

Informe final

**Contribución al Plan de Adaptación en pesca y
acuicultura, mediante la conservación y uso
sustentable de los ecosistemas de algas pardas y
estudio de su aporte al Carbono Azul**

SdP CHL/SDP/040/2021

CESSO



CESSO

CENTRO DE ESTUDIOS DE SISTEMAS SOCIALES

Oficina Coquimbo (Matriz): Buen Pastor 765.
El Llano. Coquimbo. CHILE
Código Postal: 1781744

Oficina Santiago: María Luisa Santander 468.
Of. 104. Providencia. Santiago. CHILE
Código Postal: 7500833

Móvil/WhatsApp +569 8428 6409
Skype: cessochile
cesso@cesso.cl

www.cesso.net

Informe final

Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul

SdP CHL/SDP/040/2021

Ejecutor:
CESSO EIRL

Autores:
Alonso Vega Reyes
Jefe de Proyecto
Eduardo Pérez Espinoza
Carlos Tapia Jopia
Javier Chávez Vilches

Requirente:
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Contraparte técnica:
Ministerio del medio ambiente
Subsecretaría de pesca y acuicultura

Diciembre 2021

Citar como:

Vega, J.M., Pérez, E., Tapia, C. & J. Chávez. 2021. Contribución al plan de adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul. **Proyecto SdP CHL/SDP/040/2021 – MMA/Subpesca/PNUD.** Informe final. 292 pp + Anexos

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xxi
1 Resumen	1
2 Objetivos	7
2.1 Objetivo general	7
2.2 Objetivos específicos.....	7
3 Metodología	8
3.1 Actividades generales.....	8
3.2 Actividades definidas en los TdR que son reportadas en este informe.....	8
3.3 Objetivo específico a	10
3.3.1 Aspectos Generales	10
3.3.2 Descripción de metodología por actividades	11
3.4 Objetivo específico b.....	18
3.4.1 Aspectos generales	18
3.4.2 Descripción de metodología por actividades	19
3.5 Objetivo específico c	23
3.5.1 Aspectos generales	23
3.5.2 Descripción de metodología por actividades	29
3.6 Objetivo específico d.....	34
3.6.1 Aspectos generales	34
3.6.2 Descripción de metodología por actividades	34
4 Resultados	35
4.1 Reportes de reunión inicial y de coordinación mensual.....	35
4.2 Especies de huiros y cochayuyos que forman parte de la pesquería de algas pardas en Chile.....	35
4.2.1 Huiro negro <i>Lessonia berteroa</i> / <i>spicata</i> (ex <i>Lessonia nigrescens</i>).....	35
4.2.2 Huiro palo <i>Lessonia trabeculata</i>	37
4.2.3 Huiro flotador <i>Macrocystis pyrifera</i>	39

4.2.4	Cochayuyo <i>Durvillaea incurvata</i> / <i>D. antarctica</i>	41
4.3	Manejo de huirales basado en antecedentes biológicos y ecológicos.....	43
4.4	Objetivo específico a	45
4.4.1	Definición de ecosistema	45
4.4.2	Estimaciones del <i>standing stock</i> de biomasa, carbono y CO ₂ equivalente.....	48
4.4.2.1	Región de Arica y Parinacota.....	49
4.4.2.2	Región de Tarapacá	51
4.4.2.3	Región de Antofagasta	53
4.4.2.4	Región de Atacama	55
4.4.2.5	Región de Coquimbo	60
4.4.2.6	Región de Valparaíso.....	64
4.4.2.7	Región del Libertador B. O´Higgins	65
4.4.2.8	Región del Maule	65
4.4.2.9	Región del Biobío	68
4.4.2.10	Región de Los Ríos.....	69
4.4.2.11	Región de Los Lagos	70
4.4.2.12	Región de Magallanes.....	72
4.4.3	Estimaciones históricas de biomasa, carbono fijado y CO ₂ equivalente a nivel nacional	74
4.4.4	Estimaciones de Carbono Azul.....	75
4.4.4.1	Región de Arica y Parinacota.....	76
4.4.4.2	Región de Tarapacá	78
4.4.4.3	Región de Antofagasta	78
4.4.4.4	Región de Atacama	81
4.4.4.5	Región de Coquimbo	81
4.4.4.6	Región de Valparaíso.....	84
4.4.4.7	Región del L. B. O´Higgins.....	84
4.4.4.8	Región del Maule	84
4.4.4.9	Región de Biobío.....	84
4.4.4.10	Región de Los Ríos.....	89
4.4.4.11	Región de Los Lagos	89
4.4.4.12	Región de Magallanes.....	89

4.4.5	Recopilación y revisión de la información de estadística pesquera disponible en espacio y tiempo y medidas de administración.....	93
4.4.5.1	Descripción de la pesquería de algas pardas.....	93
4.4.5.1.1	Huiro negro	97
4.4.5.1.2	Huiro palo	100
4.4.5.1.3	Huiro flotador	103
4.4.5.1.4	Cochayuyo	106
4.4.5.2	Medidas de administración por recurso y región.....	109
4.4.6	Métodos de evaluación de biomasa poblacional de macroalgas pardas aplicadas a nivel internacional	115
4.4.6.1	Métodos directos de evaluación de poblaciones de macroalgas pardas aplicadas a nivel internacional	116
4.4.6.1.1	Método de transectos y cuadratas	123
4.4.6.1.2	Fotografías aéreas.....	124
4.4.6.1.3	Teledetección satelital	126
4.4.6.1.4	Hidroacústico.....	127
4.4.6.2	Métodos indirectos de evaluación de poblaciones de macroalgas pardas aplicadas a nivel internacional.	132
4.5	Objetivo específico b.....	133
4.5.1	Distribución latitudinal de las especies de algas pardas en Chile	133
4.5.2	Ciclo de vida de las algas pardas chilenas.....	135
4.5.3	Caracterización del cinturón de algas pardas	137
4.5.4	Caracterización de los bosques de algas pardas	140
4.5.5	Caracterización de los aspectos químicos y físicos de los bosques de algas pardas en el contexto del carbono azul y su contribución a la mitigación/adaptación frente al cambio climático	147
4.5.6	Caracterización de los aspectos sociales y económicos de la pesquería de algas pardas y su contribución a la identificación de zonas aptas para la mitigación/adaptación frente al cambio climático.....	148
4.5.6.1	Desembarque valorizado de algas pardas	149
4.5.6.2	Registro pesquero artesanal (RPA) operativo para la explotación de algas pardas....	150
4.5.6.3	Ingreso anual bruto per cápita en la pesquería de algas pardas	152

4.5.7	Caracterización de las poblaciones de algas pardas según régimen de administración pesquera y su contribución a la identificación de zonas aptas para la mitigación/adaptación frente al cambio climático.....	153
4.5.8	Identificación y selección de zonas con bosques de algas pardas relevantes para la mitigación y adaptación al cambio climático	156
4.6	Objetivo específico c	159
4.6.1	Normativa general aplicable a algas pardas	159
4.6.2	Planes de manejo de algas pardas.....	161
4.6.3	Manejo de algas pardas en regiones sin planes de manejo	165
4.6.4	Situación de <i>Macrocystis pyrifera</i> en la región de Magallanes	165
4.6.5	Áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos (AMERB).....	167
4.6.6	Áreas marinas protegidas (AMP).....	168
4.6.7	Proyectos de Ley relacionados con algas pardas	170
4.6.8	Levantamiento de información de actores relacionados con la pesquería de algas pardas.....	174
4.6.9	Levantamiento de información de científicos y ONG	177
4.6.10	Entrevistas aplicadas a profesionales del MMA, Subpesca y MINREL	180
4.6.11	Análisis de eficacia de las medidas de administración aplicadas en la pesquería de algas pardas	181
4.6.12	Análisis de actores	187
4.6.13	Análisis estructural	198
4.6.14	Estado de variables analizadas	207
4.6.15	Determinación de brechas	216
4.7	Objetivo específico d.....	220
4.7.1	Taller de validación de brechas y líneas de acción en el ámbito de vacíos de información.....	220
4.7.2	Acciones para reducir brechas identificadas.....	221
4.7.3	Taller de validación de áreas seleccionadas y medidas y líneas de acción propuestas.....	226
4.7.4	Medidas propuestas para cada una de las áreas seleccionadas.....	228
5	Insumos para la actualización del PACCPA en relación con la medida N°3: Proteger y manejar en forma sustentable los bosques submarinos.....	231
5.1	Antecedentes	231

5.2	Resultados de la consultoría y contribución a la actualización del PACCPA.....	236
5.3	Objetivo específico y medidas propuestas para la actualización del PACCPA.....	238
6	Discusión	241
6.1	Recopilación y análisis de estudios disponibles respecto de abundancia, biomasa y cobertura de praderas de algas pardas en Chile (Actividad 1).	241
6.1.1	Fuentes de Incertidumbre en las estimaciones.....	243
6.2	Recopilación y análisis de la información de estadísticas pesqueras, a fin de establecer el estado general de los ecosistemas de macroalgas pardas, considerando variaciones naturales, así como a la influencia de la pesquería (Actividad 2.1).	246
6.3	Análisis de metodologías de evaluación de praderas de macroalgas desarrollados en otras latitudes para especies similares (Actividad 2.2)	246
6.4	Estimación de variables de desempeño CA, PPN, COP, COD y CSC (actividad 2.5)	249
6.4.1	Estimaciones del <i>standing stock</i> de carbono y CO ₂ equivalente	249
6.4.2	Estimación de CA, PPN, COP, COD y CSC	251
6.5	Identificación de zonas relevantes de algas pardas para la mitigación/adaptación al cambio climático	260
6.6	Manejo integral de algas pardas: recurso pesquero y ecosistema de carbono azul.....	262
6.7	Iniciativas de proyectos ley relacionadas con algas pardas	264
6.8	Determinación de brechas	264
6.9	Propuestas para la reducción de brechas	265
6.10	Zonas propuestas para la protección de los bosques de algas pardas	266
7	Bibliografía.....	268
8	Anexos	293

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Ejemplo de la línea base planteada para describir y comparar el comportamiento histórico de la biomasa húmeda a través del tiempo. A partir de esta biomasa es posible estimar las existencias históricas de carbono fijado en tejido vivo de algas pardas y el CO₂ equivalente, de acuerdo con la metodología escrita en el texto..... 12
- Figura 2. Modelo conceptual del ciclo del carbono azul asociado a los bosques de macroalgas pardas. Las cajas azules representan un proceso conformado por dos o más eventos, en este caso biogeoquímicos, biológicos y mecánicos que se inicia con la captación de carbono del medio y finaliza con el secuestro o enterramiento de carbono (carbono azul) representado por los círculos rojos que indican el final del ciclo. Los rombos representan donde el flujo de información del modelo puede tomar más de una ruta. Los círculos de color más claro representan el carbono que es remineralizado o pastoreado y reintegrado al sistema. Fuente: adaptado de (Krause - Jensen & Duarte, 2016). 14
- Figura 3. Esquema del ciclo del carbono azul. En cada nivel los números representan el porcentaje de carbono involucrado en la etapa respecto del 100% de la productividad primaria neta (PPN). COD: carbono orgánico disuelto; COP: carbono orgánico particulado. Las letras A, B y C representan el carbono enterrado o secuestrado bajo la forma de carbono azul. Fuente: adaptado de (Bayley, et al., 2017). 15
- Figura 4. Esquema de sistema conformado de dos subsistemas (S1 y S2) (Godet, 1994)..... 24
- Figura 5. Representación de las relaciones entre variables, considerando las influencias indirectas que se generan en el sistema..... 26
- Figura 6. Cinturón intermareal de huiro negro *Lessonia berteroana* en Taltal (A) y de huiro negro *Lessonia spicata* junto con *Durvillaea incurvata* en Valparaíso (B). Planta adulta de *Lessonia berteroana* en Atacama (Registros fotográficos de Boris López y Alonso Vega). 37

Figura 7. Huirales (A) y disco de adhesión (B) de <i>Lessonia trabeculata</i> en Isla Chañaral, Región de Atacama (Registro fotográficos de M. Oróstica); junto con el ciclo de vida de <i>Lessonia</i> (fotografías e imágenes obtenidos desde www.macroalgasdelsur.cl).....	39
Figura 8. Huirales de <i>Macrocystis pyrifera</i> en la Península de Mejillones (A) y disco de adhesión de una planta de <i>Macrocystis pyrifera</i> en los canales de Aysén (B) (Registro fotográficos de Andrés Bernardo y Helmo Pérez; y ciclo de vida de <i>Macrocystis</i> obtenido de www.algalab.cl).....	41
Figura 9. Cinturón intermareal de cochayuyo <i>Durvillaea incurvata</i> y huiro negro <i>Lessonia spicata</i> en la costa del Biobío (A), bosque de cochayuyo <i>Durvillaea antarctica</i> en el estrecho de Magallanes (B), y disco de adhesión de una planta de <i>Durvillaea</i> (C) (Registro fotográficos de Erasmo Macaya y Mauricio Palacios; imagen del ciclo de vida de <i>Durvillaea</i> obtenida de www.algalab.cl).	43
Figura 10. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Arica y Parinacota. En rojo, <i>Huiro palo</i> ; blanco, <i>Huiro macro</i> ; negro, <i>Huiro negro</i>	50
Figura 11. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Tarapacá. En rojo, <i>Huiro palo</i> ; blanco, <i>Huiro macro</i> ; negro, <i>Huiro negro</i>	52
Figura 12. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Antofagasta. En rojo, <i>Huiro palo</i> ; blanco, <i>Huiro macro</i> ; negro, <i>Huiro negro</i>	54
Figura 13. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Atacama. En rojo, <i>Huiro palo</i> ; blanco, <i>Huiro macro</i> ; negro, <i>Huiro negro</i>	56
Figura 14. Serie histórica de evaluaciones indirectas disponible para negro <i>Huiro negro</i> en la región de Atacama. En gris, los resultados de (Canales, et al., 2018); en negro, las de (ECOS, 2020); y en rojo, las evaluaciones directas.....	58
Figura 15. Serie histórica de evaluaciones indirectas disponible para <i>Huiro macro</i> en la región de Atacama.; en negro, las de (ECOS, 2020); y en rojo, las evaluaciones directas. ...	59
Figura 16. Serie histórica de evaluaciones directas disponibles para la región de Coquimbo. En rojo, <i>Huiro palo</i> ; blanco, <i>Huiro macro</i> ; negro, <i>Huiro negro</i>	61

Figura 17. Serie histórica de evaluaciones indirectas en la región de Coquimbo. gráfico superior, <i>Huiro palo</i> ; medio, <i>Huiro macro</i> ; inferior, <i>Huiro negro</i> . Barras azules, resultados de (ABIMAR, 2017); blancas, (ECOS, 2020); y rojas, evaluaciones directas.	62
Figura 18. <i>Standing stocks</i> de biomasa de algas pardas, carbono y CO ₂ equivalente en la región de Coquimbo, de acuerdo con las evaluaciones indirectas.	63
Figura 19. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Valparaíso. En rojo, <i>Huiro palo</i> ; blanco, <i>Huiro macro</i> ; negro, <i>Huiro negro</i> ; verde, <i>Cochayuyo</i> (no es evidente por una cuestión de escala).....	64
Figura 20. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región del L. B. O'Higgins. En rojo, <i>Huiro palo</i> ; blanco, <i>Huiro macro</i> ; negro, <i>Huiro negro</i> ; verde, <i>Cochayuyo</i>	66
Figura 21. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región del Maule. En rojo, <i>Huiro palo</i> ; blanco, <i>Huiro macro</i> ; negro, <i>Huiro negro</i> ; verde, <i>Cochayuyo</i>	67
Figura 22. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región del Biobío. En rojo, <i>Huiro palo</i> ; blanco, <i>Huiro macro</i> ; negro, <i>Huiro negro</i> ; verde, <i>Cochayuyo</i>	68
Figura 23. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Los Ríos. En rojo, <i>Huiro palo</i> ; blanco, <i>Huiro macro</i> ; negro, <i>Huiro negro</i> ; verde, <i>Cochayuyo</i>	69
Figura 24. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Los Lagos. En rojo, <i>Huiro palo</i> ; blanco, <i>Huiro macro</i> ; negro, <i>Huiro negro</i> ; verde, <i>Cochayuyo</i>	71
Figura 25. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Magallanes. En rojo, <i>Huiro palo</i> ; blanco, <i>Huiro macro</i> ; negro, <i>Huiro negro</i> ; verde, <i>Cochayuyo</i>	73
Figura 26. Desembarque total acumulado (t) por especie en Chile, entre los años 2005 y 2020. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.	95
Figura 27. Desembarque total acumulado de algas pardas en Chile, desagregado por región entre los años 2005 a 2020. Fuente: Servicio nacional de Pesca y Acuicultura.....	96

Figura 28. Desembarque de huiro negro proveniente de áreas de libre acceso en las regiones de Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.	99
Figura 29. Desembarque de huiro negro proveniente de AMERB en las regiones de Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.	100
Figura 30. Desembarque de huiro palo proveniente de áreas de libre acceso en las regiones de Antofagasta, Atacama, Coquimbo y Valparaíso entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.	102
Figura 31. Desembarque de huiro palo proveniente de AMERB en las regiones de Atacama y Coquimbo entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.	103
Figura 32. Desembarque de huiro flotador proveniente de áreas de libre acceso en las regiones de Atacama, Coquimbo y Los Lagos entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.	105
Figura 33. Desembarque de huiro flotador proveniente de AMERB en las regiones de Atacama y Coquimbo entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.	106
Figura 34. Desembarque de cochayuyo proveniente de áreas de libre acceso en las regiones de Coquimbo, O'Higgins, Maule, Bio bío, Los Ríos y Los Lagos entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.	108
Figura 35. Desembarque de cochayuyo proveniente de AMERB en la región de O'Higgins entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. ..	109
Figura 36. Árbol de decisión propuesto por Benion et al. (2018) para determinar el uso de distintas herramientas de percepción remota, dependiendo del tipo de ambiente y resolución espacial requerida para la evaluación.	122

Figura 37. Representación esquemática de la distribución batimétrica de las especies más representativas que componen un bosque de <i>Lessonia trabeculata</i> en la zona central de Chile. Obtenido de: (Villouta & Santelices, 1984).....	141
Figura 38. Representación esquemática de la distribución batimétrica de las especies más representativas que componen un bosque de <i>Macrocystis pyrifera</i> en la zona centro sur de Chile. Obtenido de: (Schiel & Foster, 2015).....	144
Figura 39. Representación esquemática de la distribución batimétrica de las especies más representativas que componen un bosque de <i>Macrocystis pyrifera</i> en el Canal de Beagle, región de Magallanes. Obtenido de: (Schiel & Foster, 2015).	146
Figura 40. Instituciones involucradas en la creación, administración y supervigilancia de AMP en Chile (WCS, 2018).....	169
Figura 41. Sector o instituciones a los que pertenecen las personas que respondieron la encuesta (n=47).....	174
Figura 42. Respuesta dada a pregunta si los planes de manejo están resguardando el rol ecológico de las algas pardas.....	175
Figura 43. Respuesta a consulta si se protegen adecuadamente las algas pardas y su rol ecológico, considerando las áreas de libre acceso, AMERB y áreas marinas protegidas.	176
Figura 44. Preferencia ante consulta sobre diversas alternativas posibles de implementar para el manejo de las algas pardas.....	176
Figura 45. Respuesta ante la consulta si conoce los compromisos asumidos por Chile en el ámbito del cambio climático y las algas pardas.	177
Figura 46. Respuesta dada ante la consulta del lugar que ocupan las algas pardas y el carbono azul en sus investigaciones.....	178
Figura 47. Respuesta a consulta si las algas pardas conforman ecosistemas de carbono azul.	178

