Lagos y financiado por el Gobierno Regional de Los Lagos, Chile a través del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (http://metadatos.mma.gob.cl/sinia/Hucke-Gaete_y_Ruiz_Guia_de_campo_aves_mamiferos_FNDR.pdf)
- Igboeli, O.O., Fast, M.D., Heumann, J. y Burkaa J. F., (2012). Role of P-glycoprotein in emamectin benzoate (SLICE®) resistance in sea lice, *Lepeophtheirus salmonis*. *Aquaculture* 344–349: 40–47. Doi: 10.1016/j.aquaculture. 2012.03.026
- Iledgpeth, J. W., & Ladd, H. S. (1957). *Treatise on Marine Ecology and Paleoecology* (Vol. 67). Geological Society of America.
- Inglis, G.J., Hayden, B.J., y Ross, A.H., (2000). An overview of factors affecting the carrying capacity of coastal embayments for mussel culture. NIWA Client report CHC00/ 69. 690 Christchurch, New Zealand. 31 pp.
- Jahncke, M.L. y Schwarz. H.M., (2002). Public, Animal and Environmental Aquaculture Health Issues In Industrialized Countries (edited by Michael L. Jahncke, E. Spencer Garrett, Alan Reilly, Roy E. M
- Kaiser, J., Schouten, S., Kilian, R., Arz, H.W., Lamy, F. & Sinninhe Damsté, J.S. (2015). Isoprenoid and branched GDGT-based proxies for surface sediments from marine, fjord and lake environments in Chile, *Organic Geochemistry*, 89-90: 117-127
- Kapetsky, J.M., Aguilar-Manjarrez, J., Jenness, J., 2013. A global assessment of offshore mariculture potential from a spatial perspective, FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper.
- Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E., Papadopoulou, K.N., Plaiti, W., 2000. Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas, in: *ICES Journal of Marine Science*. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0925>

- Katsanevakis, S., Zenetos, A., Belchior, C. y Cardoso, A.C. (2013). Invading European Seas: Assessing pathways of introduction of marine aliens. *Ocean & Coastal Management* 76: 64–74.
- Kemp, W.M., Boynton, W.R., Adolf, J.E., Boesch, D.F., Boicourt, W.C., Brush, G., Cornwell, J.C., Fisher, T.R., Glibert, P.M., Hagy, J.D., Harding, L.W., Houde, E.D., Kimmel, D.G., Miller, W.D., Newell, R.I.E., Roman, M.R., Smith, E.M., Stevenson, J.C., 2005. Eutrophication of Chesapeake Bay: Historical trends and ecological interactions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* <https://doi.org/10.3354/meps303001>
- Klinger, D, Levin, S, Watson, J. 2017. El crecimiento de peces en la acuicultura mundial en mar abierto bajo el cambio climático. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0834>
- Klinger, D. y Naylor, R. (2012) Searching for solutions in aquaculture: charting a sustainable course. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 37, 247–276.
- Knapp, G. y Rubino, M.C. (2016). The Political Economics of Marine Aquaculture in the United States. *REVIEWS IN FISHERIES SCIENCE & AQUACULTURE* 24 (3).
- Kobayashi, M., Msangi, S., Batka, M., Vannuccini, S., Dey, M. y Anderson, J. (2015). Fish to 2030: The Role and Opportunity for Aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*. 19. 10.1080/13657305.2015.994240. Leopold, L.B., Clarke, F.E. Hanshaw, B.B., y Balsley, J.R. 1971.
- Kooijman, S. A. L. M. 1986. Energy budgets can explain body size relations. *J. Theor. Biol.* 121, 269–282. doi: 10.1016/S0022-5193(86)80107-2
- Kooijman, S. A. L. M. 2010. *Dynamic Energy Budget Theory for Metabolic Organisation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kristiansen, D., Aksnes, V., Su, B., Lader, P., & Bjelland, H. V. 2017. Environmental description in the design of fish farms at exposed locations. In *ASME 2017 36th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering*. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection.
- Ladd, H.S., 1956. *Treatise on Marine Ecology and Paleoecology*. Volume 2. *Oikos* 7. <https://doi.org/10.2307/3564932>
- le Grel, L., le Bihan, V., 2009. Oyster farming and externalities: The experience of the Bay of Bourgneuf. *Aquac. Econ. Manag.* 13. <https://doi.org/10.1080/13657300902881690>

- Lester, S., Costello, C., Halpern, B., Gaines, S., White, C. y Barth, J. (2013). Evaluating tradeoffs among ecosystem services to inform marine spatial planning. *Marine Policy*. 38. 80–89. 10.1016/j.marpol.2012.05.022.
- Lester, S.E., Stevens, J.M., Gentry, R.R., Kappel, C.V., Bell, T.W., Costello, C.J., Gaines, S.D., Kiefer, D.A., Maue, C.C., Rensel, J.E., Simons, R.D., Washburn L., y White C. (2018). Marine spatial planning makes room for offshore aquaculture in crowded coastal waters.
- Libes, S. (2009). *Introduction to marine biogeochemistry*. Academic Press.
- López-Alvarado, J. (2015). Construcción y funcionamiento de jaulas marinas en mar abierto: experiencia en Islas Canarias y tecnología para la diversificación de la acuicultura en el Ecuador. *Libro de Actas, VII Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura*, 107-120.
- Lovatelli, A., Manjarrez, J., Soto, D., 2013. Expanding mariculture farther offshore, FAO Technical Workshop, 22-25 March 2010.
- Maar, M., Saurel, C., Landes, A., Dolmer, P., and Petersen, J. K. (2015). Growth potential of blue mussels (*M. edulis*) exposed to different salinities evaluated by a dynamic energy budget model. *J.Mar. Syst.* 148, 48–55. doi: 10.1016/j.jmarsys. 2015.02.003
- Mangion, M., Borg, J.A., Thompson, R., Schembri, P.J., 2014. Influence of tuna penning activities on soft bottom macrobenthic assemblages. *Mar. Pollut. Bull.* 79. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.12.021>
- Mann, M. E., y Park, J. (1999). Oscillatory Spatiotemporal Signal Detection in Climate Studies: A Multiple-Taper Spectral Domain Approach, in Dmowska, R. and Saltzman, B. (eds) *Adv. Geophys.* Elsevier, pp. 1–131.
- Marra, J. (2005) When will we tame the oceans? *Nature* 436, 175–176
- Mascareño, A., Cordero, R., Azócar, G., Billi, M., Pablo, A., Ruz, G.A., 2018. Controversies in social-ecological systems : lessons from a major red tide crisis on Chiloe Island , Chile 23.
- Maurer, D. & S., Williams. 1988. Deep-Sea Polychaetous Annelida from Central America to the Antarctic Peninsula and Sandwich islands. *Int. Revue. Ges. Hydrobiol*, 73(5): 659-701.
- Mccauley, D., Pinsky, M., Palumbi, S., Estes, J., Joyce, F. y Warner, R. (2015). Marine defaunation: Animal loss in the global ocean. *Science* (New York, N.Y.). 347. 1255641. 10.1126/science.1255641.

- McGillicuddy, D.J., Signell, R.P., Stock, C.A., Keafer, B.A., Keller, M.D., Hetland, R.D., Anderson, D.M., 2003. A mechanism for offshore initiation of harmful algal blooms in the coastal Gulf of Maine. *J. Plankton Res.* 25. <https://doi.org/10.1093/plankt/25.9.1131>
- McKindsey, C.W., Thetmeyer, H., Landry, T. y Silvert, W. (2006). Review of recent carrying capacity models for bivalve culture and recommendations for research and management. *Aquaculture* 261 (2), 451–462.
- McPhee-Shaw, E.E., Siegel, D.A., Washburn, L., Brzezinski, M.A., Jones, J.L., Leydecker, A., Melack, J., 2007. Mechanisms for nutrient delivery to the inner shelf: Observations from the Santa Barbara Channel. *Limnol. Oceanogr.* 52. <https://doi.org/10.4319/lo.2007.52.5.1748>
- Melo t., et al. 2007. Caracterización del fondo marino entre las II y X regiones. Informe Final Proyecto FIP N° 2005-61.313 pp.
- Meyer, D., 2004. Introducción a la Acuicultura, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.
- Miller, S., Marandino, C., de Bruyn, W., Saltzman, E.S., 2009. Air-sea gas exchange of CO₂ and DMS in the North Atlantic by eddy covariance. *Geophys. Res. Lett.* 36, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1029/2009GL038907>
- Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción (MINECON), 1991. Fija el Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley N° 18.892, de 1989 y sus Modificaciones, Ley General De Pesca Y Acuicultura. Decreto Supremo N° 430 del 28 de septiembre de 1991. (<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=13315>)
- Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción (MINECON), 1993. Reglamento sobre sobre Concesiones de Acuicultura. Decreto Supremo N° 290 Santiago, 28 de mayo de 1993.
- Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción (MINECON), 2004. Reglamento sobre Parques Marinos y Reservas Marinas de la Ley General De Pesca Y Acuicultura. Decreto Supremo N° 238 Santiago, 16 de septiembre de 2004.
- Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (MINECON), 1995. Reglamento sobre Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos. Decreto Supremo N° 355. Publicado el 26 de agosto de 1955.
- Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (MINECON), 2011. Establece Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control Anemia Infecciosa del Salmón (PSEVC-ISA). Res. Ex. N° 1577. Publicado el 10 de agosto de 2011.

- Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (MINECON), 2014. Guía para la Aplicación de la Ley de Espacios Costeros Marinos para Pueblos Originarios.
- Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (MINECON). 2015. Aprueba Programa Especial para la Protección y Conservación de la Ballena Azul y otros Mamíferos Marinos en Chile. Resolución Exenta N° 9.233. Valparaíso, 5 de octubre de 2015.
- Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), 2008. Ley N° 20.249 Crea el Espacio Costero Marino de los Pueblos Originarios, publicada 16-02-2008.
- Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), 2009. Reglamento de la Ley 20.249, Decreto 134 del Ministerio de Planificación, publicado el 26-05- 2009.
- Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT), 2008. Diagnóstico del Modo de Transporte Marítimo. Estudio ejecutado por CIMA Ingeniería EIRL.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2005. Política Nacional de Áreas Protegidas. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Política elaborada por el Directorio del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2015. Las Áreas Protegidas de Chile. División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2018. Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. Tomo I. Tercera Edición en formato digital (<https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/04/Tomo-I-libro-Biodiversidad-Chile-MMA-web.pdf>)
- Ministerio del Medio Ambiente 2019. Sexto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile.
- Miquel, J.C., Fowler, S.W., La Rosa, J., Buat-Menard, P., 1994. Dynamics of the downward flux of particles and carbon in the open northwestern Mediterranean Sea. Deep. Res. Part I 41. [https://doi.org/10.1016/0967-0637\(94\)90002-7](https://doi.org/10.1016/0967-0637(94)90002-7)
- Mizuta, D.D., Wikfors, G.H., 2020. Can offshore HABs hinder the development of offshore mussel aquaculture in the northeast United States? Ocean Coast. Manag. 183, 105022. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.105022>
- Mochida, K., Ito, K., Harino, H., Kakuno, A. y Fujii, K. (2006). Acute toxicity of pyrithione antifouling biocides and joint toxicity with copper to red sea bream (*Pagrus major*) and toy shrimp (*Heptacarpus futilirostris*). Environmental Toxicology and Chemistry 25 (11): 3058–3064.

- Morales, C. S, Hormazábal & J.L. Blanco. 1999. Interannual variability in the mesoscale distribution 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.
- Mos, L., 2001. Domoic acid: A fascinating marine toxin. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 9. [https://doi.org/10.1016/S1382-6689\(00\)00065-X](https://doi.org/10.1016/S1382-6689(00)00065-X)
- Munari, C. y Mistri, M. (2007). Effect of copper on the scope for growth of clams (*Tapes philippinarum*) from a farming area in the Northern Adriatic Sea. *Marine Environmental Research* 64 (3): 347–357.
- Muniz, P., N. Venturini, A.M.S. Pires-Vanin, L.R. Tommasi, A. Borja, 2005. Testing the applicability of a Marine Biotic Index (AMBI) for assessing the ecological quality of soft-bottom benthic communities in the South America Atlantic region. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 624-637.
- Muñoz, P., C. B. Lange, D. Gutiérrez, D. Hebbeln, M. A. Salamanca, L. Dezileau, J. L. Reyss, and L. K. Benninger (2004), Recent sedimentation and mass accumulation rates based on ²¹⁰Pb along the Peru–Chile continental margin, *Deep Sea Res. Part II*, 51(20–21), 2523– 2541
- Muxika, I., Á. Borja, J. Bald, 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive, *Marine Pollution Bulletin*, 55: 16-29.
- Muxika, I., Borja, Á., Franco, J., 2003. The use of a biotic index (AMBI) to identify spatial and temporal impact gradients on benthic communities in an estuarine area. ICES CM 2003/Session J-01, Tallinn (Estonia), 24-28 September, 2003.
- Muxika, I., L. Ibaibarriaga, J.I. Sáiz-Salinas, Á. Borja, 2007. Minimal sampling requirements for a precise assessment of soft-bottom macrobenthic communities, using AMBI. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 349: 323-333.
- Muxika, I.; Borja, Á.; Bonne, W., 2005. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators* 5(1): 19-31.
- Naqvi, S. W. A., Bange, H. W., Farías, L., Monteiro, P. M. S., Scranton, M. I., & Zhang, J. 2010. Marine hypoxia/anoxia as a source of CH₄ and N₂O. *Biogeociencias*, 7: 2159-2190.
- National Aquaculture Sector Overview. Norway. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. Text by Venvik, T. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 1 May 2005. [Cited 17 June 2020].

- National Aquaculture Sector Overview. United States of America. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. Text by Olin, P.G. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 1 February 2011. [Cited 17 June 2020].
- Nickell, T.D., C. J. Cromey, Á. Borja, K.D. Black, 2009. The benthic impacts of a large cod farm – are there indicators for sustainability? *Aquaculture*, 295(3-4): 226-237..
- NOAA. 2016. Fisheries of the Caribbean, Gulf, and South Atlantic. Recuperado el 15 de junio del 2020, Sitio web: <http://bcn.cl/29mtx>
- Ondara, K., Altanto, T., Rahmawan, G. A., Dhiauddin, R., Wisna, U. J., & Ridwan, N. N. H. (2019). Hydro-Oceanographic and Water Quality Assessments As a Basis for the Development of Offshore Aquaculture in the Weh Island, Aceh Province, Indonesia. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 8(2), 76-85.
- Paerl, H. W., Joyner, J. J., Joyner, A. R., Arthur, K., Paul, V., O'Neil, J. M., & Heil, C. A. (2008). Cooccurrence of dinoflagellate and cyanobacterial harmful algal blooms in southwest Florida coastal waters: Dual nutrient (N and P) input controls. *Marine Ecology Progress Series*, 371, 143-153. <https://doi.org/10.3354/meps07681>
- Palma M., Quiroga E., Gallardo V.A., Arntz W., Gerdes D., Schneider W. and Hebbeln D. (2005) Macrobenthic animal assemblages of the continental margin off Chile (228 to 428S). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85, 233–245.
- Palmer, S.C.J., Gernez, P.M., Thomas, Y., Simis, S., Miller, P.I., Glize, P., Barillé, L., 2020. Remote Sensing-Driven Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*) Growth Modeling to Inform Offshore Aquaculture Site Selection. *Front. Mar. Sci.* 6, 1–19. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00802>
- Paredes, Marco Antonio, 2015. Estimación de la producción de ozono gaseoso para la obtención de una concentración de ozono residual deseada en el proceso de desinfección de bodegas de transporte a bordo de un wellboat. Tesis para optar al Título de Ingeniero Acuicultor. Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
- Pérez, L., Borja, Á., Rodríguez G., Muxika, I., 2009. Long-term environmental, anthropogenic and climatic factors explaining spatial and temporal distribution of soft-bottom benthic communities within the Basque estuaries. *Revista de Investigación Marina*, 14: 22 pp.
- Pilson, M. E. (2012). *An Introduction to the Chemistry of the Sea*. Cambridge University Press.
- Pilson, M., 1998. *An Introduction to the Chemistry of the Sea*, Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1126/science.33.861.997-a>

- Pitcher, G.C., Jiménez, A.B., Kudela, R.M., Reguera, B., 2014. Harmful Algal Blooms in Eastern Boundary Upwelling Systems A GEOHAB CORE RESEARCH PROJECT Satellite image of a massive bloom of phytoplankton off the coast of Oregon and Washington. *Oceanography* 303030.
- Pitcher, P.J., T. Morato, P.J.B. Hart, M.R. Clark, N. Haggan and R.S. Santos. 2007. *Seamounts: Ecology, Fisheries & Conservation*. Blackwell Publishing 527 pp.
- Pouvreau, S., Bourles, Y., Lefebvre, S., Gangnery, A., and Alunno-Bruscia, M. 2006. Application of a dynamic energy budget model to the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, reared under various environmental conditions. *J. Sea Res.* 56, 156–167. doi: 10.1016/j.seares.2006.03.007
- Price, C. S., & Morris, J. A. J. 2013. *Marine cage culture & the environment: Twenty-first century science informing a sustainable industry*. Beaufort, NC: NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 164.
- Price, C.S., Morris, J.A.J., 2013. *Marine Cage Culture & The Environment*. NOAA Tech. Memo. NOS NCCOS 164.
- Prou, J., Gouletquer, P., Couturier, C., 2002. The French mussel industry: present status and perspectives. *Proc. First Int. Mussel Forum Aquac. Canada super(OM) 2002*, Charlottetown, PEI, 17-20 Sept. 2002 102.
- Quiroga E. and Levin L.A. (2010) *Eunice pennata* (Polychaeta: Eunicidae) from active and passive cold seep sites in central and Southern Chile (36°–46°S). *Anales Instituto Patagonia (Chile)* 38, 31–37.
- Quiroga, E., Sellanes, J., Arntz, W.E., Gerdes, D., Gallardo, V.A., Hebbeln, D., 2009. Benthic megafaunal and demersal fish assemblages on the Chilean continental margin: The influence of the oxygen minimum zone on bathymetric distribution. *Deep Sea Research II* 56(16), 1112-1123. DOI: 10.1016/j.dsr2.2008.09.010.
- Revsbech, N. P., Pedersen, O., Reichardt, W., & Briones, A. 1999. Microsensor analysis of oxygen and pH in the rice rhizosphere under field and laboratory conditions. *Biology and Fertility of soils*. 29(4): 379-385.
- Revsbech, N.P., Larsen, L.H., Gundersen, J., Dalsgaard, T., Ulloa, O., Thamdrup, B., 2009. Determination of ultra-low oxygen concentrations in oxygen minimum zones by the STOX sensor. *Limnol. Oceanogr. Methods* 7, 371–381.

- Rosland, R., Strand, Ø., Alunno-Bruscia, M., Bacher, C., and Strohmeier, T. (2009). Applying Dynamic Energy Budget (DEB) theory to simulate growth and bioenergetics of blue mussels under low seston conditions. *J. Sea Res.* 62, 49–61. doi: 10.1016/j.seares.2009.02.007
- Rozbaczylo, N., R.A. Moreno & O. Díaz-Díaz. 2006b. Poliquetos bentónicos submareales de fondos blandos de la región de Aysén, Chile: Clados Amphinomida, Eunicida, Spionida, Sabellida y Scolecida (Annelida, Polychaeta). *Investigaciones Marinas*, 34(1): 43-62.
- Rozbaczylo, N., R.A. Moreno, O. Díaz-Díaz & S. Martínez. 2006a. Poliquetos bentónicos submareales de fondos blandos de la Región de Aysén, Chile: Clado Terebellida (Annelida: Polychaeta). *Ciencia y Tecnología del Mar* 29(1): 71-90.
- Rozbaczylo, N., Vásquez-Yáñez, P., Moreno M., Díaz-Díaz, O. 2017. Poliquetos bentónicos Amphinomida, Phyllodocida y Eunicida (Annelida: Polychaeta) de la región de fiordos y canales australes de Chile recolectados durante los cruceros CIMAR 13 al 20 fiordos, *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 2017. Vol. 45(2):51-91 51
- Ryan, J., 2004. Farming the deep blue sea, Irish Sea Fisheries, Irish Marine Institute. <https://doi.org/10.1021/es0725596>
- S. 1609 - 110th Congress: National Offshore Aquaculture Act of 2007. Consultado en septiembre de 2019. <https://www.congress.gov/bill/110th-congress/senate-bill/1609>
- Sainz, J., Di Lorenzo, E., Bell, T. W., Gaines, S., Miller, R., & Lenihan, H. 2019. Spatial planning of Marine Aquaculture under Climate Decadal Variability: A case study for Mussel Farms in California. *Frontiers in Marine Science*, 6, 253.
- Salas, F., Nieto, J.M., Borja, A., Marques, J.C., 2004. Evaluation of the applicability of a marine biotic index to characterise the status of estuarine ecosystems: the case of Mondego estuary (Portugal). *Ecological Indicators*, 4: 215-225.
- Sanchez-Jerez, P., Karakassis, I., Massa, F., Fezzardi, D., Aguilar-Manjarrez, J., Soto, D., Chapela, R., Avila, P., Macias, J.C., Tomassetti, P., Marino, G., Borg, J.A., Franičević, V., Yucel-Gier, G., Fleming, I.A., Biao, X., Nhhala, H., Hamza, H., Forcada, A. y Dempster, T. (2016) Aquaculture's struggle for space: the need for coastal spatial planning and the potential benefits of Allocated Zones for Aquaculture (AZAs) to avoid conflict and promote sustainability. *Aquac. Environ. Interact.* 8, 41–54.
- Sarà, G., Reid, G. K., Rinaldi, A., Palmeri, V., Troell, M., and Kooijman, S. A. L. M. 2012. Growth and reproductive simulation of candidate shellfish species at fish cages in the Southern Mediterranean: dynamic energy budget (DEB) modelling for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture* 324–325, 259–266. doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.10.042

- Sarà, G., Scilipoti, D., Mazzola, A., Modica, A., 2004. Effects of fish farming waste to sedimentary and particulate organic matter in a southern Mediterranean area (Gulf of Castellammare, Sicily): a multiple stable isotope study ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$). *Aquaculture* 234, 199-213.
- Sarmiento JL, Siegenthaler U. 1992. New production and the global carbon cycle. En: Falkowski PG, Woodhead AD (eds.), *Primary productivity and biogeochemical cycles in the sea*. Plenum Press, New Cork. Pp. 317–332
- Sclodnick, T., Sutton, S., Selby, T., Dwyer, R., Gace, L., 2020. Environmental impacts of brass mesh nets on open ocean aquaculture pens in tropical marine environments. *Aquaculture* 183135. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735266>
- Sellanes, J., Neira, C., Quiroga, E., Teixido, N. 2010. Diversity patterns along and across the Chilean margin: a continental slope encompassing oxygen gradients and methane seep benthic habitats. *Marine Ecology an evolutionary perspective* 31(1), 111-124
- Siddiqui, A.S., (2003). Waste water treatment technology in aquaculture. *World Aquaculture*, 49-51.
- Silva, N. & S. Neshyba. 1977. Corrientes superficiales frente a la costa austral de Chile. *Cienc. Tecnol. Mar*, 3: 37 – 42.
- Silva, N., Astorga, M.I., 2010. Textura, materia orgánica y composición química elemental (C y N) de sedimentos marinos superficiales de la zona Puerto Montt a Boca del Guafo (Norpatagonia Chilena). *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 38. <https://doi.org/10.3856/vol38-issue1-fulltext-1>
- Silva, N., Rojas, N., Fedele, A., 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 Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 56, 1004–1020. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2008.12.013>
- Silva, N., Vargas, C.A., 2014. Hypoxia in Chilean Patagonian Fjords. *Prog. Oceanogr.* 129, 62–74. <https://doi.org/10.1016/j.pcean.2014.05.016>
- Silva, Nelson, & Astorga, María Inés. (2010). Textura, materia orgánica y composición química elemental (C y N) de sedimentos marinos superficiales de la zona Puerto Montt a Boca del Guafo (Norpatagonia chilena). *Latin american journal of aquatic research*, 38(1), 1-14. Recuperado en 16 de julio de 2020, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2010000100001&lng=es&tlng=e.

- Smayda, T., 2004. Harmful algal bloom communities in Scottish coastal waters: relationship to fish farming and regional comparisons - a review. Scottish Executive Environment Group Paper 2006/3.
- Smetacek, V., von Bröckel, K., Zeitzschel, B., Zenk, W., 1978. Sedimentation of particulate matter during a phytoplankton spring bloom in relation to the hydrographical regime. *Mar. Biol.* 47. <https://doi.org/10.1007/BF00541000>
- Snyder, J.N., Bell, T.W., Siegel, D.A., Nidzieko, N.J., Cavanaugh, K.C., 2020. Sea Surface Temperature Imagery Elucidates Spatiotemporal Nutrient Patterns for Offshore Kelp Aquaculture Siting in the Southern California Bight. *Front. Mar. Sci.* 7, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00022>
- Soletchnik, P., Ropert, M., Mazurié, J., Gildas Fleury, P., Le Coz, F., 2007. Relationships between oyster mortality patterns and environmental data from monitoring databases along the coasts of France. *Aquaculture* 271. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.049>
- Stelzenmüller, V., Gimpel, A., Gopnik, M., y Gee, K. (2017). *Aquaculture Site-Selection and Marine Spatial Planning: The Roles of GIS-Based Tools and Models*
- Stuut, J. B. , Kasten, S. , Lamy, F. and Hebbeln, D. (2007): Sources and modes of terrigenous sediment input to the Chilean continental slope , *Quaternary international*, 161 (1), pp. 67-76 . doi: 10.1016/j.quaint.2006.10.041
- Svendsen, M.B.S., Andersen, N.R., Hansen, P.J., Steffensen, J.F., 2018. Effects of harmful algal blooms on fish: Insights from *Prymnesium parvum*. *Fishes* 3. <https://doi.org/10.3390/fishes3010011>
- Teixeira, H., F. Salas, Á. Borja, J. Neto, J.C. Marques, 2008. A benthic perspective in assessing the ecological status of estuaries: the case of the Mondego estuary (Portugal). *Ecological Indicators*, 8(4): 404-416.
- The Maritime Executive, 2019. Norway targets offshore fish farm innovation. *Marit. Exec.*
- Thomas, Y., Mazurié, J., Alunno-Bruscia, M., Bacher, C., Bouget, J.-F., Gohin, F., et al. (2011). Modelling spatio-temporal variability of *Mytilus edulis* (L.) growth by forcing a dynamic energy budget model with satellite-derived environmental data. *J. Sea Res.* 66, 308–317. doi: 10.1016/j.seares.2011.04.015
- Thomson, D. J. (1982). Spectrum Estimation and Harmonic Analysis, *Proc. IEEE*, 70(9), pp. 1055–1096.

- Touzet, N., Davidson, K., Pete, R., Flanagan, K., McCoy, G.R., Amzil, Z., Maher, M., Chapelle, A., Raine, R., 2010. Co-occurrence of the West European (Gr.III) and North American (Gr.I) ribotypes of *Alexandrium tamarense* (Dinophyceae) in Shetland, Scotland. *Protist* 161, 370–384. <https://doi.org/10.1016/j.protis.2009.12.001>
- UNESCO, 1996. Design and implementation of Some Harmful Algal Monitoring Systems Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) 44:1-102.
- Universidad de Chile (U. de Chile), 2002. Informe Final Proyecto FIP 2002-23: Análisis de riesgos de la operación de viveros flotantes y barcos de transporte de peces vivos de salmónidos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias.
- Valenzuela-Quiñónez, W., Rodríguez-Quiroz, G., Ponce-Palafox, J.T., Esparza-Leal, H.M., 2011. Efecto de diferentes combinaciones de temperatura y salinidad sobre el consumo específico de oxígeno en el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 46. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572011000300002>
- Van Dolah, F. M. (2000). Marine algal toxins: Origins, health effect, and their increased occurrence. *Environmental Health Perspectives*, 108(Supp. 1), 133-141. <https://doi.org/10.1289/ehp.00108s1133>
- Van Haren, R. J. F., and Kooijman, S. A. L. M. (1993). Application of a dynamic energy budget model to *Mytilus edulis* (L.). *Netherlands J. Sea Res.* 31, 119–133. doi: 10.1016/0077-7579(93)90002-A
- Völker, D., Geersen, J., Contreras-Reyes E., Sellanes J., Pantoja S., Rabbel W., Thorwart M., Reichert C., Block M., Reimer Weinrebe W. 2012. Morphology and geology of the continental shelf and upper slope of southern Central Chile (33S–43S). *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*. DOI 10.1007/s00531-012-0795-y
- Walker, B., Salt, D., 2006. *Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World, Peace and Conflict*.
- Wassmann, P. 1984. Sedimentation and benthic mineralization of organic detritus in a Norwegian fjord. *Mar. Biol.*, 83: 83-94.
- Weiss, C., Ondiviela, B., Guanache, R., y Castellanos, O.F. (2018). A global integrated analysis of open sea fish farming opportunities. *Aquaculture*. Volume 497, 234-245 pp.

- Welch, A.W., Knapp, A.N., El Tourky, S., Daugherty, Z., Hitchcock, G., Benetti, D., 2019. The nutrient footprint of a submerged-cage offshore aquaculture facility located in the tropical Caribbean. *J. World Aquac. Soc.* 50, 299–316. <https://doi.org/10.1111/jwas.12593>
- Wells, M. L. and E. D. Goldberg. 1992. Marine submicron particles. *Mar. Chem.* 40: 5–18.
- White, C., Halpern, B.S., y Kappel, C.V. (2012). Ecosystem service tradeoff analysis reveals the value of marine spatial planning for multiple ocean uses. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 109, 4696–4701
- Yesson C, Clark MR, Taylor M, Rogers AD (2011). The global distribution of seamounts based on 30-second bathymetry data. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 58: 442-453.
- Yıldırım, Ö., y Korkut, A.Y. (2004). Effect of aquafeeds on the environment. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sci.*, 21 (1: 167-172artin, Emille Cole) 205 pp
- Zapata-Hernández, G., Sellanes J., Thurber A., Levin L. 2012. Trophic structure of the bathyal benthos at an area with evidence of methane seep activity off southern Chile (~45°S). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2014, 94(4), 659–669.