Figura 48. Respuesta a consulta sobre la prioridad de los servicios ecosistémicos provistos por los bosques de algas pardas.	179
Figura 49. Respuesta ante la consulta si conocen los compromisos asumidos por Chile en materia de cambio climático y algas pardas.....	180
Figura 50. Gráfico que representa el nivel de comunicación entre los actores identificados. El valor de la barra representa el número de actores con los cuales mantiene una comunicación fluida el actor. Fuente: elaboración propia en base a entrevistas y encuestas aplicadas.	192
Figura 51. Gráfico que representa el nivel de colaboración entre los actores identificados. El valor de la barra representa el número de actores con los cuales existe colaboración. Fuente: elaboración propia en base a entrevistas y encuestas aplicadas.	194
Figura 52. Ordenamiento de las variables analizadas en función de la influencia que ejercen sobre las demás variables del sistema. Al lado izquierdo se muestra el ranking obtenido con la matriz de influencia directas y la del lado derecho recoge las influencias indirectas estimadas a través del software MicMac.	203
Figura 53. Plano de influencias y dependencias indirectas de todas las variables analizadas. La posición superior representa mayor influencia en el sistema y la posición hacia la derecha, mayor dependencia.	204
Figura 54. Esquema de influencias generadas entre las variables analizadas. En este se muestra solo el 50% de las interacciones de mayor influencia.	205
Figura 55. Plano de influencias y dependencias indirectas de una selección de variables analizadas. La posición superior representa mayor influencia en el sistema y la posición hacia la derecha, mayor dependencia. Nótese que la coordinación intra e interinstitucional ocupa un alto nivel de influencia, junto con la disponibilidad de recursos económicos para administración pesquera y las medidas de administración aplicables a algas pardas.....	206

Figura 56. Esquema de influencias ejercidas entre las variables seleccionadas. Nótese la fuerte influencia ejercida por la coordinación intrainstitucional, junto a la coordinación interinstitucional y la disponibilidad de recursos económicos para la administración pesquera, sobre la integridad ecológica de las algas pardas.....	207
Figura 57. Gráfico que representa las brechas identificadas en las variables analizadas. La brecha está representada por la fracción verde de la barra que corresponde a la distancia entre el estado actual y el estado máximo posible (4: muy bueno). 1: insuficiente (rojo); 2: suficiente (amarillo); 3: bueno: (celeste).....	217
Figura 58. Distribución del <i>standing stock</i> de carbono a nivel nacional por región.	249
Figura 59. Dinámica histórica de las emisiones de CO ₂ a nivel nacional (fuente: https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/chile).....	257

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de los bosques marinos de algas pardas. Fuente: (Häussermann, et al., 2021).	47
Tabla 2. Resumen de los registros encontrados por especie y región.	48
Tabla 3. Estimación a nivel nacional del <i>standing stock</i> de biomasa húmeda de algas pardas, carbono fijado y CO ₂ equivalente. Para detalles de los supuestos revisar el texto.....	74
Tabla 4. Estimaciones de productividad primaria neta (PPN) por especie, ubicación geográfica y fuente de información.	75
Tabla 5. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO ₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Arica y Parinacota.	77
Tabla 6. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO ₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Tarapacá.	79
Tabla 7. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO ₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Antofagasta.	80
Tabla 8. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO ₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Atacama.	82
Tabla 9. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO ₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Coquimbo.	83
Tabla 10. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO ₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Valparaíso.	85

Tabla 11. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO ₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de O'Higgins.....	86
Tabla 12. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO ₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Maule.....	87
Tabla 13. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO ₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Biobío.....	88
Tabla 14. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO ₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Los Ríos.	90
Tabla 15. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO ₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Los Lagos.	91
Tabla 16. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO ₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Magallanes.	92
Tabla 17. Número de pescadores artesanales inscritos en el RPA, desagregado por sexo (M: mujer; H: hombre), categoría y región a diciembre de 2020. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.	93
Tabla 18. Desembarque total acumulado de las especies de algas pardas entre los años 2005 a 2020. Se destacan las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo que en conjunto representan más del 80% del desembarque del periodo. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.	96
Tabla 19. Desembarque total por región de huiro negro entre los años 2005 y 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.	98

Tabla 20. Desembarque total por región de huiro palo entre los años 2005 y 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.	101
Tabla 21. Desembarque total por región de huiro flotador entre los años 2005 y 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.	104
Tabla 22. Desembarque total por región de cochayuyo entre los años 2005 y 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.	107
Tabla 23. Regulaciones pesqueras por recurso y región, régimen y estado. Fuente: Elaboración propia con información extraída de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.	110
Tabla 24. Descripción de las principales herramientas de percepción remota utilizadas en la actualidad, con sus principales ventajas y desventajas. Fuente: tomada de Bennion, et al. (2018).	121
Tabla 25. Resumen con descripción de métodos directos de evaluación de stock, supuesto detrás de cada uno de ellos, las consideraciones relevantes, así como las ventajas y desventajas que presentan y ejemplos de aplicación de cada uno a nivel internacional.	129
Tabla 26. Rango de distribución de las especies de algas pardas presentes en Chile por región geopolítica (Gris: regiones donde la especie ha sido registrada; blanco: regiones donde la especie no ha sido registrada).	135
Tabla 27. Desembarque valorizado de algas pardas de las regiones geopolíticas del país. Los valores están expresados en millones de pesos chilenos por región y por especie de alga parda. El RPA de Ñuble está incluido en la región de Biobío. Fuente: elaboración propia en base a datos de desembarque y precio playa (precio de primera transacción) de Sernapesca.	150
Tabla 28. Número de pescadores que operaron en la explotación de algas pardas en relación con el total de pescadores inscritos en el Registro Pesquero Artesanal (RPA). El RPA de Ñuble está incluido en la región de Biobío. Fuente: elaboración propia en base a información de Sernapesca.	151

Tabla 29. Ingreso anual bruto per cápita de pescadores que participan en la pesquería de algas pardas por región geopolítica del país. Los valores están expresados en millones de pesos chilenos. El RPA de Ñuble está incluido en la región de Biobío. Fuente: elaboración propia en base a datos de Sernapesca.	152
Tabla 30. Índice de restricción de explotación (IRE) de las poblaciones de algas pardas basado en las medidas de administración pesquera implementada por región geopolítica del país. 4: región sin explotación de algas pardas, 3: región con plan de manejo de algas pardas y AMERB con algas pardas como especie objetivo; 2: región sin plan de manejo, pero con AMERB que tienen como especie objetivo las algas pardas; 1: región sin plan de manejo ni AMERB ni AMP. Fuente: elaboración propia.....	155
Tabla 31. Cuadro resumen de caracterización de las regiones en base al secuestro de carbono por los ecosistemas de algas pardas, desembarque anual, ingreso anual bruto per cápita, número de personas que participan en la pesquería (RPA operativo) e índice de restricción de explotación (IRE). Fuente: elaboración propia.	158
Tabla 32. Síntesis de medidas vigentes en el Plan de Manejo de Algas Pardas de la región de Atacama.	163
Tabla 33. Síntesis de medidas vigentes en el Plan de Manejo de huiro flotador de bahía Chasco, región de Atacama.....	164
Tabla 34. Cuadro de amenazas de las algas pardas y las medidas de administración implementadas.	183
Tabla 35. Listado de actores considerados en el análisis, donde se incluye una descripción detallada de ellos.....	188
Tabla 36. Matriz de comunicación entre los actores identificados. 1: comunicación fluida; 0: comunicación no fluida; s/i: sin información. La columna celeste representa el número de actores con los cuales mantiene una comunicación fluida el actor. Fuente: elaboración propia en base a entrevistas y encuestas aplicadas.	191

Tabla 37. Matriz de colaboración entre los actores identificados. 1: Sí existe colaboración; 0: No existe colaboración; s/i: sin información. La columna celeste representa el número de actores con los cuales existe colaboración. Fuente: elaboración propia en base a entrevistas y encuestas aplicadas.	193
Tabla 38. Lista de variables utilizadas en el análisis estructural. Se incluye el nombre largo, nombre corto (abreviado) que se utiliza en las gráficas y una descripción de cada una de ellas.	198
Tabla 39. Matriz de influencias directas (MID) de las variables analizadas. Las influencias se denotan de 0 a 3. 0: no hay influencia directa; 1: influencia débil; 2: influencia media; y 3: influencia fuerte.	203
Tabla 40. Estado actual de las variables analizadas y justificación del Estado asignado.....	208
Tabla 41. Brechas identificadas en el conocimiento del aporte de las algas pardas al carbono azul en base a revisión bibliográfica, análisis del equipo y los resultados del taller de expertos. Se incluye una breve descripción explicativa de la brecha.	218
Tabla 42. Acciones propuestas para reducir las brechas identificadas en las variables consideradas en el análisis estructural.	221
Tabla 43. Acciones propuestas para reducir las brechas identificadas en el ámbito del conocimiento.....	224
Tabla 44. Cuadro resumen de objetivos y medidas incluidas en el PACCPA (Subpesca & MMA, 2015).	233
Tabla 45. Valores propuestos como línea base a nivel nacional para las estimaciones de carbono azul y CO ₂ equivalente.	253

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario aplicado a actores relacionados con la administración y uso de los recursos algas pardas a nivel nacional.	295
Anexo 2. Cuestionario aplicado a científicos relacionados con las algas pardas, áreas marinas protegidas y profesionales de ONG.....	299
Anexo 3. Entrevistas semiestructuradas aplicadas a representantes del MMA, Subpesca y MINREL.	305
Anexo 4. Acta de reunión de inicio realizada el 8 de junio de 2021.	311
Anexo 5. Acta de reunión de coordinación mensual realizada el 6 de julio de 2021.	315
Anexo 6. Acta de reunión de coordinación mensual realizada el 3 de agosto de 2021.....	321
Anexo 7. Acta de reunión de coordinación mensual realizada el 7 de septiembre de 2021.	323
Anexo 8. Acta de reunión de coordinación mensual realizada el 19 de octubre de 2021.....	325
Anexo 9. Memorandum de la Dirección Zonal de Pesca de la región de Magallanes enviado a la Subpesca central (División de Administración Pesquera) del año 2013 donde las organizaciones de pescadores artesanales de Tierra del Fuego expresan su oposición a la explotación de huiro (<i>Macrocystis pyrifera</i>) en la comuna de Porvenir.	329
Anexo 10. Carta enviada el año 2021 por el Comité de manejo de recursos bentónicos de la región de Magallanes y Antártica chilena a la Subsecretaria de Pesca y Acuicultura ratificando acuerdo tomado el año 2013 de no explotar el recurso huiro (<i>Macrocystis pyrifera</i>).....	335
Anexo 11. Acta sintética del Comité de manejo de centolla y centollón de la región de Magallanes y Antártica chilena, donde "Se acuerda enviar una carta a la Sra. Subsecretaria para manifestar que el comité considera que es importante para la sustentabilidad de la pesquería no generar actividades extractivas sobre el recurso Huiro (<i>Macrocystis pyrifera</i>) de la Región" (CM centolla y centollón, 2021).....	337

Anexo 12. Presentaciones realizadas en el taller de validación de brechas identificadas y líneas de acción realizado el 3 de noviembre de 2021.....	339
Anexo 13. Presentaciones realizadas en el taller de validación de zonas de protección y medidas y acciones propuestas, realizado el 10 de noviembre de 2021.....	351

1 Resumen

Esta consultoría tuvo como objetivo *Contribuir a la adecuación del Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de macroalgas pardas y el estudio de su aporte al Carbono Azul, como parte de las soluciones basadas en la naturaleza frente al Cambio Climático.*

Las estimaciones de los efectivos de carbono (*standing stock*), así como la contribución de carbono azul de los bosques de macroalgas pardas (huir negro, huir palo, huir macro y cochayuyo) a nivel nacional se basaron en coeficientes propuestos en la literatura internacional e información acerca de niveles de biomasa y de productividad primaria neta (PPN) reportados desde 1994 hasta 2019 en los registros más recientes. Las evaluaciones directas e indirectas a nivel nacional se concentran fundamentalmente en las regiones entre Antofagasta y Coquimbo y muestran que estas han sido hechas mayoritariamente por iniciativas de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y algunas pocas iniciativas privadas, estas últimas limitadas a espacios pequeños dentro de algunas regiones del país. Los resultados indican que, a nivel nacional, en el periodo 2017 – 2019 la cantidad de carbono fijado en tejidos vivos de las cuatro especies incluidas en los análisis sería de alrededor de 72 mil toneladas (*standing stock*) que corresponden a 265 mil toneladas de CO₂ equivalente. La mayor parte del *standing stock* se concentra entre Antofagasta (105 mil t), Atacama (57 mil t) y Coquimbo (45 mil t). estas cantidades pueden considerarse como bajas en comparación con otros ecosistemas alrededor del mundo. En términos de contribución al carbono azul, las que se basan en la PPN, que es un proceso continuo a lo largo de las estaciones del año, los muestran niveles más altos a los reportados para el *standing stock*. Un valor central de 67 mil t de carbono sería enterrado o secuestrado a nivel nacional (rango 11.689 - 122.286) lo que equivale a 245 mil toneladas de CO₂ equivalente. Los estimados de *standing stock*, así como de carbono azul, están sujetos a diversas fuentes de incertidumbre, principalmente ligadas a aspectos metodológicos en las estimaciones de biomasa y PPN, además de estar basados en coeficientes de conversión de biomasa a carbono fijado en tejido vivo y de PPN a carbono azul que corresponden a propuestas generales y pueden no representar las realidades locales de nuestro país.

Con respecto a la experiencia internacional en la evaluación directa de macroalgas es posible distinguir cuatro tipos, los que corresponden a dos tipos de sensores: ópticos y acústicos. Estos últimos corresponden a herramientas de sonar, en tanto que los ópticos incluyen sensores satelitales, fotografías e imágenes aéreas, imágenes submarinas y LiDAR. Además, los sistemas

pueden ser pasivos o activos. Los sistemas activos emiten sus propios pulsos de energía y logran medir el tiempo y la intensidad reflejada del pulso emitido. Los sistemas de percepción pasivos registran la luz solar reflejada (sistemas ópticos) o bien son capaces de captar emisiones de calor emitidas desde la superficie (sistemas termales).

En términos de recomendaciones sobre cuál o cuáles de estas tecnologías se pueden aplicar en Chile, la respuesta dependerá de los objetivos y situaciones locales particulares. La respuesta a distintas situaciones se presenta en el Informe en forma de un árbol de decisiones, de modo de establecer el tipo de herramienta a utilizar. Para el caso de recursos cuya distribución es intermareal los sensores adecuados son los ópticos montados sobre vehículos aéreos, ya sea tripulados o con drones o VAN's. Dado que el cinturón intermareal es estrecho probablemente sea necesario el empleo de fotografía RGB e infrarrojo cercano que permiten una resolución espacial fina. El caso de bosques de macroalgas pardas submareales es más complejo y puede requerir incluso el concurso simultáneo de distintas aproximaciones. Debido a la poca transparencia del agua en nuestras costas, en este caso métodos basados en sensores activos serían los más recomendables (LiDAR, o batimetría a través de teledetección satelital con ICESat-2 y ATLAS) solventarían la dificultad de usar sensores ópticos pasivos y podrían cubrir grandes áreas.

En cuanto a la aplicación de métodos de evaluación indirectos, la experiencia chilena ha mostrado que son aproximaciones útiles de bajo costo y que ponen en valor extensas bases de datos históricas, las que si bien pueden presentar anomalías son factibles de depurar para su mejor aprovechamiento. Actualmente los modelos dinámicos y estáticos basados en modelos globales o analíticos han mostrado resultados promisorios, sobre todo aquellos basados en modelos globales. La evidencia hasta el momento indica que dicha aproximación genera menores errores que modelos analíticos más complejo, de manera tal que pueden ser usados a nivel nacional de una manera más intensiva.

Para identificar y seleccionar zonas con bosques de algas pardas relevantes para la mitigación y adaptación al cambio climático se realizó un análisis de la contribución del carbono azul estimado en este estudio, indicadores socioeconómicos (i.e., desembarque valorizado, ingreso anual bruto per cápita y el registro de los pescadores operativos) y un índice de restricción de la explotación basado en las medidas de administración pesquera implementadas en cada región. Estas propuestas fueron presentadas y validadas en un taller con expertos, compuestos por investigadores y representantes institucionales.

A nivel país, los bosques de algas pardas que más contribuyen al carbono azul se ubican en la región de Magallanes, donde no hay pesquerías de algas pardas; lo cual genera un escenario propicio para desarrollar medidas de protección de los bosques de algas pardas, salvaguardando los bienes y servicios ecosistémicos que estos ofrecen. Estas medidas deberían incluir la región de Aysén, abarcando toda la zona austral del país.

Los bosques de algas pardas de la zona norte (i.e., Antofagasta, Atacama, Coquimbo) también contribuyen a la estimación de carbono azul nacional. Aunque hay una intensa pesquería sobre estos recursos, también hay distintas medidas de administración pesquera (e.g., planes de manejo, áreas de manejo, áreas marinas protegidas), disponibles para la protección de la integridad ecológica de sus poblaciones. Sin embargo, son necesarias acciones complementarias (e.g., restauración de ecosistemas), para mantener la integridad ecológica de los bosques de algas pardas, así como la sustentabilidad de su pesquería.

En las otras regiones del país es urgente implementar planes de manejo regionales de algas pardas, además de fomentar las áreas de manejo y las áreas marinas protegidas. Cabe destacar que, la elaboración de los planes de manejo de algas pardas debería considerar el aprendizaje y las experiencias obtenidas en la zona norte del país. Por ejemplo, reconociendo las particularidades territoriales de cada región. En este contexto, el manejo sustentable de los bosques de algas pardas permitiría mantener los servicios que nos ofrecen estos ecosistemas, contribuyendo sustancialmente a la mitigación y adaptación al cambio climático.

En términos legales, el régimen de acceso para la pesca artesanal es de libertad de pesca, y las modificaciones de la ley de pesca posibilitaron la formulación de planes de manejo de recursos bentónicos y algas. En este contexto, se describen los planes de manejo de algas pardas de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo, y el plan de manejo de huiro flotador de bahía Chasco de la región de Atacama. Destacando la extensión de las vedas extractivas de huiro negro, huiro flotador y huiro palo; el establecimiento de límites máximos de extracción diario o mensual; así como el manejo basado en cuotas en las regiones de Atacama y Coquimbo, las que se distribuyen espacial y temporalmente, separando además la cuota en alga varada y alga barreteada o segada.