10 ANEXOS

10.1 OE2: COMPORTAMIENTO DEL VIENTO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES VIRTUALES

➤ Estación Virtual N°1

1979-1988		0-1				1-2,6				2,6-5,1				5,1-10,3				10,3-15,4				15,4-20,6				20,6-25,7				>=25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Total	%	
N	0,2	0,6	0,2	0,4	1,1	3,0	1,6	1,4	3,2	5,9	6,4	3,9	7,7	13,4	15,6	9,9	1,0	6,1	14,8	1,4	0,0	0,3	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2516	14,3
NE	0,8	2,7	0,6	0,6	2,3	5,6	6,5	4,2	3,2	8,1	10,3	3,7	1,8	14,2	18,9	4,4	0,0	1,0	10,5	0,2	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	620	3,5
E	0,2	2,9	0,9	2,2	2,7	5,1	7,3	2,4	1,6	13,1	20,7	2,2	1,6	13,3	13,1	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	450	2,6
SE	0,8	0,9	0,1	0,9	2,4	3,7	2,7	1,0	7,0	16,2	12,8	4,0	3,9	21,8	15,2	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1324	7,5
S	0,1	0,3	0,1	0,1	1,5	1,5	1,1	1,1	9,9	5,7	4,5	5,0	28,2	12,7	8,7	18,4	0,6	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4981	28,4
SW	0,4	0,5	0,3	0,1	1,7	1,9	0,9	2,6	7,6	5,5	5,4	10,6	22,1	5,5	11,4	20,9	0,5	1,0	0,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3265	18,6
W	0,4	0,7	0,1	0,7	2,4	2,2	1,9	4,2	7,0	5,7	2,7	11,6	4,9	15,5	3,1	16,0	2,7	2,3	2,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2021	11,5
NW	0,3	0,4	0,3	0,6	1,4	3,0	1,5	2,6	6,7	6,2	3,3	6,3	7,3	13,7	14,3	12,2	0,5	5,7	10,2	3,0	0,0	0,2	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2367	13,5
Total	280,0				1406,0				4622,0				9748,0				1409,0				79,0				0,0				0,0		17544				
%	1,6				8,0				26,3				55,6				8,0				0,5				0,0				0,0						

1989-1998		0-1				1-2,6				2,6-5,1				5,1-10,3				10,3-15,4				15,4-20,6				20,6-25,7				>=25,7		Total	%			
Direc/Vel (m/s)	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Total	%		
N	0,2	0,1	0,2	0,1	1,6	2,4	1,4	1,0	3,2	8,4	6,0	4,7	7,3	20,1	12,7	10,5	1,0	8,5	7,7	1,2	0,1	0,9	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3012	17,2	
NE	0,9	0,4	0,8	0,4	5,7	9,1	5,3	2,2	4,2	22,1	6,2	4,3	0,4	17,7	13,0	0,1	0,3	3,9	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	739	4,2	
E	0,5	2,1	0,5	0,9	3,6	10,5	3,9	1,3	6,3	27,0	6,3	1,4	7,7	5,9	20,0	0,9	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	560	3,2	
SE	0,6	1,0	0,9	0,2	3,1	6,5	3,7	0,6	8,8	24,5	8,8	1,7	10,0	11,2	12,9	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	957	5,5	
S	0,2	0,1	0,1	0,1	1,0	1,6	0,6	0,7	7,6	6,3	5,2	5,4	23,1	7,1	15,5	24,5	0,4	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4855	27,7	
SW	0,3	0,2	0,2	0,1	2,6	2,0	1,0	2,3	11,3	5,3	5,1	9,9	21,4	3,4	10,0	22,0	0,6	0,5	1,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3234	18,4
W	0,4	0,4	0,3	0,5	4,7	3,4	2,1	3,5	11,7	7,6	5,9	10,7	8,2	7,6	16,6	8,3	0,9	2,1	4,1	1,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1950	11,1	
NW	0,1	0,5	0,2	0,2	3,4	1,6	2,0	5,9	8,0	5,3	9,4	3,8	10,1	17,4	14,8	0,3	3,7	7,9	2,5	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2213	12,6	
Total	188,0				1514,0				5139,0				9378,0				1222,0				79,0				0,0				0,0		17520					
%	1,1				8,6				29,3				53,5				7,0				0,5				0,0				0,0							

1999-2008		0-1				1-2,6				2,6-5,1				5,1-10,3				10,3-15,4				15,4-20,6				20,6-25,7				>=25,7		Total	%			
Direc/Vel (m/s)	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Total	%		
N	0,0	0,1	0,2	0,2	1,7	2,2	1,6	1,6	4,9	5,9	5,8	3,3	9,1	14,0	18,3	7,6	1,1	6,4	13,4	1,5	0,0	0,6	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3164	18,0	
NE	0,7	0,6	0,4	0,8	5,3	7,8	2,6	1,7	5,7	23,8	6,3	0,6	2,8	11,4	16,3	0,8	0,0	2,2	9,7	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	719	4,1	
E	0,6	1,8	1,0	1,4	3,2	8,7	4,8	0,8	3,2	29,1	10,7	0,2	0,0	15,4	8,5	6,1	0,0	0,0	2,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	495	2,8	
SE	0,1	0,5	0,4	0,8	2,3	4,5	3,3	2,3	5,9	13,4	8,1	5,1	8,0	19,4	20,1	5,1	0,0	0,0	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1465	8,4	
S	0,2	0,2	0,1	0,2	0,7	0,9	0,9	1,4	6,3	5,1	3,9	6,9	28,8	13,4	5,1	21,5	0,5	0,1	0,1	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5020	28,6
SW	0,3	0,4	0,1	0,2	1,8	0,9	2,6	2,8	8,1	5,2	5,7	10,7	21,4	5,5	7,5	22,1	1,2	0,9	1,1	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3031	17,3
W	0,2	0,5	0,3	0,4	4,1	2,5	4,2	6,1	8,1	5,4	5,1	15,5	4,6	12,0	12,9	8,4	0,3	1,7	5,4	1,9	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1494	8,5	
NW	0,3	0,1	0,3	0,5	2,4	2,3	2,8	2,2	5,2	5,0	5,4	7,8	5,6	9,0	20,1	11,5	0,7	5,6	10,8	1,9	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2156	12,3	
Total	193,0				1520,0				4611,0				9570,0				1589,0				61,0				0,0				0,0		17544					
%	1,1				8,7				26,3				54,5				9,1				0,3				0,0				0,0							

2009-2019		0-1				1-2,6				2,6-5,1				5,1-10,3				10,3-15,4				15,4-20,6				20,6-25,7				>=25,7		Total	%			
Direc/Vel (m/s)	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Total	%		
N	0,5	0,3	0,1	0,3	1,5	1,4	0,8	1,1	4,3	6,7	2,4	3,2	5,2	13,8	17,2	14,3	0,6	9,6	10,7	3,8	0,0	0,9	1,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2645	15,1	
NE	0,5	1,1	0,7	1,1	4,2	6,9	3,1	2,5	1,8	10,9	13,0	2,9	1,3	11,1	26,6	2,0	0,0	6,0	2,9	0,0	0,0	0,4	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	552	3,1	
E	0,6	1,8	0,4	1,2	4,1	8,0	1,8	3,3	2,7	10,8	16,4	0,8	2,2	13,9	24,1	5,7	0,0	1,0	0,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	489	2,8	
SE	0,2	0,5	0,2	0,3	2,5	6,2	1,8	1,8	5,7	20,7	5,6	3,0	11,2	0,4	14,2	5,6	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1283	7,3
S	0,1	0,1	0,1	0,2	1,2	1,9	0,5	1,4	6,9	6,4	5,7	4,5	28,8	12,1	13,4	15,5	0,4	0,1																		

➤ Estación Virtual N°2

1979 - 1988		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				≥25,7		Total	%						
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Total	%
N		0,3	0,3	0,2	0,1	1,7	1,4	1,1	0,6	2,6	2,6	5,2	6,0	2,1	6,6	14,1	15,1	9,6	2,1	6,8	17,1	3,4	0,1	1,2	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2410	13,7
		0,9	4,7				15,9				45,5				29,5				3,6				0,0				0,0												
NE		0,7	1,2	1,7	0,7	5,2	5,7	8,7	1,0	3,5	6,7	17,7	4,7	0,5	9,5	20,0	3,7	0,0	0,5	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	401	2,3
		4,5	20,7				32,7				33,7				8,2				0,2				0,0				0,0												
E		0,8	2,6	1,3	0,0	6,6	10,8	3,2	3,2	1,3	11,9	17,9	3,7	1,8	17,4	10,8	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	379	2,2
		4,7	23,7				34,8				36,7				0,0				0,0				0,0				0,0												
SE		1,0	0,8	0,5	0,2	2,4	3,9	3,2	1,0	3,7	18,9	15,7	2,8	4,5	18,1	16,5	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1233	7,0
		2,5	10,4				41,1				46,0				0,0				0,0				0,0				0,0												
S		0,1	0,1	0,1	0,0	1,2	1,4	0,8	0,6	7,7	5,2	5,2	4,6	28,5	14,2	8,9	17,7	2,1	0,5	0,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4260	24,3
		0,7	6,9				27,3				59,5				5,5				0,0				0,0				0,0												
SW		0,2	0,3	0,1	0,1	2,6	1,4	0,9	2,0	8,9	3,6	4,8	10,0	22,0	7,2	11,4	18,8	1,1	1,4	1,8	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3147	17,9
		1,0	8,5				23,8				54,9				11,8				0,0				0,0				0,0												
W		0,2	0,3	0,0	0,4	2,1	2,4	1,0	3,0	6,5	4,4	2,1	10,9	8,5	14,3	14,2	17,9	0,4	3,7	3,7	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2428	13,8
		0,6	6,3				17,5				53,1				20,6				1,9				0,0				0,0												
NW		0,2	0,2	0,1	0,2	1,5	1,5	1,3	2,0	4,9	4,6	2,2	5,8	10,2	15,2	12,8	15,0	1,0	6,5	8,8	4,3	0,0	0,5	1,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3286	18,7
		0,6	6,3				17,5				53,1				20,6				1,9				0,0				0,0												
Total		172,0				1221,0				4130,0				9837,0				2032,0				152,0				0,0				0,0		17544							
%		1,0				7,0				23,5				56,1				11,6				0,9				0,0				0,0									

1989 - 1998		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				≥25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Total	%
N		0,3	0,1	0,2	0,0	0,9	1,4	0,9	0,6	2,0	6,9	2,9	2,2	7,4	19,6	12,9	8,8	2,9	14,4	8,7	4,0	0,1	0,7	1,7	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2994	17,1
		0,6	3,8				14,0				48,7				30,1				2,8				0,1				0,0								
NE		0,2	0,6	0,6	0,2	3,4	8,4	4,7	3,4	2,4	29,2	6,9	4,3	0,0	15,0	14,8	0,0	0,2	3,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	466	2,7
		1,7	20,0				42,7				29,8				5,6				0,2				0,0				0,0								
E		0,4	1,2	0,8	1,2	3,5	8,4	4,1	1,4	7,4	25,2	18,0	1,4	4,5	6,4	15,4	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	512	2,9
		3,5	17,4				52,0				27,1				0,0				0,0				0,0				0,0								
SE		1,0	0,9	0,5	0,9	4,0	6,5	2,0	1,7	12,0	23,0	4,5	3,7	9,5	12,2	13,6	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	883	5,0
		3,3	14,2				43,3				39,3				0,0				0,0				0,0				0,0								
S		0,1	0,2	0,1	0,2	1,2	1,9	0,6	0,9	6,4	6,2	5,6	4,2	24,5	6,9	16,6	21,4	1,2	0,4	0,4	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3968	22,6
		0,6	4,6				22,4				69,3				3,2				0,0				0,0				0,0								
SW		0,3	0,2	0,2	0,1	3,3	1,6	0,8	1,8	9,7	2,7	4,7	10,5	21,1	4,4	11,4	21,5	1,0	8,8	1,9	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3125	17,8
		0,8	7,5				27,5				58,4				5,7				0,0				0,0				0,0								
W		0,3	0,3	0,3	0,2	2,8	1,9	1,6	1,7	9,5	6,0	4,7	11,3	12,9	9,9	16,4	10,2	0,9	2,4	5,4	1,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2385	13,6
		0,5	5,1				19,6				54,7				18,8				1,2				0,0				0,0								
NW		0,2	0,1	0,1	0,1	1,6	1,7	0,8	1,0	5,0	5,5	3,1	6,1	8,1	13,5	14,5	18,6	0,8	4,5	8,6	5,0	0,0	0,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3187	18,2
		0,5	5,1				19,6				54,7				18,8				1,2				0,0				0,0								
Total		164,0				1192,0				4391,0				9580,0				2063,0				128,0				2,0				0,0		17520			
%		0,9				6,8				25,0				54,6				11,8				0,7				0,0				0,0					

1999-2008		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				≥25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Total	%
N		0,1	0,1	0,3	0,0	0,6	0,8	1,2	0,6	3,2	4,1	3,4	2,5	10,0	15,9	16,7	5,9	3,5	8,0	17,0	3,0	0,1	1,4	1,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2932	16,7
		0,4	3,2				13,2				48,5				31,6				3,1				0,0				0,0								
NE		0,4	0,2	1,8	0,9	1,3	7,9	5,3	2,0	0,9	26,3	10,3	0,7	0,0	5,5	27,9	0,2	0,0	1,8	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	456	2,6
		3,3	16,4				38,2				33,6				8,6				0,0				0,0				0,0								
E		0,5	0,5	1,1	0,2	1,4	5,0	7,1	2,3	0,7	34,6	11,0	2,5	0,0	8,3	13,8	8,3	0,0	0,9	1,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	436	2,5
		1,5	7,7				39,8				49,8				1,2				0,0				0,0				0,0								
SE		0,3	0,2	0,8	0,2	0,7	1,7	2,8	2,4	7,7	17,4	8,7	6,0	2,6	21,8	20,7	4,7	0,0	0,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1274	7,3
		0,4	2,8				19,7				73,9				3,1				0,0				0,0				0,0								
S		0,1	0,1	0,1	0,1	0,8	0,8	0,6	0,7	6,4	4,5	2,8	6,0	30,6	17,0	6,2	20,1	1,5	0,5	0,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4672	26,6
		0,9	6,4				26,1				57,0				9,5				0,1				0,0				0,0								
SW		0,1	0,2	0,3	0,2	1,7	1,0	1,4	2,4	8,2	3,4	3,5	11,0	22,5	6,3	9,0	19,2	2,4	2,1	2,1	2,9	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3002	17,1
		1,2	10,5				32,2				45,1				10,9				0,2				0,0				0,0								
W		0,3	0,4	0,3	0,1	2,6	2,3	2,3	3,3	6,4	4,0	6,8	15,0	5,3	14,0	10,9	14,9	0,9	2,3	5,2	2,4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1803	10,3
		0,4	5,2				19,8				51,7				21,7				1,2				0,0				0,0								
NW		0,1	0,1	0,1	0,1	1,0	1,5	1,2	1,4	5,0	4,1	4,3	6,4	9,2	11,2	16,6	14,6	1,5	5,4	11,5	3,4	0,0	0,1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2969	16,9
	</																																		

➤ Estación Virtual N°3

1979 - 1988											Total	%														
Direc/Vel (m/s)	0 - 1			1 - 2,6			2,6 - 5,1			5,1 - 10,3			10,3 - 15,4			15,4 - 20,6			20,6 - 25,7			>=25,7				
	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver			Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv
N	0,8			5,4			17,8			44,5			28,6			3,1			0,0			0,0			2484	14,2
NE	3,3			15,9			25,5			37,0			16,7			1,6			0,0			0,0			611	3,5
E	8,5			27,7			37,2			26,7			0,0			0,0			0,0			0,0			401	2,3
SE	3,3			17,5			38,8			40,0			0,4			0,0			0,0			0,0			675	3,8
S	0,7			5,5			20,5			70,5			2,8			0,0			0,0			0,0			4020	22,9
SW	0,8			6,4			30,7			54,9			7,2			0,0			0,0			0,0			3103	17,7
W	1,1			6,8			24,1			52,0			15,8			0,3			0,0			0,0			2799	16,0
NW	0,8			4,6			21,4			51,1			20,8			1,4			0,0			0,0			3451	19,7
Total	205,0			1227,0			4199,0			9462,0			2309,0			142,0			0,0			0,0			17544	
%	1,2			7,0			23,9			53,9			13,2			0,8			0,0			0,0				

1989 - 1998											Total	%														
Direc/Vel (m/s)	0 - 1			1 - 2,6			2,6 - 5,1			5,1 - 10,3			10,3 - 15,4			15,4 - 20,6			20,6 - 25,7			>=25,7				
	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver			Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv
N	0,3			4,2			14,0			50,3			27,5			3,6			0,0			0,0			2913	16,6
NE	2,6			12,3			35,5			34,4			12,8			1,4			0,0			0,0			803	4,6
E	2,5			18,2			60,9			18,4			0,0			0,0			0,0			0,0			522	3,0
SE	2,7			19,9			47,1			30,4			0,0			0,0			0,0			0,0			639	3,6
S	0,5			5,7			33,9			54,0			5,8			0,0			0,0			0,0			3288	18,7
SW	0,5			6,9			28,8			51,0			12,5			0,3			0,0			0,0			2919	16,6
W	0,5			5,4			20,8			50,7			20,9			1,6			0,0			0,0			2827	16,1
NW	0,1			1,4			6,2			3,3			4,0			8,6			6,6			0,0			3609	20,6
Total	126,0			1122,0			4681,0			9077,0			2326,0			186,0			2,0			0,0			17520	
%	0,7			6,4			26,7			51,7			13,3			1,1			0,0			0,0				

1999-2008											Total	%														
Direc/Vel (m/s)	0 - 1			1 - 2,6			2,6 - 5,1			5,1 - 10,3			10,3 - 15,4			15,4 - 20,6			20,6 - 25,7			>=25,7				
	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver			Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv
N	0,5			3,9			16,6			49,7			26,5			2,7			0,0			0,0			2897	16,5
NE	1,7			10,1			28,3			45,5			14,1			0,3			0,0			0,0			651	3,7
E	2,3			15,4			39,4			42,4			0,5			0,0			0,0			0,0			434	2,5
SE	0,9			5,3			28,8			16,0			12,4			7,8			0,0			0,0			813	4,6
S	0,6			3,2			22,4			71,2			2,6			0,0			0,0			0,0			4661	26,6
SW	0,9			7,1			31,0			51,6			9,3			0,0			0,1			0,0			2903	16,5
W	1,3			9,0			32,2			43,7			13,1			0,6			0,1			0,0			2092	11,9
NW	0,9			5,3			20,7			48,4			22,1			2,6			0,0			0,0			3093	17,6
Total	162,0			1064,0			4411,0			9520,0			2209,0			175,0			3,0			0,0			17544	
%	0,9			6,1			25,1			54,3			12,6			1,0			0,0			0,0				

2009 - 2019											Total	%														
Direc/Vel (m/s)	0 - 1			1 - 2,6			2,6 - 5,1			5,1 - 10,3			10,3 - 15,4			15,4 - 20,6			20,6 - 25,7			>=25,7				
	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver			Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv	Ver	Out	Inv
N	0,6			3,7			13,9			43,1			34,5			4,1			0,1			0,0			2701	15,4
NE	2,9			19,2			32,0			34,3			10,2			1,5			0,0			0,0			522	3,0
E	4,8			22,5			44,2			26,9			1,5			0,0			0,0			0,0			457	2,6
SE	3,9			17,1			41,5			37,5			0,0			0,0			0,0			0,0			621	3,5
S	0,9			5,3			24,3			65,5			4,0			0,0			0,0			0,0			3671	20,9
SW	1,1			7,7			29,8			54,2			7,0			0,1			0,0			0,0			3221	18,4
W	0,8			6,3			27,4			46,8			18,1			0,6			0,0			0,0			3018	17,2
NW	0,7			4,2			19,1			49,8			24,0			2,2			0,0			0,0			3309	18,9
Total	195,0			1182,0			4313,0			8909,0			2704,0			214,0			3,0			0,0			17520	
%	1,1			6,7			24,6			50,8			15,4			1,2			0,0			0,0				
Total Final	688,0			4595,0			17604,0			36968,0			9548,0			717,0			8,0			0,0			70128	
%	1,0			6,6			25,1			52,7			13,6			1,0			0,0			0,0				

➤ Estación Virtual N°4

1979 - 1988		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				≥ 25,7		Total	%				
Direc/Vel (m/s)		Ver		Out		Inv		Pri		Ver		Out		Inv		Pri		Ver		Out		Inv		Pri		Ver		Out		Inv				Pri			
		N	1,0	0,4	0,2	0,3	0,1	1,3	1,2	1,4	0,2	4,7	3,9	5,0	1,5	10,5	13,0	14,9	7,6	3,0	7,9	14,1	5,2	0,2	0,6	2,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0	0,0
NE	2,7	0,9	1,1	0,7	0,0	2,0	5,2	3,8	1,3	1,4	6,1	10,7	3,0	2,7	13,8	19,7	4,1	0,0	3,6	14,7	0,5	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	559	3,2
E	2,7	0,0	1,5	0,7	0,5	1,0	11,5	5,6	1,2	3,9	10,8	6,9	5,4	4,7	15,4	21,3	7,4	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	408	2,3				
SE	3,2	1,7	0,6	0,4	0,4	0,9	7,1	3,7	2,2	3,2	7,8	8,8	6,9	1,5	21,3	23,5	9,3	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	464	2,6				
S	0,3	0,1	0,1	0,0	0,3	1,3	0,6	0,5	3,7	3,8	4,1	3,2	25,5	15,0	14,0	17,9	5,3	3,0	0,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3482	19,8				
SW	0,9	0,3	0,3	0,2	0,1	1,3	1,3	0,8	0,6	8,1	4,5	3,5	4,0	18,2	13,2	12,1	18,1	1,0	2,1	6,2	3,8	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3507	20,0				
W	0,7	0,3	0,1	0,2	0,1	1,9	1,1	0,4	0,5	5,5	3,3	2,7	7,1	13,6	14,5	7,8	18,4	1,9	6,0	6,1	8,1	0,0	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3591	20,5				
NW	0,9	0,3	0,3	0,2	0,1	1,2	1,2	0,9	0,6	3,8	2,4	3,4	3,5	13,0	11,8	12,1	18,0	3,3	8,1	8,5	5,8	0,0	0,5	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3463	19,7				
Total	158,0					809,0				3006,0				10162,0				3225,0				184,0				0,0				0,0		17544					
%	0,9					4,6				17,1				57,9				18,4				1,0				0,0				0,0							

1989 - 1998		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				≥ 25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver		Out		Inv		Pri		Ver		Out		Inv		Pri		Ver		Out		Inv		Pri		Ver		Out		Inv				Pri	
		N	0,6	0,2	0,2	0,1	0,0	1,3	0,7	0,5	0,4	4,3	2,8	2,4	2,8	10,0	22,2	8,2	8,3	2,4	13,5	11,3	4,3	0,0	1,6	2,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	2423	13,8
NE	1,3	0,5	0,7	0,1	0,0	3,2	4,8	2,3	2,0	3,1	9,7	8,4	3,2	1,6	28,7	12,6	1,5	0,3	12,5	2,7	0,3	0,0	0,8	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	746	4,3		
E	1,3	0,7	0,5	0,0	0,0	3,3	5,1	2,5	0,7	2,0	20,0	8,5	0,7	4,9	25,4	21,6	1,1	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	551	3,1		
SE	0,8	0,0	0,4	0,2	0,2	2,6	5,4	1,6	2,2	7,8	16,2	7,0	0,0	11,6	26,9	14,4	0,0	0,0	0,6	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	501	2,9		
S	0,3	0,1	0,2	0,0	0,1	1,2	1,1	0,9	1,0	5,8	3,3	4,0	3,1	28,0	10,4	12,2	13,7	4,5	1,5	3,6	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2574	14,7		
SW	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,9	0,9	0,7	0,6	8,3	3,8	5,2	7,8	21,8	6,5	12,7	20,7	1,3	2,0	4,2	2,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3287	18,7		
W	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,3	0,8	0,7	0,7	4,9	3,1	4,5	7,3	14,6	11,0	13,9	17,5	3,3	5,2	8,4	2,5	0,0	0,8	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3656	20,8		
NW	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,9	1,0	0,5	0,3	3,9	3,5	3,0	4,9	11,4	9,8	11,8	19,4	2,2	5,9	9,9	9,0	0,1	0,2	1,5	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3782	21,6		
Total	78,0					687,0				3345,0				9823,0				3347,0				237,0				3,0				0,0		17520			
%	0,4					3,9				19,1				56,0				19,1				1,4				0,0				0,0					

1999-2008		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				≥ 25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver		Out		Inv		Pri		Ver		Out		Inv		Pri		Ver		Out		Inv		Pri		Ver		Out		Inv				Pri	
		N	0,8	0,2	0,1	0,4	0,1	1,2	0,6	0,8	1,1	2,3	2,2	3,2	2,2	7,3	14,0	18,1	8,7	5,7	8,7	16,4	2,7	0,3	1,1	2,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	2369	13,5
NE	2,6	0,9	0,7	0,4	0,7	1,4	1,8	2,5	0,9	2,6	9,5	8,1	1,4	1,6	22,0	26,5	1,2	0,7	4,2	11,6	0,2	0,0	0,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	569	3,2		
E	2,8	1,0	0,3	1,3	0,3	2,8	4,8	3,8	3,3	3,3	15,3	3,8	2,5	1,5	16,5	25,4	10,7	0,0	2,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	393	2,2		
SE	3,9	0,5	0,8	2,2	0,5	2,9	4,8	5,9	2,5	4,5	10,7	10,2	4,5	2,3	24,1	17,8	4,8	0,3	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	647	3,7		
S	0,6	0,2	0,1	0,3	0,0	0,6	0,6	0,9	0,2	5,1	2,8	3,4	3,3	25,9	18,6	8,6	14,5	5,9	3,2	1,3	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4027	23,0		
SW	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	1,5	0,9	1,3	1,3	10,5	4,1	2,8	8,5	18,1	12,8	7,0	16,4	3,3	4,2	4,2	2,5	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3323	18,9		
W	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	2,4	0,8	1,0	1,2	6,4	3,0	3,0	10,8	9,3	12,2	10,5	19,6	1,9	5,0	6,4	4,8	0,0	0,1	1,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2832	16,1		
NW	0,4	0,1	0,1	0,2	0,0	0,8	0,7	0,8	1,0	4,3	3,2	3,3	6,1	10,0	11,5	16,5	15,8	2,4	5,6	9,5	5,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3384	19,3		
Total	127,0					815,0				3320,0				9764,0				3275,0				241,0				1,0				1,0		17544			
%	0,7					4,6				18,9				55,7				18,7				1,4				0,0				0,0					

2009 - 2019		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				≥ 25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver		Out		Inv		Pri		Ver		Out		Inv		Pri		Ver		Out		Inv		Pri		Ver		Out		Inv				Pri	
		N	0,6	0,3	0,3	0,1	0,0	0,6	1,4	1,2	0,4	2,7	4,5	1,5	1,0	8,9	13,9	10,5	9,2	2,5	10,2	16,5	8,7	0,2	2,1	2,3	0,9	0,0	0,0	0,1	0,0			0,0	0,0	2208	12,6
NE	0,8	0,0	0,4	0,0	0,4	1,7	7,8	1,7	2,1	1,9	13,3	6,1	5,3	2,8	10,8	23,7	3,8	0,0	10,8	5,7	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	472	2,7		
E	2,4	0,6	1,5	0,0	0,2	2,1	7,9	3,0	0,6	1,7	16,1	11,1	4,1	0,9	15,2	25,9	3,2	0,0	3,6	1,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	467	2,7		
SE	2,2	0,9	0,4	0,7	0,2	1,7	7,8	3,3	1,7	3,9	16,5	11,3	5,6	1,3	4,8	25,4	10,0	0,0	0,0	3,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	461	2,6		
S	0,4	0,1	0,2	0,1	0,0	1,8	1,1	0,2	0,9	5,1	7,0	1,4	3,4	24,6	16,4	14,5	9,7	5,7	0,5	4,2	2,9	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3107	17,7		
SW	0,5	0,1	0,1	0,1	0,2	1,6	0,8	0,6	1,7	10,4	4,4	2,8	5,6	18,2	8,8	12,3	16,9	1,7	2,2	5,1	5,9	0,0	0,1	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3379	19,3		
W	0,5	0,1	0,1	0,1	0,2	1,7	0,7	0,8	1,0	5,0	4,2	3,2	5,3	13,8	10,6	11,1	17,0	2,5	8,2	6,2	6,7	0,2	0,2	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3921	22,3		
NW	0,4	0,2	0,0	0,1	0,1	1,0	0,9	0,6	0,3	5,9	4,1	2,3	3,5	10,1	10,9	13,8	17,1	3,4	6,4	7,7	8,5	0,4	1,1	1,1	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	3505	20,0		
Total	102,0																																		

➤ Estación Virtual N°5

1979 - 1988		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				≥ 25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out			Inv	Pri
N		1,4				6,5				15,0				50,0				26,2				0,9				0,0				0,0				2103	12,0
NE		0,7	0,2	0,5	0,0	0,8	2,0	2,9	0,8	5,5	3,6	4,0	1,9	11,7	13,6	15,1	9,6	3,1	6,1	12,3	4,6	0,0	0,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	836	4,8
E		2,3				12,9				16,5				45,7				19,5				3,1				0,0				0,0				342	1,9
SE		0,4	1,1	0,8	0,0	1,2	5,1	5,1	1,4	2,0	5,4	7,2	1,9	6,3	17,1	19,7	2,5	0,0	5,0	13,8	0,7	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	369	2,1
S		0,6	2,6	0,9	0,0	0,3	7,3	5,3	1,2	4,4	9,4	17,8	3,2	5,3	13,2	14,9	6,7	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3288	18,7
SW		3,8				18,2				42,0				36,0				0,0				0,0				0,0				0,0				3691	21,0
W		1,4	2,2	0,0	0,3	2,7	9,5	3,8	2,2	3,0	14,4	18,7	6,0	0,3	9,5	17,9	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3534	20,1
NW		0,4				2,5				16,9				70,1				10,2				0,0				0,0				0,0				3381	19,3
Total		149,0				890,0				3090,0				10302,0				3034,0				79,0				0,0				0,0				17544	
%		0,8				5,1				17,6				58,7				17,3				0,5				0,0				0,0					

1989 - 1998		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				≥ 25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out			Inv	Pri
N		0,8				4,0				14,1				51,7				28,1				1,4				0,0				0,0				2516	14,3
NE		0,3	0,2	0,1	0,2	1,1	1,3	0,8	0,8	4,6	4,1	2,5	3,1	12,3	20,7	8,9	9,7	2,4	10,6	11,0	4,0	0,0	0,8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	912	5,2
E		1,8				7,0				15,6				61,2				12,4				2,0				0,1				0,0				575	3,3
SE		0,3	0,4	0,4	0,5	1,9	2,4	2,0	0,8	2,7	5,9	5,2	1,8	3,6	36,3	17,4	3,8	0,0	8,1	3,7	0,5	0,0	1,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	414	2,4
S		0,5	0,7	0,0	0,2	3,8	4,3	2,3	0,0	1,4	19,1	8,0	0,5	2,4	35,0	18,3	0,2	0,0	3,3	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2319	13,2
SW		2,4				15,2				42,0				38,9				1,4				0,0				0,0				0,0				3328	19,0
W		1,2	0,7	0,5	0,0	5,3	4,3	4,8	0,7	5,3	18,8	17,9	0,0	9,9	20,3	8,7	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3719	21,2
NW		0,6				3,7				14,6				63,1				17,9				0,3				0,0				0,0				3737	21,3
Total		102,0				737,0				3115,0				10315,0				3095,0				154,0				2,0				0,0				17520	
%		0,6				4,2				17,8				58,8				17,6				0,9				0,0				0,0					

1999-2008		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				≥ 25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out			Inv	Pri
N		0,2				3,7				9,9				48,3				33,7				4,2				0,0				0,0				2356	13,4
NE		0,2	0,1	0,4	0,1	1,2	0,6	0,8	1,1	2,3	2,2	3,2	2,2	7,3	14,0	18,2	8,7	5,8	8,7	16,5	2,8	0,3	1,1	2,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	569	3,2
E		2,6				6,5				21,6				51,3				16,7				1,2				0,0				0,0				393	2,2
SE		0,9	0,7	0,4	0,7	1,4	1,8	2,5	0,9	2,6	9,5	8,1	1,4	1,6	22,0	26,5	1,2	0,7	4,2	11,6	0,2	0,0	0,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	647	3,7
S		1,0	0,3	1,3	0,3	2,8	4,8	3,8	3,3	3,3	15,3	3,8	2,5	1,5	16,5	25,4	10,7	0,0	2,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4027	23,0
SW		3,9				16,1				29,8				49,0				14,2				0,0				0,0				0,0				3323	18,9
W		0,5	0,8	2,2	0,5	2,9	4,8	5,9	2,5	4,5	10,7	10,2	4,5	2,3	24,1	17,8	4,8	0,3	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2832	16,1
NW		0,6				2,4				14,6				67,5				14,9				0,0				0,0				0,0				3384	19,3
Total		114,0				815,0				3320,0				9764,0				3275,0				241,0				1,0				1,0				17531	
%		0,6				4,6				18,9				55,7				18,7				1,4				0,0				0,0					

2009 - 2019		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				≥ 25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out			Inv	Pri
N		0,9				4,1				12,8				48,9				30,7				2,6				0,0				0,0				2320	13,2
NE		0,3	0,4	0,1	0,0	1,6	1,2	0,9	0,4	4,2	4,1	2,0	2,5	10,6	16,1	11,9	10,3	2,3	8,7	12,7	7,0	0,0	1,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	631	3,6
E		1,9				9,7				20,4				44,7				21,4				1,7				0,2				0,0				400	2,3
SE		0,5	0,8	0,5	0,2	1,1	6,2	1,9	0,5	3,2	12,4	3,3	1,6	5,1	9,8	22,2	7,6	0,6	11,9	8,4	0,5	0,0	0,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	359	2,0
S		2,3				14,5				31,0				45,5				6,8				0,0				0,0				0,0				2923	16,7
SW		1,1	0,6	0,3	0,8	0,8	15,3	4,2	1,7	3,1	14,8	18,9	7,5	0,0	2,8	20,1	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3594	20,5
W		0,7				4,5				14,4				65,3				14,8				0,3				0,0				0,0				3895	22,2
NW		0,2	0,1	0,1	0,1	1,1	1,7	0,4	1,2	3,5	5,2	2,4	3,3	23,9	16,9	15,1	9,5	5,4	0,9	5,0	3,6	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3398	19,4
Total		138,0				859,0				2984,0				9854,0				3510,0				173,0				2,0				0,0				17520	
%		0,8				4,9				17,0				56,2				20,0				1,0				0,0				0,0					
Total Final		503,0				3301,0				12509,0				40235,0				12914,0				647,0				5,0				1,0				70115	
%		0,7				4,7				17,8				57,4				18,4				0,9				0,0				0,0					

➤ Estación Virtual N°6

1979 - 1988		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				≥25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out			Inv	Pri
N		0,6				3,4				13,2				47,3				33,5				2,1				0,0				0,0				2280	13,0
NE		0,6				9,4				18,6				45,2				25,1				1,2				0,0				0,0				908	5,2
E		3,5				11,1				38,8				41,4				5,2				0,0				0,0				0,0				459	2,6
SE		2,4				14,9				42,6				39,0				1,1				0,0				0,0				0,0				462	2,6
S		0,7				2,9				14,9				66,2				15,2				0,1				0,0				0,0				2401	13,7
SW		0,5				3,8				15,6				63,1				16,6				0,3				0,0				0,0				4058	23,1
W		0,4				3,7				13,7				55,8				25,5				0,9				0,0				0,0				3589	20,5
NW		0,5				3,9				14,1				53,1				27,4				1,1				0,0				0,0				3387	19,3
Total		116,0				774,0				2800,0				9810,0				3901,0				143,0				0,0				0,0				17544	
%		0,7				4,4				16,0				55,9				22,2				0,8				0,0				0,0					

1989 - 1998		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				≥25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out			Inv	Pri
N		0,4				1,9				9,7				50,8				33,4				3,8				0,0				0,0				2632	15,0
NE		1,5				4,4				16,2				53,9				20,7				3,2				0,1				0,0				976	5,6
E		1,4				5,5				20,6				68,8				3,7				0,0				0,0				0,0				708	4,0
SE		2,3				7,6				45,6				44,0				0,5				0,0				0,0				0,0				384	2,2
S		0,5				3,1				13,5				58,7				24,1				0,1				0,0				0,0				1656	9,4
SW		0,3				2,5				17,4				64,5				14,6				0,7				0,0				0,0				3221	18,4
W		0,4				2,4				15,2				58,7				21,9				1,4				0,0				0,0				3928	22,4
NW		0,2				2,2				10,8				54,4				30,1				2,3				0,0				0,0				4015	22,9
Total		85,0				477,0				2546,0				10058,0				4051,0				302,0				1,0				0,0				17520	
%		0,5				2,7				14,5				57,3				23,1				1,7				0,0				0,0					

1999-2008		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				≥25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out			Inv	Pri
N		0,8				3,3				11,6				47,6				32,7				4,0				0,0				0,0				2689	15,3
NE		2,2				9,8				15,1				48,0				22,6				2,2				0,0				0,0				846	4,8
E		2,6				11,1				24,2				52,7				9,4				0,0				0,0				0,0				533	3,0
SE		0,4				3,1				11,8				63,6				21,0				0,0				0,0				0,0				470	2,7
S		0,3				2,5				17,4				64,5				14,6				0,7				0,0				0,0				2740	15,6
SW		0,5				3,7				16,7				61,3				16,7				1,0				0,0				0,0				3654	20,8
W		0,9				4,8				21,1				50,5				21,2				1,4				0,0				0,0				3093	17,6
NW		0,7				3,9				15,8				55,0				22,9				2,0				0,0				0,0				3519	20,1
Total		153,0				782,0				2895,0				9655,0				3782,0				277,0				0,0				0,0				17544	
%		0,9				4,5				16,5				55,0				21,6				1,6				0,0				0,0					

2009 - 2019		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				≥25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out			Inv	Pri
N		0,2				2,0				10,8				47,1				35,0				4,9				0,0				0,0				2385	13,6
NE		1,6				3,2				19,5				43,8				28,6				3,3				0,0				0,0				632	3,6
E		2,4				7,9				28,5				46,2				15,0				0,0				0,0				0,0				533	3,0
SE		0,7				3,8				13,0				62,4				19,7				0,5				0,0				0,0				321	1,8
S		0,2				2,6				17,2				58,9				20,4				0,7				0,0				0,0				2247	12,8
SW		0,1				0,9				6,3				57,9				25,9				1,6				0,0				0,0				3751	21,4
W		0,4				2,4				11,8				57,9				27,8				2,9				0,0				0,0				4041	23,0
NW		0,2				2,2				12,9				54,0				27,8				2,9				0,0				0,0				3610	20,6
Total		87,0				533,0				2553,0				9646,0				4355,0				346,0				0,0				0,0				17520	
%		0,5				3,0				14,6				55,0				24,8				2,0				0,0				0,0					
Total Final		441,0				2566,0				10794,0				39169,0				16089,0				1068,0				1,0				0,0				70128	
%		0,6				3,7				15,4				55,9				22,9				1,5				0,0				0,0					

➤ Estación Virtual N°7

1979 - 1988		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				>=25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out			Inv	Pri
N		0,9				3,5				13,0				44,5				34,3				3,9				0,0				0,0				2696	15,4
NE		0,4	0,2	0,3	0,0	0,7	1,2	0,9	0,7	3,8	4,2	2,8	2,2	11,5	11,6	11,9	9,4	7,3	6,9	11,8	8,3	0,1	1,3	1,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1095	6,2
E		1,8				8,2				13,6				41,2				32,3				2,8				0,0				0,0				265	1,5
SE		0,5	0,5	0,6	0,2	0,8	3,1	2,8	1,5	1,3	5,3	6,3	0,7	3,5	17,2	18,8	1,7	0,3	11,7	19,3	1,1	0,1	0,9	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	417	2,4
S		6,8				25,3				32,1				29,1				6,8				0,0				0,0				0,0				2573	14,7
SW		0,4	1,9	3,8	0,8	1,5	8,7	11,7	3,4	7,9	9,4	12,1	2,6	0,8	5,3	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3653	20,8
W		2,9				20,4				42,0				34,5				0,2				0,0				0,0				0,0				3486	19,9
NW		0,7	0,2	1,7	0,2	1,0	4,3	10,6	4,6	3,1	9,4	21,1	8,4	1,7	11,0	16,5	5,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3359	19,1
Total		135,0				842,0				2964,0				9427,0				3937,0				239,0				0,0				0,0				17544	
%		0,8				4,8				16,9				53,7				22,4				1,4				0,0				0,0					

1989 - 1998		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				>=25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out			Inv	Pri
N		0,2				2,4				7,5				46,2				38,0				5,8				0,0				0,0				2949	16,8
NE		0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	0,7	0,6	0,4	1,4	1,7	1,9	2,4	11,1	13,0	11,2	11,0	7,2	13,6	8,2	9,0	0,4	1,9	3,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1289	7,3
E		0,5				3,6				14,0				47,1				29,5				5,4				0,0				0,0				364	2,1
SE		0,2	0,2	0,1	0,0	1,1	1,7	0,6	0,2	2,4	7,5	3,9	0,2	2,7	30,3	11,6	2,5	2,9	12,8	11,8	2,0	0,0	2,9	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	390	2,2
S		1,4				11,5				48,6				37,4				0,8				0,3				0,0				0,0				1852	10,6
SW		0,3	1,1	0,0	0,0	3,0	4,1	3,6	0,8	1,6	30,8	16,2	0,0	1,1	27,2	9,1	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2812	16,0
W		1,8				20,0				54,4				23,8				0,0				0,0				0,0				0,0				3730	21,3
NW		0,5	0,8	0,0	0,5	3,8	7,2	9,0	0,0	10,5	24,9	18,5	0,5	5,4	14,1	3,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4134	23,6
Total		58,0				596,0				2551,0				9501,0				4385,0				429,0				0,0				0,0				17520	
%		0,3				3,4				14,5				54,2				25,0				2,4				0,0				0,0					

1999-2008		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				>=25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out			Inv	Pri
N		0,4				2,9				11,3				46,5				33,0				5,8				0,0				0,0				3075	17,5
NE		0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,7	0,8	0,9	3,4	2,7	3,1	2,0	7,1	10,3	16,9	12,2	6,1	7,4	13,6	5,9	1,4	2,0	1,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	977	5,6
E		1,1				5,6				8,3				44,0				34,6				6,2				0,1				0,0				312	1,8
SE		0,3	0,4	0,2	0,2	1,4	1,1	1,8	1,2	1,1	2,5	4,1	0,6	1,6	18,1	22,1	2,1	0,5	12,1	21,2	0,8	0,0	3,3	3,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	454	2,6
S		4,5				19,2				35,6				36,5				4,2				0,0				0,0				0,0				2901	16,5
SW		1,0	1,3	1,0	1,3	4,5	9,3	2,9	2,6	3,2	10,6	13,5	8,3	6,7	8,3	18,3	3,2	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3212	18,3
W		1,8				12,1				39,2				46,9				0,0				0,0				0,0				0,0				2898	16,5
NW		0,2	0,9	0,4	0,2	1,3	5,3	5,3	0,2	6,8	17,4	11,5	3,5	7,5	22,0	13,7	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3715	21,2
Total		93,0				748,0				2875,0				9659,0				3759,0				408,0				2,0				0,0				17544	
%		0,5				4,3				16,4				55,1				21,4				2,3				0,0				0,0					

2009 - 2019		0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				>=25,7		Total	%		
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out			Inv	Pri
N		0,5				2,5				7,1				43,7				39,3				6,9				0,0				0,0				2650	15,1
NE		0,0	0,3	0,2	0,0	0,5	1,2	0,3	0,4	2,1	1,9	1,1	2,0	13,5	12,4	7,2	10,6	6,8	10,8	13,0	8,8	0,8	1,9	2,4	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	814	4,6
E		0,9				4,4				12,3				40,4				35,4				6,6				0,0				0,0				297	1,7
SE		0,1	0,4	0,2	0,1	0,2	2,7	0,9	0,6	0,7	4,9	5,5	1,1	4,5	10,9	17,3	7,6	0,1	15,0	18,3	2,0	0,2	2,5	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	343	2,0
S		3,4				18,2				35,0				36,0				7,4				0,0				0,0				0,0				2450	14,0
SW		0,3	1,5	0,3	0,3	2,0	10,5	6,7	2,3	2,6	16,9	17,5	5,2	0,0	8,5	16,9	8,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3428	19,5
W		0,2	0,1	0,0	0,2	1,4	0,9	0,5	2,8	6,6	4,9	1,4	21,8	16,0	14,4	11,5	2,9	1,4	7,6	5,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3881	22,1
NW		0,2	0,1	0,1	0,0	1,1	0,9	1,1	5,8	3,4	4,1	3,8	17,4	12,1	12,8	15,9	3,8	3,3	5,9	6,5	0,0	0,1	2,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3657	20,8
Total		66,0				597,0				2429,0				9378,0				4583,0				465,0				2,0				0,0				17520	
%		0,4				3,4				13,8				53,5				26,1				2,7				0,0				0,0					
Total Final		352,0				2783,0				10819,0				37965,0				16664,0				1541,0				4,0				0,0				70128	
%		0,5				4,0				15,4				54,1				23,8				2,2				0,0				0,0					

➤ Estación Virtual N°9

1979 - 1988																														
Direc/Vel (m/s)	0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				Total	%
	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri		
N	1,4				7,1				19,4				46,6				23,4				2,3				0,0				2516	14,3
NE	0,2	0,6	0,2	0,4	1,1	3,0	1,6	1,4	3,2	5,9	6,4	3,9	7,7	13,4	15,6	9,9	1,0	6,1	14,8	1,4	0,0	0,3	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	620	3,5
E	4,8				18,5				25,3				39,2				11,6				0,5				0,0				450	2,6
SE	0,8	2,7	0,6	0,6	2,3	5,6	6,5	4,2	3,2	8,1	10,3	3,7	1,8	14,2	18,9	4,4	0,0	1,0	10,5	0,2	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1324	7,5
S	6,2				17,6				37,6				38,7				0,0				0,0				0,0				4981	28,4
SW	0,2	2,9	0,9	2,2	2,7	5,1	7,3	2,4	1,6	13,1	20,7	2,2	1,6	13,3	13,1	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3265	18,6
W	2,7				9,8				40,0				47,4				0,0				0,0				0,0				2021	11,5
NW	0,8	0,9	0,1	0,9	2,4	3,7	2,7	1,0	7,0	16,2	12,8	4,0	3,9	21,8	15,2	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2367	13,5
Total	280,0				1406,0				4622,0				9748,0				1409,0				79,0				0,0				17544	
%	1,6				8,0				26,3				55,6				8,0				0,5				0,0					

1989 - 1998																														
Direc/Vel (m/s)	0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				Total	%
	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri		
N	1,4				7,1				19,4				46,6				23,4				2,3				0,0				2516	14,3
NE	0,2	0,6	0,2	0,4	1,1	3,0	1,6	1,4	3,2	5,9	6,4	3,9	7,7	13,4	15,6	9,9	1,0	6,1	14,8	1,4	0,0	0,3	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	620	3,5
E	4,8				18,5				25,3				39,2				11,6				0,5				0,0				450	2,6
SE	0,8	2,7	0,6	0,6	2,3	5,6	6,5	4,2	3,2	8,1	10,3	3,7	1,8	14,2	18,9	4,4	0,0	1,0	10,5	0,2	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1324	7,5
S	6,2				17,6				37,6				38,7				0,0				0,0				0,0				4981	28,4
SW	0,2	2,9	0,9	2,2	2,7	5,1	7,3	2,4	1,6	13,1	20,7	2,2	1,6	13,3	13,1	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3265	18,6
W	2,7				9,8				40,0				47,4				0,0				0,0				0,0				2021	11,5
NW	0,8	0,9	0,1	0,9	2,4	3,7	2,7	1,0	7,0	16,2	12,8	4,0	3,9	21,8	15,2	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2367	13,5
Total	280,0				1406,0				4622,0				9748,0				1409,0				79,0				0,0				17544	
%	1,6				8,0				26,3				55,6				8,0				0,5				0,0					

1999-2008																														
Direc/Vel (m/s)	0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				Total	%
	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri		
N	0,4				7,1				20,0				49,0				22,3				1,3				0,0				3164	18,0
NE	0,0	0,1	0,2	0,2	1,7	2,2	1,6	1,6	4,9	5,9	5,8	3,3	9,1	14,0	18,3	7,6	1,1	6,4	13,4	1,5	0,0	0,6	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	719	4,1
E	2,5				17,4				36,3				31,3				12,0				0,6				0,0				495	2,8
SE	0,7	0,6	0,4	0,8	5,3	7,8	2,6	1,7	5,7	23,8	6,3	0,6	2,8	11,4	16,3	0,8	0,0	2,2	9,7	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1465	8,4
S	4,8				17,6				43,2				29,9				4,4				0,0				0,0				5020	28,6
SW	0,6	1,8	1,0	1,4	3,2	8,7	4,8	0,8	3,2	29,1	10,7	0,2	0,0	15,4	8,5	6,1	0,0	0,0	2,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3031	17,3
W	1,8				12,3				32,4				52,5				1,0				0,0				0,0				1494	8,5
NW	0,1	0,5	0,4	0,8	2,3	4,5	3,3	2,3	5,9	13,4	8,1	5,1	8,0	19,4	20,1	5,1	0,0	0,0	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2156	12,3
Total	193,0				1520,0				4611,0				9570,0				1589,0				61,0				0,0				17544	
%	1,1				8,7				26,3				54,5				9,1				0,3				0,0					

2009 - 2019																														
Direc/Vel (m/s)	0 - 1				1 - 2,6				2,6 - 5,1				5,1 - 10,3				10,3 - 15,4				15,4 - 20,6				20,6 - 25,7				Total	%
	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri		
N	1,2				4,8				16,6				50,5				24,8				2,2				0,0				2645	15,1
NE	0,5	0,3	0,1	0,3	1,5	1,4	0,8	1,1	4,3	6,7	2,4	3,2	5,2	13,8	17,2	14,3	0,6	9,6	10,7	3,8	0,0	0,9	1,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	552	3,1
E	3,4				16,7				28,6				40,9				8,9				1,4				0,0				489	2,8
SE	0,5	1,1	0,7	1,1	4,2	6,9	3,1	2,5	1,8	10,9	13,0	2,9	1,3	11,1	26,6	2,0	0,0	6,0	2,9	0,0	0,0	0,4	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1283	7,3
S	4,1				17,2				30,7				46,0				2,0				0,0				0,0				4815	27,4
SW	0,6	1,8	0,4	1,2	4,1	8,0	1,8	3,3	2,7	10,8	16,4	0,8	2,2	13,9	24,1	5,7	0,0	1,0	0,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3455	19,7
W	1,1				12,2				35,1				51,4				0,2				0,0				0,0				1921	10,9
NW	0,2	0,5	0,2	0,3	2,5	6,2	1,8	1,8	5,7	20,7	5,6	3,0	11,1	20,4	14,2	5,6	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2360	13,5
Total	177,0				1434,0				4425,0				9823,0				1563,0				98,0				0,0				17520	
%	1,0				8,2				25,2				56,0				8,9				0,6				0,0					
Total Final	930,0				5766,0				18280,0				38889,0				5970,0				317,0				0,0				70152	
%	1,3				8,2				26,1				55,4				8,5				0,5				0,0					

➤ Estación Virtual N°10

1979 - 1988		0 - 1			1 - 2,6			2,6 - 5,1			5,1 - 10,3			10,3 - 15,4			15,4 - 20,6			20,6 - 25,7			≥25,7		Total	%									
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv			Pri								
N	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4	0,5	0,2	1,1	2,0	2,1	0,6	10,8	10,7	8,9	6,6	12,7	9,8	9,6	11,0	2,0	2,9	4,0	3,5	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3251,0	18,5
NE	0,5	0,1	0,0	0,0	0,4	0,3	1,4	1,6	2,1	0,9	9,3	8,7	1,4	1,4	20,6	17,3	2,6	0,7	12,3	13,0	1,3	0,1	2,5	1,6	0,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	767,0	4,4
E	1,4	0,0	0,7	0,2	0,5	1,6	2,6	5,1	1,2	2,6	12,5	24,6	0,7	0,0	11,6	30,4	2,1	0,0	0,7	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	431,0	2,5				
SE	1,9	0,3	0,5	0,7	0,3	1,5	2,2	5,0	1,7	1,9	9,2	16,6	0,3	0,9	19,0	31,8	2,7	0,0	1,7	3,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	585,0	3,3				
S	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	1,3	1,1	0,8	2,7	3,9	3,4	1,7	8,6	12,7	15,7	16,6	4,3	6,1	11,5	7,6	0,1	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1833,0	10,4				
SW	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	1,2	0,8	0,6	4,6	3,1	2,8	4,9	11,4	12,7	11,0	16,3	5,9	7,9	8,4	5,8	0,0	0,4	1,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	2504,0	14,3				
W	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,7	0,9	0,7	0,6	4,7	1,7	1,8	1,9	14,0	11,1	7,8	16,0	8,4	7,7	8,4	10,7	0,1	0,8	0,6	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3645,0	20,8				
NW	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4	0,4	0,3	0,4	2,7	1,9	1,5	1,1	16,4	10,4	7,8	12,6	12,7	6,9	6,5	12,8	1,1	1,6	1,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4528,0	25,8				
Total	55,0					516,0				1973,0				8224,0				5943,0				821,0				12,0	0,0			17544,0					
%	0,3					2,9				11,2				46,9				33,9				4,7				0,1	0,0								

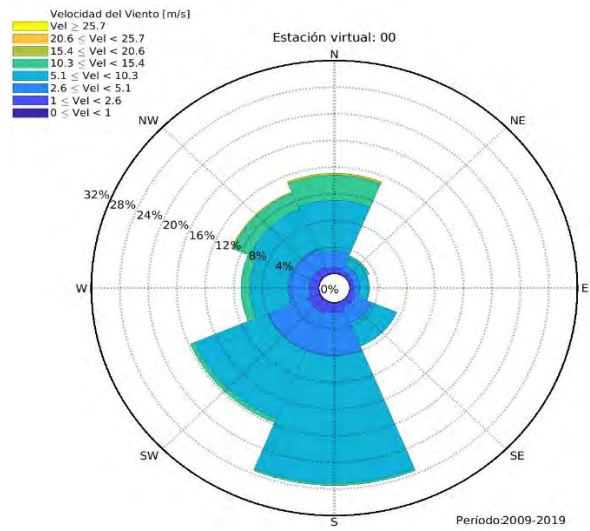
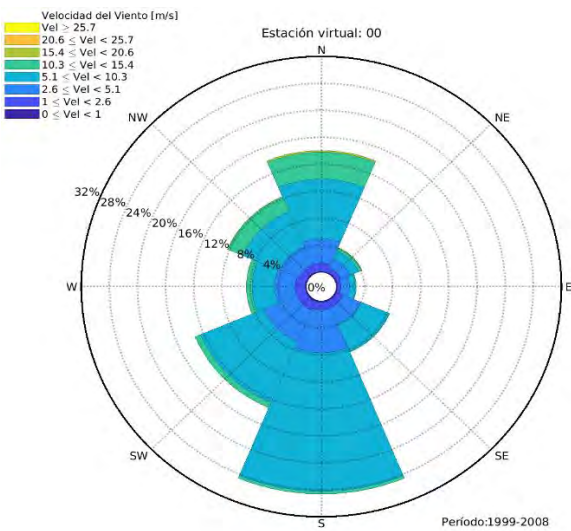
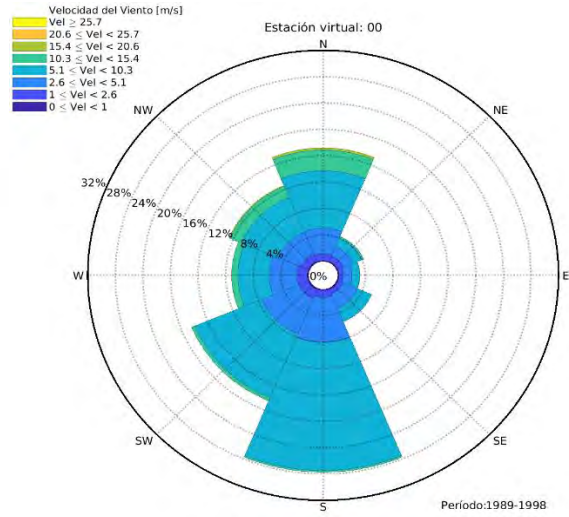
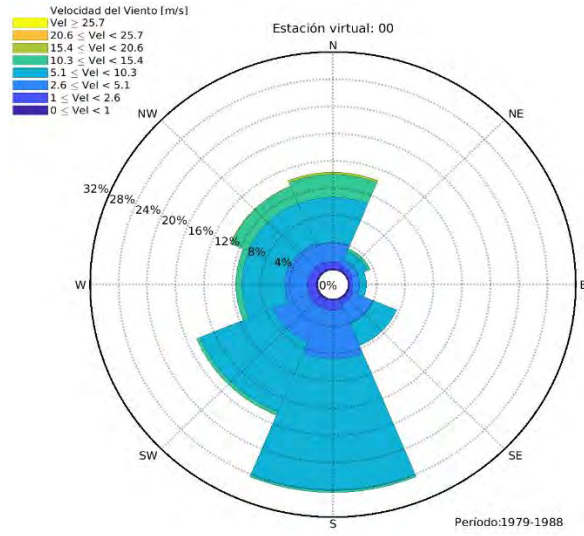
1989 - 1998		0 - 1			1 - 2,6			2,6 - 5,1			5,1 - 10,3			10,3 - 15,4			15,4 - 20,6			20,6 - 25,7			≥25,7		Total	%									
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv			Pri								
N	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,6	0,4	0,4	0,1	1,3	1,1	0,8	0,6	8,6	7,3	8,2	6,2	10,6	11,2	10,2	13,7	3,9	4,6	6,0	3,8	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3258,0	18,6
NE	0,9	0,0	0,7	0,3	0,0	0,8	2,1	1,2	0,2	1,3	9,2	4,3	0,5	3,5	16,5	17,2	2,7	2,8	15,9	11,5	2,8	0,0	3,1	3,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1070,0	6,1
E	1,8	0,3	0,8	0,5	0,3	1,8	13,8	2,6	0,3	0,8	38,5	2,8	2,1	1,0	21,8	5,9	0,3	0,0	1,5	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	390,0	2,2				
SE	2,0	0,7	1,3	0,0	0,0	2,2	5,5	3,3	0,2	0,9	20,8	4,0	1,1	0,9	39,5	12,6	2,9	0,0	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	453,0	2,6				
S	0,4	0,1	0,4	0,0	0,0	0,9	0,9	1,2	0,2	4,4	4,9	2,0	0,4	29,4	16,3	9,8	3,7	9,3	8,3	5,7	1,2	0,0	0,1	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1404,0	8,0				
SW	0,7	0,2	0,3	0,1	0,1	1,5	1,2	0,7	0,3	4,5	3,0	1,4	3,1	17,3	9,6	10,4	13,0	6,0	5,9	11,7	6,5	0,0	0,9	1,5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1669,0	9,5				
W	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,6	0,4	0,4	0,2	2,0	1,2	1,4	2,1	14,5	6,5	10,9	16,5	7,7	7,4	12,4	10,9	0,8	0,9	2,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	3953,0	22,5				
NW	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,2	0,3	0,2	1,6	0,9	0,8	1,4	12,4	6,9	6,2	14,0	8,3	9,2	12,6	17,0	1,0	1,7	2,9	1,9	0,0	0,0	0,0	0,1	5323,0	30,3				
Total	61,0					434,0				1462,0				7464,0				6760,0				1321,0				18,0	0,0			17520,0					
%	0,3					2,5				8,3				42,5				38,5				7,5				0,1	0,0								

1999-2008		0 - 1			1 - 2,6			2,6 - 5,1			5,1 - 10,3			10,3 - 15,4			15,4 - 20,6			20,6 - 25,7			≥25,7		Total	%									
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv			Pri								
N	0,6	0,2	0,2	0,0	0,5	0,2	0,4	0,3	1,9	1,5	1,3	1,1	10,1	6,0	9,1	8,4	7,2	11,7	13,2	12,2	2,3	3,5	5,3	2,7	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3706,0	21,1
NE	0,7	0,1	0,1	0,4	0,0	0,8	1,7	1,4	1,3	2,1	4,3	8,9	1,0	1,2	14,8	23,7	1,1	0,1	10,9	17,2	1,0	0,1	2,6	4,1	0,3	0,0	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	920,0	5,2
E	1,5	0,4	0,4	0,8	0,0	1,9	3,4	8,8	3,4	2,3	14,5	16,4	4,6	2,3	6,5	32,4	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	262,0	1,5				
SE	1,2	0,0	0,5	0,7	0,0	1,7	2,1	5,0	2,1	4,1	17,7	16,9	3,3	6,4	20,3	12,9	4,5	0,5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	419,0	2,4				
S	0,7	0,5	0,1	0,0	0,1	1,0	1,0	1,6	1,0	5,5	4,0	4,1	3,4	13,9	12,1	12,0	12,8	7,8	4,9	5,6	7,7	0,4	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1843,0	10,5				
SW	0,6	0,2	0,3	0,1	0,0	1,3	0,9	1,0	0,8	7,4	3,3	3,9	2,0	15,4	17,0	8,7	11,5	3,5	10,5	5,0	4,0	0,4	2,7	0,7	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	2300,0	13,1				
W	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	1,1	0,5	1,0	0,7	5,2	1,8	1,8	2,4	15,2	11,1	7,0	16,1	5,5	9,4	7,0	10,1	0,1	1,6	1,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3351,0	19,1				
NW	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,5	0,6	0,3	0,2	3,7	1,7	1,5	1,7	13,3	6,6	8,7	12,7	9,7	8,1	8,7	15,3	0,4	2,3	1,7	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4743,0	27,0				
Total	83,0					549,0				2119,0				7675,0				5976,0				1108,0				33,0	1,0			17544,0					
%	0,5					3,1				12,1				43,7				34,1				6,3				0,2	0,0								

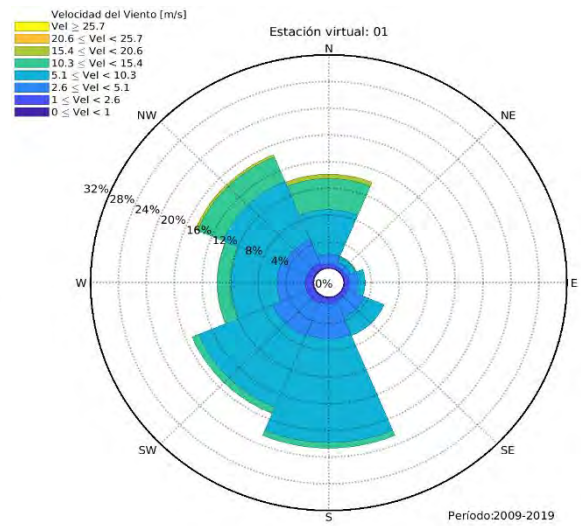
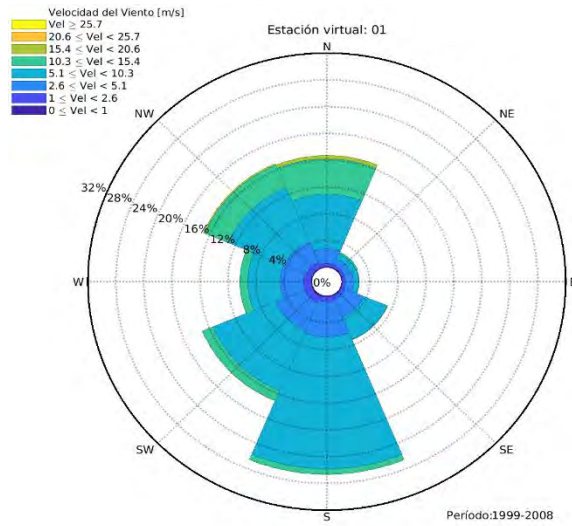
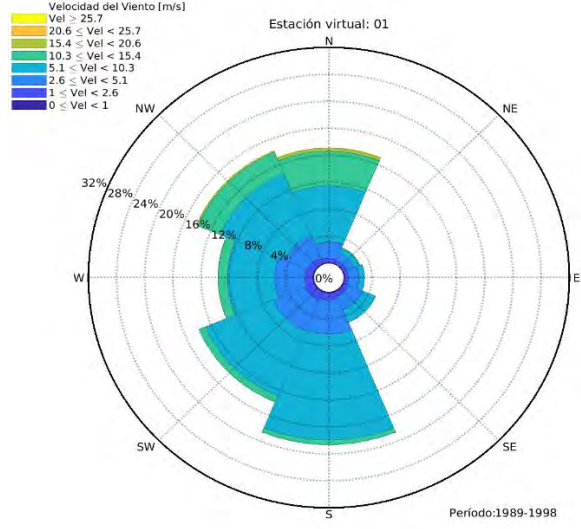
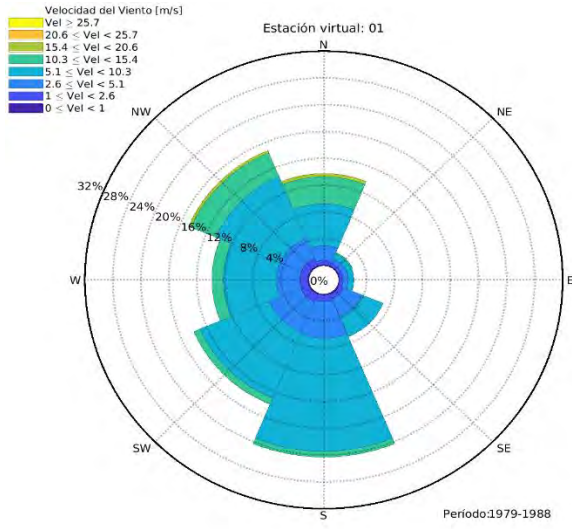
2009 - 2019		0 - 1			1 - 2,6			2,6 - 5,1			5,1 - 10,3			10,3 - 15,4			15,4 - 20,6			20,6 - 25,7			≥25,7		Total	%									
Direc/Vel (m/s)		Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv			Pri								
N	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,9	0,7	0,1	0,6	1,9	1,9	1,4	9,5	8,6	5,2	6,1	10,9	11,6	10,6	10,8	3,1	5,0	5,5	4,3	0,0	0,2	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3139,0	17,9
NE	1,2	0,0	0,7	0,2	0,2	0,2	3,5	4,2	0,5	0,8	4,7	8,4	1,8	2,3	13,4	16,2	2,1	0,0	10,6	22,1	0,6	0,8	3,6	2,5	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	829,0	4,7
E	3,3	0,0	2,5	0,8	0,0	2,1	10,3	4,5	0,8	0,8	21,5	14,0	4,5	1,7	17,4	8,3	1,7	0,0	1,7	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	242,0	1,4				
SE	2,4	0,3	1,8	0,3	0,0	0,6	4,0	1,8	1,8	2,4	11,6	18,2	2,7	1,5	11,2	34,0	5,2	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	329,0	1,9				
S	1,0	0,0	0,5	0,1	0,3	0,3	2,2	0,5	1,5	2,3	3,8	4,1	2,0	15,3	10,5	11,4	15,9	2,7	2,9	16,5	6,5	0,0	0,1	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1499,0	8,5				
SW	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	0,7	0,5	0,7	4,3	2,9	2,4	2,6	14,7	13,0	10,8	12,0	5,4	6,4	10,8	9,0	0,3	0,9	0,7	0,8	0,0	0,1	0,0	0,0	2764,0	15,8				
W	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,6	0,6	0,3	0,5	2,5	1,9	1,8	2,8	11,8	10,6	9,2	14,9	9,8	11,3	8,1	9,1	0,8	1,3	1,0	0,6	0,0	0,1	0,0	0,0	3981,0	22,7				
NW	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5	0,3	2,1	1,7	1,8	1,4	14,5	6,5	7,1	11,9	12,3	9,7	8,0	13,6	1,3	1,7	2,1	2,3	0,0	0,0	0,1	0,0	4737,0	27,0				
Total	73,0					511,0				1736,0				7385,0				6578,0				1206,0				31,0	0,0			17520,0					
%	0,4					2,9				9,9				42,1				37,5	</																

10.1.1 Rosa de los vientos por estación virtual

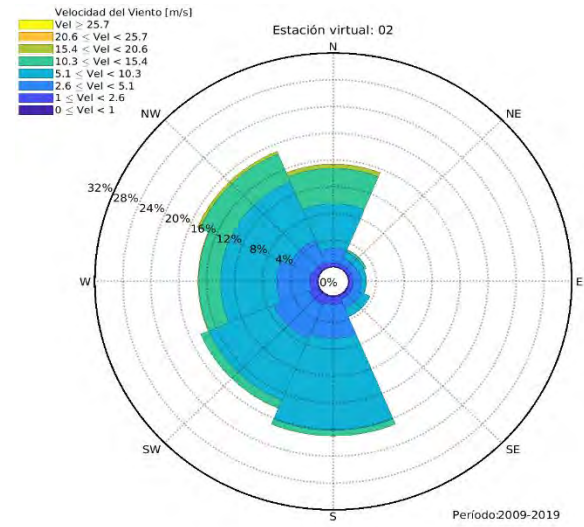
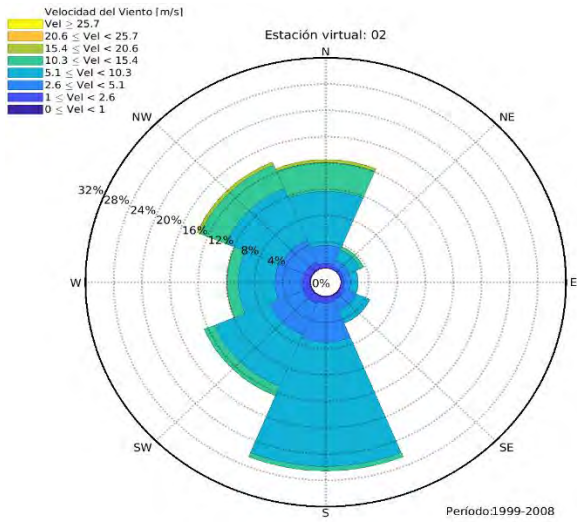
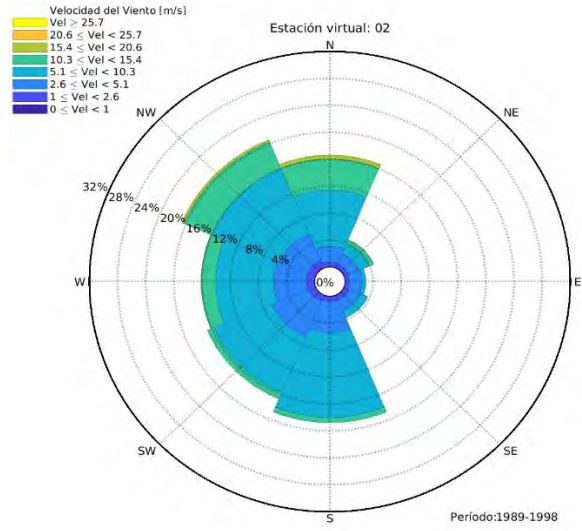
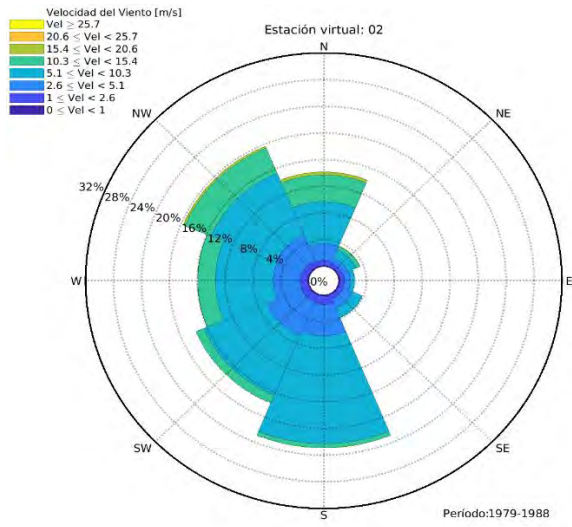
➤ Estación Virtual N°1



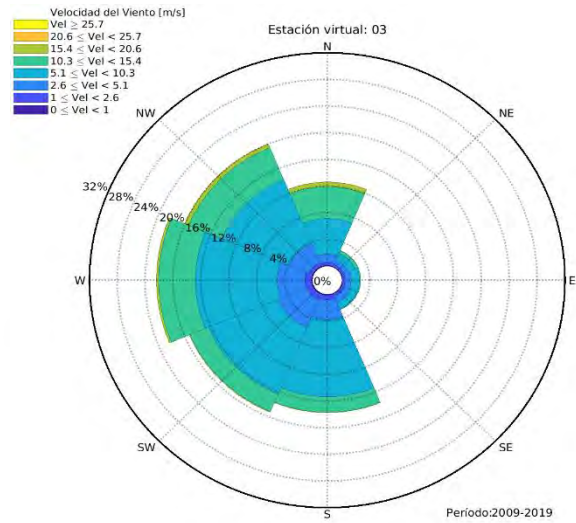
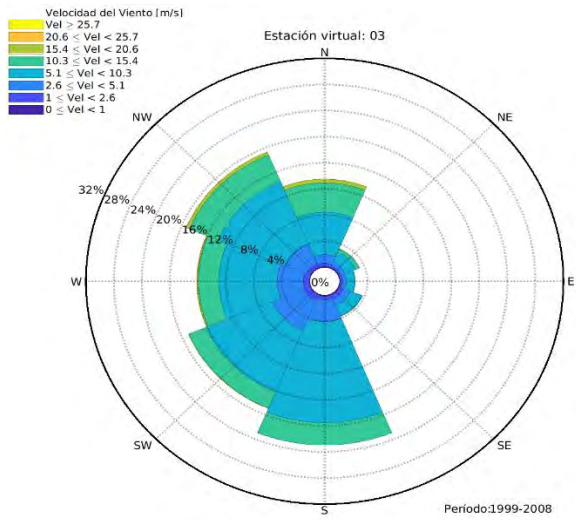
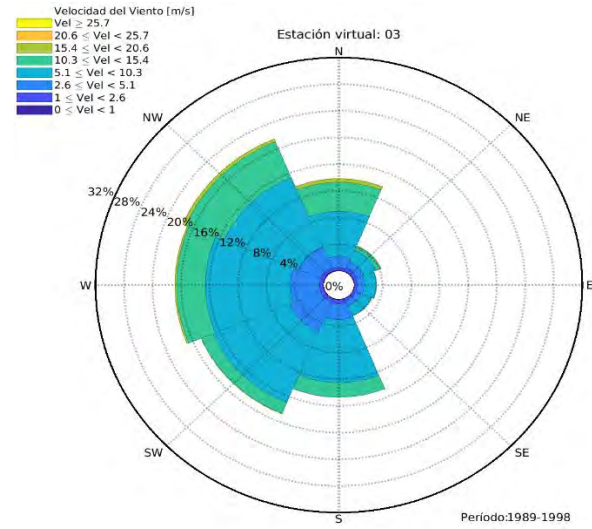
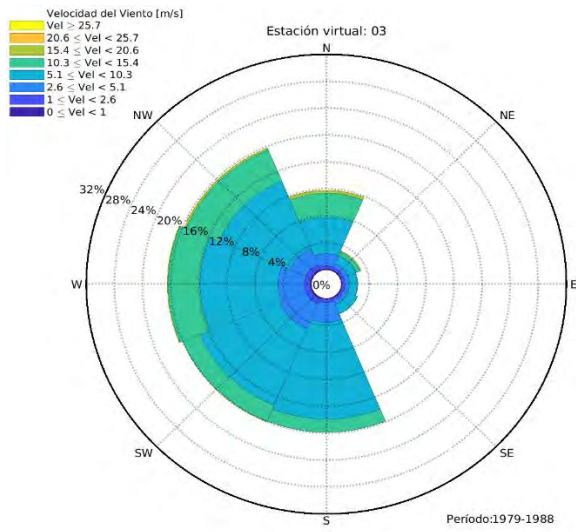
➤ Estación Virtual N°2