En el resto del país se analizan las medidas aplicables a las algas pardas, y los planes de manejo de la zona común de la bahía de Ancud, que no incorporó en la primera etapa a las algas pardas,

las que se encuentran con una veda extractiva hasta el año 2023; y el de recursos bentónicos de la región de Magallanes y Antártica chilena, que incluye al cochayuyo, pero que está en proceso de formulación.

La decisión de no explotar *Macrocystis pyrifera* en la región de Magallanes es descrito en forma detallada desde el origen de esta decisión, los factores gatillantes y los riesgos existentes, principalmente asociados a la mantención en buen estado de las principales pesquerías de la región (i.e. centolla, centollón y erizo), cuyos planes de manejo aún están en proceso de formulación.

Además, se reportan los resultados del levantamiento de información a través de encuestas en línea aplicadas a actores relacionados con la pesquería de algas pardas a nivel nacional, y a científicos y profesionales de ONG, relacionados con las algas, usando como base los integrantes de la Sociedad de Ficología; junto con aspectos profundizados a través de entrevistas semiestructuradas realizadas a profesionales del MMA, Subpesca y MINREL.

Se analizan dos proyectos de ley que están actualmente en discusión en el parlamento, uno promovido por senadores, en la Comisión de medio ambiente, que prohíbe el barroteo de algas pardas; y otro de iniciativa del ejecutivo que modifica la Ley de pesca (conocida como Ley bentónica), donde se incorporó como indicación la prohibición del barroteo.

Las brechas se identificaron a partir del análisis estructural del sistema de algas pardas, las mayores brechas fueron observadas en la coordinación interinstitucional. Por otro lado, en el contexto del carbono azul asociado a bosques de macroalgas, las brechas de conocimiento son de gran envergadura, las cuales incluyen aspectos de conocimiento imperfecto o falta de conocimiento en aspectos relevantes del ciclo de aporte al carbono azul a nivel nacional por parte de los bosques de algas pardas.

Las menores brechas se observan en variables asociadas con la administración y manejo pesquero de estos recursos, facilitado por la existencia de instancias de co-manejo que favorece la coordinación entre actores institucionales de nivel central y regional, así como con los usuarios. No obstante, es necesario reducir la brecha para resguardar la funcionalidad y provisión de servicios ecosistémicos entregados por los bosques de algas pardas.

A partir de las brechas identificadas se propone una serie de acciones, las cuales tienen diverso nivel de complejidad para su ejecución e implementación.

Las 3 zonas propuestas para la protección de los bosques de algas pardas en el país fueron validadas tanto por investigadores como por la institucionalidad, y en la práctica, también por los usuarios, ya que al revisar las acciones que se han generado en regiones como Magallanes o en la zona norte de Chile, estas han contado con el apoyo de los usuarios, en especial de los pescadores artesanales. Si bien, la decisión no surge desde el interés que motiva esta consultoría, sí contribuye a implementar las medidas sugeridas.

Finalmente, se incluye un capítulo con insumos para la actualización del Plan de adaptación al cambio climático para pesca y acuicultura (PACCPA), que incluye un nuevo objetivo específico "Proteger los bosques de algas pardas, para preservar el stock de carbono y su enterramiento, y la biodiversidad, como elementos claves para Adaptar y Mitigar frente al cambio climático y la resiliencia", y cinco medidas, las que se describen a través de fichas.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Contribuir a la adecuación del Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de macroalgas pardas y el estudio de su aporte al Carbono Azul, como parte de las soluciones basadas en la naturaleza frente al Cambio Climático.

2.2 Objetivos específicos

- a) Realizar un diagnóstico cuantitativo del estado de situación de las macroalgas pardas presentes en los ecosistemas costeros de Chile, recopilando información disponible de estudios de abundancia, biomasa y cobertura, realizados tanto en contexto de investigación científica como de monitoreo de actividades extractivas pesqueras.
- b) Seleccionar y caracterizar ecosistemas de macroalgas pardas en las diferentes zonas del país, cuyas características los distinguen como relevantes en su posible contribución a los factores de importancia para la mitigación/adaptación del cambio climático, tales como estructura y/o restauración de hábitats, sustentabilidad de las comunidades locales u otros.
- c) Analizar los planes de manejo de algas pardas y medidas de administración pesqueras, implementadas en las distintas regiones del país, evaluando su eficacia en el desarrollo de una actividad extractiva sustentable y proponer medidas alternativas o complementarias para la conservación y uso sustentable de estos recursos.
- d) Proponer zonas de resguardo y/o recuperación de ecosistemas de macroalgas pardas que contribuyan al cumplimiento de la propuesta de preservación del stock de carbono y al cobeneficio, mitigación/adaptación, y resiliencia frente al cambio climático.

3 Metodología

3.1 Actividades generales

REUNIONES

Reunión inicial con el mandante: Esta reunión inicial se llevó a cabo el 8 de junio de 2021 instancia en que se presentó el equipo de trabajo, se especificaron aspectos metodológicos de la propuesta, se ajustó el plan de trabajo en función de fecha formal de inicio del proyecto y se acordaron las instancias de coordinación durante la ejecución de la consultoría. Esta reunión se realizó utilizando la plataforma Zoom.

Reunión de coordinación mensuales: En la reunión inicial con la contraparte técnica del Ministerio del medio ambiente y la Subsecretaría de pesca y acuicultura, se acordó la realización de reuniones de coordinación mensual los primeros martes de cada mes a las 15:00 h, a través de reuniones virtuales utilizando la plataforma Zoom.

De estas reuniones (inicial y de coordinación mensual), CESSO levantó actas sintéticas, donde se registraron los asistentes, el formato de la reunión (presencial o virtual), los temas abordados, los acuerdos y/o compromisos establecidos.

3.2 Actividades definidas en los TdR que son reportadas en este informe

Los TdR incluían 7 actividades, que corresponden a:

Actividad 1. Recopilar y analizar los estudios disponibles respecto de abundancia, biomasa y cobertura de praderas de algas pardas en Chile, así como la información de estadísticas pesqueras, a fin de establecer el estado general de los ecosistemas de macroalgas pardas, considerando variaciones naturales, así como a la influencia de la pesquería. Esta actividad se vincula al objetivo específico a).

Actividad 2. Analizar metodologías de evaluación de praderas de macroalgas en publicaciones y estudios desarrollados en otras latitudes para especies similares, a fin de evaluar sus posibilidades de aplicación en el país, ya sea en reemplazo o como complemento de los sistemas de evaluación

directa o monitoreo que se han aplicado en Chile. Esta actividad se vincula al objetivo específico a).

Actividad 3. Describir y caracterizar en las diferentes zonas de interés, las praderas de macroalgas según su importancia ya sea por sus características ecológicas, por su contribución a los aspectos químicos y físicos descritos en la literatura o por sustentar las actividades extractivas que contribuyen a la dimensión socioeconómico de las comunidades costeras aledañas, relevando zonas importantes para la conservación, la mitigación/adaptación frente al cambio climático y/o la sustentabilidad de las praderas sometidas a extracción. Esta actividad se vincula al objetivo específico b).

Actividad 4. Analizar la contribución al carbono azul por parte de las praderas de macroalgas presentes en Chile y estimar su importancia como elemento de mitigación/adaptación frente al cambio climático en las diferentes zonas geográficas del país, considerando la importancia que la disponibilidad (presente/pasada) de recursos hidrobiológicos tenga en las distintas comunidades pesqueras aledañas a la costa. Actividad vinculada a los objetivos a) y b).

Actividad 5. Realizar entrevistas a informantes clave, tanto usuarios de las pesquerías en los diferentes niveles de la cadena productiva, como los/las funcionarios/as de las instituciones responsables de la administración de las pesquerías de algas pardas, en coordinación con la contraparte técnica, para fundamentar el análisis de la actividad pesquera y las necesidades de administración vinculadas al objetivo específico c).

Actividad 6. A partir del trabajo desarrollado en las actividades 1 a 5, realizar una síntesis de principales barreras, brechas, necesidades, facilitadores, lecciones aprendidas y buenas prácticas en la administración de las pesquerías de macroalgas pardas, que sirvan como insumo para orientar la gestión sustentable de estos recursos, considerando su contribución a la mitigación/adaptación al cambio climático como solución basada en la naturaleza. Esta actividad se vincula al objetivo específico c).

Actividad 7. En base a las actividades anteriores, realizar recomendaciones, estratégicas y específicas, que se presentarán en el Informe Final en capítulos separados respectivamente, para la protección de sectores de importancia por la presencia de bosques de macroalgas pardas susceptibles de ser resguardadas mediante figuras de protección marina y propuestas para la

adecuada gestión pesquera de dichos recursos. Para estas recomendaciones se deberá necesariamente considerar lo contenido en el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 (2017) y los compromisos de la Contribución Nacionalmente Determinada, en su versión actualizada 2020 y los documentos emitidos por el grupo de trabajo Mesa Océanos, en materia de carbono azul. Esta actividad se vincula al objetivo específico d).

3.3 Objetivo específico a

Realizar un diagnóstico cuantitativo del estado de situación de las macroalgas pardas presentes en los ecosistemas costeros de Chile, recopilando información disponible de estudios de abundancia, biomasa y cobertura, realizados tanto en contexto de investigación científica como de monitoreo de actividades extractivas pesqueras.

3.3.1 Aspectos Generales

Para el desarrollo de este objetivo se desarrolló un enfoque basado en la recopilación de información bibliográfica relativa a mediciones de productividad primaria neta (PPN), evaluaciones de biomasa (directas e indirectas) y de áreas de distribución espacial por especie, región y año a nivel nacional. Cuatro especies estuvieron involucradas en esta recopilación: (a) Huiro negro: en las fuentes bibliográficas más antiguas aparece como *Lessonia nigrescens* en tanto que más recientemente se le identifica como el complejo *Lessonia berteriana/spicata*. Algunos informes la identifican ya sea como *L. berteriana* y otros como *L. spicata*. En cualquier caso, todas las categorías taxonómicas se reconocen como huiro negro; (b) Huiro palo, nombre científico *Lessonia trabeculata*; (c) Huiro macro o flotador, *Macrocystis pyrifera*, incluido en publicaciones e informes como *M. pyrifera*, *M. integrifolia* o *Macrocystis* spp., pero en todos los casos se asocia al nombre vernacular huiro macro. (d) Cochayuyo: en Chile se reconocen bajo este nombre a dos especies: *Durvillaea antarctica* y *D. incurvata*. Esta última especie fue descrita recientemente para Chile (Fraser et al. 2020) y cuya distribución comprende entre Coquimbo (30° S) e Isla Betecoi (43° S) mientras que *D. antarctica* se distribuye en zonas subantárticas.

Estas cuatro especies (huiro negro, huiro palo, huiro flotador o macro y cochayuyo) constituyen las especies dominantes en los llamados huirales (praderas o bosques de macroalgas pardas), en las cuales se enfoca la revisión y análisis.

3.3.2 Descripción de metodología por actividades

Estimaciones históricas de biomasa, carbono fijado y CO₂ equivalente: Se realizó una búsqueda de la información de estimaciones de biomasa, tanto de evaluaciones directas como indirectas, realizadas desde 1993 a la fecha en las distintas regiones administrativas del país. La búsqueda abarcó: i) el registro de proyectos terminados financiados por el Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA) de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA)¹ que incluye un registro de 770 casos. De estos se extrajeron aquellos relacionados con evaluaciones de algas pardas en Chile; ii) proyectos financiados por el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR); iii) proyectos financiados por organismos privados y iv) otros informes desarrollados por los investigadores que forman parte de esta asesoría.

La idea de desarrollar esta actividad fue la de elaborar una línea base que permita evaluar las existencias permanentes de biomasa (*standing stock*) de las algas pardas de interés para la asesoría (Figura 1). A partir de estas se pueden estimar las existencias permanentes de carbono total fijado en dichas biomásas (húmedas) además del CO₂ equivalente.

¹ <https://www.subpesca.cl/fipa/613/w3-propertyvalue-61406.html>

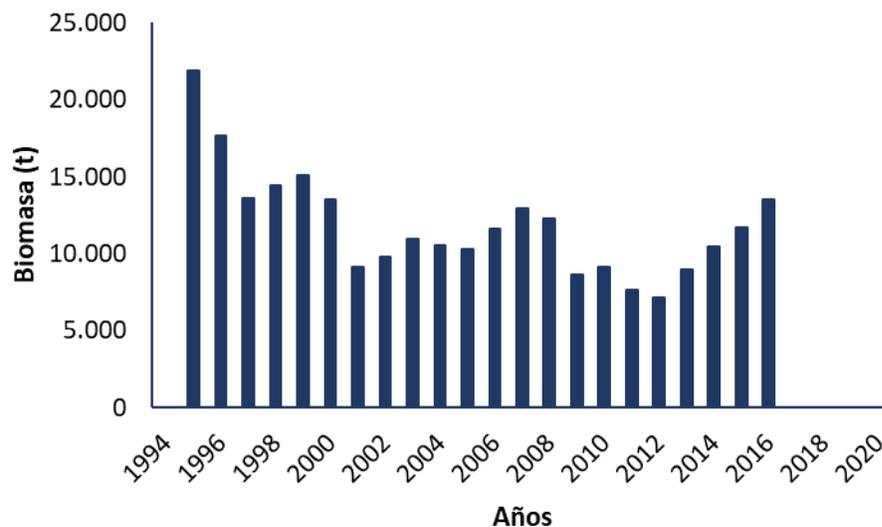


Figura 1. Ejemplo de la línea base planteada para describir y comparar el comportamiento histórico de la biomasa húmeda a través del tiempo. A partir de esta biomasa es posible estimar las existencias históricas de carbono fijado en tejido vivo de algas pardas y el CO₂ equivalente, de acuerdo con la metodología escrita en el texto.

Para la estimación del carbono fijado en los tejidos vivos de algas pardas, así como la cantidad de CO₂ equivalente, se siguió lo recomendado por Rojas y colaboradores (2020):

$$C = B \cdot \%DW \cdot \%C \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde C es la existencia actual (*standing stock*) de carbono; B es la biomasa húmeda estimada; %DW es el porcentaje de peso seco y %C es el porcentaje de carbono en el peso seco. La ecuación 1 se expresa cuantitativamente como:

$$C = B \cdot (12,99 \pm 0,65) \cdot (28,84 \pm 4,59) \quad (\text{Ecuación 2})$$

La estimación de CO₂ equivalente se obtiene de multiplicar el *standing stock* de carbono fijado por 3,67, constante que proviene de la proporción de carbono en el peso molecular (g mol⁻¹) del CO₂. Así, el *standing stock* histórico de C y CO₂ se puede expresar en términos análogos a la Figura 1, con sus respectivos intervalos de confianza para la estimación.

El tiempo de inicio de la serie histórica correspondió al dato más antiguo disponible a nivel nacional. El análisis se hizo sobre una base regional con la idea de sumar año a año los *standing stocks* de todas las regiones con la finalidad de expresar las cantidades de carbono y CO₂ equivalente a nivel nacional.

Estimación de la contribución en carbono azul: Para la estimación de la contribución de los bosques de macroalgas pardas al carbono azul se utilizó la aproximación propuesta por Krause-Jensen y Duarte (2016) y aplicada por Bayley y colaboradores (2017) en las Islas Falkland. Esta aproximación teórica se muestra en Figura 2. El ciclo se inicia con la captación de CO₂ del medio que se incorpora como tejido vivo en la biomasa del alga a través de la fotosíntesis. En el ciclo del carbono azul, esta biomasa puede tomar al menos tres vías: i) como carbono orgánico particulado (COP) bajo la forma de plantas desprendidas del sustrato o bien frondas de macroalgas que se desprenden de las plantas y que son transportadas a la deriva por las corrientes, proceso que ha sido descrito por diversos autores (Theil & Gutow, 2005a; 2005b; Theil, et al., 2007; Tala, et al., 2019). En este proceso parte de este COP puede ser reintegrado al sistema y el carbono queda disponible localmente y otra parte es exportado mar adentro donde, de nuevo, puede ser reingresado al sistema de océano abierto. Eventualmente otra parte de este material particulado pierde boyantes y se hunde en aguas profundas donde el carbono es secuestrado. Krause-Jensen y Duarte (2016) sugieren una profundidad umbral u horizonte de secuestro de carbono de 1.000 metros. ii) Una segunda ruta para el COP es aquella donde se incorpora en aguas someras al detritus, ya sea dentro del bosque o en las playas a través de varamientos. Parte de este COP es pastoreado o remineralizado y vuelve a quedar disponible en el medio. Una parte del COP es arrastrada por la plataforma continental donde es enterrado en forma de carbono azul y otra parte llega eventualmente al borde de la plataforma y es secuestrado en aguas profundas bajo la forma de carbono azul. iii) En la tercera ruta, parte del carbono orgánico pasa al agua como carbono orgánico disuelto (COD) el que está disponible en el sistema dentro de la capa de mezcla, que es la capa más superficial donde producto de una mayor turbulencia todos los materiales son homogenizados en la columna de agua. Parte del COD será atrapado en forma de carbono azul cuando descienda a una profundidad más allá de la capa de mezcla (Bayley, et al., 2017).

La Figura 3 representa el flujo de carbono en términos porcentuales a través de cada eslabón del ciclo, que va desde la fijación de CO₂ desde el medio hasta el enterramiento o secuestro de carbono azul (Krause - Jensen & Duarte, 2016; Bayley, et al., 2017). Sobre la base de tales

porcentajes se estimó la contribución de carbono azul en cada etapa del ciclo y la suma de ellos (A + B + C de la Figura 3).

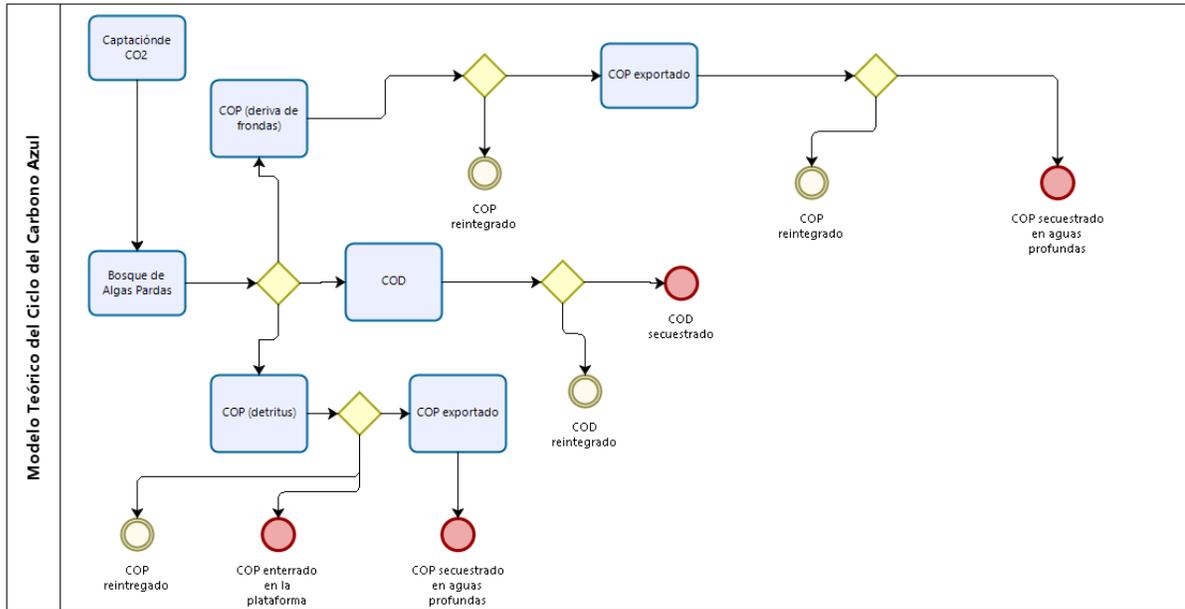


Figura 2. Modelo conceptual del ciclo del carbono azul asociado a los bosques de macroalgas pardas. Las cajas azules representan un proceso conformado por dos o más eventos, en este caso biogeoquímicos, biológicos y mecánicos que se inicia con la captación de carbono del medio y finaliza con el secuestro o enterramiento de carbono (carbono azul) representado por los círculos rojos que indican el final del ciclo. Los rombos representan donde el flujo de información del modelo puede tomar más de una ruta. Los círculos de color más claro representan el carbono que es remineralizado o pastoreado y reintegrado al sistema. Fuente: adaptado de (Krause - Jensen & Duarte, 2016).