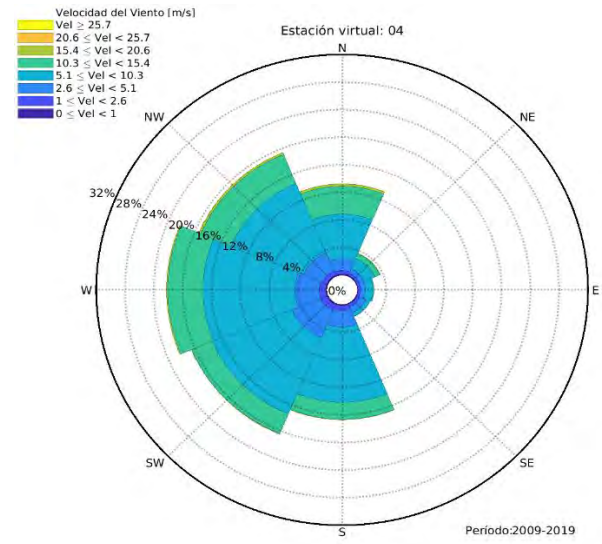
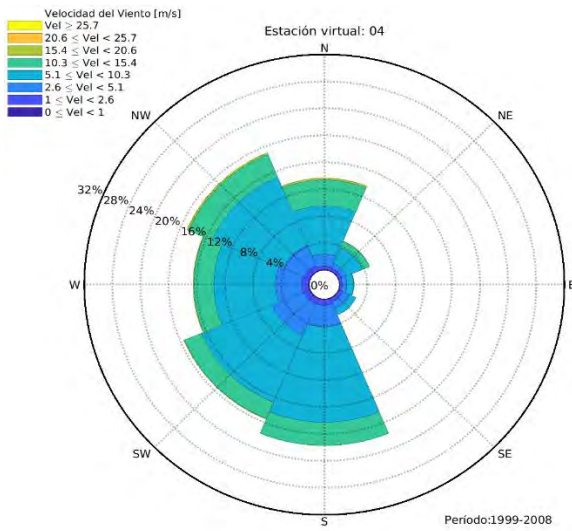
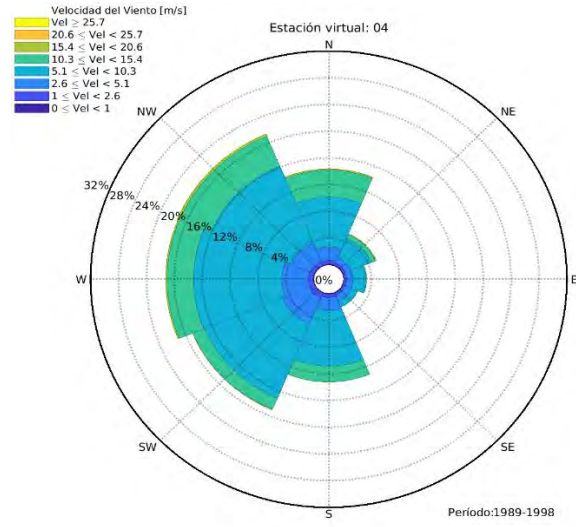
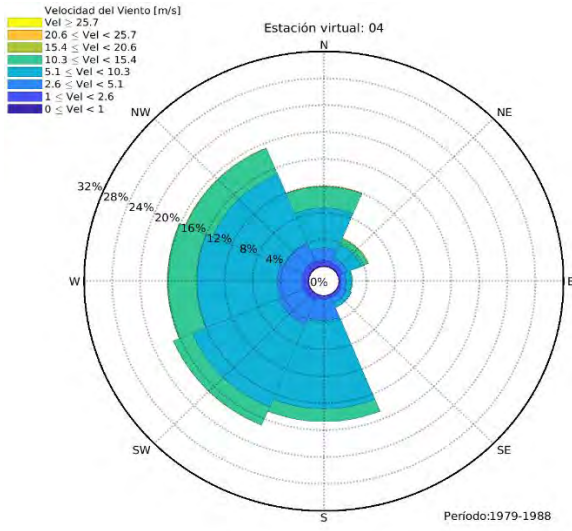
➤ Estación Virtual N°3



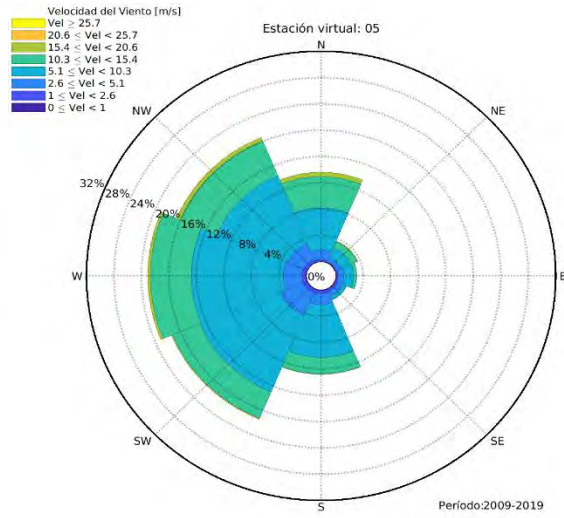
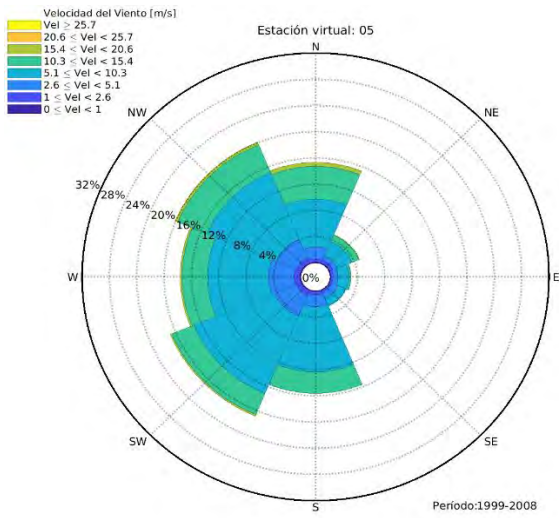
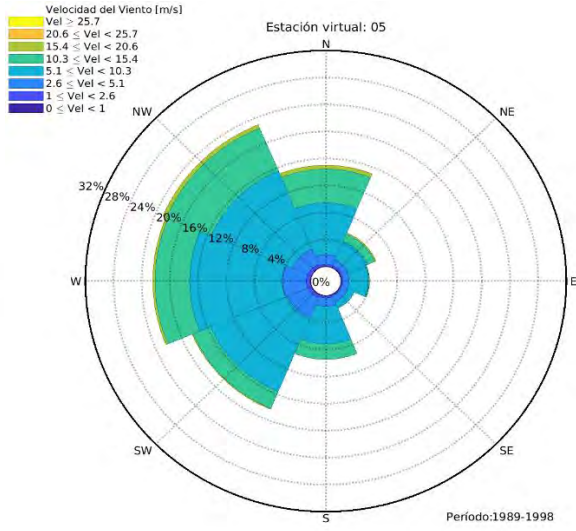
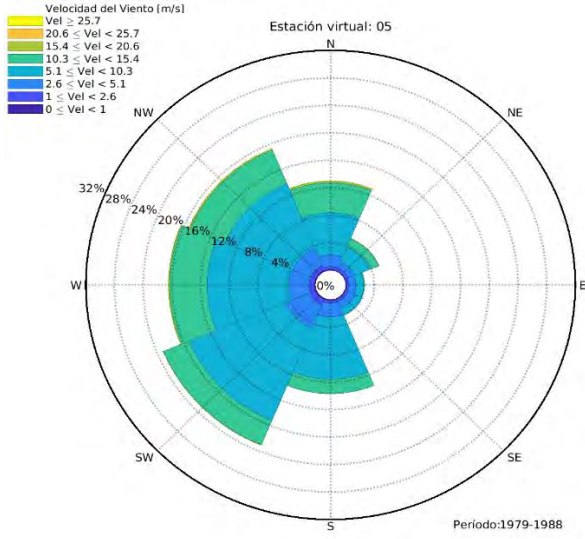
➤ *Estación Virtual N°4*



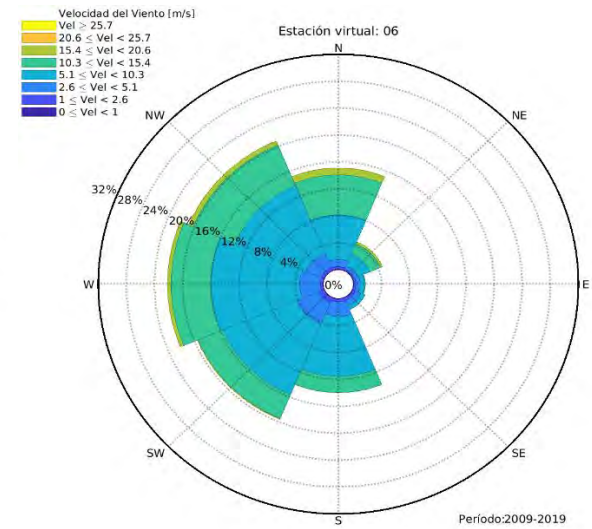
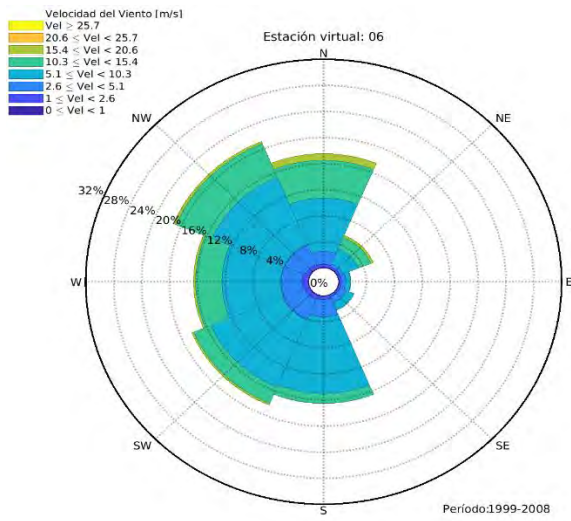
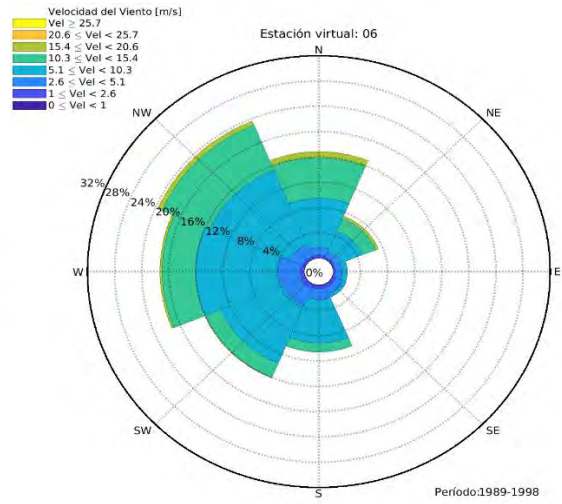
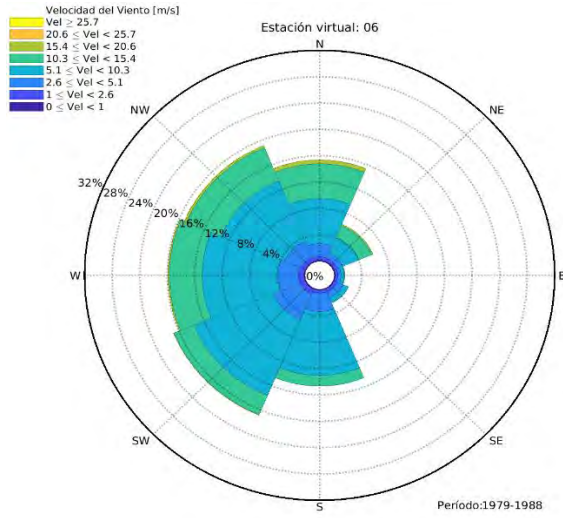
➤ Estación Virtual N°5



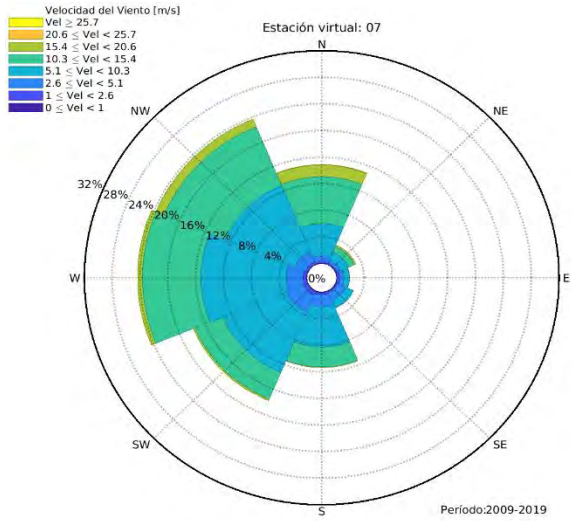
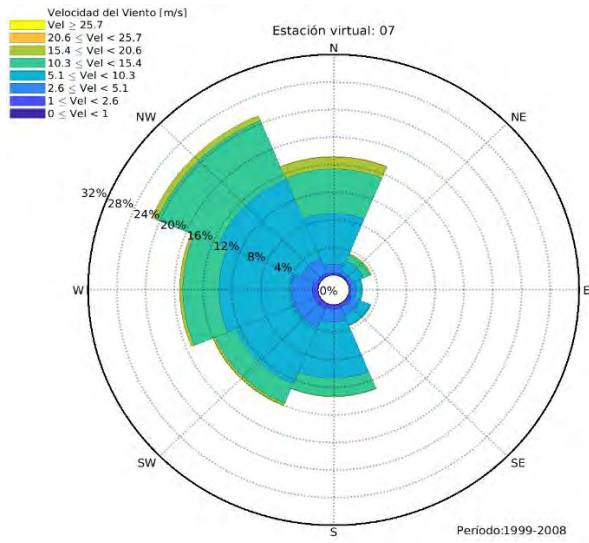
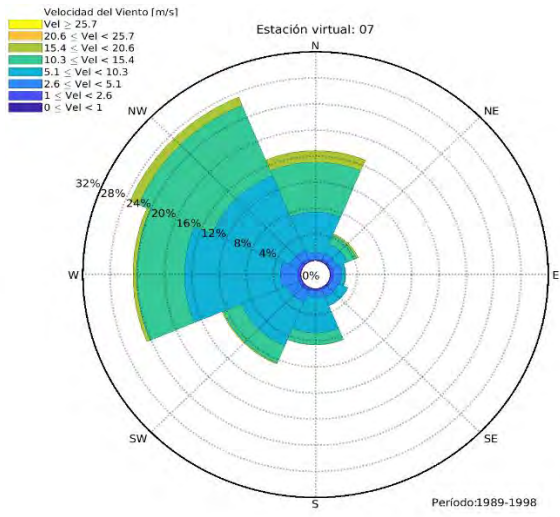
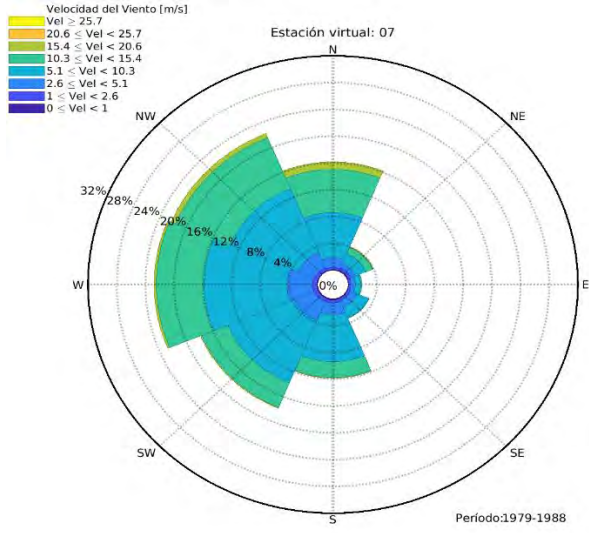
➤ **Estación Virtual N°6**



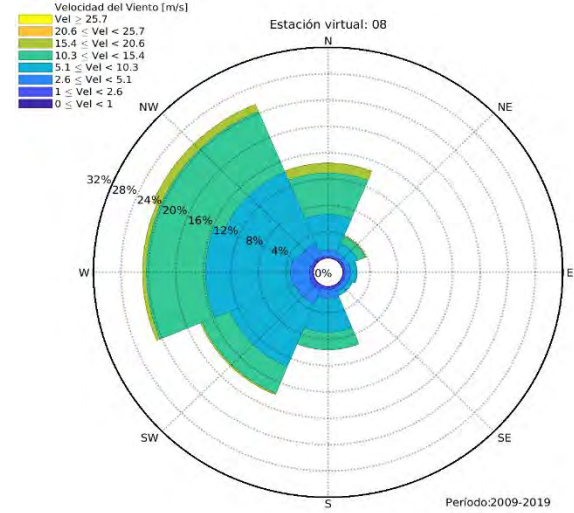
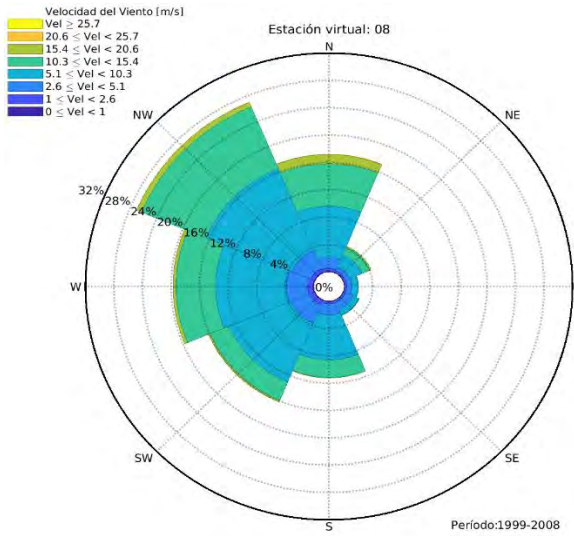
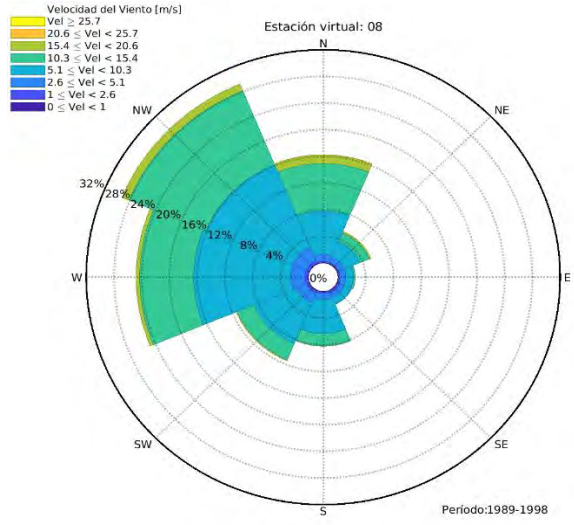
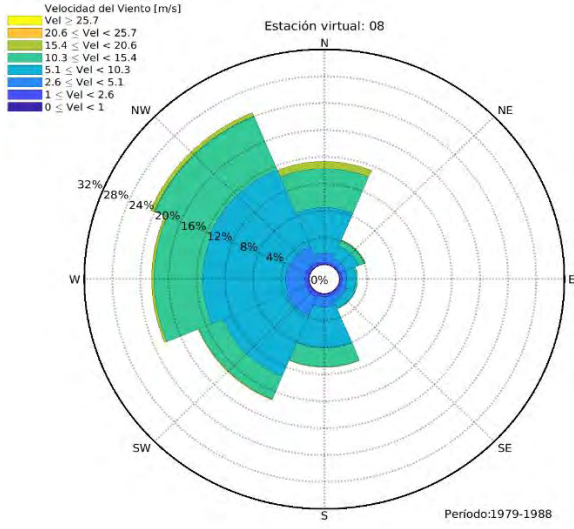
➤ Estación Virtual N°7



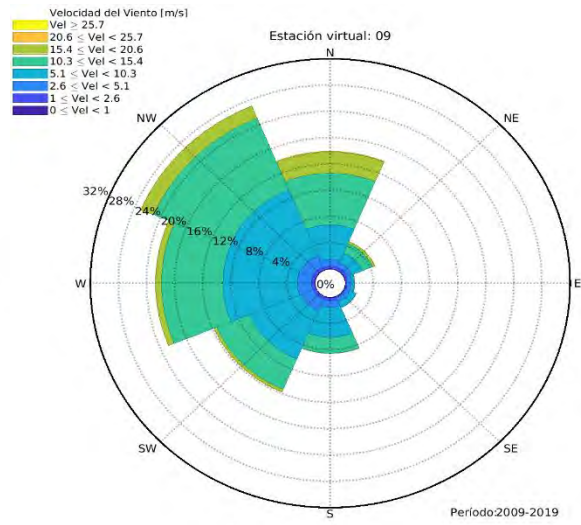
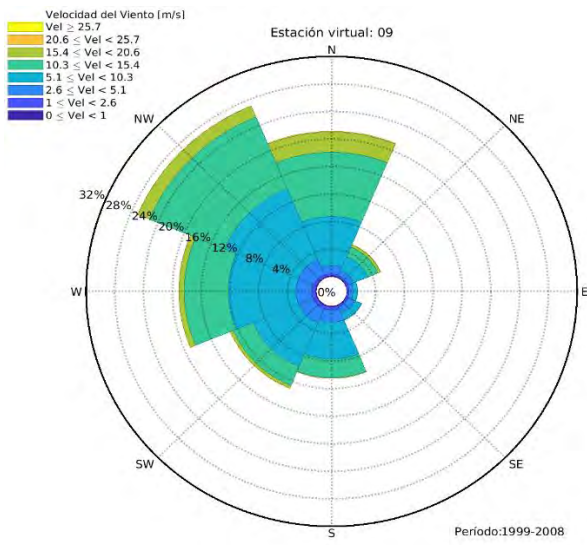
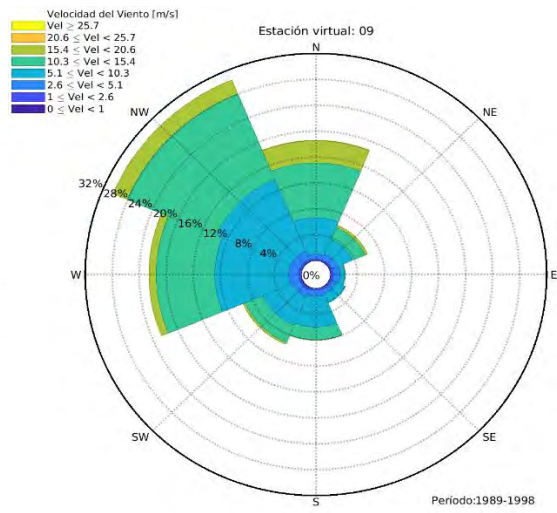
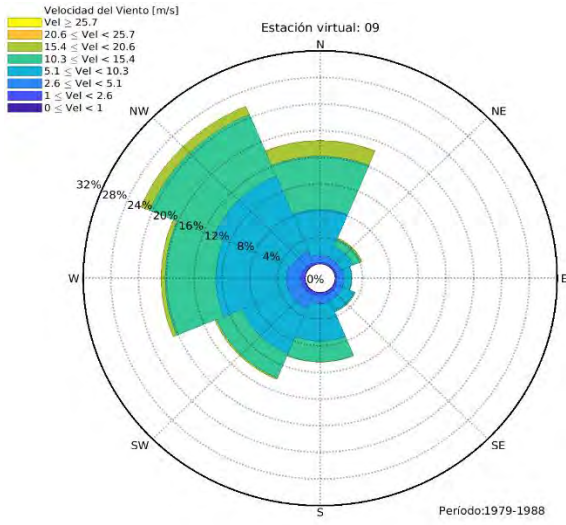
➤ Estación Virtual N°8



➤ Estación Virtual N°9



➤ Estación Virtual N°10



10.1.2 Estadística de Temperatura del Aire

➤ Estación Virtual N°1

Temperatura del Aire a 2m	Mínimo			Máximo				Promedio			5th Quartil			95 Quartil					
	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv
1980	10,48	8,07	4,88	6,77	17,85	17,26	13,57	13,52	14,63	12,75	10,18	10,31	12,52	9,80	7,38	8,02	16,27	15,63	12,42
1981	9,94	8,64	5,58	6,87	16,43	18,51	13,09	14,89	13,74	13,03	9,81	10,41	11,66	10,40	7,32	7,77	15,31	15,05	11,74
1982	9,75	8,30	5,35	7,58	17,33	15,23	14,05	15,46	13,69	12,23	9,56	10,77	11,23	10,00	6,46	8,81	15,74	14,00	12,04
1983	10,37	7,64	6,13	5,70	18,76	16,69	13,10	15,24	14,39	12,87	9,54	10,62	12,30	10,71	7,61	8,14	16,29	14,82	11,57
1984	10,87	8,30	4,96	7,40	17,55	15,67	12,23	14,37	14,38	11,94	8,59	10,48	12,79	9,47	6,41	8,57	15,92	14,51	10,63
1985	10,46	8,31	6,71	6,39	18,81	16,97	13,35	16,42	13,83	12,09	10,34	10,81	11,63	9,60	7,88	8,42	15,81	15,01	12,16
1986	9,89	8,32	5,36	6,13	16,25	15,26	13,73	15,85	13,58	12,41	9,71	10,79	11,44	10,05	7,31	7,90	15,28	14,32	12,13
1987	10,13	7,69	5,71	7,12	17,54	19,03	14,07	15,21	13,84	13,28	10,08	11,16	11,38	10,23	7,33	8,73	16,35	16,22	12,42
1988	9,83	8,26	5,70	6,25	17,85	15,73	12,11	13,81	13,51	12,35	9,45	10,26	11,76	9,64	6,86	8,29	15,16	14,46	11,50
1989	9,95	7,76	5,40	6,16	16,71	16,19	12,61	16,21	13,74	12,20	9,96	10,34	11,43	9,41	7,61	7,61	15,55	14,24	11,65
1990	10,04	7,37	5,48	5,22	16,92	16,41	12,93	13,42	13,73	12,19	9,54	10,20	11,85	9,72	7,12	8,28	15,43	14,41	11,27
1991	9,31	6,98	5,56	6,35	17,84	18,29	12,20	14,14	13,37	12,01	9,28	10,26	11,37	9,20	6,81	7,70	15,49	14,41	11,35
1992	8,63	7,28	4,30	5,98	16,57	16,21	12,13	15,42	13,29	12,46	8,95	10,27	10,80	9,07	6,12	7,93	15,15	15,27	11,20
1993	11,03	5,52	5,07	6,03	18,92	16,64	13,15	14,15	14,06	12,71	9,64	10,69	12,41	8,65	7,30	8,55	15,74	15,96	11,66
1994	10,03	8,30	7,06	6,29	15,89	17,13	13,48	15,31	13,40	12,60	10,10	10,71	11,55	10,15	7,99	8,22	14,83	14,74	12,18
1995	10,40	7,66	3,33	6,78	17,18	14,90	12,96	14,09	13,83	12,40	8,63	10,04	12,11	10,17	5,73	7,96	15,25	14,17	11,33
1996	10,54	8,57	5,72	5,73	17,11	16,05	13,05	15,17	13,66	12,22	9,79	10,72	11,76	9,87	7,26	8,25	15,50	14,38	11,87
1997	9,73	8,06	6,07	5,86	18,30	16,50	14,05	16,82	13,27	12,45	10,42	10,80	11,09	10,18	7,92	8,30	15,66	14,23	12,68
1998	10,35	9,90	6,10	6,28	20,04	19,15	13,54	13,81	13,69	13,50	10,78	10,36	11,79	11,76	8,62	8,32	16,39	14,90	12,45
1999	10,20	7,97	5,48	6,31	16,41	17,04	12,63	16,39	12,96	11,89	9,36	11,05	11,52	9,41	7,28	8,60	14,81	14,29	11,20
2000	9,78	8,73	5,64	4,06	18,00	15,06	12,84	13,82	13,42	11,86	9,51	10,01	11,71	9,93	7,21	6,64	15,12	14,03	11,55
2001	9,83	7,46	5,52	6,88	16,04	16,43	12,75	14,35	13,30	11,75	9,63	10,69	11,47	9,19	7,39	8,36	15,17	15,10	11,49
2002	9,24	7,81	6,05	7,68	18,99	16,08	11,96	13,41	13,27	12,32	9,24	10,56	11,46	9,60	7,15	8,72	15,17	14,42	10,87
2003	9,99	8,67	5,20	6,90	17,19	17,60	14,00	15,54	13,40	12,64	10,16	11,01	11,43	10,39	7,86	8,95	15,71	14,81	12,45
2004	9,72	7,88	6,28	5,66	20,15	17,24	13,45	16,52	13,16	13,10	10,36	10,98	11,07	10,41	8,15	8,62	15,59	15,35	12,45
2005	10,54	6,47	5,94	7,27	20,89	16,58	12,93	14,06	14,13	12,21	9,52	10,65	12,23	9,23	7,05	8,49	15,88	14,87	11,48
2006	9,40	7,81	5,88	7,08	16,46	15,30	14,16	14,70	13,43	12,32	10,38	10,60	11,17	9,63	7,91	8,89	15,20	14,51	12,72
2007	10,87	7,23	4,22	6,59	18,89	15,30	11,16	13,49	13,49	11,66	8,40	9,97	11,87	9,03	6,24	8,22	15,08	14,22	10,22
2008	9,86	6,38	5,53	6,80	20,65	17,21	12,63	15,90	13,99	12,51	9,89	10,75	11,22	8,60	7,46	8,59	16,48	15,61	11,84
2009	11,40	7,34	5,77	6,40	18,22	17,13	13,38	13,70	14,46	13,05	9,67	9,66	12,72	9,66	7,25	7,24	15,98	15,31	11,62
2010	9,58	6,92	4,32	5,60	16,93	15,54	12,09	12,74	13,10	11,89	9,16	10,01	10,97	8,95	6,63	8,47	14,99	14,31	11,44
2011	7,78	7,50	4,41	6,66	19,62	16,06	12,69	14,39	13,11	12,20	9,28	10,26	10,13	9,59	6,81	8,19	15,29	14,70	11,49
2012	9,26	7,87	4,79	7,28	16,44	16,98	13,41	15,30	13,66	12,45	9,29	10,62	11,94	9,85	7,06	8,48	15,20	15,23	11,21
2013	11,03	8,42	3,73	6,18	19,89	16,69	13,15	13,94	13,84	12,84	9,54	10,09	11,98	10,48	6,75	7,75	16,10	14,75	11,94
2014	9,49	8,43	6,24	7,25	19,53	14,71	12,95	13,63	13,51	11,88	9,86	10,72	11,06	10,03	7,93	8,60	15,60	13,54	11,57
2015	8,83	9,03	6,72	4,65	17,93	18,12	14,95	14,61	13,37	13,43	10,09	10,31	11,06	10,86	7,58	7,44	15,36	15,51	12,69
2016	10,28	8,99	6,63	7,76	17,18	15,82	13,46	16,57	14,11	12,70	10,21	11,24	11,79	10,66	8,21	9,18	16,04	14,50	11,78
2017	11,15	7,60	5,69	6,23	18,85	18,32	12,92	13,64	14,61	13,42	9,89	10,16	12,36	10,03	7,64	8,02	16,68	15,35	11,93
2018	10,27	7,78	5,20	5,51	16,26	16,67	12,30	14,28	13,38	12,62	9,44	10,63	11,00	9,98	7,05	8,67	15,14	14,96	11,46