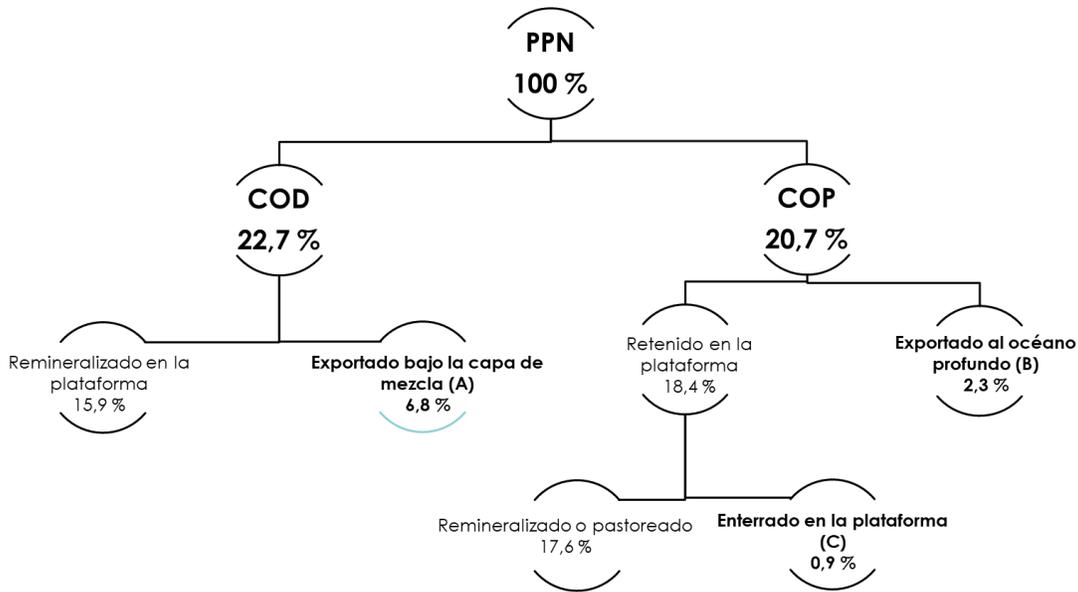


Figura 3. Esquema del ciclo del carbono azul. En cada nivel los números representan el porcentaje de carbono involucrado en la etapa respecto del 100% de la productividad primaria neta (PPN). COD: carbono orgánico disuelto; COP: carbono orgánico particulado. Las letras A, B y C representan el carbono enterrado o secuestrado bajo la forma de carbono azul. Fuente: adaptado de (Bayley, et al., 2017).

Para la estimación de la contribución de las macroalgas pardas se requiere primero tener estimados de PPN ($\text{g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$) por especie y región. Para obtenerlos se revisó la literatura científica especializada. Dado que la PPN es dependiente de un gran número de variables (Lachkar & Gruber, 2012; Schiel & Foster, 2015; Spector & Edwards, 2020) la cantidad de carbono fijada al tejido vivo por fotosíntesis es sitio – específica. En el caso en que no se encontró información a nivel regional se usó la información disponible a nivel nacional y en última instancia a registros de PPN para la especie en otros lugares del mundo. Posteriormente, se multiplicó la PPN por el área de distribución del recurso a nivel regional. Esta información provino de informes de evaluaciones directas en las cuales se reportó el área de cobertura por especies, región y año en el cual se efectuó la evaluación directa.

Indicadores de desempeño económico basados en las estimaciones de carbono azul: Dos indicadores económicos fueron calculados para describir, en términos de carbono

azul, el aporte de las macroalgas pardas en Chile: a) equivalencia en términos de bonos de carbono y b) costo social del carbono. A continuación se definen tales indicadores.

a) Equivalencia en términos de bonos de carbono: bajo este concepto se define como tal a "(...) Los bonos de carbono bajo el mercado regulado son parte de los instrumentos definidos en el Protocolo de Kioto para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Dichas reducciones se miden en toneladas de CO₂ equivalente, y se traducen en certificados de emisiones reducidas (CER). Un certificado de emisiones reducidas equivale a una tonelada de CO₂ que se deja de emitir a la atmósfera, y puede ser vendido en el mercado formal de carbono. Este tipo de bonos de carbono son transados en los mercados de cumplimiento regulado por regímenes obligatorios de reducción de carbono"². El valor del bono de carbono usado correspondió al valor asignado en la Bolsa de Londres, siguiendo los criterios del sistema Europeo de Emisiones de Carbono (EU – ETS, por sus siglas en inglés³). El precio utilizado fue de €50,88 correspondiente al 23 de julio de 2021⁴. Así, el carbono azul aportado por las macroalgas pardas analizados fue cuantificado en términos económicos.

b) Costo social del carbono (CSC): El sustrato conceptual del CSC ha emergido de la valoración de servicios ecosistémicos. Su valor constituye un estimado del costo marginal de extraer una tonelada de CO₂ equivalente (tCO₂e) desde la atmósfera (Tol, 2008). Así, el punto central en su aplicación es obtener un estimado del costo alternativo, esto es el costo de retirar el CO₂ de la atmósfera mediante un proceso mecánico. El tema fue abordado desde el punto de vista ingenieril por (Keith, et al., 2018), quienes diseñaron un proceso para capturar CO₂ desde la atmósfera en una planta industrial, estimando un costo de US\$94 a 232 por tonelada de CO₂ capturado. Así, los valores de carbono azul obtenido a través de las estimaciones descritas anteriormente permitieron disponer de un estimado de CSC a nivel nacional, originado por las praderas y bosques de algas pardas en el territorio marino continental. Estimados análogos han sido utilizados por los Estados para ponderar las decisiones políticas y de manejo en términos de adaptación y mitigación climática (Bayley,

² <https://mma.gob.cl/cambio-climatico/preguntas-frecuentes/>

³ <http://futuracarbono.com/servicio/1/MERCADOS%20DE%20CARBONO>

⁴ <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>

et al., 2017). En este Informe el costo marginal fue calculado como la diferencia en el costo alternativo entre dos años,

$$CSCm = \frac{\Delta CSC}{\Delta t}$$

Este costo marginal describe entonces el costo país por una disminución en el aporte de carbono azul a partir de los cambios en el área de distribución del alga en análisis. Así, un CSCm negativo indica pérdida interanual de superficie de cobertura, en tanto un CSCm positivo indica lo contrario. Este indicador es de utilidad al momento de evaluar los objetivos de manejo de praderas naturales cuando es visto como contribución anual de los ecosistemas dominados por algas pardas en términos de carbono azul.

Estimación de intervalos de confianza: Los intervalos de confianza para las estimaciones de carbono y carbono azul fueron hechos utilizando el método de Monte Carlo (Ragsdate, 2007), incorporando las fuentes de incertidumbre relevadas en la revisión de documentos de evaluaciones directas, indirectas y rangos de PPN disponibles. Un total de cinco mil ciclos de iteración fueron realizados en cada análisis.

Recopilación y revisión de la información de estadística pesquera disponible en espacio y tiempo y medidas de administración: La recopilación de información estadística de desembarque se realizó a partir de la revisión de los anuarios de estadística de pesca y acuicultura disponibles en la web institucional del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura entre los años 2005 a 2020, y la solicitud a través del sistema de integral de información y atención ciudadana (SIAC). Se registró la información de desembarque pesquero artesanal proveniente de áreas de libre acceso y de áreas de manejo por región, para los recursos *Lessonia berteroana/spicata/nigrescens*, *Lessonia trabeculata*, *Macrocystis pyrifera/integrifolia* y *Durvillaea antarctica/incurvata*.

Las medidas de administración vigentes por especie y región fueron obtenidas del informe anual del estado de las pesquerías chilenas año 2020 (Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, 2021).

Revisión y recopilación sobre métodos de evaluación de stock de praderas de algas disponibles en la literatura especializada a nivel internacional: En este reporte se presentan los resultados de la revisión de la literatura nacional e internacional sobre métodos de evaluación de stock directos con énfasis en algas laminariales, quedando los resultados del análisis de métodos indirectos para el segundo informe de avance.

Sistematización y análisis de la información sobre métodos de evaluación de stock de praderas de algas: Una vez recopilada la información, esta se sistematizó y clasificó en función de tipo de evaluación directa y para cada una de ellas, se realizó una descripción del método, los principales supuestos detrás de cada uno de ellos, las consideraciones relevantes, así como las ventajas y desventajas que presentan.

3.4 Objetivo específico b

Seleccionar y caracterizar ecosistemas de macroalgas pardas en las diferentes zonas del país, cuyas características los distinguan como relevantes en su posible contribución a los factores de importancia para la mitigación/adaptación del cambio climático, tales como estructura y/o restauración de hábitats, sustentabilidad de las comunidades locales u otros.

3.4.1 Aspectos generales

Para el desarrollo de este objetivo se tuvo en consideración los resultados del objetivo a, para describir y caracterizar la contribución que tienen los bosques de algas pardas al stock de carbono y su enterramiento. Además, se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica que incluyó informes finales de proyectos FIPA, FIC, FONDEF, otros; y publicaciones científicas, y también se tuvo en consideración el levantamiento de información a través de la aplicación de encuestas o entrevistas a actores claves.

Para describir y caracterizar las diferentes zonas de interés, los bosques de algas pardas fueron clasificados de acuerdo con lo siguiente:

- a) Distribución geográfica de las especies de algas pardas presentes en la costa de Chile que incluyen a: *Lessonia berteriana*, *Lessonia spicata*, *Lessonia trabeculata*, *Lessonia vadosa*, *Lessonia flavicans*, *Macrocystis pyrifera*, *Durvillaea incurvata*, *Durvillaea antarctica* (Santelices & Hoffmann, 1997).

- b) Distribución del ensamble de algas pardas en el gradiente batimétrico (e.g., intermareal, submareal) y de zonación (Stotz et al. 2016).
- c) Tipo de medida de administración pesquera aplicada en el territorio (e.g., áreas de libre acceso a la pesquería, áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos, áreas marinas protegidas).
- d) Las actividades extractivas que contribuyen a la dimensión socioeconómica de las comunidades costeras.

Del análisis de la información recopilada emergieron las zonas importantes para la conservación, la mitigación/adaptación frente al cambio climático y/o la sustentabilidad de las poblaciones de algas pardas sometidas a extracción, basado en el modelo conceptual del carbono azul descrito en el objetivo específico a.

3.4.2 Descripción de metodología por actividades

- 1. Recopilación y revisión de literatura disponible e información de fuentes primarias.** Esta actividad estuvo orientada a recopilar y revisar literatura disponible, para lo cual se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica de literatura especializada, así como también informes finales de proyectos FIPA, FIC, FONDEF, otros. Además, se consideró el levantamiento de información a través de la aplicación de encuestas o entrevistas a actores claves.
- 2. Definición de atributos relevantes a considerar en los ámbitos ecológico, social, económico, explotación (para praderas sometidas a explotación) y contribución a la mitigación/adaptación al cambio climático.** A partir de la información recopilada en la revisión bibliográfica, y el levantamiento realizado con actores claves, se identificaron atributos claves que fueran relevantes en los ámbitos ecológico, social, económico, pesquero (explotación de algas pardas) y en lo relacionado con la contribución a la mitigación y/o adaptación al cambio climático.
- 3. Descripción y caracterización de las zonas identificadas de interés a nivel nacional en base a los atributos identificados.** A partir de los atributos identificados y descritos, se caracterizaron cada una de las zonas identificadas a una escala regional.

- 4. Integración de la información generada en las actividades previas, principalmente asociadas al objetivo a.** Esta actividad tuvo como propósito integrar toda la información generada en las actividades previas.
- 5. Estimación de la contribución al carbono azul de las praderas de algas presentes en Chile.** La estimación de la contribución al carbono azul se determinó en base a los resultados obtenidos en el desarrollo del objetivo a.
- 6. Estimación de la contribución a la mitigación/adaptación al cambio climático de las praderas de algas presentes en Chile.** A partir de la información referida a la contribución al carbono azul, se determinó la contribución a la mitigación y/o adaptación al cambio climático, en función de los atributos considerados en el análisis.
- 7. Identificación de áreas de interés en función de la contribución al carbono azul y la mitigación/adaptación al cambio climático.** En función de los resultados obtenidos en las actividades precedentes se identificaron las áreas (regiones) de interés a partir de la contribución al carbono azul y la mitigación/adaptación al cambio climático.

Caracterización de los aspectos sociales y económicos de la pesquería de algas pardas y su contribución a la identificación de zonas aptas para la mitigación/adaptación frente al cambio climático.

Para la caracterización de los aspectos sociales y económicos de la pesquería de algas pardas se utilizaron los siguientes indicadores socioeconómicos: desembarque anual valorizado de algas pardas, número de pescadores operando en la pesquería (RPA operativo), y el ingreso anual bruto per cápita (IAB). Los valores de desembarque, precio playa, y el Registro Pesquero Artesanal (RPA) operativo de los pescadores fueron obtenidos de la base de datos disponibles para el año 2020 de las estadísticas pesqueras para cada región geopolítica. Para el análisis se consideró la base de datos del año 2020 porque representa la información más actualizada por región, y además es representativa de las tendencias regionales de los últimos cinco años.

Desembarque anual valorizado de algas pardas

Para estimar el desembarque valorizado se solicitaron los valores de desembarque de algas pardas por especie y región junto con el registro de precios playas que realiza el SERNAPESCA. Ambos datos, precio de playa y desembarque fueron obtenidos mediante solicitud de información pública.

El valor precio playa utilizado para estimar el desembarque valorizado correspondió al precio playa disponible para las especies de algas pardas a nivel nacional para el año 2020.

Una vez obtenido los valores de precio de playa nacional por especie de alga parda, se calculó la valorización del desembarque por especie y región.

Número de pescadores operando en la pesquería de algas pardas (RPA operativo)

El número de pescadores operando en la pesquería de algas pardas, corresponde a los pescadores que tienen inscrita las algas pardas en su Registro Pesquero Artesanal (RPA), y que declararon capturas de alguna de las especies de algas pardas (i.e., huiro negro, huiro palo, cochayuyo) durante el año 2020. El RPA operativo se obtuvo a partir del análisis de la base estadística de declaración de desembarque diario por RPA y especie que lleva Sernapesca.

Ingreso anual bruto per cápita (IAB)

Una vez calculada la valorización del desembarque, se estimó el ingreso anual bruto per cápita (IAB) por pescador por especie de alga parda y región, a partir del desembarque anual valorizado dividido por el RPA operativo, ambos del año 2020.

Índice de restricción de explotación (IRE)

El índice de restricción de explotación (IRE) de las poblaciones de algas pardas, se construye basado en las medidas de administración pesquera implementadas por región geopolítica del país. Este índice relaciona la restricción de la explotación de las algas con el concepto de integridad ecológica de los bosques de algas pardas, tal como es reportado por Vega et al. (2014), quienes detectaron diferencias en estos ecosistemas al comparar áreas de libre acceso, áreas de manejo (AMERB) y áreas marinas protegidas (i.e. reservas marinas). En

dicho estudio se encontró que un ecosistema de bosque de algas pardas tiene la máxima integridad ecológica en un territorio costero sin intervenciones antrópicas (e.g., Áreas Marinas Protegidas). En cambio, un ecosistema de bosque de algas pardas tiene la mínima integridad ecológica en un territorio costero cuando es intervenido por perturbaciones antrópicas, por ejemplo, contaminación y pesquerías (e.g., Áreas de libre acceso a la pesquería). Situaciones intermedias ocurren cuando se desarrollan estrategias de conservación enfocadas a la mantención de la integridad ecológica, en el caso de los bosques de algas pardas, corresponden principalmente medidas de administración pesquera, como los planes de manejo (i.e., regionales, locales) y AMERB.

En este contexto, el índice de restricción de explotación (IRE) relaciona las medidas implementadas en cada región para algas pardas y considera cuatro categorías que corresponden a las siguientes: 4, región sin explotación de algas pardas; 3, región con plan de manejo de algas pardas y AMERB con algas pardas como especie objetivo; 2: región sin plan de manejo, pero con AMERB que tienen como especie objetivo las algas pardas; y 1: región sin plan de manejo ni AMERB.

Identificación y selección de zonas con bosques de algas pardas relevantes para la mitigación y adaptación al cambio climático

Para identificar y seleccionar zonas con bosques de algas pardas relevantes para la mitigación y adaptación al cambio climático se realizó un análisis de la contribución del carbono azul estimado en este estudio, el desembarque anual valorizado, el ingreso anual bruto per cápita, el registro de los pescadores que participaron en la pesquería de algas pardas y el índice de restricción de explotación basado en las medidas de administración pesquera implementadas en cada región.

3.5 Objetivo específico c

Analizar los planes de manejo de algas pardas y medidas de administración pesqueras, implementadas en las distintas regiones del país, evaluando su eficacia en el desarrollo de una actividad extractiva sustentable y proponer medidas alternativas o complementarias para la conservación y uso sustentable de estos recursos.

3.5.1 Aspectos generales

Desde el punto de vista metodológico la revisión y análisis de la pesquería de algas pardas a nivel nacional, en cuanto a sus medidas de administración, se realizó en escenarios con y sin planes de manejo (ambos en áreas de libre acceso), así como en espacios de acceso restringido, tales como AMERB, reservas marinas y otras figuras de áreas marinas protegidas.

Una primera fuente de información fue de tipo documental, asociada a cada uno de los planes de manejo, las medidas de manejo incluidas en ellos, las medidas de administración aplicables en áreas de libre acceso, y las acciones incluidas en áreas protegidas. En este sentido el análisis fue de tipo normativo.