Estación Virtual N.º 2

Temperatura del Aire a 2m	Mínimo				Máximo				Promedio				5th Quartil			95 Quartil				
	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri
1980	11,26	7,92	5,98	6,74	17,13	17,37	13,82	13,57	14,75	12,92	10,41	10,51	12,85	9,82	7,61	8,44	16,47	15,98	12,71	12,23
1981	10,08	8,14	6,53	7,06	16,35	18,28	13,02	14,00	13,67	13,14	10,12	10,49	11,83	10,15	7,82	8,14	15,47	15,22	12,07	12,37
1982	10,25	8,45	5,23	8,01	17,12	15,68	14,17	14,47	13,81	12,39	9,73	10,99	11,44	10,12	6,52	9,04	16,05	14,29	12,34	12,57
1983	10,58	8,22	6,50	5,95	17,37	16,21	14,01	14,24	14,55	13,21	9,92	10,81	12,50	10,93	8,02	8,61	16,16	15,37	12,09	13,06
1984	11,05	8,11	5,98	7,00	16,83	15,73	12,62	12,87	14,45	12,21	8,93	10,59	12,94	9,69	6,76	8,79	16,04	14,67	10,98	12,08
1985	11,10	8,79	5,87	6,60	17,20	16,19	13,69	14,25	14,05	12,41	10,65	10,81	12,03	9,96	8,29	8,65	15,71	15,09	12,44	12,92
1986	10,13	8,18	6,36	6,58	16,35	15,57	13,98	14,75	13,60	12,55	9,80	10,75	11,51	10,18	7,47	7,97	15,46	14,47	12,32	12,58
1987	10,10	7,57	6,36	7,67	18,48	17,61	14,51	14,61	13,87	13,38	10,49	11,37	11,51	10,14	7,80	9,12	16,50	16,20	12,85	13,60
1988	10,54	7,80	5,80	6,52	15,62	15,79	12,63	13,48	13,47	12,53	9,78	10,43	11,94	9,83	7,15	8,62	14,81	14,73	11,92	12,40
1989	10,07	8,40	5,52	6,71	16,42	15,60	13,14	16,88	13,84	12,43	10,30	10,50	11,52	9,71	7,81	7,95	15,55	14,71	12,18	12,83
1990	10,06	8,25	6,05	6,13	16,27	16,03	12,52	13,52	13,75	12,50	9,88	10,41	11,82	10,16	7,49	8,58	15,44	14,67	11,66	11,88
1991	9,51	7,54	5,21	6,11	16,59	16,53	12,84	14,07	13,55	12,20	9,56	10,40	11,45	9,53	7,20	8,16	15,51	14,14	11,94	12,88
1992	8,73	6,79	4,37	6,64	16,05	16,42	12,83	15,52	13,42	12,54	9,26	10,31	10,81	9,21	6,73	8,18	15,19	15,47	11,37	12,92
1993	10,98	6,15	5,79	6,99	17,98	17,20	13,77	14,53	14,18	12,85	10,01	10,82	12,44	8,87	7,83	8,85	15,84	16,16	12,10	12,68
1994	10,34	7,74	7,23	5,97	15,81	16,35	13,72	14,74	13,61	12,80	10,32	10,70	11,85	10,26	8,27	8,32	15,29	15,17	12,58	12,87
1995	9,82	8,91	4,83	6,49	16,58	15,47	13,45	13,00	13,95	12,81	8,90	10,17	12,32	10,51	6,05	8,21	15,42	14,58	11,84	12,02
1996	10,58	8,77	6,12	6,52	16,94	15,29	13,73	14,64	13,81	12,49	10,07	10,87	11,99	10,23	7,51	8,55	15,78	14,56	12,52	13,11
1997	10,36	8,64	6,43	7,18	16,79	17,16	14,59	15,58	13,39	12,75	10,65	10,96	11,35	10,28	8,09	8,52	15,49	14,44	12,96	13,09
1998	10,38	9,36	6,62	6,74	20,17	19,06	14,47	14,12	13,98	13,88	11,27	10,66	12,04	12,08	9,11	8,71	16,32	15,30	13,06	12,34
1999	10,81	8,96	6,32	6,63	16,41	16,56	13,42	15,06	13,43	12,35	9,86	11,27	11,88	9,84	7,81	9,02	15,13	14,61	11,86	13,51
2000	9,75	8,53	6,18	3,96	17,32	15,82	13,21	13,49	13,77	12,29	9,84	10,23	11,93	10,09	7,43	7,04	15,54	14,41	11,87	12,19
2001	10,67	7,80	5,96	7,22	16,63	16,94	12,91	14,09	13,51	11,91	9,72	10,73	11,64	9,32	7,23	8,55	15,42	15,20	11,65	12,88
2002	10,02	5,97	6,02	7,11	16,44	15,73	12,36	13,33	13,71	12,32	9,54	10,66	11,76	9,22	7,45	8,75	15,29	14,74	11,25	12,65
2003	10,40	8,85	5,54	7,23	17,18	16,68	14,20	14,07	13,54	12,75	10,51	11,08	11,61	10,20	8,31	9,13	15,65	15,03	12,76	12,71
2004	9,70	7,92	6,93	6,54	16,70	16,33	13,73	15,19	13,34	13,15	10,49	11,06	11,24	10,47	8,31	8,89	15,33	15,72	12,65	13,60
2005	10,55	6,96	5,06	7,32	18,56	16,77	12,76	14,20	14,02	12,53	9,66	10,78	12,33	9,45	7,08	8,68	15,79	15,14	11,77	13,18
2006	9,19	7,55	5,81	7,97	16,52	15,95	14,53	12,95	13,48	12,55	10,47	10,74	11,29	9,72	7,80	9,28	15,04	14,92	13,01	12,37
2007	10,87	7,05	4,83	6,66	18,28	15,42	11,63	13,63	13,68	11,93	8,85	10,15	12,14	9,18	6,61	8,37	15,55	14,45	10,74	11,83
2008	10,19	6,41	5,99	7,55	17,22	16,66	13,05	14,48	13,84	12,56	10,10	10,91	11,43	8,43	7,24	8,79	15,97	15,44	12,35	13,20
2009	11,27	8,16	6,36	6,30	17,02	17,01	13,59	13,03	14,32	13,11	9,86	9,82	12,81	9,90	7,41	7,66	16,18	15,47	11,97	11,72
2010	9,74	7,42	4,19	6,07	16,21	15,59	12,66	12,52	13,15	12,15	9,42	10,16	11,04	9,25	6,74	8,59	15,02	14,50	11,83	11,96
2011	8,15	7,32	4,69	6,58	18,75	15,84	13,42	13,32	13,14	12,35	9,53	10,38	10,32	9,81	7,01	8,41	15,14	14,77	11,77	12,24
2012	9,88	7,42	5,59	7,76	16,20	16,68	13,16	14,61	13,68	12,70	9,49	10,75	12,09	10,14	7,23	8,65	15,36	15,26	11,31	12,85
2013	11,13	8,68	3,26	6,65	19,89	16,34	13,63	12,82	13,96	13,12	9,90	10,20	12,21	10,64	7,26	7,96	15,75	14,96	12,39	11,98
2014	9,86	8,20	7,05	7,59	18,32	15,64	13,43	13,20	13,60	12,01	10,17	10,94	11,19	9,94	8,00	8,90	15,55	13,69	11,85	12,66
2015	8,92	8,45	6,58	5,17	16,14	18,83	15,51	14,83	13,41	13,62	10,30	10,36	11,36	11,10	7,77	7,63	15,33	15,77	13,05	12,57
2016	10,01	8,54	7,47	7,96	16,50	15,04	12,91	14,49	14,19	12,73	10,56	11,34	11,79	10,45	8,47	9,39	15,93	14,39	12,15	13,28
2017	11,27	7,72	3,88	7,11	17,87	17,16	13,52	13,65	14,75	13,49	10,12	10,35	12,58	10,17	7,81	8,40	16,84	15,27	12,37	12,19
2018	10,73	8,01	6,37	4,89	16,58	16,49	13,02	14,24	13,63	12,82	9,71	10,72	11,45	10,24	7,34	8,80	15,53	15,42	11,68	12,90

➤ Estación Virtual N°3

Temperatura del Aire a 2m	Mínimo				Máximo				Promedio				5th Quartil				
	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver
1980	10,55	8,56	5,81	6,01	16,64	17,08	13,40	13,29	14,11	12,41	10,08	10,17	12,29	9,32	7,31	8,07	15,69
1981	9,42	7,45	5,88	5,95	15,84	17,37	12,57	13,43	13,15	12,57	9,87	10,11	11,34	9,31	7,89	7,76	14,84
1982	9,35	7,35	4,84	7,66	16,84	15,38	13,09	14,02	13,16	12,03	9,30	10,60	10,93	9,63	6,16	8,56	15,37
1983	9,92	8,04	6,70	5,01	16,52	16,02	13,10	14,32	14,01	12,78	9,55	10,28	11,97	10,41	7,85	8,17	15,80
1984	10,41	7,56	5,28	6,97	16,27	16,30	12,20	12,30	13,76	11,73	8,57	10,15	12,20	9,00	6,41	8,37	15,39
1985	10,64	8,31	6,62	6,11	16,39	15,67	13,36	13,60	13,58	11,87	10,35	10,35	11,57	9,31	7,94	8,24	15,29
1986	9,68	8,32	5,87	5,72	15,93	14,99	13,10	14,59	13,02	11,97	9,38	10,24	11,15	9,52	7,20	7,53	14,72
1987	9,91	6,42	6,20	7,46	18,17	18,45	13,75	14,16	13,37	12,93	10,00	10,86	11,11	9,92	7,51	8,62	16,07
1988	9,93	8,21	4,74	6,75	15,96	15,52	12,35	12,89	12,88	12,06	9,33	9,86	11,17	9,53	6,65	8,13	14,20
1989	9,67	8,43	5,87	5,94	15,76	15,25	12,67	13,60	13,07	12,04	9,95	10,08	10,83	9,59	7,63	7,40	14,81
1990	9,24	9,31	5,56	6,26	15,58	15,89	12,46	12,93	13,12	12,01	9,45	9,92	11,06	10,00	7,15	8,10	14,74
1991	8,52	6,77	5,25	4,94	16,02	16,20	12,53	13,24	12,90	11,69	9,16	9,88	10,78	9,15	6,84	7,58	14,79
1992	8,38	6,55	4,29	6,02	15,84	16,09	12,85	15,90	12,90	12,12	8,94	9,87	10,14	8,60	6,77	7,67	15,03
1993	10,70	4,75	5,52	7,28	17,59	16,43	13,52	13,35	13,43	12,30	9,58	10,37	11,60	8,38	7,55	8,37	15,22
1994	9,77	7,13	7,18	5,90	15,56	15,46	13,01	13,82	13,02	12,25	9,82	10,11	11,14	9,69	7,79	7,65	14,67
1995	10,05	9,05	2,85	6,73	15,84	15,04	12,52	12,34	13,29	12,28	8,40	9,69	11,67	10,41	5,33	7,80	14,81
1996	8,94	8,65	3,98	6,41	15,95	14,81	13,29	14,21	13,05	11,82	9,54	10,36	11,31	9,71	7,18	8,05	14,89
1997	9,23	8,24	6,65	6,61	15,67	17,21	14,83	15,00	12,68	12,24	10,23	10,32	10,96	9,63	7,72	8,09	14,44
1998	9,66	9,94	5,42	7,01	20,04	17,78	14,23	13,28	13,47	13,35	10,89	10,25	11,29	11,69	8,65	8,33	16,43
1999	10,11	8,19	6,63	5,42	16,21	14,98	12,91	14,95	12,90	11,75	9,54	10,76	11,36	9,43	7,67	8,66	14,62
2000	9,18	7,35	5,62	4,20	16,15	14,93	12,95	12,93	13,09	11,72	9,34	9,75	11,27	9,40	7,03	6,85	14,71
2001	9,33	7,44	3,98	6,84	15,91	16,46	11,95	13,09	12,79	11,41	9,24	10,35	10,98	9,17	6,91	8,16	14,65
2002	9,37	5,89	5,78	7,23	16,09	15,18	11,79	12,49	13,23	11,62	9,12	10,13	11,15	8,54	7,12	8,39	15,10
2003	10,05	8,53	5,84	7,28	16,40	16,28	13,30	13,39	12,96	12,42	10,10	10,56	11,08	10,19	8,17	8,74	14,87
2004	9,39	8,11	6,83	4,39	15,68	16,49	13,30	14,89	12,94	12,73	10,07	10,63	10,53	10,61	7,94	8,53	14,97
2005	10,10	6,41	4,12	7,14	17,64	16,17	12,54	13,42	13,43	12,02	9,25	10,27	11,70	8,97	6,70	8,37	15,05
2006	8,72	8,19	5,23	7,36	16,20	15,25	13,67	12,56	13,04	12,09	10,06	10,31	10,53	9,55	7,55	8,94	14,64
2007	9,60	6,75	4,64	6,89	17,86	14,95	11,21	13,15	12,96	11,52	8,52	9,70	11,33	8,74	6,26	7,98	14,84
2008	9,22	5,38	5,68	7,52	16,70	15,65	12,73	14,13	13,43	11,99	9,55	10,41	10,77	7,79	6,90	8,30	15,52
2009	10,07	7,80	5,55	4,92	17,35	16,83	13,52	12,27	13,74	12,52	9,39	9,28	12,21	9,56	7,05	7,11	15,67
2010	8,83	7,04	5,37	5,87	15,88	15,18	12,40	12,10	12,39	11,66	9,00	9,67	10,36	8,85	6,43	7,95	14,17
2011	7,95	7,50	4,85	6,02	18,00	15,43	13,27	12,69	12,57	11,76	9,19	9,89	9,80	9,47	6,76	8,05	14,53
2012	9,33	7,54	5,06	7,06	15,92	16,51	13,04	14,82	13,26	12,16	9,00	10,26	11,55	9,83	6,73	8,18	14,95
2013	10,64	8,43	3,44	6,12	19,18	16,56	13,46	12,21	13,52	12,75	9,50	9,69	11,68	10,40	6,96	7,52	15,55
2014	9,21	8,19	5,23	7,00	17,95	15,45	13,02	12,97	13,06	11,59	9,84	10,40	10,61	9,55	7,74	8,41	15,24
2015	8,52	8,96	6,41	5,17	15,83	18,26	14,69	14,18	12,82	13,07	9,82	9,86	10,78	10,63	7,49	7,25	14,64
2016	9,52	8,81	7,23	7,73	17,27	15,12	12,40	14,40	13,61	12,39	10,26	10,87	11,10	10,48	8,30	9,09	15,37
2017	11,11	7,91	5,09	6,21	17,25	16,37	13,05	13,07	14,04	12,88	9,69	9,92	12,04	10,04	7,20	7,98	16,01
2018	9,63	7,92	4,79	4,53	16,33	16,79	12,85	13,41	13,22	12,31	9,33	10,21	11,13	9,85	7,21	8,40	15,03

➤ Estación Virtual N°4

Temperatura del Aire a 2m	Mínimo				Máximo				Promedio				5th Quartil				
	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver
1980	10,49	8,14	5,62	6,42	16,58	17,05	13,41	12,63	14,14	12,37	10,05	10,08	12,14	9,40	7,37	8,07	15,87
1981	9,36	7,89	6,03	6,30	15,84	15,78	12,55	12,58	13,10	12,50	9,83	9,90	11,09	9,18	7,80	7,60	14,86
1982	9,28	8,23	5,33	7,57	17,01	15,66	13,28	13,00	13,21	12,04	9,16	10,44	10,75	9,58	6,45	8,48	15,56
1983	9,62	8,48	6,60	4,44	16,80	16,03	12,53	13,79	13,95	12,76	9,49	10,10	11,90	10,46	7,84	7,99	15,88
1984	10,53	7,37	5,20	7,37	16,49	15,62	12,23	12,31	13,66	11,78	8,62	10,03	12,05	8,73	6,67	8,33	15,40
1985	10,43	7,96	6,61	5,99	16,58	15,95	13,14	13,23	13,74	11,83	10,26	10,11	11,58	9,23	8,06	8,08	15,57
1986	9,73	8,30	5,89	5,49	15,82	15,33	12,74	12,81	12,99	11,94	9,25	10,01	10,99	9,41	7,12	7,45	14,72
1987	9,95	6,13	6,56	7,22	17,50	17,33	13,47	14,27	13,41	12,98	9,89	10,71	11,08	10,19	7,44	8,66	16,30
1988	9,67	8,84	5,55	6,33	16,66	15,95	12,51	12,89	12,94	12,23	9,35	9,70	11,08	9,81	6,74	7,92	14,44
1989	9,57	7,98	4,97	5,45	16,12	15,68	12,65	13,53	13,09	12,18	9,91	10,00	10,71	9,83	7,66	7,33	15,13
1990	9,18	9,31	5,98	6,68	15,88	15,68	12,96	12,11	12,98	12,00	9,40	9,81	10,81	9,96	7,11	7,95	14,67
1991	7,83	6,37	4,56	4,68	16,44	14,91	12,87	13,18	12,81	11,65	9,08	9,65	10,52	8,93	6,95	7,28	14,63
1992	7,95	6,46	3,75	6,11	15,95	16,35	12,97	15,20	12,85	12,13	8,85	9,60	9,92	8,56	6,78	7,48	15,37
1993	10,08	5,65	5,70	7,40	16,71	16,48	13,27	13,34	13,24	12,22	9,53	10,26	11,38	8,55	7,61	8,35	15,18
1994	9,37	7,70	6,58	5,83	15,83	16,06	13,00	13,96	13,05	12,25	9,73	9,85	10,99	9,45	7,75	7,34	15,01
1995	10,15	8,99	2,81	6,46	16,30	15,34	13,12	12,30	13,23	12,39	8,37	9,56	11,51	10,41	5,42	7,75	14,79
1996	8,79	8,77	3,53	6,79	16,15	15,03	13,24	13,20	13,06	11,85	9,54	10,18	11,21	9,80	7,46	7,88	15,12
1997	8,86	7,93	6,27	5,85	15,67	15,71	14,83	12,98	12,61	12,24	10,12	10,10	10,74	9,38	7,70	8,00	14,37
1998	9,92	10,25	5,81	6,84	18,43	16,83	14,18	13,32	13,51	13,49	10,81	10,23	11,24	11,87	8,49	8,22	15,89
1999	10,21	8,05	7,29	6,12	16,72	14,76	12,98	13,91	13,15	11,86	9,66	10,57	11,29	9,49	8,00	8,52	15,11
2000	8,84	7,79	6,17	4,85	15,81	15,12	13,23	13,30	13,05	11,79	9,29	9,60	11,17	9,49	7,11	6,84	14,79
2001	9,60	7,18	3,98	6,84	16,15	16,24	11,88	13,05	12,78	11,38	9,13	10,16	10,89	9,16	6,75	8,15	14,70
2002	9,13	6,19	5,72	7,12	16,66	15,21	11,85	12,31	13,33	11,44	8,99	9,88	11,19	8,27	6,97	8,25	15,39
2003	10,06	9,11	4,68	6,73	16,10	15,36	13,15	12,89	12,94	12,57	10,01	10,35	11,12	10,46	8,23	8,60	14,72
2004	9,14	8,85	7,29	4,10	16,02	16,22	13,52	14,49	13,03	12,77	10,03	10,47	10,41	10,97	7,97	8,30	15,13
2005	10,19	6,75	3,43	6,90	16,49	16,48	12,31	13,24	13,37	12,04	9,18	10,12	11,50	9,10	6,92	8,25	15,16
2006	8,78	8,76	6,22	7,28	15,92	15,77	13,40	12,40	13,22	12,27	10,02	10,17	10,50	9,87	7,83	8,72	15,12
2007	9,49	7,51	4,31	6,48	16,33	15,21	11,40	13,21	12,80	11,66	8,58	9,53	11,06	9,20	6,59	7,91	14,80
2008	9,30	6,16	5,17	7,43	17,57	16,34	12,65	14,23	13,58	12,15	9,49	10,28	10,61	8,42	6,77	8,24	15,94
2009	9,01	7,87	5,88	4,90	16,61	16,58	13,31	11,70	13,77	12,50	9,35	9,09	11,96	9,49	7,21	6,97	15,70
2010	8,30	6,82	5,04	6,54	15,63	14,92	12,66	11,85	12,18	11,79	8,98	9,58	10,09	8,91	6,52	8,04	13,88
2011	7,94	7,53	5,56	5,60	15,36	15,93	13,29	12,56	12,48	11,74	9,15	9,77	9,61	9,49	6,77	8,01	14,53
2012	9,34	8,32	4,51	6,99	16,58	15,99	13,13	12,90	13,34	12,20	8,88	10,05	11,38	9,97	6,74	7,97	15,28
2013	10,13	8,08	4,50	6,06	17,08	15,46	13,23	12,27	13,53	12,81	9,42	9,55	11,56	10,29	6,97	7,28	15,85
2014	9,00	8,17	6,09	6,66	16,56	15,03	12,99	12,44	13,14	11,73	9,78	10,22	10,48	9,70	7,83	8,18	15,31
2015	8,42	8,50	6,42	4,84	15,72	16,62	14,27	12,63	12,97	13,07	9,65	9,69	10,75	10,60	7,48	7,31	14,91
2016	9,30	8,63	6,76	7,95	16,33	15,45	12,67	13,68	13,63	12,45	10,33	10,67	10,83	10,67	8,32	8,92	15,56
2017	10,64	7,62	4,54	6,24	17,60	15,82	12,81	12,89	13,97	12,81	9,58	9,80	11,85	10,27	7,22	7,95	15,94
2018	9,61	8,01	5,49	5,01	16,93	16,90	12,12	13,07	13,45	12,33	9,30	9,92	11,20	9,83	7,45	8,16	15,60

➤ Estación Virtual N°5

Temperatura del Aire a 2m	Minimo				Maximo				Promedio				5th Quartil				95 Quartil			
	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri
1980	10,02	6,96	4,42	6,50	16,43	16,70	12,83	12,89	13,81	11,95	9,65	9,95	11,77	9,10	6,98	7,96	15,51	15,53	11,76	11,87
1981	9,12	7,04	5,13	5,49	15,69	15,61	12,44	12,40	12,91	12,24	9,53	9,78	10,84	8,81	7,24	7,41	14,72	14,60	11,64	11,74
1982	9,25	8,07	4,31	7,07	16,65	15,27	12,86	13,08	13,05	11,82	8,68	10,31	10,49	9,33	5,88	8,37	15,32	14,25	11,38	11,95
1983	9,38	8,05	6,49	4,11	16,46	15,71	12,06	13,63	13,64	12,40	9,16	9,86	11,64	10,00	7,45	7,74	15,59	14,35	10,92	12,29
1984	10,23	7,31	4,69	7,02	16,26	15,72	11,70	12,58	13,36	11,57	8,27	9,99	11,61	8,37	5,95	8,19	15,15	14,33	10,28	11,58
1985	10,23	7,60	5,95	5,55	16,48	16,17	12,76	14,25	13,74	11,61	9,94	10,00	11,54	8,91	7,54	7,70	15,53	14,53	11,46	12,28
1986	9,56	7,87	5,29	5,13	15,53	14,92	12,64	12,52	12,78	11,64	8,89	9,86	10,83	9,01	6,58	7,31	14,55	13,84	11,60	11,68
1987	9,45	5,82	5,69	6,68	17,05	17,42	13,01	14,26	13,24	12,68	9,52	10,55	10,83	9,85	6,94	8,48	16,24	15,58	11,81	12,73
1988	9,29	8,57	4,75	6,93	16,42	15,93	12,26	12,63	12,85	11,96	9,05	9,59	10,80	9,55	6,36	7,85	14,67	14,44	11,11	11,48
1989	9,12	7,01	4,57	5,03	16,32	15,28	12,30	13,41	12,85	11,88	9,48	9,92	10,44	9,58	7,19	7,05	14,83	14,32	11,58	12,28
1990	9,00	8,75	5,23	5,81	15,65	14,93	12,85	12,06	12,81	11,72	9,05	9,64	10,50	9,71	6,67	7,61	14,61	14,26	11,31	11,25
1991	7,98	5,62	4,97	4,66	16,43	14,79	12,41	13,14	12,64	11,38	8,67	9,48	10,26	8,20	6,48	7,11	14,46	13,59	11,31	12,03
1992	7,77	6,37	3,55	5,84	15,75	15,89	12,41	16,04	12,56	11,79	8,53	9,49	9,48	8,34	6,46	7,15	15,10	15,07	10,29	12,48
1993	9,81	5,39	5,51	7,14	16,39	16,17	13,04	13,10	13,02	11,92	9,25	10,19	11,24	8,00	7,24	8,14	15,05	14,59	11,40	11,99
1994	8,96	7,32	5,92	4,99	15,80	16,10	12,84	13,42	12,90	11,95	9,31	9,68	10,76	9,06	7,34	6,94	14,92	14,72	11,74	12,05
1995	9,65	8,64	3,06	6,52	16,21	15,09	12,91	12,37	13,11	12,15	7,90	9,43	11,30	10,09	4,77	7,47	14,73	13,90	11,16	11,34
1996	7,89	8,24	4,93	6,45	15,68	15,00	13,16	12,81	12,76	11,56	9,11	9,95	10,86	9,50	6,85	7,60	14,84	13,74	11,59	12,18
1997	8,41	7,47	5,21	5,41	15,09	18,48	14,33	13,16	12,29	11,92	9,68	9,97	10,55	8,86	7,20	7,87	13,95	14,14	12,15	12,14
1998	9,85	10,27	5,17	6,25	21,12	16,72	13,81	13,13	13,35	13,19	10,53	10,12	10,95	11,59	8,24	7,99	15,92	15,02	12,56	11,94
1999	9,85	7,61	6,99	5,44	16,52	14,91	12,98	13,87	13,03	11,66	9,39	10,45	11,07	9,06	7,66	8,35	15,04	13,73	11,26	12,50
2000	8,44	7,60	5,31	3,60	15,32	15,19	12,98	12,97	12,78	11,60	8,89	9,38	10,95	9,27	6,51	6,50	14,55	13,96	11,04	11,36
2001	9,61	7,00	3,18	6,01	15,76	15,00	11,54	12,84	12,44	11,15	8,67	9,98	10,56	8,76	6,30	7,92	14,41	13,32	10,67	11,90
2002	8,72	6,44	5,06	5,85	15,93	14,84	11,62	12,54	13,05	11,04	8,73	9,72	10,79	7,78	6,66	8,01	15,00	13,69	10,58	11,21
2003	9,82	8,84	4,23	6,12	15,53	15,07	12,85	12,72	12,74	12,32	9,64	10,05	11,01	10,23	7,80	8,32	14,48	14,40	11,58	11,53
2004	9,01	8,36	6,63	4,20	16,87	16,12	13,34	14,22	12,94	12,47	9,61	10,32	10,24	10,57	7,40	7,90	15,02	14,92	11,74	12,99
2005	9,33	6,44	3,96	6,98	16,44	16,34	12,18	13,16	13,22	11,78	8,82	10,00	11,20	8,82	6,41	8,07	15,28	14,80	10,81	12,02
2006	8,30	8,18	6,13	6,52	16,58	15,63	12,86	12,65	13,12	11,96	9,58	10,01	10,31	9,52	7,16	8,49	15,19	14,47	11,94	11,62
2007	9,51	7,18	4,95	6,51	16,71	15,11	11,07	13,03	12,56	11,41	8,28	9,42	10,72	8,75	6,20	7,78	14,66	13,62	10,44	11,20
2008	8,66	5,49	4,35	6,58	17,56	16,60	12,24	13,94	13,37	11,91	9,05	10,09	10,38	7,90	6,18	7,96	15,87	15,14	11,31	12,23
2009	8,48	7,22	5,53	4,60	16,19	16,07	12,94	11,57	13,57	12,09	8,98	8,86	11,67	9,02	6,85	6,78	15,51	14,85	11,12	10,56
2010	7,93	6,39	3,40	6,53	15,30	14,78	12,53	11,83	11,91	11,55	8,58	9,46	9,80	8,58	6,08	7,96	13,61	13,70	11,07	11,11
2011	7,68	6,72	5,31	5,30	15,48	15,57	12,94	12,16	12,26	11,41	8,80	9,62	9,28	9,21	6,45	7,77	14,44	14,02	10,90	11,39
2012	8,66	7,63	4,07	6,66	16,65	15,85	12,68	13,26	13,15	11,89	8,52	9,93	11,11	9,66	6,34	7,77	15,15	14,20	10,45	12,27
2013	9,76	7,56	4,05	5,73	17,00	15,35	12,95	12,21	13,34	12,46	9,08	9,39	11,26	9,81	6,57	7,00	15,69	14,57	11,70	11,35
2014	8,40	7,40	5,74	6,25	16,67	14,64	12,82	12,38	12,80	11,43	9,47	10,04	10,25	9,35	7,45	7,81	14,97	13,68	11,21	11,64
2015	8,22	8,24	6,03	3,95	15,55	16,40	13,02	12,73	12,76	12,69	9,23	9,56	10,64	10,12	6,98	7,10	14,66	15,16	11,67	11,84
2016	8,44	8,13	6,27	7,71	17,10	15,45	12,26	13,93	13,42	12,19	9,89	10,52	10,59	10,21	7,92	8,54	15,53	14,57	11,43	12,59
2017	10,33	6,37	4,20	4,99	17,19	15,38	12,60	12,84	13,65	12,56	9,25	9,72	11,47	10,02	6,70	7,74	15,57	14,29	11,58	11,43
2018	9,25	7,65	5,25	4,22	16,69	16,73	11,81	13,01	13,23	11,83	8,94	9,80	10,99	9,40	7,05	7,98	15,42	14,79	10,67	11,78

➤ Estación Virtual N° 6

Temperatura del Aire a 2m	Mínimo				Máximo				Promedio				5th Quartil				95 Quartil			
	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri
1980	9,74	7,66	3,64	5,16	15,97	16,33	12,68	12,20	13,30	11,56	9,13	9,49	11,07	8,70	6,29	7,40	15,04	15,19	11,18	11,51
1981	8,38	6,36	4,49	4,16	15,28	15,02	11,97	12,14	12,31	11,76	9,07	9,31	10,17	8,25	6,55	6,79	14,19	14,17	11,27	11,39
1982	8,48	7,37	4,05	6,50	16,28	14,77	12,50	12,49	12,53	11,40	8,02	9,81	9,89	8,97	5,21	7,99	14,74	13,96	10,80	11,45
1983	8,92	7,65	5,43	4,05	16,09	15,13	11,62	13,08	13,14	12,08	8,67	9,33	11,13	9,59	6,86	7,12	15,16	14,18	10,50	11,91
1984	9,80	6,51	4,10	6,76	15,44	15,16	10,96	12,28	12,77	11,14	7,73	9,57	10,98	7,59	5,41	7,73	14,50	14,07	9,88	11,22
1985	9,80	7,20	5,21	4,28	16,30	15,65	12,02	13,58	13,31	11,14	9,31	9,50	10,98	8,41	6,96	7,06	15,18	14,02	10,90	11,75
1986	9,12	7,42	3,99	4,60	14,99	14,46	12,36	12,05	12,22	11,04	8,32	9,40	10,27	8,49	6,01	6,93	14,02	13,18	11,09	11,24
1987	9,17	4,89	4,56	5,90	16,60	17,57	12,42	14,08	12,65	12,22	9,06	10,15	10,27	9,40	6,34	7,91	15,76	15,48	11,51	12,26
1988	8,34	8,19	4,13	6,51	15,54	15,94	12,04	12,33	12,39	11,62	8,66	9,20	10,27	9,27	5,80	7,52	14,36	14,32	10,80	11,14
1989	8,73	6,43	4,70	4,59	15,75	14,98	11,86	12,89	12,38	11,60	8,82	9,48	9,89	9,25	6,34	6,65	14,54	14,14	11,04	11,84
1990	8,61	8,36	4,32	5,43	15,53	14,76	12,56	11,68	12,32	11,31	8,49	9,19	9,98	9,31	5,97	7,14	14,37	13,94	10,88	10,73
1991	7,73	4,98	4,64	4,52	15,70	14,21	11,37	12,57	12,05	10,76	8,02	8,94	9,62	7,10	5,86	6,70	13,83	13,12	10,53	11,44
1992	7,52	6,14	3,51	5,20	15,47	15,53	11,55	13,98	12,06	11,39	8,06	9,02	8,87	7,69	5,83	6,61	14,83	14,44	9,81	11,76
1993	9,30	4,62	4,64	6,94	15,82	15,82	12,35	12,69	12,46	11,39	8,74	9,79	10,71	7,13	6,52	7,81	14,59	14,04	10,81	11,54
1994	8,24	6,21	4,56	4,25	15,36	15,72	12,49	13,31	12,33	11,44	8,72	9,11	10,27	8,48	6,74	6,26	14,36	14,09	10,96	11,67
1995	9,54	7,26	3,03	6,18	15,35	14,60	12,14	12,06	12,66	11,86	7,33	8,97	10,68	9,70	4,09	6,96	14,44	13,64	10,71	10,94
1996	7,28	7,73	5,18	5,37	15,10	14,46	12,60	12,30	12,17	11,13	8,56	9,39	10,24	8,99	6,34	7,10	14,18	13,33	10,89	11,73
1997	8,20	6,73	4,30	5,88	14,46	16,42	12,92	12,38	11,73	11,39	8,88	9,49	9,87	8,36	6,21	7,38	13,41	13,74	11,45	11,70
1998	9,54	10,13	5,93	5,61	20,39	16,01	13,49	12,60	12,82	12,90	10,05	9,72	10,35	11,31	7,90	7,52	15,84	14,81	12,15	11,68
1999	9,46	6,75	6,31	5,30	15,85	15,68	12,74	13,36	12,54	11,26	8,95	9,96	10,46	8,45	7,05	7,76	14,62	13,37	10,95	11,92
2000	8,03	7,59	4,42	2,51	15,08	14,53	12,75	12,59	12,26	11,25	8,36	8,88	10,30	8,88	6,10	5,88	14,20	13,87	10,54	10,91
2001	8,94	5,85	3,19	5,36	15,04	14,48	11,01	12,67	11,93	10,74	8,13	9,53	9,82	7,96	5,60	7,42	14,03	12,88	10,31	11,37
2002	7,88	5,34	4,48	4,61	15,78	14,67	11,30	11,97	12,62	10,51	8,23	9,26	10,37	7,38	6,19	7,59	14,63	13,15	10,23	10,82
2003	9,45	8,25	3,61	5,98	14,81	15,12	12,23	12,57	12,25	12,00	9,21	9,55	10,45	9,92	6,93	7,73	14,02	14,21	11,12	11,07
2004	8,77	8,04	5,46	3,26	15,73	15,96	12,67	13,77	12,55	12,09	9,09	9,88	9,87	10,02	6,71	7,43	14,83	14,47	11,46	12,70
2005	9,16	6,15	2,91	6,52	16,77	16,28	11,53	12,47	12,81	11,38	8,27	9,56	10,67	8,44	5,94	7,66	15,10	14,64	10,34	11,43
2006	7,81	7,68	5,12	6,15	15,83	15,24	12,37	11,75	12,76	11,59	8,94	9,55	9,75	9,10	6,46	7,93	14,90	14,11	11,29	11,20
2007	8,93	7,03	4,31	6,06	16,39	14,98	11,03	12,61	11,99	11,01	7,83	9,02	10,05	8,20	5,64	7,28	14,20	13,42	10,04	10,90
2008	8,33	5,60	4,00	6,49	17,41	15,66	11,60	13,57	13,06	11,64	8,43	9,65	9,75	7,68	5,60	7,66	15,85	15,08	10,75	11,88
2009	8,24	7,29	5,36	4,56	15,66	15,67	12,38	11,14	13,11	11,63	8,49	8,29	11,06	8,55	6,34	6,17	15,13	14,55	10,57	10,07
2010	6,97	5,87	3,58	6,06	15,13	14,82	12,02	11,61	11,47	11,34	8,09	9,06	9,30	8,21	5,43	7,47	13,18	13,60	10,67	10,73
2011	6,83	6,65	4,64	4,77	15,99	15,54	12,40	12,05	11,87	11,09	8,33	9,20	8,67	8,91	6,02	7,39	14,24	13,84	10,54	11,00
2012	8,00	7,08	3,62	6,12	16,08	15,19	11,57	13,29	12,85	11,57	8,05	9,46	10,60	9,15	5,84	7,15	15,02	13,91	10,06	11,99
2013	9,56	7,14	3,71	5,02	17,42	15,70	12,21	11,59	12,99	12,30	8,60	8,95	10,70	9,21	6,04	6,47	15,54	14,54	11,11	11,02
2014	7,84	6,10	4,56	5,58	15,79	14,69	11,77	11,90	12,33	11,10	8,95	9,56	9,80	8,55	6,91	7,12	14,57	13,64	10,71	11,17
2015	7,59	7,62	5,19	4,32	15,25	17,10	12,09	12,70	12,37	12,27	8,66	9,14	10,22	9,68	6,35	6,67	14,43	14,56	10,97	11,46
2016	8,15	7,21	6,30	7,01	16,87	15,27	12,11	13,69	13,01	11,84	9,59	10,14	9,95	9,93	7,54	8,10	15,34	14,40	11,21	12,61
2017	9,76	5,44	2,78	5,08	16,64	15,41	12,18	12,34	13,16	12,37	8,78	9,33	10,90	9,79	6,35	7,26	15,31	14,42	11,17	11,13
2018	8,56	7,08	4,26	3,78	16,45	15,91	11,09	12,10	12,82	11,45	8,54	9,43	10,52	8,89	6,51	7,49	15,10	14,54	10,35	11,35