Otra fuente de información fueron fuentes primarias, para lo cual se identificaron actores claves del sistema de las algas pardas, tanto del sector público como privado, a quienes se aplicaron encuestas y/o entrevistas especialmente diseñadas. Luego del análisis de los resultados, se realizaron entrevistas grupales con representantes de diversas instancias del Ministerio del medio ambiente (MMA) y de la Subsecretaría de pesca y acuicultura (Subpesca), con el fin de profundizar en los resultados y/o complementar la interpretación realizada. Además, considerando que estos compromisos se establecen en instancias internacionales se realizó una entrevista a un representante del Ministerio de relaciones exteriores.

La eficacia de las medidas se revisó en base a la integración de la información levantada y analizada, para los planes de manejo en las regiones que disponen de ellos, considerando los objetivos, metas e indicadores incluidos en los respectivos planes de manejo. No obstante, dado que los planes de manejo no disponían de una métrica que permitiera su

evaluación, se consideró como una alternativa, analizar la contribución de las medidas de administración y acciones implementadas en cada plan de manejo de algas pardas con las principales amenazas que afectan a las algas pardas. Para la identificación y clasificación de las amenazas se tuvo como referencia lo sugerido por la IUCN (2012a; 2012b) y Salafsky et al. (2007). Además, se

A partir de la información levantada, además de la generada en las actividades previas, se realizó un análisis estructural del sistema de algas pardas, lo cual permitió describir las relaciones entre las diversas variables, identificar aquellas que ejercen mayor influencia en el sistema y finalmente seleccionar aquellas que es posible intervenir con el fin de generar los cambios deseados.

Análisis estructural: El análisis estructural, es una herramienta de la prospectiva, desarrollada en los años setenta por Michel Godet, apoyándose en la formalización matemática, el cálculo de probabilidades y la investigación operacional (Medina & Ortigón, 2006).

En términos teóricos, si se examina el siguiente ejemplo donde el sistema de variables se puede dividir en dos subsistemas (Figura 4), es posible observar que la "variable a" es fuertemente dependiente del subsistema S1; y "c", influye fuertemente el subsistema S2. No obstante, al analizar el sistema completo solo por sus influencias directas, el papel de la "variable b", puede ser subestimado, sin embargo juega un papel relevante en la conexión de ambos subsistemas (Godet, 1994).

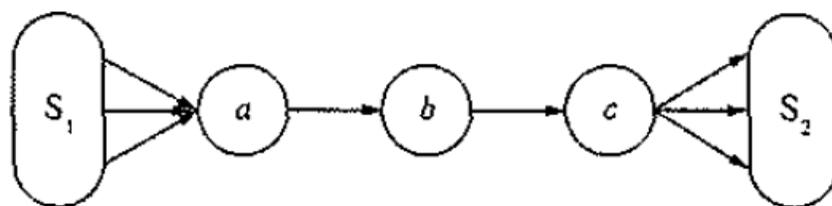


Figura 4. Esquema de sistema conformado de dos subsistemas (S1 y S2) (Godet, 1994).

Por otro lado, si consideramos un sistema de tres variables, donde la "variable i" influye directamente a la "variable j" y la "variable j" influye directamente la "variable k", cambios

en la "variable i" influirán en la "variable k", pero en forma indirecta, y este tipo de interacción no se refleja en la matriz de influencias directas (MID), pero si se eleva al cuadrado las relaciones de segundo orden se hacen evidentes e iteraciones sucesivas permiten que emerjan las influencias indirectas y los procesos de retroalimentación entre variables. Para esto se deben realizar iteraciones hasta alcanzar la estabilidad de la matriz (Godet, 1994).

En este contexto, el análisis estructural corresponde a una herramienta de estructuración de un sistema dado a partir de una reflexión colectiva, que permite identificar las variables clave de un sistema a partir de la determinación de la influencia que genera en el sistema. Estas variables son definidas en términos neutros, ya que lo que se determina son las relaciones de influencias directas entre las variables identificadas, y no su estado; para luego determinar las influencias indirectas a partir de la iteración de la matriz original.

Para este análisis se utilizó el software libre de la prospectiva denominado MICMAC (Matriz de Impactos Cruzados – Multiplicación Aplicada a una Clasificación), programa que tiene por objeto apoyar el análisis estructural a partir de una lista de variables estructurales y la construcción de una matriz cuadrada que representa las influencias directas entre las variables identificadas, cuyo resultado permite extraer e identificar las variables claves del sistema estudiado, mediante la representación gráfica del sistema utilizando cuadros y gráficos que posibilitan la modelización del sistema (Godet, 2000; Godet, 2007).

La identificación de las variables, así como su nivel de interacción – determinación de las influencias directas – fue determinado por el equipo de profesionales de CESSO a partir de los resultados del levantamiento de información tanto de fuentes primarias como secundarias.

El análisis estructural considera los siguientes pasos: (1) identificación de las variables, (2) descripción las variables, (3) definición del ámbito de las variables, (4) descripción de las relaciones entre variables, (5) construcción de la matriz de influencias indirectas (MII) e (6) identificación de variables clave en base a los resultados del análisis estructural.

La descripción de las relaciones entre variables consiste en primer lugar en definir si la variable X ejerce influencia directa sobre la variable Y. Luego si no existe influencia, se

califica con una influencia cero (0). Por el contrario, si se determina que sí existe influencia directa, se debe determinar si la influencia es alta (3), media (2) o baja (1). Con estos datos se construye la matriz de influencias directas (MID).

Una vez construida la MID, se construye la Matriz de Influencias Indirectas (MII), para lo cual se utiliza el software MICMAC (Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación), el cual itera la matriz original hasta alcanzar la estabilidad, lo cual permite incorporar todas las relaciones que existen en el sistema analizado, para así determinar los niveles de influencia y dependencia de cada una de las variables (Figura 5).

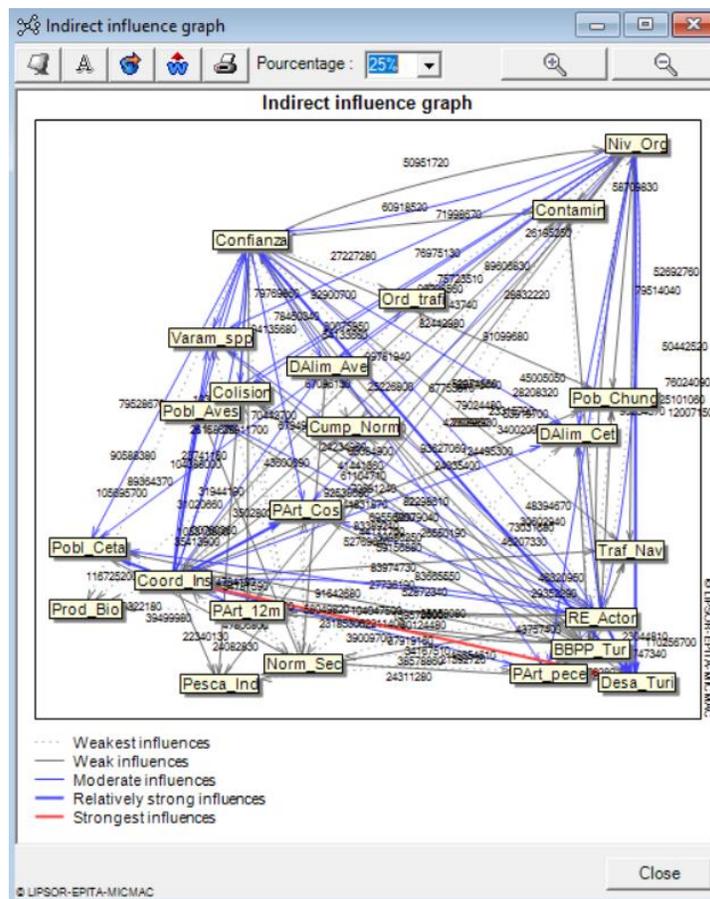


Figura 5. Representación de las relaciones entre variables, considerando las influencias indirectas que se generan en el sistema.

A partir de los resultados de este análisis se identificaron las variables claves del sistema, que corresponden a aquellas que ejercen mayor influencia. De estas variables se determinó

su estado y viabilidad de ser intervenida, con el fin de formular las estrategias y recomendaciones que tengan posibilidad real de implementación.

Para calificar el estado de las variables analizadas se ocupó una escala conceptual de 4 niveles: Muy bueno (4), Bueno (3), Suficiente (2) e Insuficiente (1), cuyas rúbricas corresponden a las siguientes:

Muy bueno: la variable se encuentra en un estado óptimo, contribuyendo con el tema central de esta consultoría, es decir con la mitigación/adaptación al cambio climático aportada por los bosques de macroalgas pardas.

Bueno: la variable se encuentra en un estado adecuado y es pertinente con el tema central de esta consultoría, es decir la mitigación/adaptación al cambio climático aportada por los bosques de macroalgas pardas.

Suficiente: la variable se encuentra en un estado adecuado para la administración pesquera de los recursos algas pardas, pero es inadecuado para abordar acciones en el marco de la mitigación/adaptación al cambio climático aportados por estos recursos algales.

Insuficiente: la variable se encuentra en un estado inadecuado, tanto a nivel de la administración pesquera de las algas pardas, como de la contribución de estos recursos con la mitigación/adaptación al cambio climático.

En cuanto a la identificación y selección de los actores relevantes se realizó a partir de un análisis de actores utilizando una adaptación de la metodología denominada Análisis social CLIP (Chevalier & Buckles, 2011a).

Análisis de actores: Para realizar este análisis se ocupó una adaptación de la metodología denominada Análisis Social CLIP (Chevalier & Buckles, 2011a). Esta metodología se ocupó con el propósito de describir a los actores relacionados con el sistema de algas pardas, considerando el rol que cumple el actor en el sistema, sus atribuciones, y las relaciones de colaboración que existen entre ellos. La adaptación incorporada corresponde a integrar en el análisis los niveles de comunicación y colaboración entre los actores, a partir de la información levantada en las entrevistas y encuestas aplicadas en el marco de esta consultoría. En este sentido, junto con la descripción de los actores se realizó una

caracterización de la comunicación y colaboración entre ellos, para lo cual se ocupó una escala de 0-1, que representaba lo siguiente: para comunicación, 1: comunicación fluida; y 0: comunicación no fluida; para colaboración: 1: Sí existe colaboración; y 0: No existe colaboración. En los casos en que no existía información suficiente para emitir el juicio, se completó la matriz con s/i: sin información.

Para emitir los juicios de comunicación y colaboración, se consideraron las siguientes definiciones para el concepto y la escala ocupada.

Comunicación: *Df.* Proceso bi o multidireccional entre dos o más personas a través del cual se genera una interacción entre quienes participan (Watzlawick, et al., 1985) donde se intercambia información a través del lenguaje oral o escrito, interviniendo el lenguaje no verbal, el contexto, las emociones y estados de ánimo (Echeverría, 1995). La comunicación se refiere al intercambio o flujo de información, formal e informal, entre quién(es) habla(n) y quién(es) escucha(n), a través de un proceso interactivo, en una organización (Goldhaber, 2007), participando recíprocamente de sus modos de ser, adquiriendo nuevos e imprevisibles significados (Abbagnano, 2010).

1: comunicación fluida: existe comunicación permanente, formal⁵ y/o informal⁶, entre las personas que forman parte de dos unidades de una misma organización (intraorganizacional) o entre unidades de organizaciones diferentes (interorganizacional).

0: comunicación no fluida: no existe comunicación permanente, formal⁵ y/o informal⁶, entre las personas que forman parte de dos unidades de una misma organización (intraorganizacional) o entre unidades de organizaciones diferentes (interorganizacional).

Colaboración: *Df.* Proceso en el cual dos o más personas comparten información, analizan situaciones o problemas, construyen soluciones, analizan e indagan sus prácticas

⁵ Comunicación institucionalizada; es decir, existen procedimientos y mecanismos formales de comunicación al interior de una misma organización, o entre organizaciones diferentes, lo cual garantiza la existencia, permanencia y continuidad de la comunicación. Además, normalmente estos procedimientos y/o mecanismos generan respaldos (evidencias) de las comunicaciones realizadas.

⁶ Comunicación no institucionalizada, se genera por iniciativa de las partes. Por lo tanto, depende de quiénes participan y su continuidad no está garantizada. Sin embargo, es parte importante en la comunicación.

individuales e institucionales u organizacionales (Valliant, 2016), con el fin de abordar de forma integral y diseñar y ejecutar acciones complementarias para incorporar mejoras en el quehacer institucional, lograr mejores soluciones que permitan alcanzar objetivos comunes de manera eficaz y eficiente (Porras, 2003; Porras & Morales, 2008), y que permitan fortalecer no solo la actuación individual sino que la de todo el colectivo (Bardach, 1998; Valliant, 2016).

1: Sí existe colaboración: dos partes realizan acciones colaborativas, en determinadas situaciones o instancias – aunque sean incipientes – para abordar temas u objetivos comunes, donde las partes tienen diversos niveles y espacios de actuación, complementarios, que permiten fortalecer la actuación individual y colectiva.

0: No existe colaboración: dos partes no llevan a cabo acciones colaborativas, aun cuando en determinadas situaciones o instancias realicen acciones conjuntas, pero que no corresponden a trabajo colaborativo, sino que a acciones conjuntas que no surgen de compartir, analizar situaciones o problemas y construir soluciones para alcanzar objetivos comunes.

Adicionalmente se consideró en el análisis otros actores institucionales, que forman parte de la gobernanza para el cambio climático creada en Chile, tales como los Comités Regionales de Cambio Climático (CORECC) y el Equipo Técnico Interministerial de Cambio Climático (ETICC), los cuales son cuerpos de coordinación oficiales para cambio climático, que se encuentran funcionando desde el año 2015 y están incluidas en el Proyecto de Ley Marco de Cambio Climático (Boletín 13.191-12, 2020); sumado al Grupo de Trabajo Interinstitucional Público Privado Nacional (GTI Nacional) de pesca, acuicultura y cambio climático.

3.5.2 Descripción de metodología por actividades

- 1. Revisión exhaustiva de todos los planes de manejo de algas pardas, así como planes de manejo de AMERB, planes de administración de áreas marinas protegidas.** Se recopilaron y revisaron todos los planes de manejo de algas pardas existentes a nivel nacional, otros planes de manejo que incluyen a alguna especie de alga parda, las áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos (AMERB) que incluyen a las algas pardas como especie objetivo, áreas

marinas protegidas (diversas figuras), con énfasis en las medidas de manejo, objetivos, metas e indicadores.

- 2. Identificación, selección y contacto con informantes clave del sector proceso (diverso tamaño), buzos, recolectores de orilla, representantes de plantas de proceso y pescadores artesanales que participan en los CCMM, profesionales de la Subpesca (nivel central y zonal), del Sernapesca (nivel central y regional), Instituto de Fomento Pesquero, Comité Científico Técnico Bentónico, y Ministerio del Medio Ambiente (asociado a AMCP-MU principalmente), ONG, entre otros.** La identificación y selección de actores claves e informantes clave a contactar fue realizada a partir del conocimiento del equipo del proyecto y los señalados por la contraparte técnica del MMA y de la Subpesca. Esta identificación y selección de actores se realizó para cada territorio, de acuerdo con sus características: actores públicos y privados asociados a planes de manejo de algas pardas de las regiones de Arica y Parinacota a Coquimbo; integrantes de los comités de manejo que incluyen algas pardas en otras regiones (i.e. región de Los Lagos, comité de manejo de Bahía de Ancud, comité de recursos bentónicos de Magallanes), otras instancias de participación regional, tales como la mesa bentónica de la región de Los Lagos, comités de manejo de recursos bentónicos de la región del Biobío. Además, se identificaron actores asociados a la academia, para lo cual se utilizó como base el directorio de integrantes de la sociedad de ficología e investigadores relacionados con áreas marinas protegidas; profesionales asociados a ONG's y representantes del Ministerio de relaciones exteriores (MINREL), asociados a asuntos oceánicos y cambio climático.

Una vez identificados los actores se recopiló la información necesaria para construir el directorio para la aplicación de los instrumentos de levantamiento de información a través de la plataforma e-encuesta; y posibilitar el contacto directo para entrevistas individuales, grupales o talleres.

- 3. Diseño de instrumento (entrevista) para levantamiento de información a través de entrevistas con informantes claves.** Se diseñaron dos cuestionarios para el levantamiento de información, uno para actores relacionados con la administración pesquera de los recursos algales (i.e. Subpesca, Sernapesca, Comité

científico técnico bentónico, IFOP), explotación (i.e. pescadores artesanales, plantas de proceso), aspectos relacionados con la protección ambiental y cambio climático (e.g. MMA, unidad de áreas marinas protegidas y cambio climático de la Subpesca) y asesoría (e.g. consultores) (Anexo 1). Otro instrumento fue diseñado para ser aplicado a científicos y profesionales de ONG's (Anexo 2).

Finalmente, se diseñaron entrevistas semi-estructuradas que fueron aplicadas a representantes de la Subpesca (Nivel central y Dirección Zonal de Magallanes), MMA y MINREL (Anexo 3).

- 4. Aplicación de instrumento a informantes claves seleccionados.** La aplicación de los instrumentos se hizo mediante la plataforma en línea de e-encuesta (<https://manager.encuesta.com/>).
- 5. Sistematización y análisis de la información levantada.** Toda la información levantada en las entrevistas y encuestas fue sistematizada en planillas Excel, y su análisis fue de tipo descriptivo.
- 6. Realización de entrevistas grupales o individuales para profundizar el análisis y la interpretación de los resultados.** Una vez analizada la información se realizaron entrevistas grupales o individuales con profesionales del MMA, de Subpesca y del MINREL. En esta etapa no se llevaron a cabo entrevistas con actores del sector privado, ya que fue suficiente con la información levantada a través de la e-encuesta; y además, se decidió no hacerlo porque existía tensión principalmente entre los pescadores artesanales, debido a la iniciativa de prohibición del barroteo promovida a través de la comisión de medio ambiente del Senado; y la incorporación de indicaciones en esta misma línea, por los autores de dicha iniciativa, al proyecto de modificación de la ley de pesca (i.e. proyecto de ley conocido como Ley bentónica).

Las entrevistas realizadas fueron las siguientes:

- a) Alejandro Karstegl, profesional que se desempeñó en la Subpesca como encargado de pesquerías de crustáceos (4 de agosto de 2021),
- b) Subpesca – Unidad de Áreas Marinas Protegidas y Cambio Climático: Gustavo San Martín y Lorena Burotto (5 de agosto de 2021),

- c) Ricardo Radebach (Indespa: institución actual / entrevistado en su rol de Director Zonal de Pesca de la región de Magallanes en periodo que se optó por no explotar *Macrocystis pyrifera*) – Gonzalo Garrido (Subpesca, profesional que se desempeñó en el mismo periodo en Dirección Zonal de Pesca de la región de Magallanes (6 de agosto de 2021),
- d) Ministerio de Relaciones Exteriores: Salvador Vega, Dirección de Medio Ambiente y Asuntos Oceánicos (12 de agosto de 2021),
- e) Subpesca – Unidad de Recursos Bentónicos: Mario Acevedo, Alejandra Pinto y Nicole Maturana (13 de agosto de 2021),
- f) MMA – Departamento de Áreas Protegidas: Felipe Paredes (16 de agosto de 2021),
- g) MMA – División de Recursos Naturales y Biodiversidad / Cambio Climático: Gladys Santis y Daniel Álvarez (19 de agosto de 2021) y
- h) Subpesca – Dirección zonal de pesca y acuicultura de la región de Magallanes y Antártica chilena: Claudio Vargas, encargado de pesca artesanal (8 de septiembre de 2021).

7. Integración de resultados levantados. En esta actividad se integró toda la información levantada, constituyendo un insumo relevante para las demás actividades y objetivos del proyecto.

8. Identificación y descripción de las principales variables constituyentes del sistema de algas pardas. La identificación de las variables del sistema de algas pardas fue realizada por el equipo del proyecto en base a toda la información levantada y generada a partir de la ejecución de las actividades precedentes, en espacial asociadas a los objetivos a y b.

9. Realizar análisis estructural. Una vez definidas las variables, estas fueron traspasadas a una matriz cuadrada, siendo completada la matriz a partir de la determinación de las influencias directas que se ejercen entre ellas. Una vez completada la matriz (matriz de influencias directas), se procedió a generar la matriz de influencias indirectas, para lo cual se ocupó el software MICMAC. Luego se analizaron los resultados y se identificaron las variables claves del sistema de algas pardas.

- 10. Determinación del estado de las variables claves del sistema por zona geográfica.** A partir de la información disponible se determinó el estado de las variables claves⁷ del sistema de algas pardas. El estado dará cuenta de la condición actual de la variable.
- 11. Realizar análisis de brechas y medidas para su reducción.** A partir de la determinación del estado actual de las variables (condición actual) y la definición del estado deseado se determinaron las brechas de las variables claves. Una vez definida la brecha se identificaron medidas que permitan su reducción con énfasis en medidas que tengan una alta posibilidad de aplicación (que sean viables, realizables).
- 12. Identificación de lecciones aprendidas y buenas prácticas a partir de la información levantada.** Las lecciones aprendidas y buenas prácticas fueron identificadas a partir de las entrevistas y encuestas aplicadas, así como de la revisión documental de planes de manejo, decisiones tomadas en el marco de los comités de manejo, u otras experiencias identificadas, incluidas prácticas tradicionales mantenidas por grupos de pescadores en el país. Tanto las lecciones aprendidas como las buenas prácticas serán descritas teniendo en consideración las condiciones de contexto, culturales y situaciones particulares, de tal modo de evaluar su replicabilidad en diversos escenarios.
- 13. Identificación de elementos claves para contribuir con la gestión sustentable de las algas pardas y la mitigación al cambio climático como solución basada en la naturaleza.** Esta identificación de elementos claves para una gestión sustentable de las algas pardas y la mitigación al cambio climático se realizó a partir de los resultados del análisis estructural.
- 14. Integrar todos los resultados en un documento donde se haga un análisis crítico del sistema de algas pardas chileno.** A partir de toda la información levantada y los análisis realizados se generaron insumos que fueron la base para elaborar las propuestas consideradas en el objetivo específico d.

⁷ Por variable clave se entiende aquella variable que ejerce un alto nivel de influencia en el sistema y que es posible de ser intervenida.

3.6 Objetivo específico d

Proponer zonas de resguardo y/o recuperación de ecosistemas de macroalgas pardas que contribuyan al cumplimiento de la propuesta de preservación del stock de carbono y al co-beneficio, mitigación/adaptación, y resiliencia frente al cambio climático.

3.6.1 Aspectos generales

Desde el punto de vista metodológico este objetivo fue ejecutado considerando una secuencia de actividades iniciadas con la elaboración de propuestas preliminares en base a los resultados de las actividades y objetivos previos, para luego ser sometidas a revisión, consulta y validación con actores claves, y finalmente elaborar las propuestas finales.

Estos talleres de revisión, discusión y validación de las propuestas fueron desarrollados utilizando la plataforma virtual Zoom.

3.6.2 Descripción de metodología por actividades

- 1. Elaboración de propuestas preliminares para la protección de sectores seleccionados a partir de resultados de actividades previas relacionadas con objetivos a, b y c; definición de figura de protección más adecuada; recomendaciones para el manejo y administración de macroalgas pardas por zona biogeográfica (o límites más adecuados).** A partir de los resultados de los objetivos precedentes se elaboraron propuestas preliminares que fueron presentadas a actores claves para su conocimiento, revisión, discusión y validación bajo la modalidad de talleres.
- 2. Talleres de validación de resultados y propuestas preliminares con participación de actores claves.** Se realizaron dos talleres de validación, uno para dar a conocer la metodología de estimación del carbono azul y la determinación de brechas y líneas de acción; y otro para la validación de las zonas identificadas para la protección de ecosistemas de algas pardas, el cual se realizó con la participación de investigadores (científicos) y profesionales del Ministerio de medio ambiente y de la Subsecretaría de pesca y acuicultura.

- 3. Elaboración de propuestas y/o recomendaciones finales para la protección de sectores de importancia en el marco del carbono azul.** A partir de los resultados obtenidos en los talleres precedentes se elaboraron las propuestas y/o recomendaciones definitivas para la protección de sectores de algas pardas de importancia en el marco del carbono azul.
- 4. Elaboración de propuestas y/o recomendaciones para incorporar el manejo integral de las algas pardas en el contexto de los planes de manejo, AMERB, reservas marinas u otras figuras pertinentes por zona biogeográfica u otros límites pertinentes.** A partir de los resultados obtenidos en los talleres precedentes se elaboraron las propuestas y/o recomendaciones definitivas para mejorar el manejo actual de las algas pardas, y para avanzar en un manejo integral de estos recursos algales en el marco del carbono azul.

4 Resultados

4.1 Reportes de reunión inicial y de coordinación mensual

La reunión inicial se realizó el 8 de junio de 2021, instancia en que se acordó realizar reuniones de coordinación mensual. Las actas de la reunión de inicio y de las 4 reuniones de coordinación mensual realizadas se adjuntan en los Anexo 4, Anexo 5, Anexo 6, Anexo 7 y Anexo 8.

4.2 Especies de huiros y cochayuyos que forman parte de la pesquería de algas pardas en Chile

4.2.1 Huiro negro *Lessonia berteroana* / *spicata* (ex *Lessonia nigrescens*)

Evidencias filogenéticas (Tellier, et al., 2009), de aislamiento reproductivo (Tellier, et al., 2011a) y diferencias ecológicas y fisiológicas (Oppliger, et al., 2011; 2012; López-Cristoffanini, et al., 2013; Koch, et al., 2015) sustentaron la reciente redescrición del huiro negro en dos especies crípticas (morfológicamente iguales), previamente conocidas como "*Lessonia nigrescens*", y actualmente renombradas como *Lessonia berteroana* (Montagne) y *Lessonia spicata* (Suhr) Santelices (González, et al., 2012). *Lessonia berteroana* se

distribuye desde Marcona, Perú (ca. 15°S) (Pérez-Araneda, et al., 2020) hasta el límite sur de la región de Atacama (ca. 30°S); mientras que *Lessonia spicata* se distribuye desde el límite norte de la región de Coquimbo hasta la Región de Aysén (ca. 50°S) (Rosenfeld, et al., 2019).

La población de huiro negro forma un cinturón de algas pardas que corre paralelo a la línea de costa, que es una característica de la franja infralitoral expuesta para Chile (Figura 6). En lugares particulares, las plantas de huiro negro pueden penetrar hacia fondos rocosos submareales someros. Cabe destacar que mientras *Lessonia berteriana* forma un cinturón monoespecífico, *Lessonia spicata* coexiste con *Durvillaea incurvata* a lo largo del rango de distribución latitudinal (González, et al., 2012; Fraser, et al., 2019)

En general, las plantas de huiro negro tienen un color oliváceo casi negro, y pueden alcanzar hasta 4 m de longitud. Las plantas tienen un disco de adhesión compacto, macizo y cónico que puede alcanzar hasta 50 cm de diámetro, del cual emergen un número variable frondas. Cada fronda está compuesta por un estipe grueso y alargado, subdividido dicotómicamente que terminan en delgadas hojas laminadas (Hoffmann & Santelices, 1997).

El crecimiento de las plantas de huiro negro está influenciado por la coalescencia y la extracción directa. Las plantas coalescentes alcanzan el tamaño mínimo de cosecha antes que aquellas que se mantienen individualizadas (Rodríguez, et al., 2014), disminuyendo su potencial de reproducción. El reclutamiento de huiro negro depende de la disponibilidad de sustrato, de la presión de cosecha y de la localidad. El reclutamiento ocurre durante todo el año, pero aumenta en frecuencia durante la época de primavera.

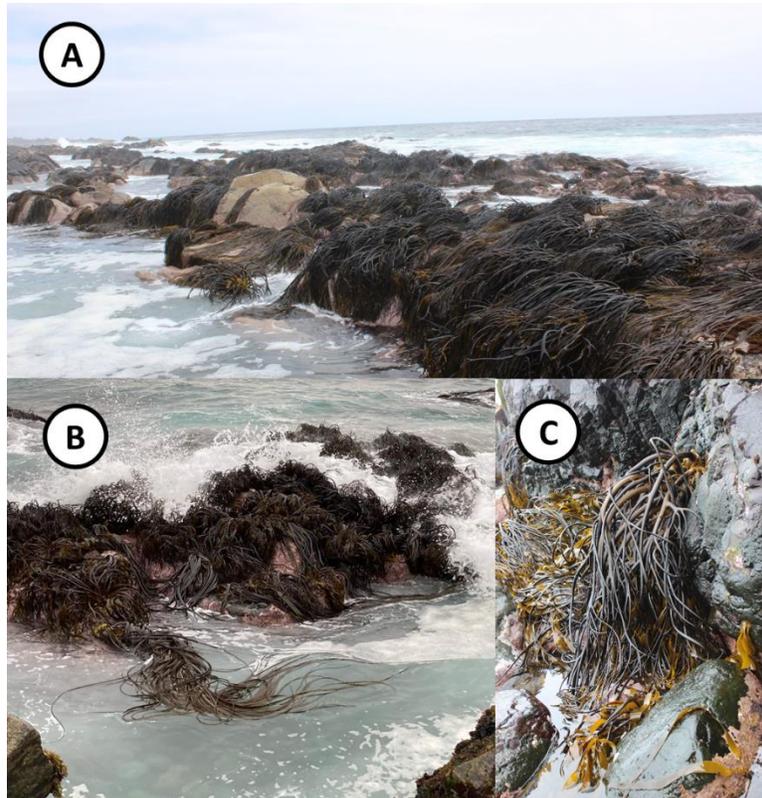


Figura 6. Cinturón intermareal de huiro negro *Lessonia berteriana* en Taltal (A) y de huiro negro *Lessonia spicata* junto con *Durvillaea incurvata* en Valparaíso (B). Planta adulta de *Lessonia berteriana* en Atacama (Registros fotográficos de Boris López y Alonso Vega).

4.2.2 Huiro palo *Lessonia trabeculata*

El huiro palo *Lessonia trabeculata* (Villouta et Santelices) se distribuye desde el sur del Perú hasta la Región de los Lagos (ca. 42° S). Los huirales de *Lessonia trabeculata* conforman una comunidad típica de la zona sublitoral de ambientes rocosos submareales expuestos del norte y centro de Chile (Stotz, et al., 2016). En sectores protegidos al oleaje, la distribución batimétrica de *Lessonia trabeculata* comienza en pozas de marea, pero a medida que aumenta la exposición al oleaje el límite superior del huiral se desplaza entre 2 y 5 m de profundidad. El límite inferior del huiral generalmente está determinado por la discontinuidad del sustrato rocoso estable, y el comienzo de los fondos blandos dominados por arenas. El ancho del huiral depende de la inclinación del fondo rocoso y en algunos

sectores puede alcanzar hasta 30 m de profundidad, mientras que en otros sectores la pradera no sobrepasa los 100 m de longitud (Vásquez, et al., 2008).

Las plantas son erectas, alcanzan hasta 4 m de longitud, y tienen formas arborescentes o arbustivas dependiendo de la profundidad y la presencia de huirales de *Macrocystis pyrifera* (Vega, et al., 2005). Las plantas tienen un disco de adhesión irregular, de hasta 20 cm de alto, con hapterios libres o parcialmente fusionados, fusionados en planta adulta. Desde el disco de adhesión emergen desde 1 hasta 30 o más estipes gruesos, rígidos, ligeramente aplanados, que se dividen dicotómicamente para terminar en una fronda. Las frondas laminares tienen forma lineal a lanceolada con márgenes dentados (Hoffmann & Santelices, 1997).

Tanto el huiro negro *L. berteriana/spicata* como el huiro palo *L. trabeculata* presentan un ciclo de vida heteromórfico. la planta o esporofito constituye la fase macroscópica alternan con los gametofitos microscópicos y dioicos; después de la fertilización comienza el desarrollo del esporofito (Figura 7). Los soros son las estructuras reproductivas en los esporofitos de *Lessonia*. En huiro negro, los soros se disponen en bandas longitudinales medianas, en ambas caras de la lámina, aunque también pueden ser observados en los estipes. En huiro palo, los soros se desarrollan desde la base de las láminas y avanzan a medida que éstas crecen. En el extremo distal de las frondas reproductivas se observa pérdida de tejido por una permanente liberación de esporangios que causa necrosis.

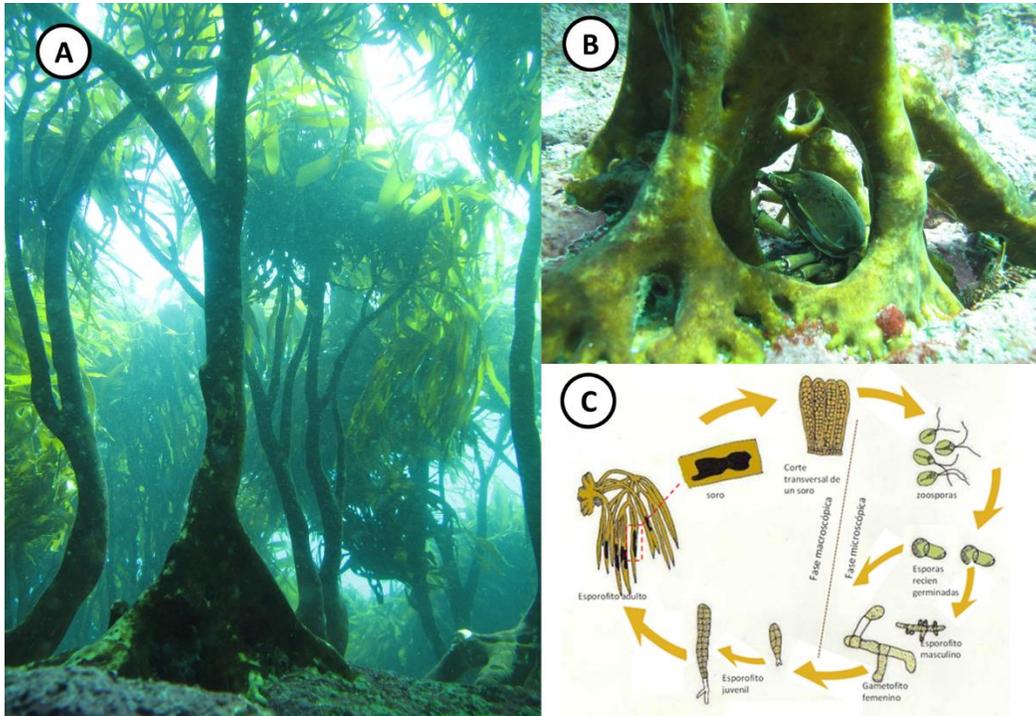


Figura 7. Huirales (A) y disco de adhesión (B) de *Lessonia trabeculata* en Isla Chañaral, Región de Atacama (Registro fotográfico de M. Oróstica); junto con el ciclo de vida de *Lessonia* (fotografías e imágenes obtenidos desde www.macroalgadelsur.cl).

4.2.3 Huiro flotador *Macrocystis pyrifera*

Actualmente, el huiro flotador o huiro *Macrocystis pyrifera* es un género monoespecífico de amplia distribución en ambos hemisferios. En Chile, también es conocido como huiro canutillo, huiro flotador, o huiro pato. Las plantas erectas y de gran tamaño forman huirales con canopias flotantes en ambientes submareales rocosos someros protegidos y semiexpuestos al oleaje, hasta 30 m o más de profundidad (Figura 8). El huiro se distribuye a lo largo de todo Chile continental, desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Magallanes y la Antártica chilena, y se reconocen dos "ecomorfos" que no tienen superposición geográfica (Macaya & Zuccarello, 2010a), que están adaptados morfológicamente a entornos ambientales particulares (Graham, et al., 2007). En Chile, el ecomorfo *integrifolia* de *Macrocystis pyrifera* habita generalmente fondos someros entre la región de Arica y Parinacota y la región de Valparaíso (ca. 33°S); mientras que, el ecomorfo

pyrifera habita generalmente fondos intermedios a profundos desde la región de O´Higgins hasta la región de Magallanes (ca. 55°S) (Macaya & Zuccarello, 2010a).

El ecomorfo *integrifolia* de *Macrocystis pyrifera*, característico de las costas del centro y norte de Chile, tiene un disco de adhesión que es un rizoma macizo, rastrero, aplanado y alargado, y de sus márgenes brotan numerosos hapterios ramificados de longitud variable que se fijan firmemente al sustrato (Santelices, 1989). Del rizoma emergen estipes erectos y subcilíndricos, que cerca de la base suelen dividirse hasta tres veces, dicotómica y subdicotómicamente y terminan en esporofilas, que contienen los soros reproductivos. Los estipes son cilíndricos en el resto de su longitud, se ramifican unilateralmente a intervalos regulares, constituyendo los pedicelos de hojas laminadas. Las hojas son largas y angostas, con márgenes levemente dentados y rugosidades longitudinales. En las hojas adultas el pedicelo es corto y soporta un aerocisto elipsoidal o piriforme. La hoja terminal carece de aerocistos y en las hojas subterminales se puede encontrar en distintos grados de formación (Santelices, 1989).

El ecomorfo *pyrifera* de *Macrocystis pyrifera*, característico de las costas del centro y sur de Chile, tiene un disco de adhesión cónico formado por hapterios ramificados no fusionados. Del disco de adhesión emergen estipes cilíndricos y alargados, divididos dicotómicamente cuatro a cinco veces en la parte basal donde se ubican las esporofilas con los soros reproductivos. Los estipes portan hojas lanceoladas con aerocistos elipsoidales o piriformes a lo largo de toda su extensión. Las hojas laterales tienen márgenes levemente dentados con rugosidades longitudinales. La hoja terminal carece de aerocistos y en las subterminales esta se puede encontrar en distintos grados de formación (Santelices, 1989).