➤ Estación Virtual N°7

Temperatura del Aire a 2m	Mínimo				Maximo				Promedio				5th Quartil				95 Quartil			
	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri
1980	9,33	7,27	3,75	5,55	15,46	15,78	12,32	11,71	12,75	11,12	8,72	9,08	10,44	8,31	5,84	7,00	14,54	14,71	10,90	10,91
1981	7,80	5,98	4,03	3,40	14,77	14,56	11,77	11,94	11,85	11,36	8,68	8,95	9,70	7,79	5,89	6,37	13,77	13,72	10,90	11,09
1982	7,92	7,04	4,02	5,76	15,94	14,68	12,04	12,31	12,08	11,10	7,64	9,39	9,43	8,64	5,25	7,41	14,43	13,73	10,38	11,11
1983	8,23	7,37	5,16	3,58	15,50	14,61	11,07	12,35	12,60	11,64	8,20	8,85	10,65	9,16	6,39	6,65	14,67	13,80	10,00	11,49
1984	9,33	5,34	3,18	6,27	15,14	14,92	10,75	12,03	12,26	10,78	7,33	9,17	10,48	7,01	5,18	7,35	14,02	13,81	9,32	11,09
1985	9,41	6,60	4,74	3,33	16,25	15,34	11,39	13,88	12,89	10,78	8,89	9,10	10,58	7,97	6,60	6,58	14,85	13,43	10,54	11,50
1986	8,66	6,75	3,93	3,87	14,51	14,00	11,93	11,88	11,76	10,64	7,84	9,02	9,80	8,01	5,61	6,40	13,58	12,76	10,61	10,88
1987	8,78	4,84	4,41	5,31	16,78	17,82	12,10	13,50	12,17	11,71	8,47	9,59	9,88	8,63	5,72	7,39	15,17	14,95	10,95	11,72
1988	8,35	7,89	4,34	6,09	14,98	15,77	11,57	11,99	11,89	11,21	8,22	8,77	9,76	8,88	5,45	7,03	13,99	14,03	10,26	10,69
1989	8,47	6,45	4,03	4,34	15,25	14,77	11,62	12,56	11,95	11,32	8,49	9,13	9,47	8,98	6,21	6,32	14,22	13,83	10,68	11,52
1990	8,26	7,87	3,89	4,60	15,60	14,52	12,27	11,62	11,92	11,03	8,10	8,91	9,60	9,01	5,49	6,83	14,24	13,67	10,52	10,52
1991	7,22	4,39	4,18	4,13	15,58	14,17	11,01	12,34	11,75	10,45	7,69	8,56	9,29	6,45	5,55	6,19	13,71	13,09	10,10	11,03
1992	7,02	5,16	3,37	4,35	14,96	15,36	11,12	13,88	11,62	11,12	7,70	8,63	8,47	7,32	5,38	6,24	14,52	14,19	9,33	11,26
1993	8,69	3,98	3,85	6,03	15,17	15,67	11,44	12,34	11,97	11,03	8,38	9,39	10,20	7,01	6,24	7,42	14,13	13,67	10,31	11,13
1994	7,74	5,23	3,87	4,20	15,27	15,42	12,26	13,03	11,98	11,15	8,32	8,73	9,94	8,13	6,20	5,68	14,08	13,90	10,49	11,36
1995	9,20	7,90	4,34	5,72	15,15	14,51	11,54	12,01	12,31	11,56	6,88	8,67	10,23	9,36	3,71	6,67	14,10	13,34	10,33	10,76
1996	7,06	7,23	5,21	4,19	14,67	14,46	12,22	12,16	11,80	10,84	8,30	9,05	9,85	8,68	6,32	6,79	13,85	13,02	10,70	11,38
1997	7,90	6,71	3,97	3,95	14,21	18,29	13,12	12,04	11,33	11,13	8,53	9,05	9,41	7,98	5,92	6,78	13,22	13,47	11,15	11,31
1998	8,60	9,54	5,03	5,02	19,28	15,16	13,21	11,94	12,31	12,51	9,70	9,33	10,03	10,87	7,47	7,16	15,23	14,29	11,73	11,32
1999	9,03	6,87	5,30	4,98	15,56	15,07	12,43	12,94	12,16	10,93	8,65	9,59	10,10	8,12	6,64	7,37	14,12	13,08	10,78	11,53
2000	7,90	6,88	4,37	2,76	15,11	14,19	12,26	12,32	11,85	10,95	8,01	8,50	9,86	8,59	6,09	5,54	13,93	13,63	10,13	10,59
2001	8,57	6,02	2,90	5,95	14,60	14,03	10,75	12,42	11,50	10,35	7,82	9,12	9,44	7,46	5,46	7,07	13,65	12,48	10,02	11,02
2002	7,62	4,46	3,36	4,15	15,47	14,27	10,94	11,79	12,15	10,16	7,86	8,92	9,90	6,93	5,67	7,16	14,35	12,78	9,88	10,49
2003	9,06	8,01	3,30	5,78	14,37	14,81	11,66	12,30	11,85	11,66	8,90	9,20	10,07	9,60	6,44	7,43	13,55	13,83	10,70	10,77
2004	8,56	8,65	5,02	3,19	15,18	15,41	12,38	13,49	12,14	11,80	8,74	9,57	9,49	9,66	6,43	7,07	14,45	14,17	11,21	12,43
2005	8,25	4,92	2,31	6,19	17,13	16,23	11,04	12,39	12,43	11,08	7,98	9,28	10,15	8,04	5,76	7,44	14,83	14,19	9,91	11,15
2006	7,45	6,97	4,85	5,37	15,98	15,19	12,02	11,51	12,52	11,29	8,71	9,28	9,42	8,87	6,39	7,59	14,75	13,84	11,04	10,88
2007	8,35	6,89	3,55	5,54	15,64	14,71	10,90	12,29	11,61	10,75	7,58	8,67	9,66	8,23	5,31	6,82	13,86	13,31	9,78	10,60
2008	8,10	6,08	3,65	6,02	17,08	15,50	11,37	12,96	12,74	11,31	8,05	9,31	9,31	7,47	5,11	7,30	15,82	14,85	10,38	11,57
2009	8,33	6,48	4,59	2,85	15,53	15,43	12,54	10,78	12,68	11,26	8,20	7,88	10,60	8,25	5,92	5,73	14,72	14,16	10,48	9,67
2010	6,45	5,65	2,78	6,04	14,94	14,83	11,59	11,42	11,08	11,03	7,82	8,77	8,87	7,83	5,34	7,17	12,81	13,45	10,41	10,49
2011	6,32	6,45	4,36	4,21	15,92	15,03	12,07	11,78	11,47	10,74	7,99	8,92	8,09	8,44	5,66	7,02	13,88	13,44	10,41	10,66
2012	7,68	5,26	2,72	5,55	15,65	14,80	11,01	13,29	12,44	11,25	7,72	9,11	10,09	8,74	5,37	6,77	14,65	13,58	9,73	11,63
2013	8,67	6,53	3,92	4,66	17,34	15,09	11,96	11,56	12,64	12,00	8,24	8,61	10,28	8,89	5,66	6,20	15,19	14,26	10,76	10,79
2014	7,46	5,87	5,09	4,86	15,47	14,20	11,80	11,62	11,88	10,74	8,63	9,20	9,25	8,27	6,60	6,69	14,09	13,10	10,40	10,89
2015	7,26	7,37	5,01	3,16	15,04	16,97	11,81	12,87	11,96	11,89	8,31	8,80	9,88	9,22	6,04	6,35	14,06	14,25	10,58	11,23
2016	7,82	6,74	6,11	6,52	16,38	14,91	12,00	13,65	12,59	11,57	9,28	9,80	9,52	9,40	7,17	7,68	15,10	14,11	11,06	12,43
2017	9,18	5,11	1,32	4,95	16,26	15,07	11,99	11,97	12,70	12,08	8,42	9,06	10,42	9,51	5,85	6,96	14,82	14,22	10,83	10,99
2018	8,30	6,47	3,78	2,43	15,94	15,74	11,03	11,87	12,42	11,11	8,36	9,17	10,06	8,65	6,28	7,11	14,73	14,06	10,09	11,13

➤ Estación Virtual N°8

Temperatura del Aire a 2m	Minimo				Maximo				Promedio				5th Quartil			95 Quartil				
	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri
1980	8,59	7,18	3,51	4,41	15,02	15,15	12,13	11,28	12,16	10,71	8,48	8,62	9,62	7,96	5,63	6,55	13,97	14,08	10,73	10,35
1981	7,56	5,31	3,73	4,31	14,20	14,43	11,57	11,63	11,27	10,99	8,43	8,47	8,99	7,57	5,70	5,96	13,27	13,34	10,60	10,58
1982	7,62	7,09	3,36	4,27	15,53	14,46	11,94	11,83	11,50	10,70	7,41	8,96	8,82	8,41	5,06	6,91	13,86	13,38	10,09	10,65
1983	7,74	7,48	4,42	3,02	14,87	14,04	10,78	11,89	11,97	11,25	7,98	8,40	10,10	8,83	6,20	6,29	14,06	13,29	9,77	10,96
1984	8,55	5,49	3,27	5,90	14,32	14,73	10,28	11,74	11,61	10,39	7,10	8,82	9,89	6,50	5,15	7,13	13,39	13,25	8,99	10,92
1985	8,93	6,06	3,99	3,38	15,19	14,63	10,98	11,97	12,35	10,38	8,62	8,65	10,14	7,78	6,38	6,26	14,27	12,94	10,34	10,87
1986	8,48	6,30	3,55	3,97	14,03	13,74	11,77	11,13	11,21	10,25	7,51	8,58	9,31	7,69	5,43	6,16	13,05	12,31	10,22	10,42
1987	8,17	4,12	4,48	5,05	15,78	16,13	11,72	12,98	11,60	11,27	8,17	9,16	9,30	8,46	5,62	7,00	14,44	14,29	10,62	11,22
1988	7,34	7,86	3,16	5,76	14,34	15,54	11,32	11,50	11,35	10,88	7,98	8,43	9,18	8,77	5,28	6,85	13,49	13,56	10,00	10,22
1989	7,92	6,09	3,56	3,88	15,19	14,59	11,36	12,18	11,50	10,98	8,19	8,75	8,88	8,68	5,91	6,04	13,82	13,50	10,31	11,14
1990	7,94	7,48	3,25	5,16	14,95	14,28	11,76	11,13	11,36	10,68	7,75	8,50	8,97	8,63	5,28	6,65	13,77	13,39	10,22	10,05
1991	6,42	4,10	3,37	3,64	15,27	13,56	10,72	11,85	11,16	10,06	7,42	8,08	8,80	6,64	5,30	5,85	13,27	12,76	9,79	10,58
1992	6,61	4,87	3,44	3,61	14,77	14,85	10,92	11,77	11,05	10,83	7,42	8,12	7,96	7,19	5,14	5,87	14,08	13,86	8,99	10,60
1993	8,44	3,39	3,42	6,12	14,60	15,31	10,77	11,83	11,40	10,65	8,09	8,93	9,60	6,97	5,96	7,05	13,37	13,19	9,91	10,64
1994	7,06	4,76	3,89	2,94	14,78	14,56	11,87	12,23	11,41	10,70	7,98	8,20	9,39	7,72	5,83	5,24	13,54	13,57	10,11	10,95
1995	8,92	7,80	1,38	3,53	14,88	14,42	11,59	11,88	11,84	11,23	6,54	8,26	9,90	8,96	3,33	6,22	13,65	13,00	9,89	10,20
1996	7,19	6,00	4,57	4,05	14,26	14,00	12,08	11,75	11,22	10,42	8,00	8,55	9,26	8,20	6,14	6,35	13,19	12,52	10,27	10,83
1997	7,03	5,99	3,84	2,18	13,84	14,00	13,09	11,60	10,67	10,58	8,22	8,58	8,81	7,50	5,80	6,36	12,51	12,85	10,78	10,73
1998	8,23	9,20	4,53	4,80	17,96	14,86	13,15	11,36	11,68	12,22	9,39	8,86	9,65	10,29	7,21	6,69	14,54	13,90	11,53	10,80
1999	8,33	6,59	4,54	4,72	15,35	14,05	12,17	12,43	11,57	10,53	8,42	9,15	9,57	7,94	6,53	7,04	13,59	12,69	10,46	11,04
2000	7,65	6,16	3,99	2,47	14,25	13,73	12,34	11,90	11,25	10,61	7,82	8,03	9,21	8,48	6,06	5,52	13,33	13,14	9,76	10,18
2001	7,95	5,78	3,30	5,08	14,24	13,31	10,59	11,58	10,92	9,91	7,56	8,70	8,96	6,87	5,48	6,75	13,05	12,04	9,73	10,59
2002	7,37	5,56	3,08	4,32	15,02	13,80	10,48	11,20	11,44	9,68	7,52	8,49	9,38	6,82	5,44	6,86	13,67	12,21	9,51	10,01
2003	8,42	7,80	2,42	5,50	13,85	14,57	11,71	11,77	11,31	11,25	8,63	8,64	9,59	9,18	6,31	6,85	12,96	13,42	10,42	10,25
2004	8,19	8,07	4,50	3,61	14,47	15,03	12,19	12,98	11,59	11,38	8,42	9,11	9,01	9,33	6,15	6,58	13,93	13,63	10,97	11,75
2005	8,04	3,80	1,60	5,88	15,90	15,65	11,32	11,68	11,84	10,69	7,74	8,83	9,69	7,81	5,61	7,16	14,20	13,59	9,64	10,58
2006	6,87	5,97	4,26	5,04	15,69	14,98	12,02	10,99	12,03	10,93	8,46	8,86	8,85	8,63	5,93	7,28	14,43	13,39	10,83	10,35
2007	8,05	6,70	2,93	4,48	14,40	14,20	10,54	11,89	11,03	10,42	7,34	8,20	9,09	8,03	5,07	6,42	13,31	12,95	9,38	9,99
2008	7,70	5,56	3,44	5,82	16,59	15,15	11,24	12,12	12,19	10,95	7,74	8,82	8,71	7,43	4,74	6,91	15,49	14,40	10,20	10,71
2009	8,31	5,78	4,14	2,85	15,01	14,96	12,11	10,31	11,99	10,83	7,86	7,38	9,75	7,71	5,60	5,20	14,03	13,81	10,27	9,09
2010	5,95	5,85	3,22	4,98	14,21	14,60	11,31	10,95	10,49	10,64	7,48	8,32	8,21	7,56	5,25	6,73	12,34	12,87	9,99	9,92
2011	5,31	5,35	4,04	3,59	14,58	14,13	11,38	11,29	10,79	10,24	7,71	8,47	7,44	7,77	5,52	6,64	13,25	12,93	10,11	10,10
2012	6,80	4,71	3,20	5,20	14,97	14,35	10,83	12,20	11,75	10,82	7,43	8,59	9,30	8,28	5,22	6,38	14,06	13,15	9,43	11,00
2013	7,89	5,42	3,62	4,12	16,53	14,83	11,32	11,23	12,10	11,68	7,88	8,12	9,66	8,68	5,39	6,02	14,77	13,96	10,44	10,31
2014	7,00	5,29	4,16	4,15	14,76	13,95	11,53	11,16	11,21	10,34	8,35	8,70	8,79	8,05	6,41	6,33	13,33	12,64	10,18	10,35
2015	6,38	6,28	4,26	3,09	14,44	14,84	11,73	11,74	11,31	11,39	7,97	8,27	9,37	8,66	5,60	5,97	13,48	13,74	10,16	10,58
2016	7,41	6,33	5,87	5,90	15,67	14,51	11,82	12,82	11,99	11,17	9,09	9,27	8,87	8,80	7,03	7,16	14,62	13,84	10,95	11,65
2017	8,62	4,25	2,89	5,03	15,95	14,76	11,64	11,54	12,01	11,62	8,14	8,66	9,78	9,24	5,61	6,60	14,02	13,74	10,49	10,53
2018	7,54	6,45	3,62	2,91	15,18	15,06	10,90	11,56	11,79	10,64	8,17	8,75	9,53	8,34	6,06	6,72	14,08	13,41	9,90	10,58

➤ Estación Virtual N°9

Temperatura del Aire a 2m	Mínimo				Maximo				Promedio				5th Quartil				95 Quartil			
	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri
1980	8,43	6,18	2,76	2,85	14,74	14,84	12,13	11,08	11,78	10,37	8,02	8,33	9,24	7,60	5,25	6,24	13,79	13,74	10,17	10,13
1981	7,38	4,74	3,12	4,01	13,71	13,80	11,54	11,58	10,91	10,67	8,12	8,33	8,57	7,12	5,31	5,72	13,12	13,12	10,43	10,39
1982	7,45	6,71	2,73	3,93	15,13	14,50	11,68	11,62	11,25	10,35	7,00	8,76	8,60	7,96	4,36	6,68	13,74	13,06	9,64	10,62
1983	7,26	6,82	4,46	3,80	14,75	14,01	10,66	12,22	11,67	11,03	7,80	8,19	9,71	8,59	5,82	6,05	13,70	13,17	9,68	10,76
1984	8,58	4,77	2,26	5,51	14,11	14,80	9,98	11,57	11,36	10,09	6,87	8,71	9,48	5,93	4,89	6,94	13,26	13,18	8,82	10,77
1985	8,44	5,82	3,58	2,97	14,83	14,51	10,89	11,93	12,16	10,15	8,35	8,46	9,94	7,63	5,98	5,92	14,11	12,84	10,17	10,73
1986	8,05	5,60	2,81	3,26	13,45	13,29	11,35	11,71	10,84	9,87	7,14	8,33	8,91	7,18	4,95	5,84	12,63	12,04	9,95	10,17
1987	7,91	4,05	3,88	4,88	15,34	15,39	11,80	12,91	11,19	10,93	8,07	9,05	8,99	8,30	5,45	7,00	13,78	13,67	10,51	11,08
1988	7,20	7,63	3,48	5,60	14,07	15,53	11,22	11,26	11,10	10,66	7,81	8,33	8,83	8,39	4,98	6,79	13,33	13,44	10,07	10,03
1989	7,86	5,82	2,50	3,40	14,73	14,55	11,06	11,77	11,16	10,68	7,87	8,57	8,54	8,29	5,78	5,95	13,58	13,28	10,02	10,80
1990	7,63	6,97	2,87	5,19	14,38	14,33	11,31	10,62	11,00	10,38	7,42	8,30	8,67	8,33	5,00	6,36	13,67	13,23	9,83	9,87
1991	6,07	3,39	2,59	3,18	14,02	13,36	10,13	11,53	10,81	9,69	7,10	7,84	8,13	5,83	5,03	5,66	13,02	12,49	9,36	10,33
1992	6,31	4,31	2,09	2,68	14,68	14,50	10,26	11,53	10,71	10,48	7,10	7,88	7,60	6,62	4,94	5,52	13,78	13,56	8,72	10,48
1993	8,22	3,15	3,52	5,82	14,43	15,27	10,38	11,97	11,18	10,31	7,82	8,76	9,31	6,16	5,39	6,75	13,12	12,82	9,68	10,58
1994	6,86	4,67	3,21	2,65	14,43	14,33	11,64	12,94	11,14	10,31	7,60	7,90	9,09	7,16	5,21	4,87	13,20	13,33	9,74	10,77
1995	8,46	7,37	0,52	2,86	14,38	13,84	11,38	11,73	11,57	10,88	6,09	8,05	9,65	8,54	2,90	6,01	13,41	12,92	9,32	10,03
1996	6,28	5,18	3,78	3,88	13,93	13,74	12,08	11,41	10,85	10,13	7,65	8,20	8,98	7,77	5,81	6,00	12,86	12,29	9,68	10,33
1997	6,96	5,20	3,08	4,85	13,64	13,81	11,99	11,64	10,38	10,11	7,73	8,45	8,46	6,81	4,96	6,05	12,29	12,58	10,16	10,71
1998	7,92	8,81	2,33	4,31	16,23	14,69	13,10	11,14	11,33	11,84	9,10	8,60	9,37	9,64	6,95	6,37	14,21	13,59	11,30	10,60
1999	7,78	6,17	3,54	4,56	15,22	13,09	11,82	12,26	11,24	10,14	8,17	8,98	9,29	7,45	6,22	6,89	13,34	12,28	10,25	10,82
2000	6,93	5,59	3,30	1,65	13,72	13,34	11,28	11,87	10,82	10,30	7,50	7,72	8,86	8,18	5,52	4,97	12,86	12,72	9,43	10,02
2001	7,56	3,87	3,39	4,77	14,04	12,98	10,49	11,20	10,57	9,52	7,18	8,45	8,61	6,45	4,92	6,43	12,78	11,75	9,44	10,44
2002	6,91	5,06	2,80	5,58	14,24	13,33	10,21	10,73	10,83	9,14	7,10	8,26	8,93	6,13	4,83	6,76	13,02	11,74	9,12	9,79
2003	7,88	6,82	2,88	4,90	13,25	14,35	11,28	11,56	10,97	10,91	8,33	8,33	9,34	8,58	5,66	6,49	12,55	13,02	10,16	9,98
2004	8,02	7,93	4,25	2,30	14,56	14,33	11,87	12,83	11,18	10,93	8,00	8,84	8,82	8,95	5,57	6,21	13,48	13,23	10,53	11,55
2005	7,43	5,86	2,23	5,64	15,78	15,69	10,72	11,39	11,52	10,30	7,36	8,62	9,25	7,40	5,23	6,90	13,83	13,17	9,33	10,33
2006	6,49	6,08	4,15	4,63	15,44	14,96	11,76	10,69	11,79	10,59	8,00	8,62	8,68	8,17	5,52	6,92	14,34	13,14	10,59	10,10
2007	7,73	6,15	2,95	5,25	13,84	13,64	10,52	11,62	10,67	10,06	7,09	7,97	8,70	7,57	4,88	6,16	12,85	12,64	9,08	9,78
2008	7,30	5,81	2,83	5,11	16,35	14,71	10,92	11,79	11,81	10,46	7,36	8,60	8,54	6,82	4,40	6,74	15,17	13,95	9,86	10,48
2009	7,69	5,18	3,07	2,82	14,57	14,73	11,20	9,92	11,66	10,40	7,52	7,09	9,43	7,48	5,24	4,81	13,73	13,45	9,82	8,82
2010	5,43	5,14	2,99	3,97	13,99	14,55	11,01	10,78	10,20	10,33	7,21	8,10	7,86	7,27	5,01	6,38	12,17	12,59	9,60	9,73
2011	4,69	5,13	3,98	2,48	14,33	14,08	11,05	10,57	10,47	9,91	7,41	8,21	7,15	7,33	5,30	6,40	12,98	12,62	9,61	9,60
2012	6,78	3,79	3,59	4,83	14,62	13,88	10,73	11,97	11,19	10,37	7,11	8,31	9,04	7,83	4,84	6,04	13,39	12,92	9,18	10,66
2013	8,11	5,17	3,17	3,53	15,91	14,75	11,39	10,95	11,82	11,39	7,56	7,86	9,19	8,25	5,00	5,76	14,51	13,74	10,12	10,03
2014	6,27	5,45	3,44	4,30	14,02	13,61	11,29	10,79	10,81	9,96	8,03	8,42	8,24	7,47	5,95	6,22	12,94	12,34	9,90	10,16
2015	5,86	6,06	4,13	3,06	14,41	15,37	11,35	11,32	10,89	10,96	7,67	8,02	8,91	8,26	5,29	5,73	13,11	13,30	9,93	10,44
2016	6,71	5,79	4,75	4,65	15,34	14,35	11,79	12,70	11,58	10,79	8,76	9,04	8,46	8,37	6,47	6,90	14,43	13,57	10,86	11,45
2017	7,86	5,36	2,74	4,46	15,52	14,21	11,34	11,65	11,59	11,25	7,86	8,51	9,46	8,95	5,33	6,46	13,54	13,27	10,28	10,43
2018	7,02	5,81	3,51	2,28	15,00	14,87	10,73	11,40	11,48	10,24	7,81	8,47	9,15	7,86	5,51	6,37	13,77	13,15	9,80	10,29

➤ Estación Virtual N°10

Temperatura del Aire a 2m	Mínimo				Máximo				Promedio				5th Quartil				95 Quartil			
	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri
1980	7,71	5,13	2,50	3,47	14,07	14,38	11,77	10,84	11,17	10,02	7,61	8,02	8,77	7,36	4,92	5,87	13,20	13,16	9,76	9,80
1981	6,38	4,00	2,09	3,58	13,73	13,89	11,10	11,38	10,56	10,32	7,75	8,04	8,13	6,64	4,90	5,39	12,88	12,83	9,99	10,01
1982	7,10	6,10	3,19	3,24	14,77	14,12	11,50	12,19	10,86	10,06	6,69	8,43	8,29	7,56	3,98	6,20	13,25	12,75	9,32	10,37
1983	6,64	6,11	3,59	2,05	14,48	13,99	10,44	11,78	11,27	10,76	7,54	7,91	9,20	8,05	5,36	5,87	13,41	12,93	9,41	10,36
1984	7,91	3,75	2,29	5,12	13,55	14,67	9,52	11,57	10,86	9,73	6,38	8,43	9,00	5,66	4,04	6,69	12,65	12,89	8,41	10,55
1985	7,98	4,54	3,33	1,64	14,34	13,89	10,71	11,33	11,69	9,81	7,98	8,14	9,50	7,16	5,57	5,49	13,66	12,51	9,84	10,39
1986	7,62	4,77	3,00	2,91	13,17	12,80	10,51	11,41	10,43	9,53	6,80	7,97	8,55	6,84	4,45	5,46	12,18	11,70	9,56	9,79
1987	7,57	4,73	2,18	4,03	14,73	14,69	11,48	12,62	10,66	10,53	7,77	8,72	8,61	7,91	5,19	6,62	13,08	13,06	10,07	10,78
1988	6,92	6,88	1,98	5,20	13,64	14,91	10,39	11,10	10,66	10,34	7,47	8,16	8,51	8,17	4,53	6,56	12,80	13,12	9,81	9,90
1989	7,38	5,71	2,15	3,03	14,25	14,20	10,79	11,42	10,73	10,35	7,56	8,31	8,26	7,76	5,40	5,66	13,06	12,92	9,59	10,47
1990	7,21	6,38	2,14	4,06	14,18	14,08	10,83	10,62	10,69	10,09	7,12	8,02	8,25	7,91	4,62	6,04	13,37	13,03	9,39	9,58
1991	5,31	3,09	2,92	2,64	13,63	13,01	10,18	11,00	10,38	9,41	6,90	7,61	7,65	5,67	4,85	5,51	12,75	12,25	9,05	10,07
1992	5,64	4,04	2,86	2,49	14,46	14,20	9,35	11,05	10,35	10,22	6,83	7,63	7,19	6,37	4,47	5,18	13,43	13,34	8,39	10,06
1993	7,75	3,10	2,71	5,46	14,24	15,06	10,19	12,08	10,85	9,96	7,47	8,45	9,04	5,93	4,76	6,53	12,83	12,49	9,31	10,31
1994	6,24	4,37	2,80	2,44	13,75	14,25	11,33	11,58	10,73	9,94	7,20	7,57	8,77	6,43	4,81	4,35	12,71	13,05	9,34	10,44
1995	7,94	6,56	0,47	2,89	13,98	13,29	10,74	11,63	11,21	10,50	5,65	7,76	9,31	8,15	2,46	5,75	13,01	12,54	8,65	9,71
1996	6,21	5,40	3,23	3,21	13,45	13,41	11,62	10,93	10,35	9,78	7,27	7,88	8,58	7,39	5,38	5,69	12,19	11,92	9,23	9,84
1997	6,01	3,11	2,66	3,52	13,08	13,50	11,46	11,65	9,90	9,72	7,33	8,20	7,97	6,28	4,37	5,70	11,88	12,02	9,77	10,40
1998	7,67	8,64	3,22	3,49	14,60	14,54	11,98	10,99	10,95	11,48	8,78	8,32	8,98	9,22	6,55	6,19	13,45	13,30	11,00	10,29
1999	7,37	5,31	2,44	4,49	14,76	12,61	11,39	12,13	10,78	9,77	7,83	8,71	8,87	7,22	5,78	6,55	12,92	11,81	9,87	10,60
2000	6,67	4,28	2,65	1,82	13,42	13,04	10,73	11,41	10,40	10,06	7,05	7,37	8,41	7,95	5,07	4,70	12,55	12,49	8,95	9,70
2001	6,92	3,68	2,80	4,63	13,60	12,72	10,03	10,77	10,15	9,17	6,69	8,08	8,22	5,93	4,49	5,96	12,31	11,44	8,83	9,93
2002	6,81	2,89	2,53	4,93	13,61	12,93	9,67	10,56	10,27	8,72	6,67	8,00	8,35	5,70	4,22	6,42	12,33	11,40	8,65	9,59
2003	7,60	6,76	1,59	4,14	12,73	14,02	11,05	11,17	10,65	10,60	7,95	7,98	8,97	8,19	5,40	5,96	12,18	12,72	9,76	9,62
2004	7,92	7,38	3,21	1,70	14,53	14,12	11,48	12,19	10,83	10,68	7,63	8,51	8,56	8,73	5,18	5,93	13,09	12,92	10,12	11,01
2005	7,20	5,35	1,56	5,04	15,25	15,24	10,39	11,10	11,06	9,88	6,93	8,31	8,66	6,82	4,53	6,44	13,09	12,49	8,88	10,07
2006	6,05	5,30	3,48	4,02	16,11	14,54	11,84	10,60	11,42	10,29	7,52	8,42	8,34	7,75	4,85	6,55	14,04	12,76	10,04	9,93
2007	7,32	4,97	2,15	4,69	13,87	13,57	10,37	11,12	10,38	9,78	6,74	7,60	8,28	7,19	4,46	5,79	12,49	12,35	8,79	9,37
2008	7,17	4,55	1,95	4,78	15,54	14,02	10,49	11,50	11,23	10,02	6,90	8,24	8,17	6,40	4,02	6,25	14,16	13,34	9,26	10,09
2009	7,49	3,99	2,39	2,02	13,95	14,14	10,70	9,47	11,10	9,95	7,13	6,70	9,05	6,93	4,72	4,37	13,10	12,98	9,43	8,47
2010	5,14	4,76	2,05	5,04	13,37	14,09	10,48	10,55	9,80	9,95	6,83	7,81	7,42	6,76	4,50	6,22	11,73	12,33	9,06	9,48
2011	4,33	4,47	3,36	2,42	13,88	13,93	10,39	9,99	9,99	9,56	7,00	7,90	6,65	7,09	4,78	5,83	12,42	12,19	9,16	9,25
2012	6,28	4,57	2,61	4,25	14,12	13,57	10,49	11,43	10,72	9,94	6,75	7,97	8,63	7,22	4,45	5,62	12,88	12,50	8,74	10,22
2013	6,91	5,06	2,44	2,69	15,26	14,30	11,28	10,60	11,41	10,98	7,24	7,47	9,00	7,75	4,44	5,23	13,97	13,33	9,85	9,58
2014	5,39	5,28	2,94	3,22	13,15	13,28	10,36	11,07	10,27	9,53	7,65	8,04	7,85	7,05	5,41	5,67	12,27	12,05	9,50	9,84
2015	4,83	5,98	3,73	2,30	14,10	15,60	10,72	11,51	10,42	10,50	7,28	7,67	8,43	7,80	5,01	5,19	12,60	12,77	9,47	10,18
2016	5,80	4,77	3,38	3,25	15,12	13,87	11,43	12,21	11,01	10,29	8,36	8,71	8,10	7,87	5,82	6,49	13,84	13,07	10,56	10,93
2017	6,85	4,68	3,33	4,10	14,85	13,65	10,62	11,25	11,14	10,84	7,55	8,25	9,07	8,73	4,91	6,06	12,98	12,60	9,81	10,13
2018	6,84	4,35	3,07	1,68	14,49	14,68	10,34	11,28	11,03	9,89	7,34	8,13	8,69	7,60	4,85	5,94	13,24	12,73	9,37	10,06

10.2 ANEXO OE3:

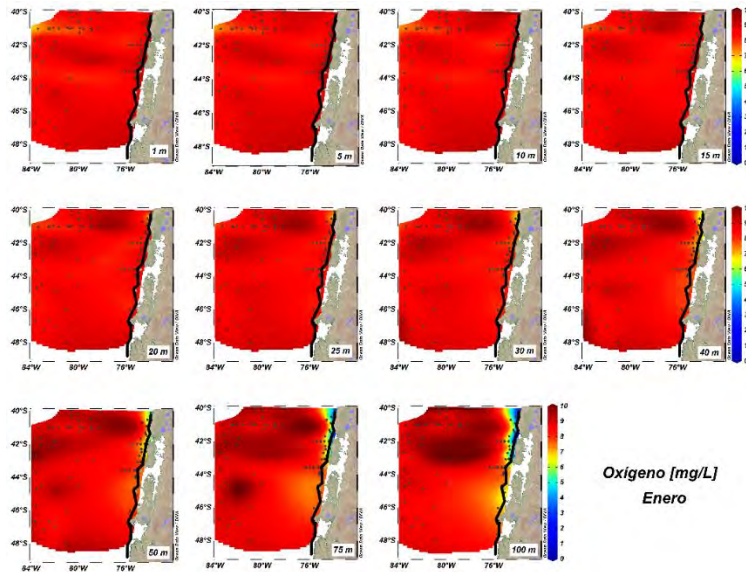


Figura 155. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de enero.

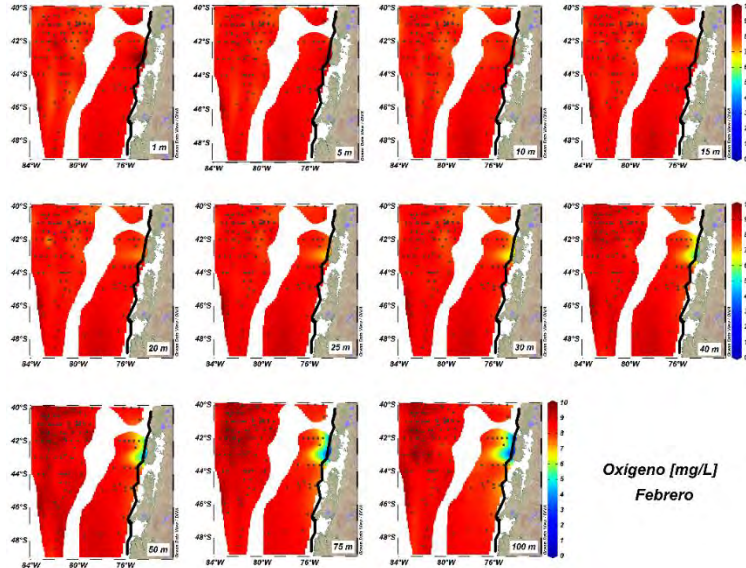


Figura 156. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de febrero.

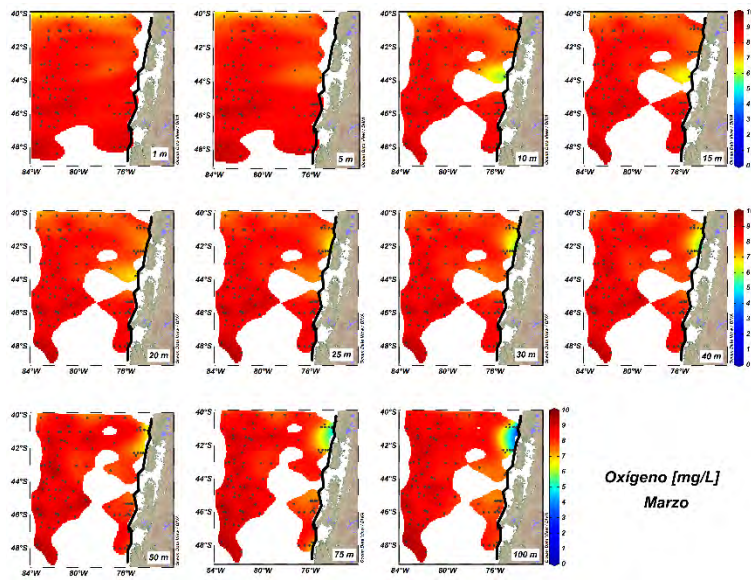


Figura 157. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de marzo.

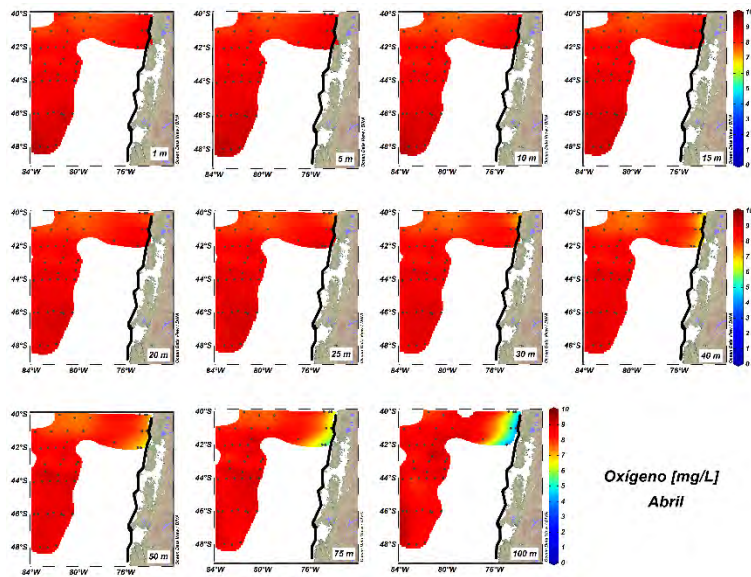


Figura 158. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de abril.

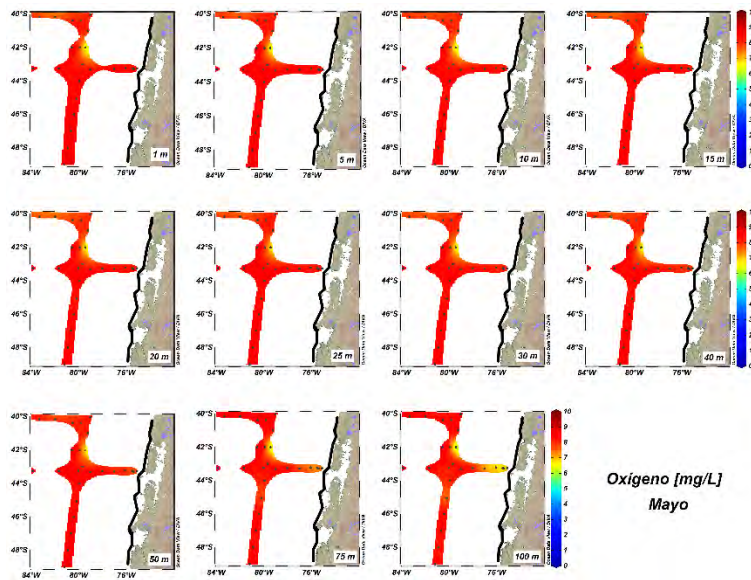


Figura 159. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de mayo.

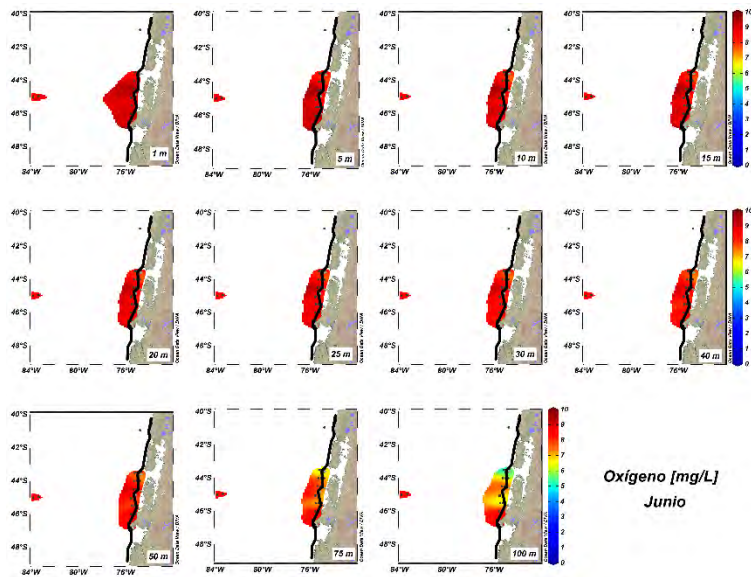


Figura 160. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de junio.

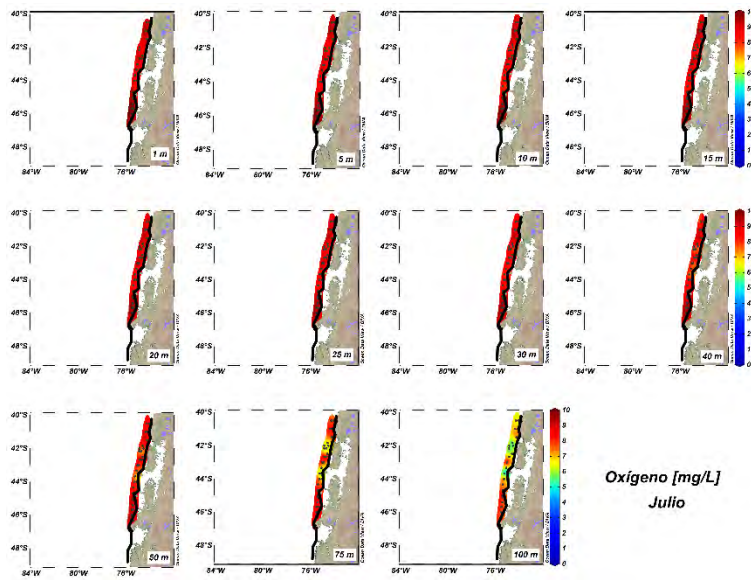


Figura 161. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de julio.

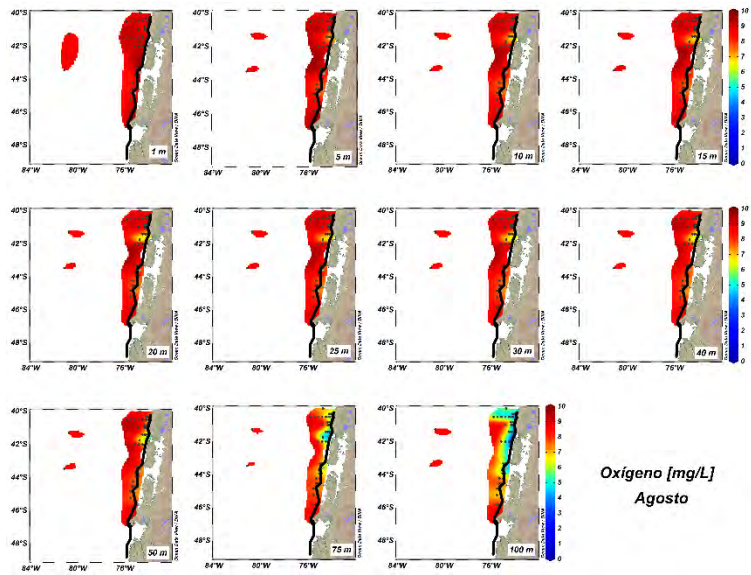


Figura 162. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de agosto.

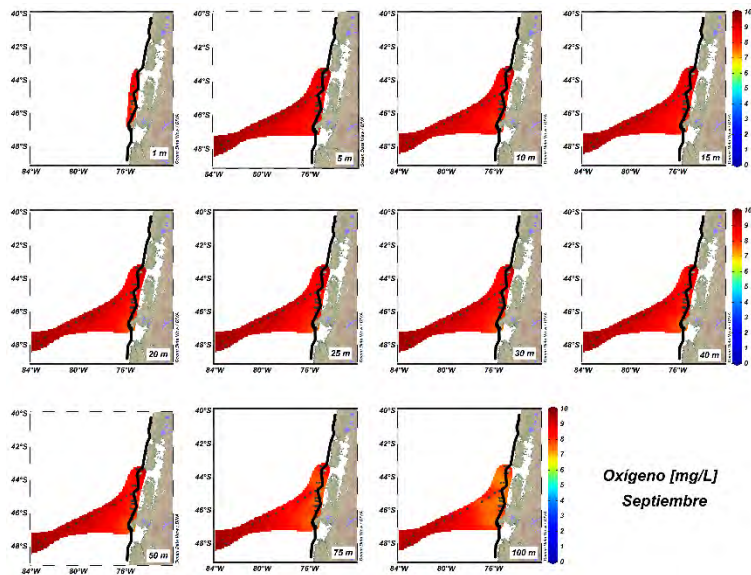


Figura 163. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de septiembre.

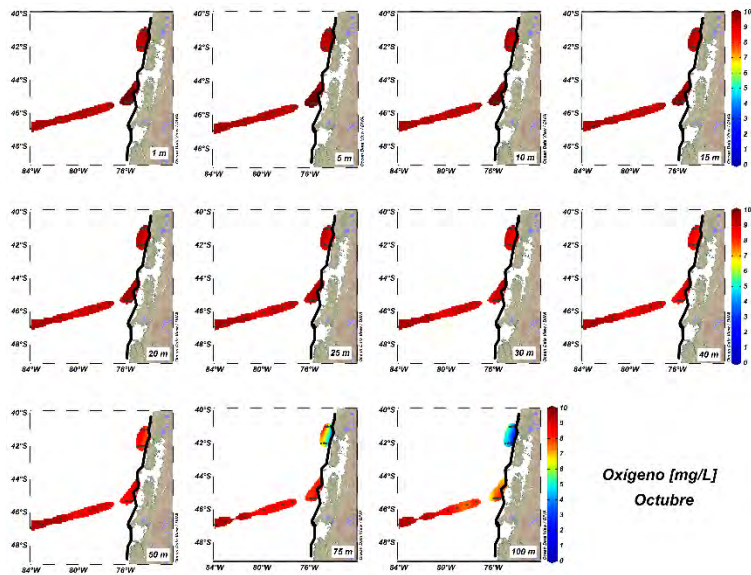


Figura 164. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de octubre.

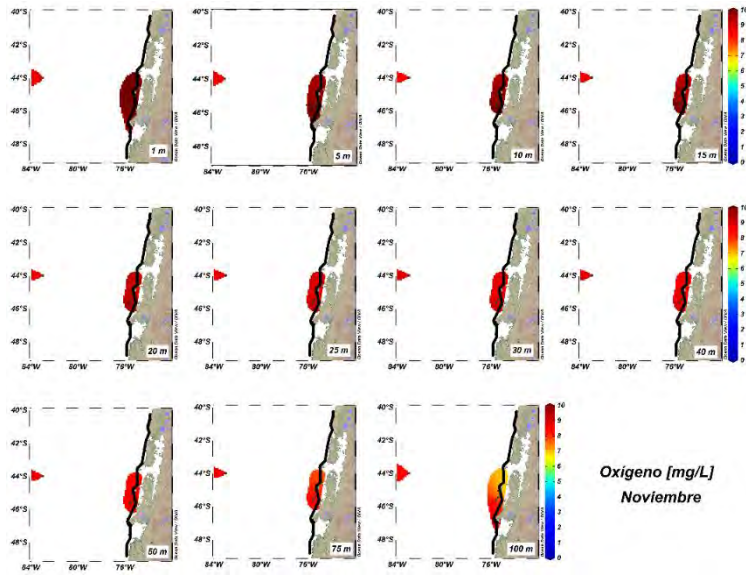


Figura 165. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones realizadas en los meses de noviembre.

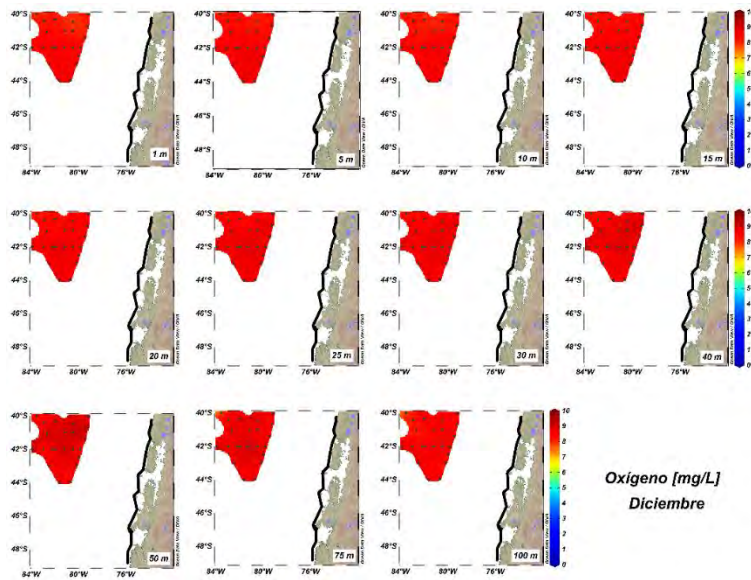


Figura 166. Climatología de la distribución de oxígeno disuelto (mg/L) por estrato de profundidad a: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100 m de profundidad en la región de estudio en las mediciones real

10.3 ANEXO OE3: ESTACIONES DE MUESTREO Y AMBIENTAL RECOLECTADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Tabla 49. Información de las estaciones de muestreo y ambiental recolectada del área de estudio.

No	Crucero	Estación	Tipo	LON (°W)	LAT (°S)	Prof (m)	TOC (%)	MOT (%)	pH	REDOX (mV)	Referencia
1	PUCK	7173	Biológica	-74,788	-42,089	160	1,34	ND	ND	ND	Palma et al., 2005
2	PUCK	7172	Biológica	-74,771	-42,410	286	1,56	ND	ND	ND	Palma et al., 2005
3	PUCK	7176	Biológica	-74,806	-42,589	480	ND	ND	ND	ND	Palma et al., 2005
4	PUCK	7177	Biológica	-74,837	-42,583	971	3,53	ND	ND	ND	Palma et al., 2005
5	PUCK	7174	Biológica	-75,018	-42,544	1445	3,4	ND	ND	ND	Palma et al., 2005
6	PUCK	7175	Biológica	-75,210	-42,452	1876	3,12	ND	ND	ND	Palma et al., 2005
7	INSPIRE	AGT1	Biológica	-75,594	-46,920	460	ND	ND	ND	ND	Quiroga & Levin, 2005
8	INSPIRE	AGT2	Biológica	-75,600	-46,903	497	ND	ND	ND	ND	Quiroga & Levin, 2005
9	CIMAR-8	1	Biológica	-74,613	-43,755	240	ND	ND	ND	ND	Rozbaczyló et al., 2006a, 2006b
10	CIMAR-17	50B	Biológica	-74,405	-43,820	177	ND	ND	ND	ND	Rozbaczyló et al., 2017
11	CIMAR-13	102	Biológica	-74,633	-43,783	227	ND	ND	ND	ND	Rozbaczyló et al., 2017
12	CIMAR-13	103	Biológica	-74,233	-43,650	196	ND	ND	ND	ND	Rozbaczyló et al., 2017
13	CIMAR-20	2	Biológica	-75,019	-41,292	150	ND	ND	ND	ND	Rozbaczyló et al., 2017
14	CIMAR-20	91	Biológica	-74,762	-47,644	535	ND	ND	ND	ND	Rozbaczyló et al., 2017
15	CIMAR-20	93	Biológica	-74,645	-47,370	156	ND	ND	ND	ND	Rozbaczyló et al., 2017
16	USNS Eltanin	333	Biológica	-75,580	-42,930	3361	ND	ND	ND	ND	Blake, 2017
17	RV Vema	V17-7	Biológica	-75,080	-40,320	112	ND	ND	ND	ND	Blake, 2017
18	RV Vema	V1712	Biológica	-74,920	-43,500	397	ND	ND	ND	ND	Blake, 2017
19	RV Vema	V17-10	Biológica	-75,412	-43,243	ND	ND	ND	ND	ND	Blake, 2017
20	RV Vema	V15-89	Biológica	-74,325	-42,083	375	ND	ND	ND	ND	Maurer & Williams, 1988
26	RV Vema	V17-10	Biológica	-75,133	-43,400	397	ND	ND	ND	ND	Maurer & Williams, 1988
27	RV Vema	V17-13	Biológica	-75,900	-46,992	2470	ND	ND	ND	ND	Maurer & Williams, 1988

28	RV Vema	V17-14	Biológica	-75,733	-47,017	1201	ND	ND	ND	ND	Maurer & Williams, 1988
29	RV Vema	V17-15	Biológica	-75,767	-47,033	626	ND	ND	ND	ND	Maurer & Williams, 1988
30	Mar Chile I	103	Biológica	-75,005	-40,864	105	ND	ND	ND	ND	Hartmann- Schröder, 1965
31	Mar Chile I	104	Biológica	-74,755	-40,896	111	ND	ND	ND	ND	Hartmann- Schröder, 1965
32	Mar Chile I	105	Biológica	-74,501	-40,894	120	ND	ND	ND	ND	Hartmann- Schröder, 1965
33	Mar Chile I	106	Biológica	-74,277	-40,903	220	ND	ND	ND	ND	Hartmann- Schröder, 1965
34	Mar Chile I	107	Biológica	-74,068	-40,900	176	ND	ND	ND	ND	Hartmann- Schröder, 1965
35	Mar Chile I	109	Biológica	-74,250	-42,275	144	ND	ND	ND	ND	Hartmann- Schröder, 1965
36	Mar Chile I	111	Biológica	-74,421	-42,262	174	ND	ND	ND	ND	Hartmann- Schröder, 1965
37	Mar Chile I	112	Biológica	-74,607	-42,260	180	ND	ND	ND	ND	Hartmann- Schröder, 1965
38	Biomar V	2	Sedimentaria	-74,060	-41,020	165	ND	6,37	ND	ND	Melo et al., 2007
43	Biomar V	4	Sedimentaria	-74,060	-41,080	158	ND	6,06	ND	ND	Melo et al., 2007
44	Biomar V	6	Sedimentaria	-74,040	-41,400	153	ND	3,5	ND	ND	Melo et al., 2007
45	PUCK	7177	Sedimentaria	-74,837	-42,583	905	ND	17	ND	ND	Muñoz et al., 2004
46	PUCK	7174	Sedimentaria	-75,018	-42,544	1221	ND	18	ND	ND	Muñoz et al., 2004
47	PUCK	7175	Sedimentaria	-75,211	-42,452	1961	ND	16	ND	ND	Muñoz et al., 2004
48	CIMAR 24	1	Sedimentaria	-74,831	-41,518	1071	ND	ND	7,89	-42	García et al., 2019
49	CIMAR 24	2	Sedimentaria	-75,519	-42,512	1916	ND	ND	7,27	-132	García et al., 2019
50	CIMAR 24	3	Sedimentaria	-74,437	-42,468	166	ND	ND	7,71	-13	García et al., 2019
51	CIMAR 24	4	Sedimentaria	-74,618	-43,775	239	ND	ND	7,57	-108	García et al., 2019
52	CIMAR 24	5	Sedimentaria	-75,309	-44,431	226	ND	ND	7,69	-31	García et al., 2019
53	CIMAR 24	6	Sedimentaria	-74,992	-44,189	917	ND	ND	7,66	-72	García et al., 2019
54	CIMAR 24	7	Sedimentaria	-75,082	-44,133	1070	ND	ND	7,73	-123	García et al., 2019
55	CIMAR 24	8	Sedimentaria	-75,375	-44,180	1619	ND	ND	7,83	-116	García et al., 2019
56	CIMAR 24	9	Sedimentaria	-75,837	-44,232	3388	ND	ND	7,77	-55	García et al., 2019
57	CIMAR 24	10	Sedimentaria	-74,567	-45,076	317	ND	ND	7,52	42	García et al., 2019
58	CIMAR 24	11	Sedimentaria	-75,750	-44,754	2952	ND	ND	ND	ND	García et al., 2019
59	CIMAR 24	12	Sedimentaria	-75,066	-45,466	134	ND	ND	7,43	148	García et al., 2019

Tabla 50. Lista de especies pertenecientes al macrobentos y sus abundancias relativas recolectadas en la Expedición PUCK 2001 (42,5°S). Fuente: Palma et al. (2005).

No	Taxa	Grupo	% Abundancia relativa
1	<i>Aglaophamus macroura</i>	Polychaeta	0,06
2	Ampeliscidae	Crustacea	2,77
3	Amphipoda sp. A	Crustacea	4,24
4	Amphipoda sp. B	Crustacea	1,02
5	Amphipoda sp. C	Crustacea	3,39
6	Amphipoda sp. D	Crustacea	0,17
7	Anthozoa	Cnidaria	0,62
8	<i>Aphelochaeta monolaris</i>	Polychaeta	9,77
9	<i>Aricidea ramosa</i>	Polychaeta	0,11
10	<i>Aricidea</i> sp.	Polychaeta	0,17
11	<i>Aricidea strelsovi</i>	Polychaeta	11,64
12	<i>Asychis chilensis</i>	Polychaeta	0,06
13	<i>Branchiocapitella</i> sp.	Polychaeta	2,09
14	<i>Calianassa</i>	Crustacea	0,17
15	<i>Capitella capitata</i>	Polychaeta	0,40
16	Caprellidae	Crustacea	0,17
17	<i>Ceratocephale</i> sp.	Polychaeta	0,06
18	<i>Chaetozone</i> sp.	Polychaeta	0,23
19	<i>Chaetoderma araucanae</i>	Polychaeta	0,11
20	<i>Cirrophorus</i> sp.	Polychaeta	2,09
21	<i>Clymene gracillis</i>	Polychaeta	0,11
22	<i>Compylonotus vagans</i>	Crustacea	0,06
23	<i>Cossura chilensis</i>	Polychaeta	1,07
24	Cumacea	Crustacea	3,62
25	Echiuroidea	Echinodermata	1,19
26	<i>Eurhomalea</i>	Mollusca	0,11
27	<i>Eurhomalea rufa</i>	Mollusca	0,06
28	<i>Exogone</i> sp.	Polychaeta	0,51
29	Fauvelopsidae sp. A	Polychaeta	6,10
30	<i>Falsidens</i> sp.	Polychaeta	0,28
31	<i>Goniada uncinigera</i>	Polychaeta	0,06
32	Gammaridae	Crustacea	0,28
33	<i>Harmothoe brevipalpa</i>	Polychaeta	0,73
34	Hesionidae sp. A	Polychaeta	0,23
35	<i>Isocirrus</i> sp.	Polychaeta	0,06
36	<i>Isolda viridis</i>	Polychaeta	0,28

37	Isopodo sp. A	Crustacea	0,06
38	Isopodo sp. B	Crustacea	0,90
39	<i>Levensenia gracilis</i>	Polychaeta	0,34
40	<i>Levensenia oculata</i>	Polychaeta	6,55
41	<i>Lumbrineris chilensis</i>	Polychaeta	0,06
42	<i>Lumbrineris tetraura</i>	Polychaeta	0,68
43	<i>Kerfersternia cirrata</i>	Polychaeta	1,02
44	<i>Leitoscoloplos</i> sp.	Polychaeta	0,51
45	<i>Maldane amphiglypta</i>	Polychaeta	1,47
46	<i>Myriochelle ocutata</i>	Polychaeta	0,23
47	<i>Malletia chilensis</i>	Mollusca	0,06
48	<i>Nereis</i> sp. A	Polychaeta	0,11
49	<i>Nerinides</i> sp.	Polychaeta	0,11
50	Nemertea	Nemertinea	0,28
51	<i>Nephtys ferruginea</i>	Polychaeta	0,85
52	<i>Ninoe</i> sp.	Polychaeta	1,36
53	<i>Nothria iridescens</i>	Polychaeta	0,56
54	<i>Nothria</i> sp.	Polychaeta	0,06
55	<i>Notomastus</i> sp.	Polychaeta	1,41
56	<i>Nuculana</i> sp.	Mollusca	0,62
57	Oligochaeta	Oligochaeta	0,40
58	Opellidae sp. A	Polychaeta	0,17
59	Ophellidae sp. B	Polychaeta	0,79
60	Ophiura sp. A	Echinodermata	1,98
61	Ophiura sp. B	Echinodermata	0,06
62	Ostracoda	Crustacea	14,75
63	<i>Paramphinome australis</i>	Polychaeta	0,96
64	<i>Pandora brasiliensis</i>	Mollusca	0,06
65	<i>Prionospio peruana</i>	Polychaeta	2,99
66	<i>Pherusa</i> sp.	Polychaeta	0,06
67	Phyllodocidae sp. A	Polychaeta	0,62
68	Pilargidae	Polychaeta	0,11
69	<i>Pista brevibranchiata</i>	Polychaeta	0,40
70	<i>Polynoe</i> sp.	Polychaeta	0,11
71	<i>Prothota thaca</i>	Mollusca	0,11
72	<i>Propelide longicauda</i>	Polychaeta	0,17
73	Scalibregmididae sp. A	Polychaeta	0,11
74	<i>Scolecopsis squamata</i>	Polychaeta	0,28
75	<i>Scutopus chilensis</i>	Polychaeta	0,40
76	<i>Sigambra bassi</i>	Polychaeta	0,17

77	Sipunculida	Sipunculida	0,85
78	Solenogaster	Mollusca	0,06
79	<i>Sphaerodoridae cf sphaerulifer</i>	Polychaeta	0,11
80	<i>Spiophanes soederstromi</i>	Polychaeta	0,40
81	<i>Sthenelais</i> sp.	Polychaeta	1,69
82	Stomatopoda	Crustacea	0,17
83	<i>Syllis</i> sp.	Polychaeta	0,06
84	Tanaidacea	Crustacea	0,45
85	<i>Thyasira</i> sp.	Mollusca	0,06
86	<i>Tindaria</i> sp.	Mollusca	0,11
87	<i>Yoldiella</i> sp.	Mollusca	0,06

Tabla 51. Identificación y características de montes submarinos entre 41,5°-46,5°S. Fuente: <https://data.unep-wcmc.org/datasets/41>.

ID	Elevación [m a.s.l.]	h [m]	Longitud	Latitud	Área [km ²]
4779262	-209	1389	-75,212	-43,299	713
4791583	-2458	1002	-78,458	-44,545	723
4792162	-2093	1398	-80,192	-44,604	889
4792163	-1893	1683	-80,108	-44,604	975
4792459	-2368	1221	-78,846	-44,641	548
4793352	-2230	1215	-80,717	-44,72	678
4801864	-1548	1163	-78,279	-45,599	708
4802145	-1467	1616	-78,808	-45,62	649
4804530	-1993	1363	-76,904	-45,866	775
4806244	-2335	1360	-79,029	-46,049	790
4806957	-2786	1226	-79,4	-46,12	725
4807062	-2648	1340	-79,621	-46,137	741
4807063	-2584	1446	-79,575	-46,137	587
4807064	-2738	1194	-79,529	-46,141	751
4807108	-2555	1493	-79,679	-46,149	663
4807109	-2609	1336	-79,5	-46,145	519
4807110	-2635	1320	-79,467	-46,145	628
4807190	-2733	1259	-79,779	-46,158	714
4807281	-2619	1510	-79,717	-46,162	827
4810704	-1397	1550	-75,908	-46,554	520
4811840	-514	1416	-75,688	-46,683	413
4811865	-466	1552	-75,708	-46,687	403
4819355	-1095	1284	-75,983	-47,545	497

Tabla 52. Identificación y características de montes submarinos entre los 41,5°-46,5°S. Fuente: <https://data.unep-wcmc.org/datasets/41>.

ID	Elevación [m a.s.l.]	h [m]	Longitud	Latitud	Área [km ²]
4797294	-2465	669	-78,025	-45,112	784
4760162	-3427	290	-79,033	-41,537	785
4761162	-2862	912	-78,038	-41,629	626
4761464	-2930	845	-78,004	-41,658	612
4762045	-3320	444	-78,071	-41,708	661
4762200	-3424	361	-76,104	-41,724	576
4762740	-3532	249	-76,258	-41,77	504
4762818	-3483	294	-76,317	-41,779	397
4762819	-3441	341	-76,221	-41,783	667
4763106	-3315	417	-76,712	-41,808	516
4764534	-3215	456	-77,379	-41,941	812
4765159	-3134	511	-77,85	-41,987	978
4765081	-3143	515	-77,821	-41,983	961
4765313	-4911	554	-139,404	-42,004	699
4765565	-3256	444	-76,625	-42,02	870
4765985	-3180	471	-78,433	-42,062	727
4765986	-3198	458	-78,4	-42,062	772
4766135	-3145	487	-78,317	-42,07	729
4766295	-3148	458	-78,283	-42,087	888
982050	-3108	506	-78,243	-42,106	687
4768475	-2901	791	-77,908	-42,287	760
4769090	-3288	392	-77,771	-42,349	424
4769283	-2953	722	-76,246	-42,374	320
4771405	-3118	395	-79,621	-42,57	758
983834	-3243	309	-77,435	-42,689	638
4773157	-3237	316	-77,429	-42,749	580
4774723	-3214	348	-76,679	-42,899	464
4776047	-3180	412	-77,992	-43,02	497
4777282	-3011	541	-77,217	-43,145	557
4779984	-3268	289	-79,721	-43,374	592
4780724	-122	1098	-75,088	-43,441	312
4780815	-120	1304	-75,062	-43,449	318
4785731	-3156	454	-80,296	-43,954	586
4786047	-3137	458	-80,325	-43,987	583
988723	-2751	543	-77,138	-44,262	670
4789379	-2783	622	-80,146	-44,337	812
4789381	-2803	505	-77,65	-44,337	795
4789522	-2763	627	-80,158	-44,354	682
4789732	-2850	331	-77,071	-44,379	323
989125	-2734	484	-77,413	-44,387	740

4790366	-803	1135	-75,571	-44,437	717
989357	-2450	963	-80,435	-44,481	643
4791159	-2505	677	-77,771	-44,516	826
989474	-2776	772	-79,632	-44,526	973
4791257	-2786	747	-79,604	-44,524	1046
4791496	-2611	565	-76,688	-44,541	444
989564	-845	1224	-75,615	-44,548	739
4792161	-2408	1011	-80,279	-44,608	667
4792669	-2692	689	-80,5	-44,654	624
4792670	-2906	693	-78,904	-44,658	545
4792759	-2633	516	-78,054	-44,662	694
4792832	-2504	629	-77,688	-44,67	692
4793278	-3146	544	-79,146	-44,716	466
4793279	-2634	466	-78,438	-44,716	927
4793355	-2293	831	-76,879	-44,72	565
4793486	-2570	545	-77,662	-44,741	394
4793575	-2570	515	-77,646	-44,749	318
4794289	-2350	857	-78,121	-44,816	606
4794886	-2591	987	-80,538	-44,883	682
4795069	-2631	389	-77,171	-44,899	584
990711	-2350	834	-78,354	-44,945	483
990712	-2379	884	-78,079	-44,945	658
4795535	-2346	773	-77,562	-44,941	407
4795888	-2349	847	-78,342	-44,97	610
990812	-2391	833	-78,071	-44,979	846
4795889	-2415	681	-77,554	-44,974	435
4796178	-2381	862	-78,062	-45,008	773
4796268	-2453	612	-77,538	-45,016	257
4796551	-2150	1014	-78,308	-45,037	617
4796624	-2462	612	-77,546	-45,049	291
4796671	-2406	749	-78,038	-45,058	656
4797034	-2174	978	-79,096	-45,091	924
4797293	-2229	917	-78,288	-45,112	718
991405	-2549	381	-78,388	-45,204	809
4798647	-2903	346	-79,538	-45,258	988
4798648	-2861	375	-79,404	-45,258	690
4798649	-2292	676	-78,229	-45,258	675
4798650	-2317	678	-77,971	-45,258	622
4799050	-2323	573	-78,221	-45,299	592
4799218	-2727	388	-77,138	-45,324	541
4799692	-2679	428	-77,179	-45,374	466
4799770	-2321	650	-79,146	-45,383	928
4800351	-2406	532	-78,683	-45,437	560

4800353	-2892	376	-76,483	-45,437	577
4800541	-2794	499	-77,008	-45,462	364
4800753	-2087	973	-79,188	-45,483	1070
4801256	-2357	968	-76,958	-45,529	423
4801363	-1940	820	-78,1	-45,537	858
4801481	-1925	837	-78,104	-45,558	762
4801550	-2699	701	-76,783	-45,562	465
4801482	-2642	682	-76,754	-45,558	473
4801551	-2551	620	-76,317	-45,562	584
4801718	-1732	968	-14,375	-45,579	1050
4801863	-2806	506	-79,529	-45,599	470
4802059	-2413	745	-76,279	-45,616	756
4802212	-3016	393	-79,95	-45,629	651
4802146	-2373	473	-77,596	-45,624	426
4802460	-4658	545	-31	-45,654	908
4802436	-2603	570	-78,929	-45,658	404
4802440	-2485	871	-76,721	-45,658	467
4802605	-2072	811	-78,067	-45,67	712
4802526	-2365	544	-77,571	-45,666	413
4802607	-2359	644	-76,454	-45,67	604
4802679	-2460	707	-76,242	-45,679	716
4802816	-2517	649	-76,225	-45,695	681
4802948	-2542	613	-77,154	-45,708	458
992825	-2057	981	-76,471	-45,712	923
992619	-2489	678	-76,254	-45,645	656
4803438	-2385	740	-76,462	-45,758	987
4803520	-2507	673	-76,192	-45,762	534
4803696	-2387	781	-76,204	-45,787	480
4803693	-2576	914	-79,354	-45,791	811
4803694	-2353	656	-77,429	-45,791	489
4803916	-2554	639	-76,175	-45,804	466
4804130	-2176	1163	-76,938	-45,833	576
4804444	-2539	497	-78,275	-45,854	199
4804445	-2266	749	-77,35	-45,854	810
4804819	-2672	370	-77,683	-45,895	530
4804821	-2290	885	-77	-45,895	609
4805423	-2213	781	-77,321	-45,966	761
4805792	-2327	633	-76,162	-45,999	636
4806518	-2620	577	-76,675	-46,07	691
4806685	-2942	834	-79,217	-46,095	846
4806846	-2905	991	-79,246	-46,116	882
4806960	-2081	674	-76,042	-46,12	804
4807111	-2080	686	-76,033	-46,145	737

4807065	-2221	629	-75,954	-46,141	784
4807283	-2179	574	-76,292	-46,162	549
4807191	-2349	372	-76,246	-46,158	556
4807280	-3173	764	-79,921	-46,166	382
4807481	-2354	687	-76,879	-46,191	649
4807687	-2655	342	-76,812	-46,216	656
4807377	-2615	452	-76,812	-46,174	594
4808667	-2802	466	-77,467	-46,329	661
4809051	-2602	374	-76,446	-46,374	561
4809838	-2645	407	-76,454	-46,458	719
995144	-2661	669	-77,379	-46,579	604
4812773	-3093	362	-76,317	-46,795	413
4812872	-3076	338	-76,458	-46,804	407
995743	-3128	316	-76,371	-46,804	383
4813038	-2913	475	-76,542	-46,829	571
4813277	-2883	484	-76,812	-46,854	895
4813441	-2915	451	-76,883	-46,879	999
4813536	-2944	409	-76,958	-46,887	863
4813440	-2942	428	-76,938	-46,883	916
4814531	-3927	412	-79,629	-47,008	692
996788	-3365	511	-79,032	-47,209	819
996870	-3500	542	-79,382	-47,231	604
4817396	-3418	839	-79,85	-47,337	864
4817397	-3433	808	-79,817	-47,337	923
4817263	-3448	792	-79,788	-47,333	910
4818429	-3221	501	-78,588	-47,449	743
4819507	-3337	292	-77,129	-47,566	474
4819776	-3332	536	-80,392	-47,595	798

Tabla 53. Identificación y características de sumideros fríos (cold seeps) y cañones submarinos entre los 41,5°-46,5°S

N°	Lon (°S)	Lat (°W)	Hábitat	Referencia
1	-75,594	-46,920	Cold seep (non-active)	Quiroga & Levin, 2005; Zapata-Hernández et al. 2014
2	-75,600	-46,903	Cold seep (non-active)	Quiroga & Levin, 2005; Zapata-Hernández et al., 2014
3	-74,65	-41,337	submarine canyons (Chacao)	Hebbeln et 2001; Völker et al., 2012; García et al., 2019
4	-74,891	-42,509	submarine canyons (Cucao)	Hebbeln et 2001; Völker et al., 2012; García et al., 2019
5	-75,476	-44,182	submarine canyons (Simpson)	Hebbeln et 2001; Völker et al., 2012; García et al., 2019

10.4 ANEXO OE4: DISTRIBUCIÓN DEL ESFUERZO DE PESCA POR TRIMESTRE, PERÍODO 2016-2018

En este anexo se presenta la distribución del esfuerzo de pesca (horas de pesca) para la flota pesquera industrial que opera en aguas exteriores en la zona de interés para este estudio.