El huiro renueva continuamente las frondas desprendidas desde el disco de adhesión, la tasa de crecimiento de frondas presenta una estacionalidad marcada con máximos en primavera y verano. El reclutamiento de esta especie varía estacionalmente, con máximos en primavera y verano (Buschmann, et al., 2004; Buschmann, et al., 2008), lo que sugiere estrechas ventanas reproductivas, a pesar de mantener estructuras reproductivas durante todo el ciclo anual.

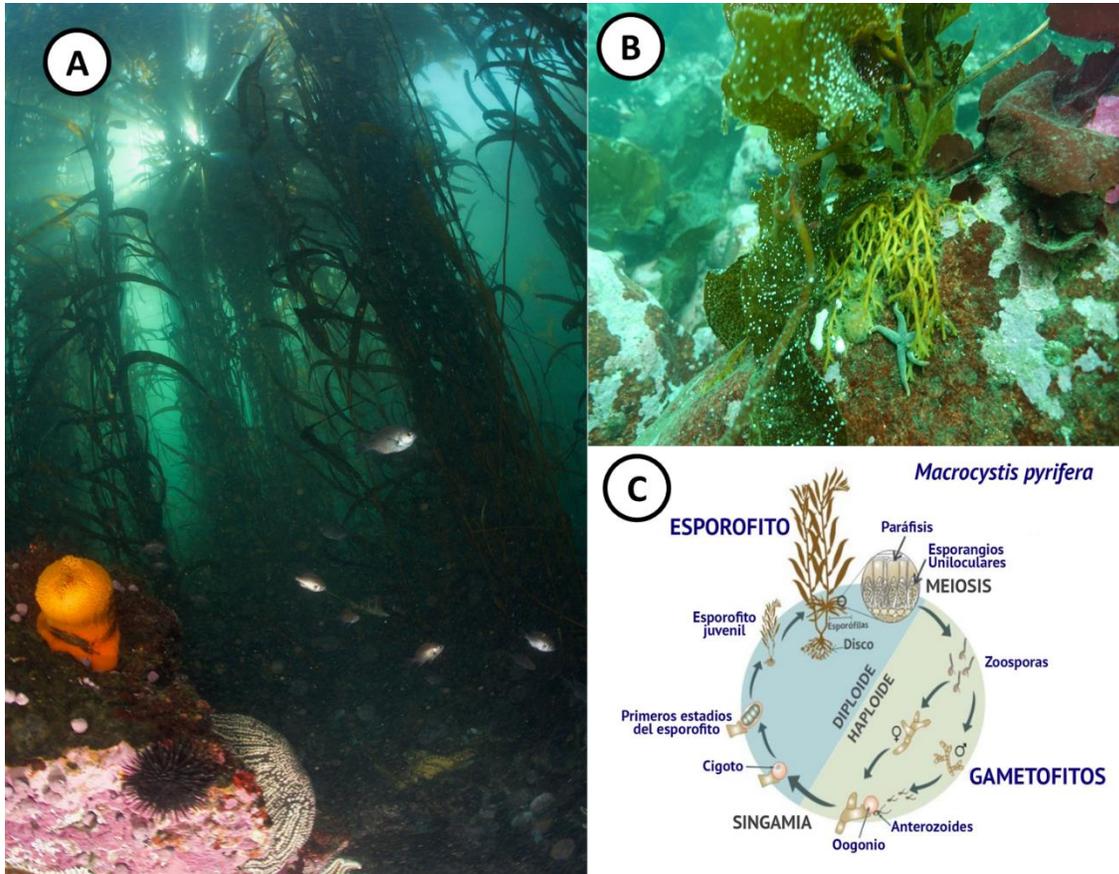


Figura 8. Huirales de *Macrocystis pyrifera* en la Península de Mejillones (A) y disco de adhesión de una planta de *Macrocystis pyrifera* en los canales de Aysén (B) (Registro fotográfico de Andrés Bernardo y Helmo Pérez; y ciclo de vida de *Macrocystis* obtenido de www.algalab.cl).

4.2.4 Cochayuyo *Durvillaea incurvata* / *D. antarctica*

Evidencia filogenética (Fraser, et al., 2010) respaldó una redescipción del cochayuyo en Chile, del cual emergieron dos especies crípticas, sin diferencias morfológicas externas notorias. Una especie nombrada como *Durvillaea incurvata* Suhr (Macaya) que se distribuye desde Coquimbo (ca. 30°S) hasta el límite norte de Aysén (ca. 43°S), y la otra previamente conocida como *Durvillaea antarctica* que tiene una distribución subantártica abarcando, en Chile, las regiones de Aysén y de Magallanes (Fraser, et al., 2019).

Las plantas de cochayuyo son solitarias o gregarias, de color café oscuro o pardo-verdoso, y pueden medir hasta 15 m de longitud. La planta se adhiere al sustrato por un disco de adhesión cónico, compacto, de contorno circular y superficie lisa. Del disco de adhesión surge un estipe cilíndrico grueso, que distalmente se aplanan y ensancha, constituyendo la fronda. Las frondas gruesas y coráceas pueden dividirse en segmentos delgados con forma de cintas y de diferentes anchos y longitudes que flotan en la superficie del mar (Santelices 1989).

El cochayuyo tiene un ciclo de vida diplobióntico, con una fase diploide independiente. La meiosis ocurre en la gametogénesis, es una especie dioica. Las plantas están fértiles durante todo el año, igual que la presencia de juveniles, que está determinado principalmente por la disponibilidad de sustrato primario (Figura 9).

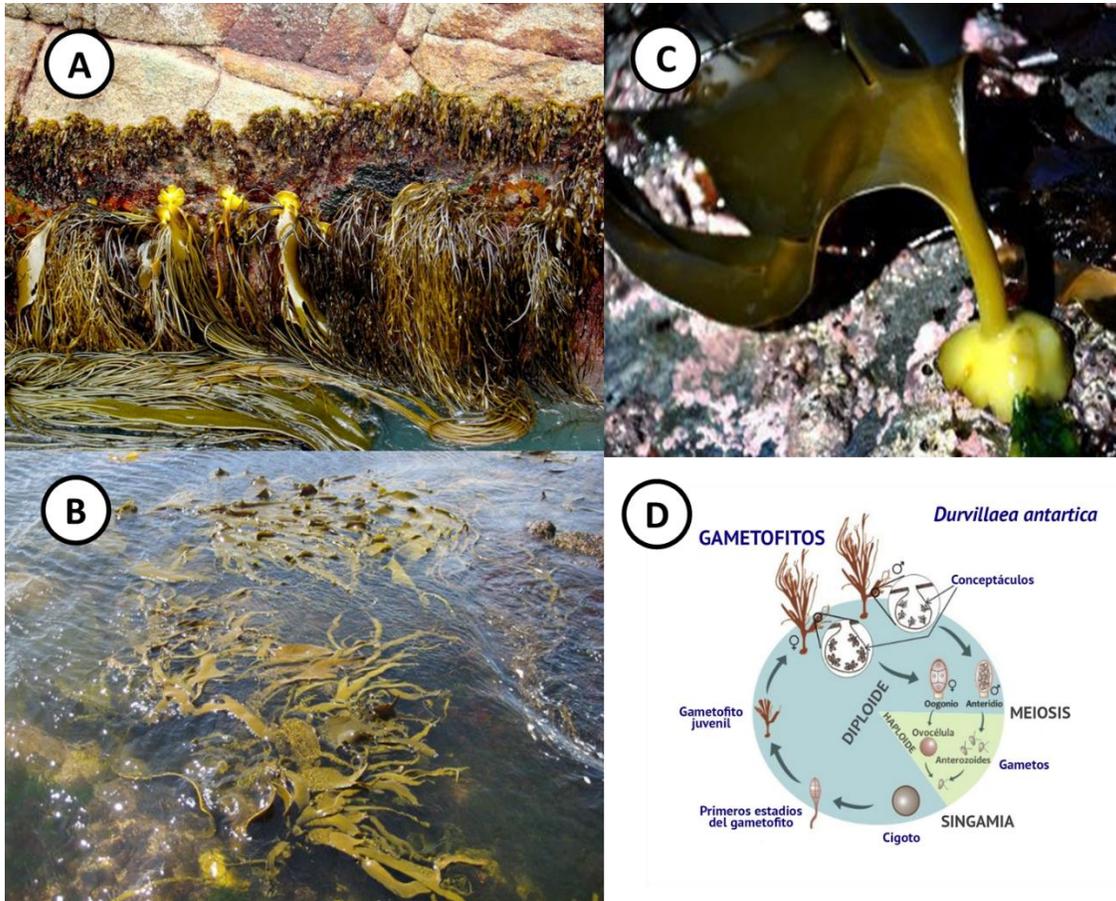


Figura 9. Cinturón intermareal de cochayuyo *Durvillaea incurvata* y huiro negro *Lessonia spicata* en la costa del Biobío (A), bosque de cochayuyo *Durvillaea antarctica* en el estrecho de Magallanes (B), y disco de adhesión de una planta de *Durvillaea* (C) (Registro fotográficos de Erasmo Macaya y Mauricio Palacios; imagen del ciclo de vida de *Durvillaea* obtenida de www.algalab.cl).

4.3 Manejo de huirales basado en antecedentes biológicos y ecológicos

En algas pardas, se ha sugerido que una adecuada estrategia de manejo de las poblaciones naturales debe considerar la ubicación de los meristemas de crecimiento y de las estructuras reproductivas en las plantas. Por ejemplo, las estructuras reproductivas, denominadas soros, en las plantas de *Lessonia* se ubican en las frondas laminares y a lo largo de los estipes

(Edding, et al., 1994; Venegas, et al., 1992); en cambio, las esporofilas que contienen los soros en las plantas de *Macrocystis*, se ubican cerca de la base de los estipes (Hoffmann & Santelices, 1997).

Por otra parte, los meristemas de crecimiento en algas pardas chilenas se ubican apicalmente, pero solo *Macrocystis* regenera frondas desde el disco de fijación. Experimentos de poda realizados en plantas de *Lessonia* mostraron que no hubo regeneración de frondas por inhibición del crecimiento; además, la poda eliminó las estructuras reproductivas afectando la reproducción sexual (Vásquez & Santelices, 1990). En cambio, las plantas de *Macrocystis* recuperaron rápidamente la biomasa después de la poda debido a un rápido y efectivo proceso de regeneración de frondas (Graham, et al., 2007), dependiendo de la altura de la poda, si solo se elimina el dosel sin afectar las esporofilas implicadas en la reproducción sexual (Vásquez, et al., 2008).

Teniendo en cuenta la morfología de las plantas de *Lessonia*, y la ubicación de los meristemas de crecimiento y de las estructuras reproductivas, "cómo cosechar" parece ser más importante que "cuánto cosechar" (Vásquez, et al., 2012). En términos de cómo cosechar, algunas consideraciones biológicas y ecológicas son importantes: (1) las plantas deben extraerse completamente, incluyendo el disco de adhesión; (2) se deben seleccionar plantas grandes para la extracción, con discos de adhesión mayores a 20 cm de diámetro; (3) la cosecha debe dejar un espacio de substrato entre plantas no mayor a 1–2 m; y (4) debe haber una rotación de áreas de trabajo. Todas estas recomendaciones son relativamente fáciles de implementar y controlar por los propios usuarios de la pesquería. Entonces, si los planes de manejo consideran estas simples recomendaciones de manejo, post cosecha: (1) habrá substrato rocoso disponible para el asentamiento de esporofitos juveniles, (2) habrá reclutamiento de juveniles al disminuir la interacción competitiva entre plantas adultas, (3) habrá un stock de plantas adultas reproductivas que permitirá la renovación de la población, y (4) se podrá mantener el efecto de látigo de las plantas adultas para prevenir el sobrepastoreo de los herbívoros bentónicos (Santelices, 1989; Vásquez, 1992).

4.4 Objetivo específico a

4.4.1 Definición de ecosistema

Originalmente, la propuesta de análisis consideró una aproximación ecosistémica de los bosques de algas pardas basada en los límites biogeográficos marinos de Chile continental (Camus, 2001); no obstante, este planteamiento fue modificado al constatar que la información bibliográfica sobre estimaciones de biomasa, cobertura, administración pesquera, entre otros aspectos, tienen una marcada componente territorial basada en las regiones geopolíticas de Chile. Por lo tanto, se decidió desarrollar el estudio usando las 15 regiones geopolíticas costeras de Chile (excepto la región Metropolitana) como unidades territoriales, y definiendo de una manera amplia el concepto de ecosistema de algas pardas, conocido también como bosques de algas pardas.

La mayoría de los estudios biogeográficos realizados en Chile han identificado dos regiones biogeográficas principales: la Provincia peruana o templada-cálida, que en Chile incluye las regiones desde Arica y Parinacota (ca. 18°S) hasta Coquimbo (ca. 30 ° S); y, la provincia de Magallanes o templada fría, que abarca desde las regiones de Los Lagos (ca. 42°S) hasta la región de Magallanes (ca. 56°S). Ambas provincias biogeográficas, están separadas por una extensa área intermedia que abarca desde la región de Coquimbo (ca. 30 y 33°S) hasta la región de los Lagos (ca. 40° y 42°S) caracterizada por una mezcla de especies de distintos orígenes (e.g., subtropicales, subantárticos) y un alto endemismo de especies (Lancellotti & Vásquez, 1999). Complementariamente, la distribución de especies de algas en Chile muestra dos quiebres biogeográficos importantes. Uno en la región de Coquimbo (30°S) asociado a la persistencia de las condiciones oceanográfica debido a la manifestación de eventos de surgencia (Santelices & Meneses, 2000), que se caracteriza por una particular discontinuidad de especies de huiro (Meneses & Santelices, 2000); y otro, entre los 40° y 42°S (Camus, 2001) caracterizado por cambios en las condiciones del agua (e.g., disminución de la salinidad del agua de mar, ambientes protegidos al oleaje) (Meneses & Santelices, 2000), y la presencia de fiordos y canales por donde fluye constantemente agua dulce al mar, y por la divergencia de las principales corrientes oceanográficas costeras (Corriente de Humboldt y Corriente del Cabo de Hornos) (Santelices, 1980). Estudios realizados en algas pardas chilenas muestran que la concordancia entre los patrones filogeográficos y los quiebres y zonas biogeográficas o ecorregiones (Spalding, et al., 2007)

dependen de la capacidad de dispersión de la especie (Tellier, et al., 2009). Así, especies de hueros con bajo potencial de dispersión muestran concordancia con quiebres biogeográficos (e.g., huero negro *Lessonia* spp.); mientras que otros con alto potencial de dispersión, debido a que al desprenderse pueden flotar y viajar a la deriva dispersando esporas, por ejemplo, *Macrocystis pyrifera* (Macaya, et al., 2005), son especies que abarcan un amplio rango biogeográfico de distribución.

Recientemente, el Ministerio del Medio Ambiente realizó una clasificación de ecosistemas marinos chilenos en la zona económica exclusiva para usarla a futuro como instrumento normativo nacional. La clasificación se basa en distintos aspectos biogeográficos (i.e., ecorregiones) que permitió distinguir un total de 93 ecosistemas en el mar chileno (i.e., unidades ecosistémicas). Sin embargo, por tratarse de una clasificación gruesa y amplia (i.e., zona económica exclusiva) y por la escasa información disponible, no se distinguieron, entre otros ecosistemas marinos, los bosques de algas pardas (Rovira & Herreros, 2016).

Coloquialmente conocidos como bosques de algas pardas, los huirales son un componente característico del paisaje marino costero de Chile, tipificando franjas en los patrones de zonación de especies del intermareal y submareal rocoso de ambientes temperados fríos (Stotz, et al., 2016; Santelices, 1989). Además, son especies fundacionales e ingenieros de ecosistemas que aumentan la complejidad del hábitat, generando un ecosistema diverso, complejo y singular (Steneck, et al., 2002).

Los bosques marinos de algas pardas, de acuerdo con Häussermann et al. (2021), en Chile hay al menos 13 tipos de bosques marinos distintos, los cuales están conformados por distintas especies de invertebrados y macroalgas. Estas especies ingenieras ecosistémicas, formadoras de hábitats, modulan el entorno abiótico y biótico manteniendo un hábitat autoorganizado, complejo y diverso. Los bosques marinos están subdivididos en 4 tipos de especies de invertebrado (i.e., especies con endoesqueleto masivo, especies con exoesqueleto masivo, especies con estructuras calcificadas, especies con estructura no calcificadas) y uno de macroalgas, constituido por las especies de algas pardas. Respecto a esto último, un cuadro resumen caracteriza los bosques de macroalgas según tipo de bioingeniero ecosistémico, e incluye distribución batimétrica, geográfica y hábitat de cada especie de alga parda (Tabla 1). Cabe destacar que este cuadro resumen no incluye especies

de algas pardas insulares, tal como *Sargassum obtusifolium* (Sandoval-Manquian, 2017) y otras especies continentales pobremente estudiada, tal como *Lessonia saerlesiana* (Asensi & De Reviere, 2009).

Tabla 1. Caracterización de los bosques marinos de algas pardas. Fuente: (Häussermann, et al., 2021).

Nombre	Especie bioingeniero ecosistémico	Categoría bioingeniero ecosistémico	Distribución batimétrica de la especie	Distribución geográfica de la especie	Hábitat principal
Bosques de Macroalgas	<i>Durvillaea incurvata</i>	Bioingeniero sin estructuras calcificadas	Intermareal - 15 m	22° - 43° S	Costa expuesta
	<i>Durvillaea antarctica</i>		Intermareal - 15 m	44° - 55° S y subantártica	Costa expuesta
	<i>Lessonia flavicans</i> (syn <i>L. vadosa</i>)		Intermareal hasta 40 m	Magallanes (poco conocida)	Costa expuestas y protegidas
	<i>Lessonia spicata</i>		Intermareal y submareal somero	30° - 48° S	Costa semiexpuestas y expuestas
	<i>Lessonia berteroana</i>		Intermareal y submareal somero	17° - 30° S	Costa semiexpuestas y expuestas
	<i>Lessonia trabeculata</i>		Hasta 40 m	14° - 42° S	Costa expuestas y protegidas
	<i>Macrocystis pyrifera</i>		Hasta 40 m	14° - 56° S y subantártica	Costa expuestas y protegidas

Tomado en cuenta que los bosques de algas pardas deben ser clasificado formalmente como un ecosistema marino y que la información requerida para estimar el carbono azul está disponible por región geopolítica, se decidió usar a las regiones como unidades territoriales costeras que contienen a los bosques de algas pardas. Esta estrategia metodológica permite ordenar y clasificar la información disponible sobre bosques de algas pardas y determinar territorialmente los valores de carbono azul.

4.4.2 Estimaciones del *standing stock* de biomasa, carbono y CO₂ equivalente

Se tuvo acceso a 19 informes que contienen información acerca de estimaciones anuales de biomasa y/o cobertura de las cuatro especies de algas pardas incluidas en el análisis. Desde estas fuentes fue posible rescatar un total de 255 registros anuales de biomasa (*standing stock*), las que abarcan el periodo 1994 - 2019. La Tabla 2 resume la información recopilada sistematizada sobre una base regional y por especie. De los 255 registros relevados seis fueron omitidos por tratarse de evaluaciones locales, sin llegar a cubrir a la región completa y que están contenidos en el informe de Sangüesa y colaboradores (2015) para la localidad de Los Molles e informe de la UCN (2014) que no permite distinguir con claridad entre la región de Atacama y Coquimbo. Hay registros para casi todas las regiones del país con excepción de las regiones de Ñuble, La Araucanía y Aysén^{8,9}.