La información de GFW permite obtener información para los cuatro trimestres del año en la flota de arrastre y palangrega. La información indica esfuerzo de pesca para artes fijo solo para el primer, segundo y cuarto trimestre para la flota de artes fijos y solo para el primer y segundo trimestre para la flota de cerco.

10.4.1 Esfuerzo pesquero por trimestre flota de arrastre

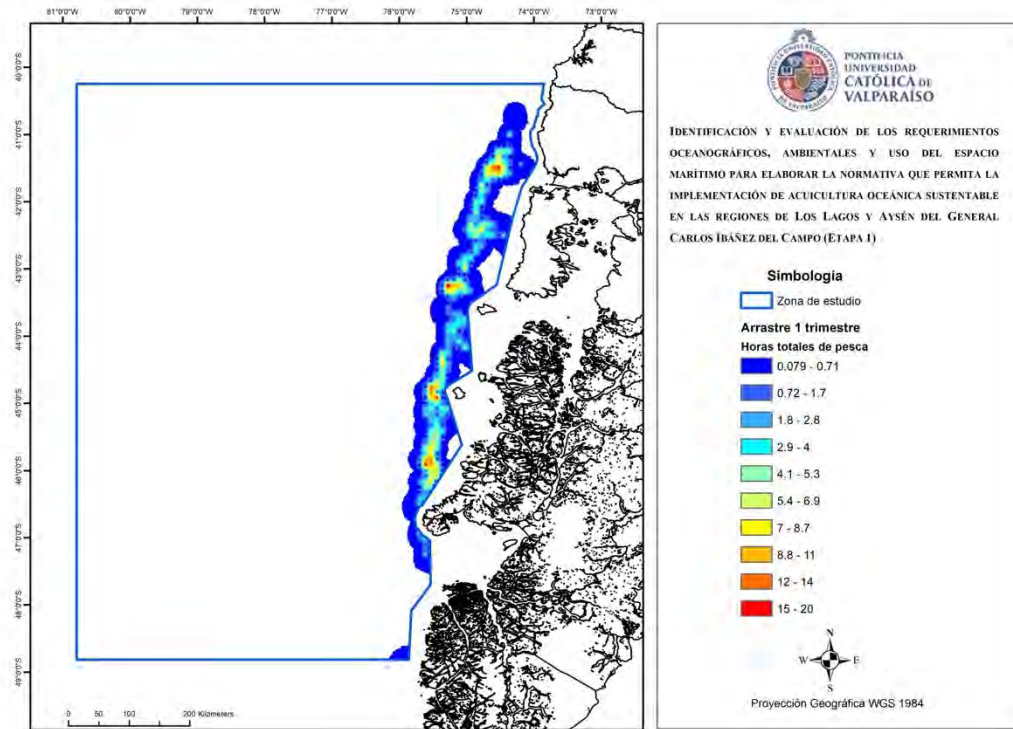


Figura 167 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de arrastre (horas de pesca) en la zona de interés, primer trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)

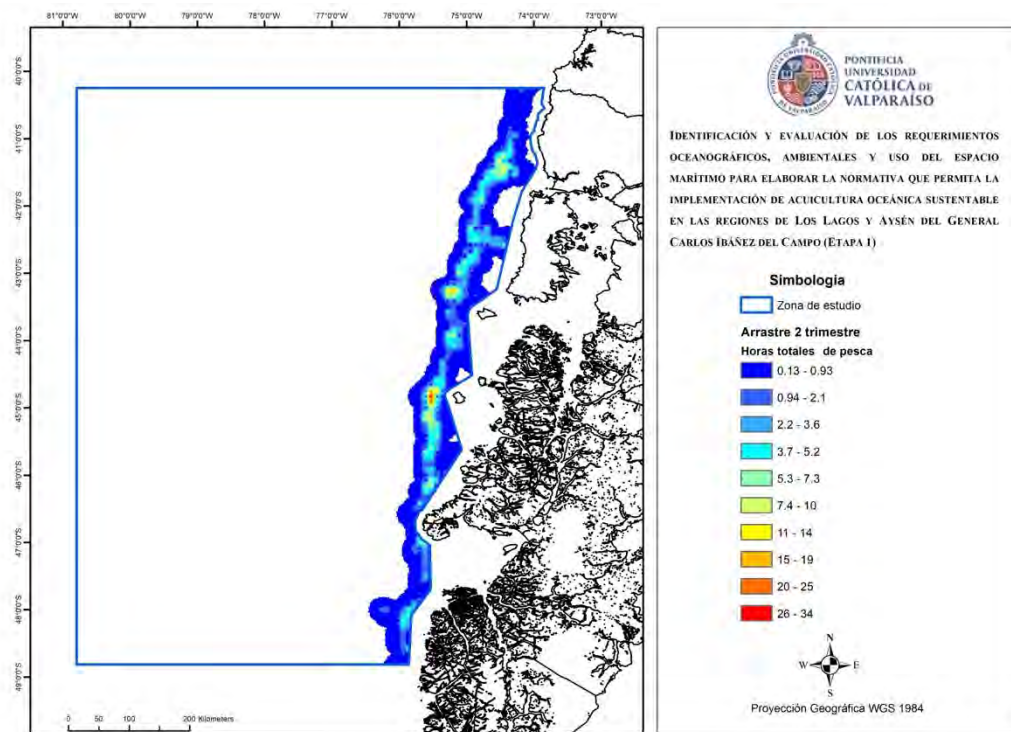


Figura 168 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de arrastre (horas de pesca) en la zona de interés, segundo trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)

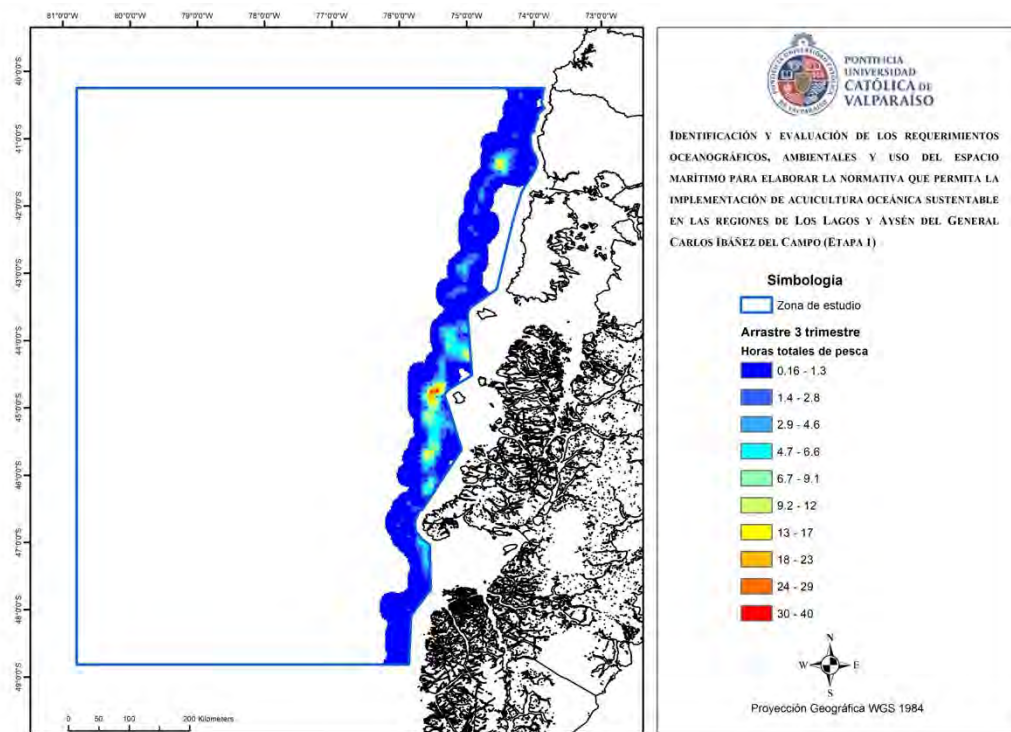


Figura 169 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de arrastre (horas de pesca) en la zona de interés, tercer trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)

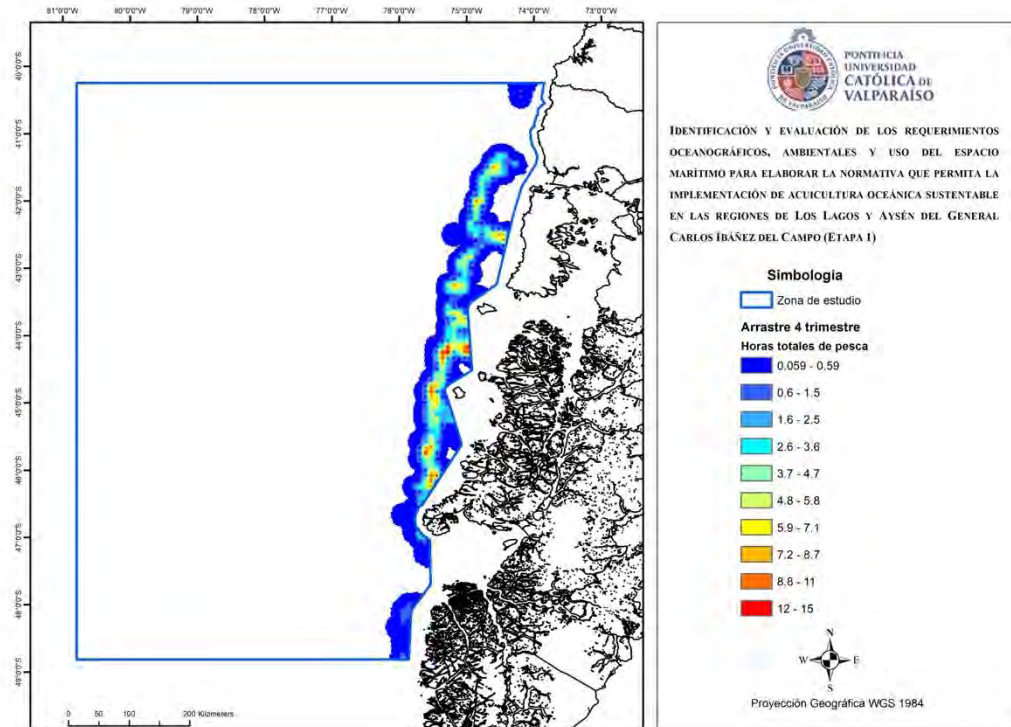


Figura 170 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de arrastre (horas de pesca) en la zona de interés, cuarto trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Wat)

10.4.2 Esfuerzo pesquero por trimestre flota de palangrera

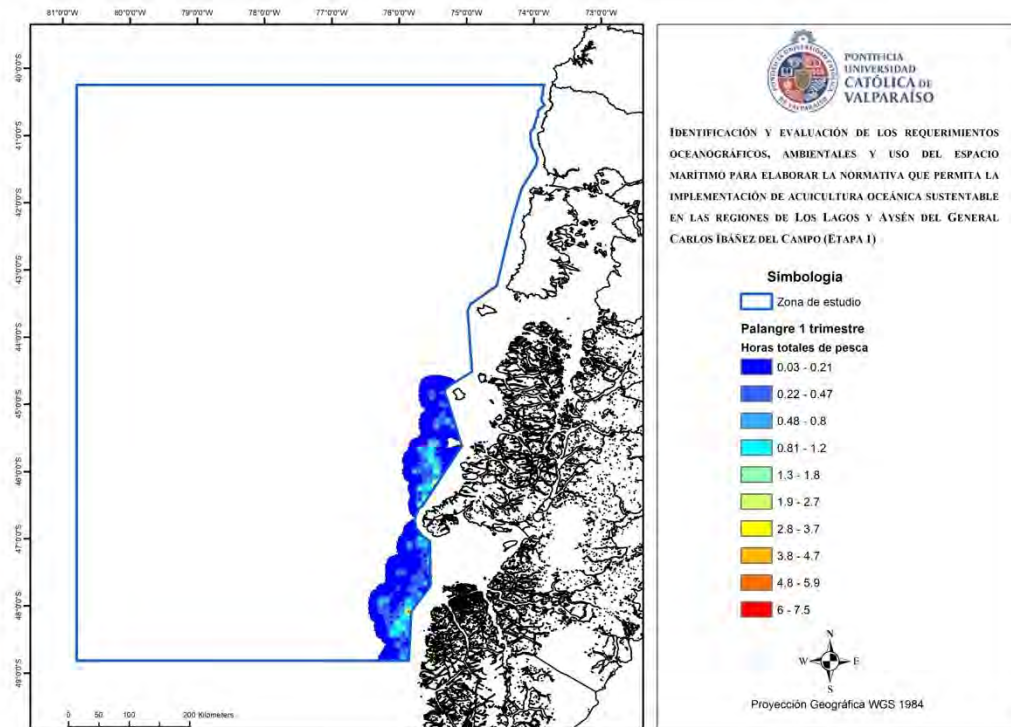


Figura 171 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de palangre (horas de pesca) en la zona de interés, primer trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)

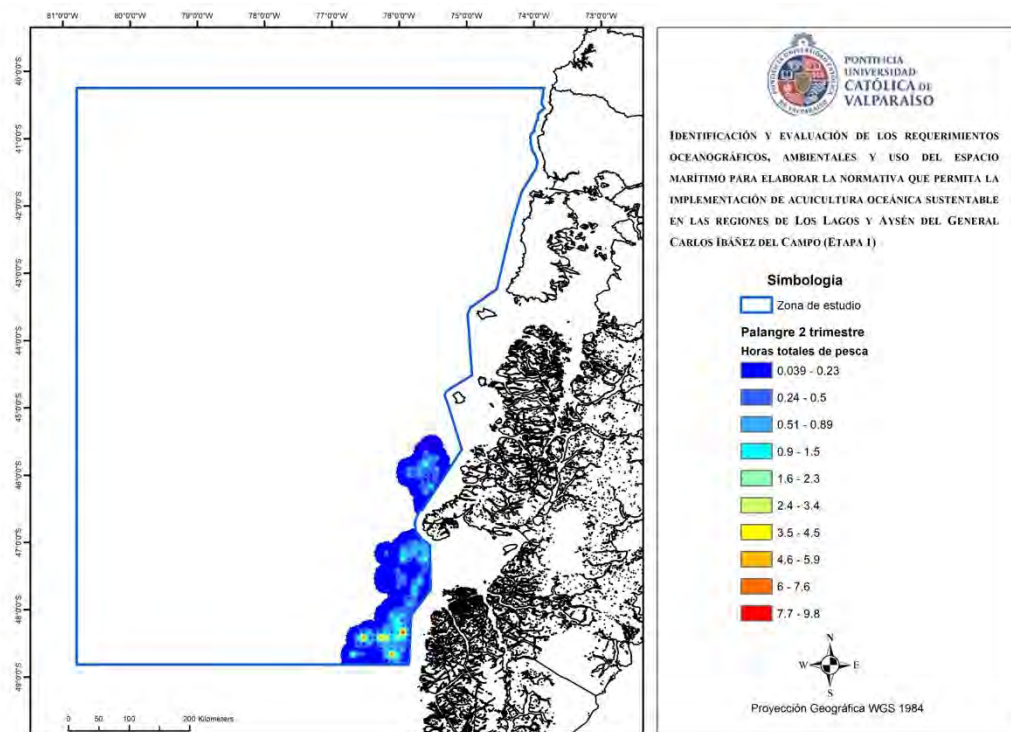


Figura 172 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de palangre (horas de pesca) en la zona de interés, segundo trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)

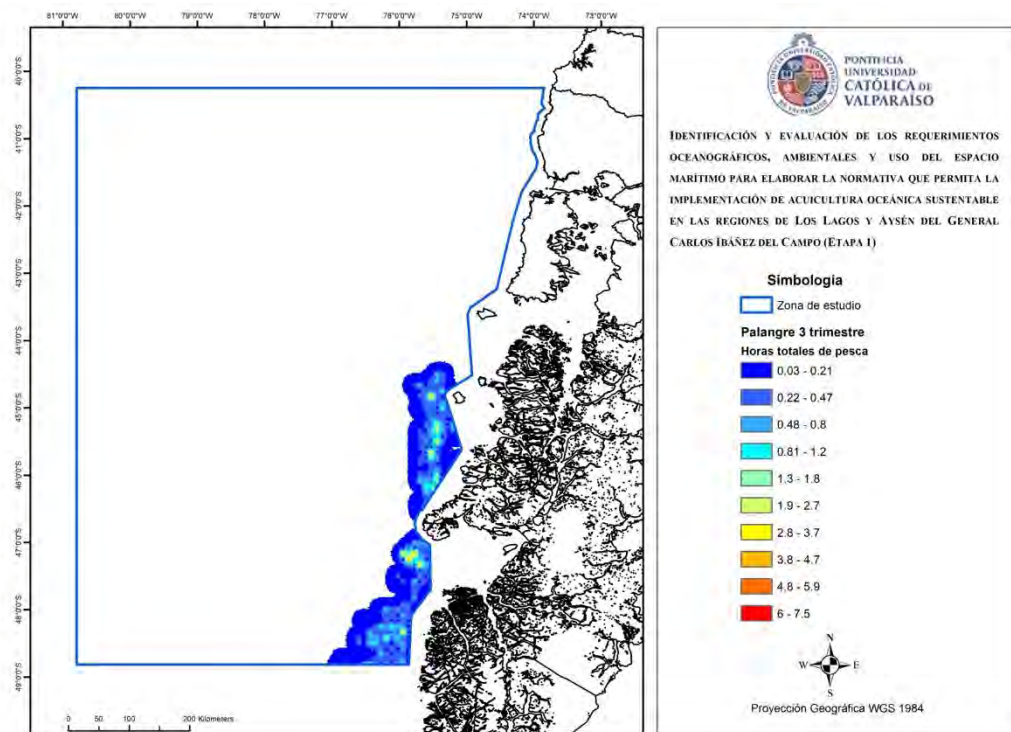


Figura 173 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de palangre (horas de pesca) en la zona de interés, tercer trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)

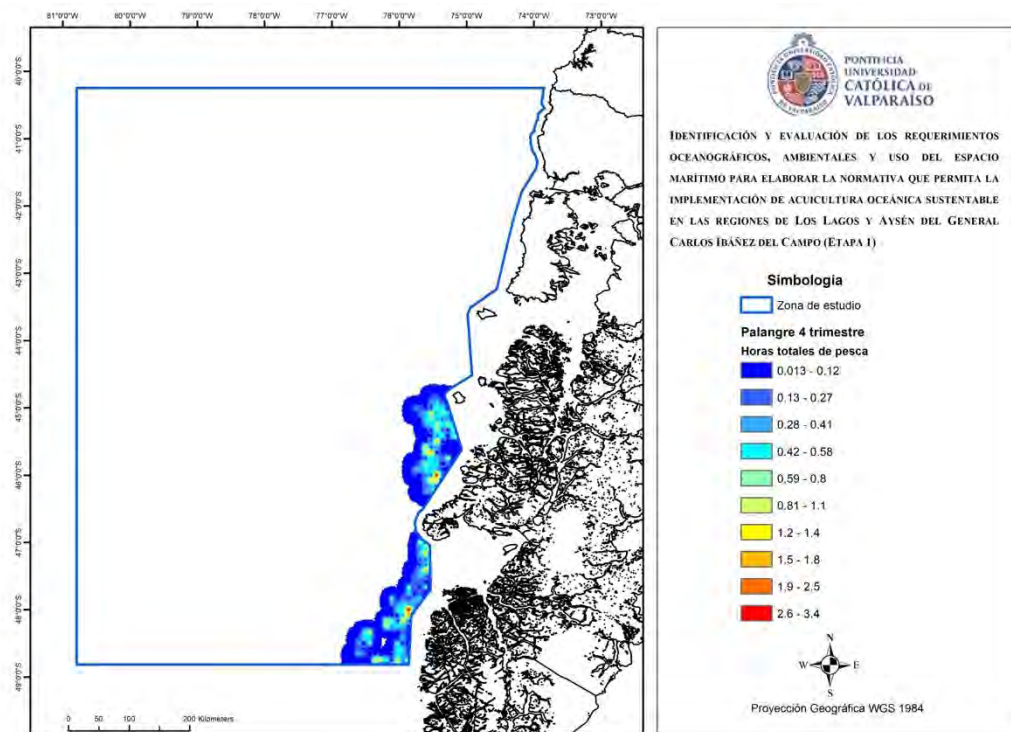


Figura 174 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de palangre (horas de pesca) en la zona de interés, cuarto trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)

10.4.3 Esfuerzo pesquero por trimestre flota de artes fijos

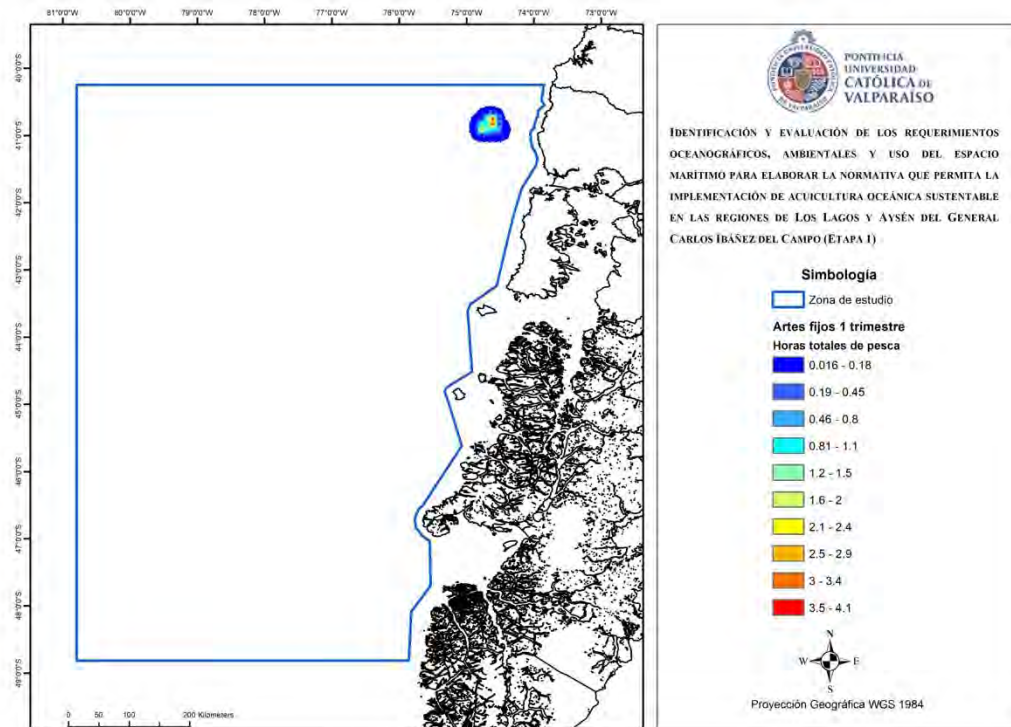


Figura 175 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de artes fijos (horas de pesca) en la zona de interés, primer trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)

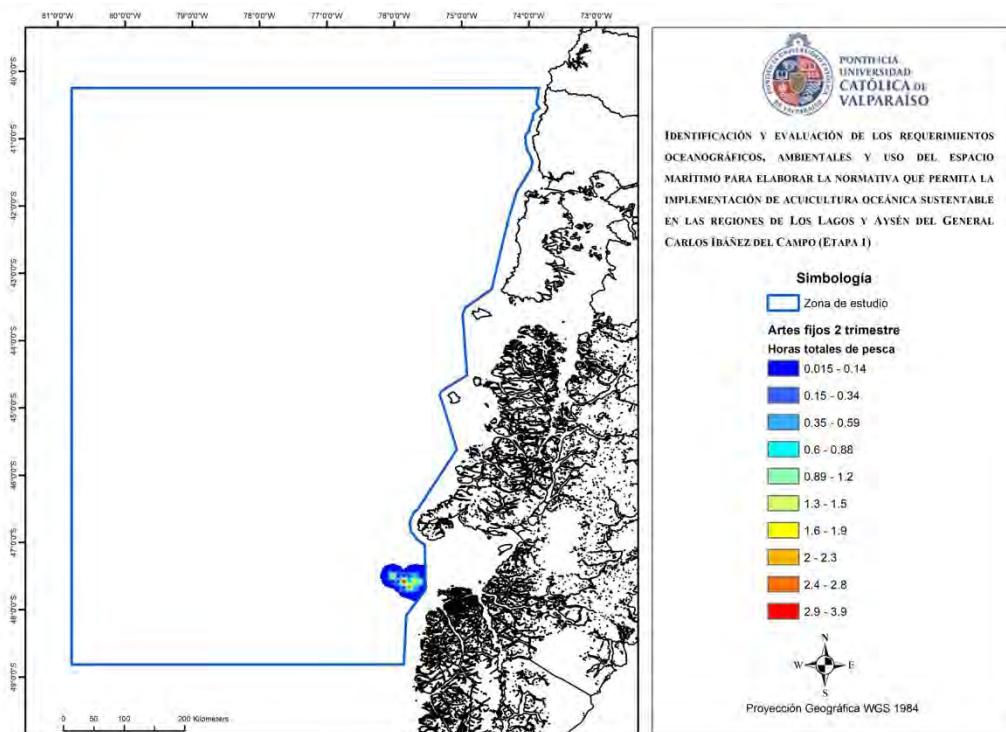


Figura 176 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de artes fijos (horas de pesca) en la zona de interés,segundo trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)

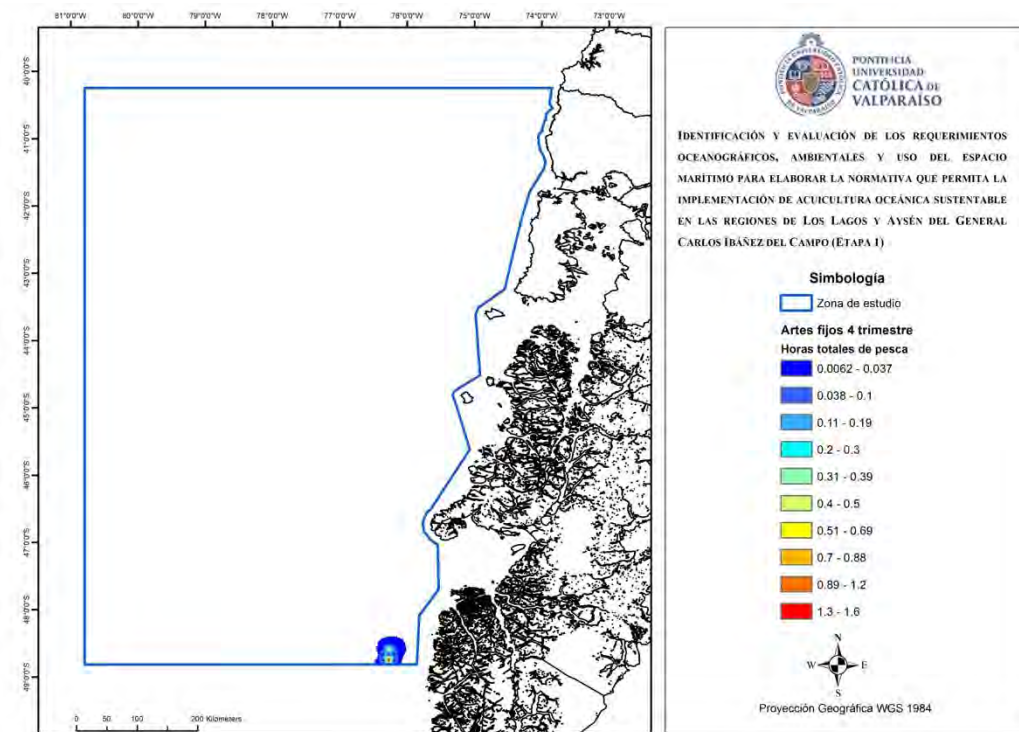


Figura 177 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de artes fijos (horas de pesca) en la zona de interés, cuarto trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)

10.4.4 Esfuerzo pesquero por trimestre flota de cerco

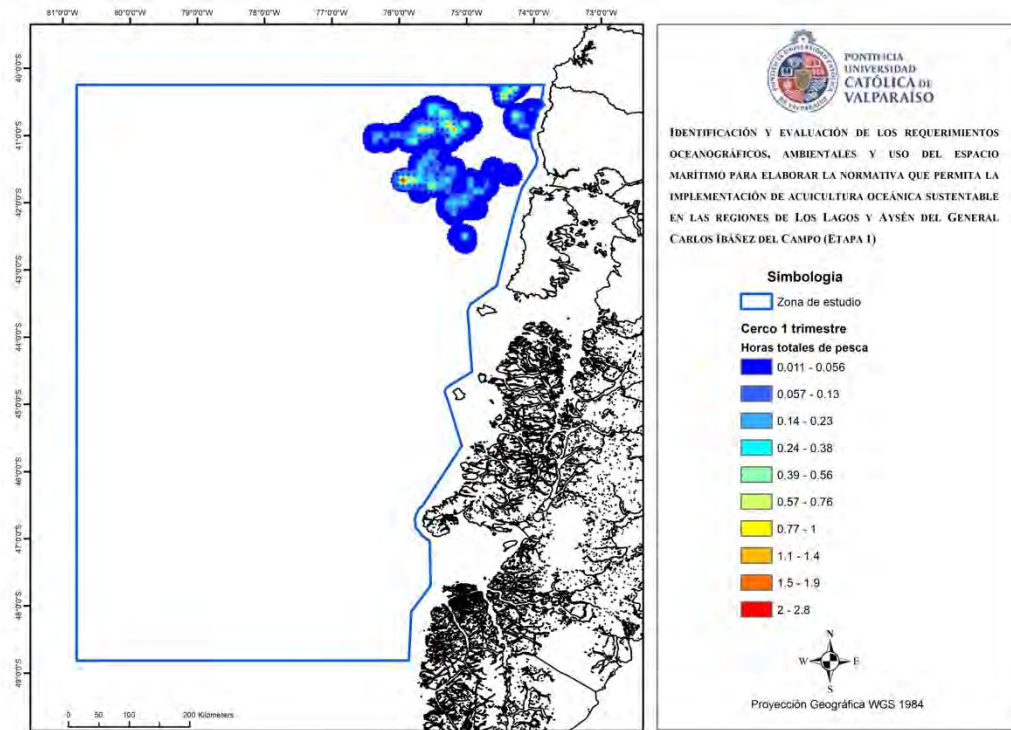


Figura 178 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de cerco (horas de pesca) en la zona de interés, primer trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)

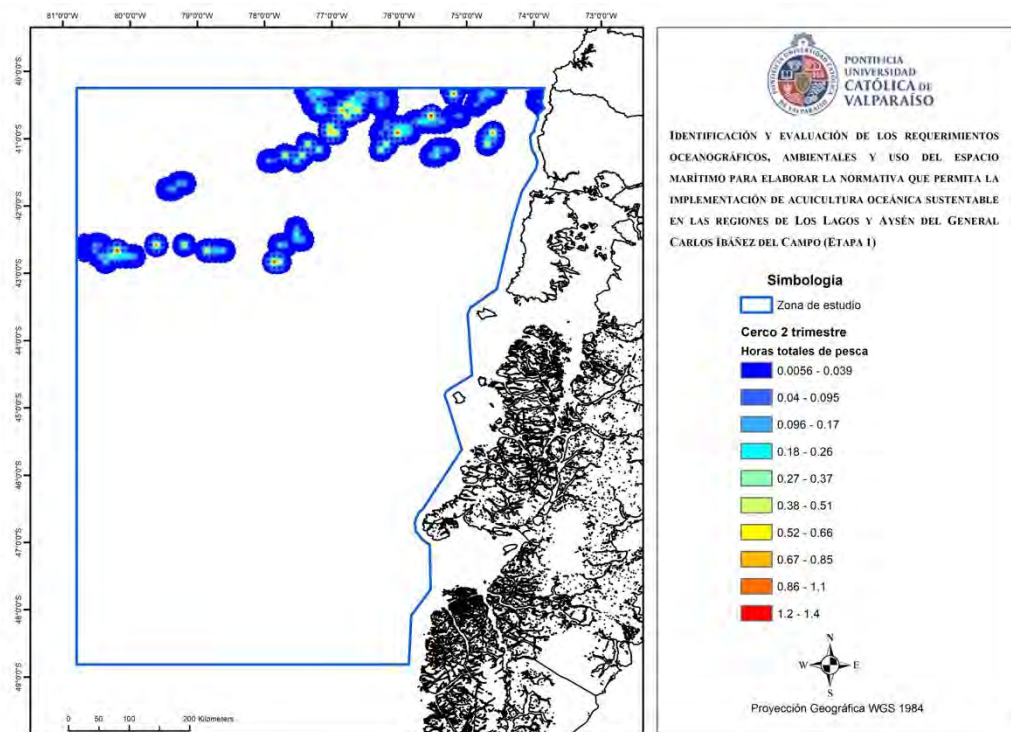


Figura 179 Distribución geográfica del esfuerzo pesquero de cerco fijos (horas de pesca) en la zona de interés, segundo trimestre, período 2016-2018 (Fuente: elaborado a partir de datos Global Fishing Watch)