Tabla 2. Resumen de los registros encontrados por especie y región.

Región	Cochayuyo	Huiro negro	Huiro palo	Huiro macro	Total (N)	Total (%)
Región de Arica y Parinacota	0	4	4	2	10	4,0%
Región de Tarapacá	0	4	4	2	10	4,0%
Región de Antofagasta	0	5	4	2	11	4,4%
Región de Atacama	0	54	12	12	78	31,3%
Región de Coquimbo	0	36	34	31	101	40,6%
Región de Valparaíso	1	1	1	1	4	1,6%
Región de O'Higgins	1	1	0	1	3	1,2%
Región de Maule	1	1	1	1	4	1,6%
Región de Biobío	1	1	1	1	4	1,6%
Región de Los Ríos	2	2	2	2	8	3,2%
Región de Los Lagos	1	1	1	1	4	1,6%
Región de Magallanes	4	0	0	8	12	4,8%
Total N	11	110	64	64	249	100,0%
Total (%)	4,4%	44,2%	25,7%	25,7%	100,0%	

⁸ Es posible que se origine por las subdivisiones realizadas recientemente.

⁹ El análisis excluye el territorio de Rapa Nui, islas oceánicas y Antártida.

De las cuatro especies bajo análisis la que presenta mayores registros es *Huiro negro* con 110. En contraste, para *Cochayuyo* solo 11 registros fueron encontrados para el periodo 1994 – 2019.

Dos regiones, Atacama y Coquimbo, concentran el 71,9% del total (179 registros) incluyendo a las especies *Huiro negro*, *Huiro palo* y *Huiro macro*. Hacia el sur de Coquimbo los registros son escasos contabilizando el 15,7% del total (39 registros). Las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta también muestran bajos registros de estudios de evaluaciones ya sea directas o indirectas.

De todas las regiones del país. Solo las de Atacama y de Coquimbo cuentan con evaluaciones indirectas, las que permiten disponer de una serie temporal continua. En la región de Atacama de los 78 registros 48 corresponden a resultados de evaluaciones indirectas (Canales, et al., 2018; ECOS, 2020), las que se desglosan de la siguiente forma: 44 de *Huiro negro* y 4 de *Huiro macro*. En la región de Coquimbo de los 101 registros 74 provienen de evaluaciones indirectas (ABIMAR, 2017; ECOS, 2020): 24 de *Huiro negro*, 24 de *Huiro palo* y 26 de *Huiro macro*.

Construcción de la Línea Base

Como se mostrará a continuación, para la mayoría de las regiones, la baja densidad de resultados de biomasa por especie y por año resultó en que la serie histórica presente discontinuidades, sobre todo desde la región de Valparaíso al sur.

4.4.2.1 Región de Arica y Parinacota

Los resultados están basados en diversos trabajos realizados en la región de Arica y Parinacota (IFOP, 2002; Vásquez, et al., 2010; Vásquez, 2018; IFOP, 2017). De las tres especies registradas, destaca el aporte de la biomasa de *Huiro palo* (Figura 10), particularmente en 2019 (casi 79 mil t) y su virtual desaparición en 2017 (1.891 t). De hecho, en este último año solo se reportaron 3.777 t sumando el aporte a la biomasa de algas pardas en la región la biomasa evaluada de *Huiro negro* y la ausencia de *Huiro macro*. Dada la proporcionalidad inherente al método de estimación de carbono fijado en tejido y vivo y de CO₂ equivalente, los gráficos respectivos muestran la misma tendencia. Para 2017

el total de carbono fijado habría sido de 141 t de carbono y 519 t de carbono fijado en tejido vivo y de CO₂ equivalente, respectivamente.

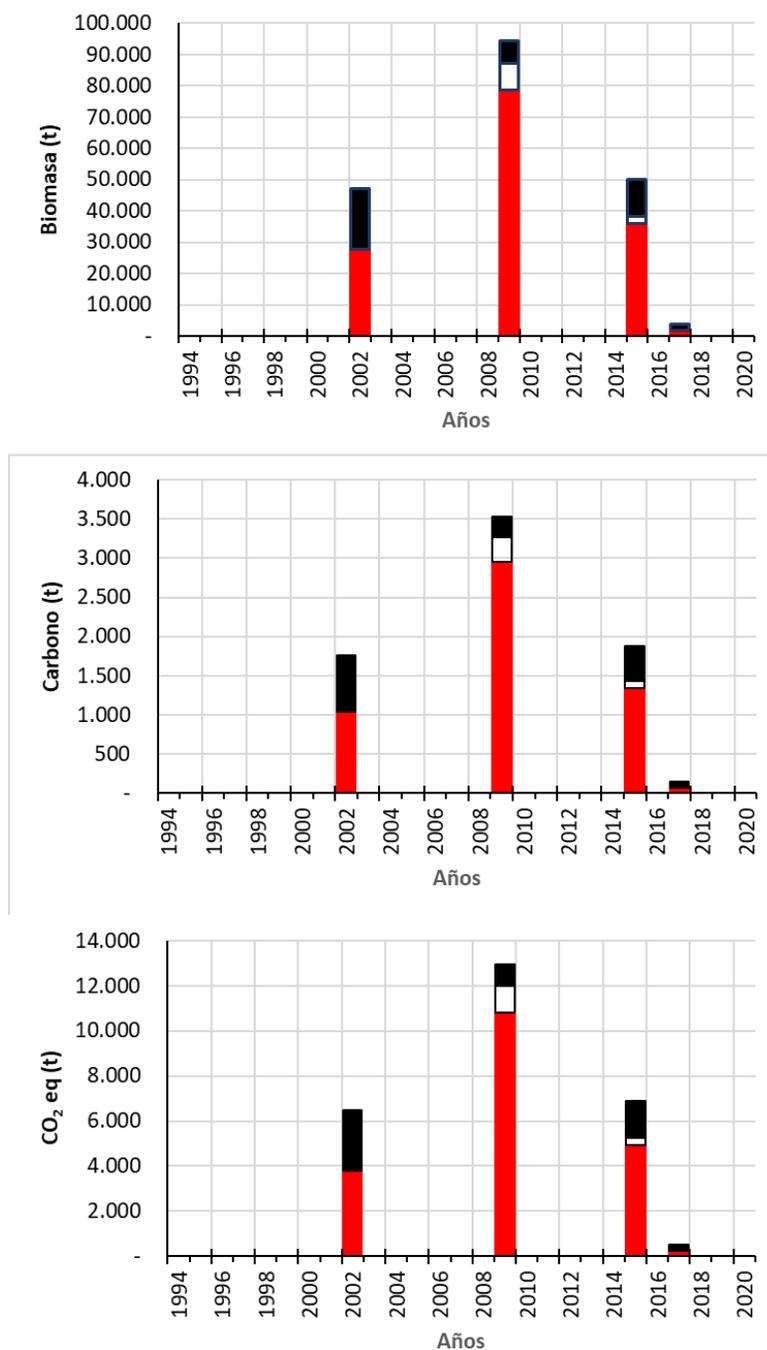


Figura 10. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Arica y Parinacota. En rojo, *Huiro palo*; blanco, *Huiro macro*; negro, *Huiro negro*.

4.4.2.2 Región de Tarapacá

Los resultados para esta región se basan en los reportes de diversos estudios realizados en la región de Tarapacá (Vásquez, et al., 2010; Vásquez, 2018; IFOP, 2017).

En términos de biomasa el recurso Huiro palo es el más importante de los tres reportados (Figura 11), aunque la tendencia es a decrecer, lo mismo que Huiro macro. Así, de 135 mil t en 2009 Huiro palo disminuye a 19,4 mil t en 2017. Sumadas las biomásas de los tres recursos hay una disminución de 206 mil t en 2009 a 39 mil t en 2017, aunque solo dos de los tres recursos fueron evaluados.

En línea con lo anterior, el standing stock de carbono fijado en tejido vivo pasa de 8 mil t en 2009 a 1,5 mil t en 2017, lo que significa una disminución de 81%. Medido en términos de CO₂ equivalente, esta caída va de 28 mil t a 5 mil t en el mismo periodo.

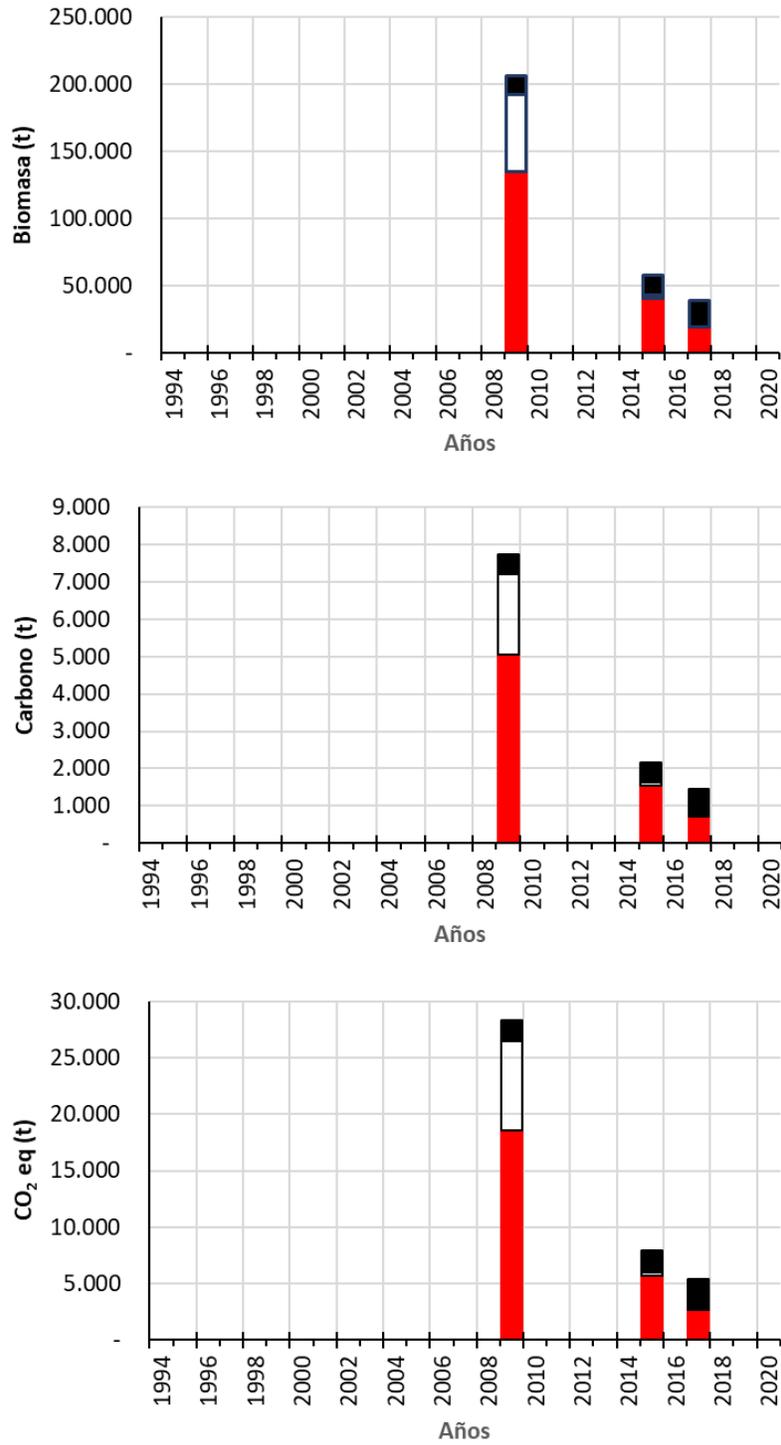


Figura 11. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Tarapacá. En rojo, *Huiro palo*; blanco, *Huiro macro*; negro, *Huiro negro*.

4.4.2.3 Región de Antofagasta

Los resultados están basados en diversos trabajos realizados en la región de Antofagasta (IFOP, 2002; Vásquez, et al., 2010; Vásquez, 2018; IFOP, 2017).

Los datos de biomasa (Figura 12) se caracterizan por lo irregulares, donde contrastan los bajos niveles de biomasa reportados para 2002 y 2015 – 2016 versus los altos valores para los años 2009 y 2017.

Considerando los valores más altos la biomasa de algas pardas en esta región sería del orden de 859 mil t en 2009 y 767 mil en 2017, con *Huiro palo* como el alga más importante en términos de biomasa (706.000 y 736.000 en esos años).

En términos de carbono asimilado en tejido vivo en 2017 el standing stock de la región habría sido de 29 mil t, en tanto que en CO₂ equivalente habría sido de 105.577 t.

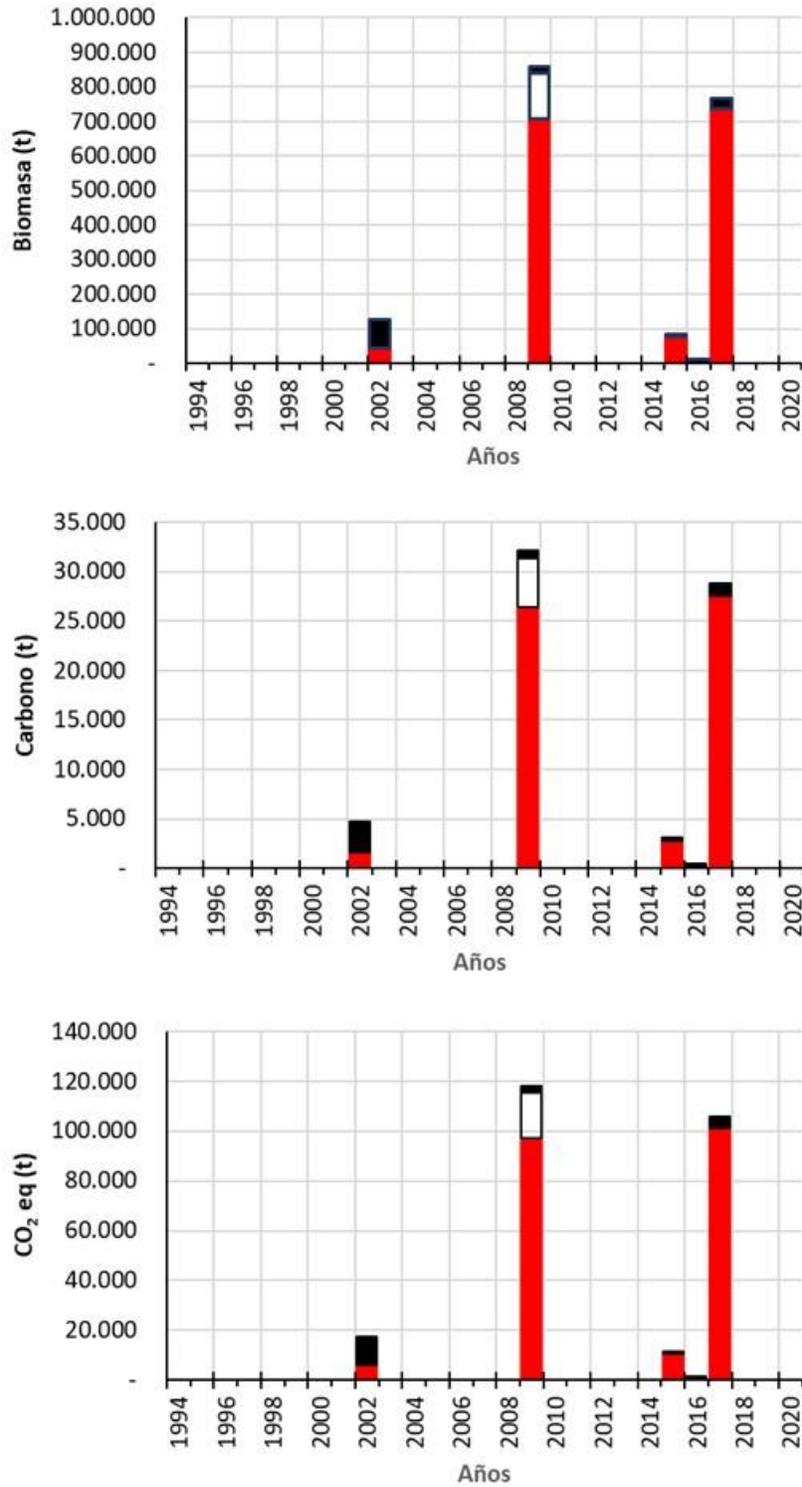


Figura 12. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Antofagasta. En rojo, *Huiro palo*; blanco, *Huiro macro*; negro, *Huiro negro*.

4.4.2.4 Región de Atacama

La región de Atacama es una de las regiones con mayor cantidad de información relativa a evaluaciones directas e indirectas (Tabla 2). Los resultados que se muestran a continuación están basados en diversos reportes de evaluaciones directas realizados en la región (IFOP, 2002; Vásquez, 2004; Vásquez, et al., 2008; ABIMAR, 2012; 2017; ECOS, 2016; 2020; Ortiz, 2020) y de reportes de evaluaciones indirectas (Canales, et al., 2018; ECOS, 2020).

De los resultados reportados para evaluaciones directas destaca la disparidad temporal en la biomasa estimada para estas macroalgas pardas. En el caso de *Huiro palo* (Figura 13). Por razones de escala, de esta figura fue excluido el resultado entregado por Edding y colaboradores (Edding, et al., 1998), quienes estimaron una biomasa de 2.461.621 t, un resultado que sobrepasa por mucho al resto de las evaluaciones directas reportadas para esta región. En la misma línea de diferencias en las estimaciones directas destaca la diferencia reportada en 2018 por dos evaluaciones directas independientes. En la Figura 13 se muestra el resultado de (Ortiz, 2020) quien estimó una biomasa de 223 mil t. En contraste, para el mismo año, (ECOS, 2020) estimó una biomasa de 851 mil t, casi cuatro veces mayor. Lo mismo ocurre para *Huiro macro*. Ortiz (2020) en 2018 encontró a esta especie solo en una de las tres provincias evaluadas y reportó una biomasa de 79 t. En contraste y para el mismo año (ECOS, 2020) estimó una biomasa de casi 6 mil t.

Para el caso de *Huiro negro* la biomasa reportada presenta menos variabilidad que la descrita para las evaluaciones directas de *Huiro palo*, la cual oscila entre 75 mil t en 2014 y 56 mil t en 2019, en tanto que al aporte de *Huiro macro* a la biomasa global de algas pardas en la región sería más bien marginal (Figura 13).

Asumiendo que los reportes de biomasa más recientes son de mayor confiabilidad, los resultados de los años 2018 – 2019 sugieren que el alga parda más importante en términos de biomasa es *Huiro palo* seguida de *Huiro negro* que en conjunto suman 420 mil t. en términos de carbono fijado en tejido vivo. Esto corresponde a 16 mil t de carbono y a 58 mil t de CO₂ equivalente (Figura 13).

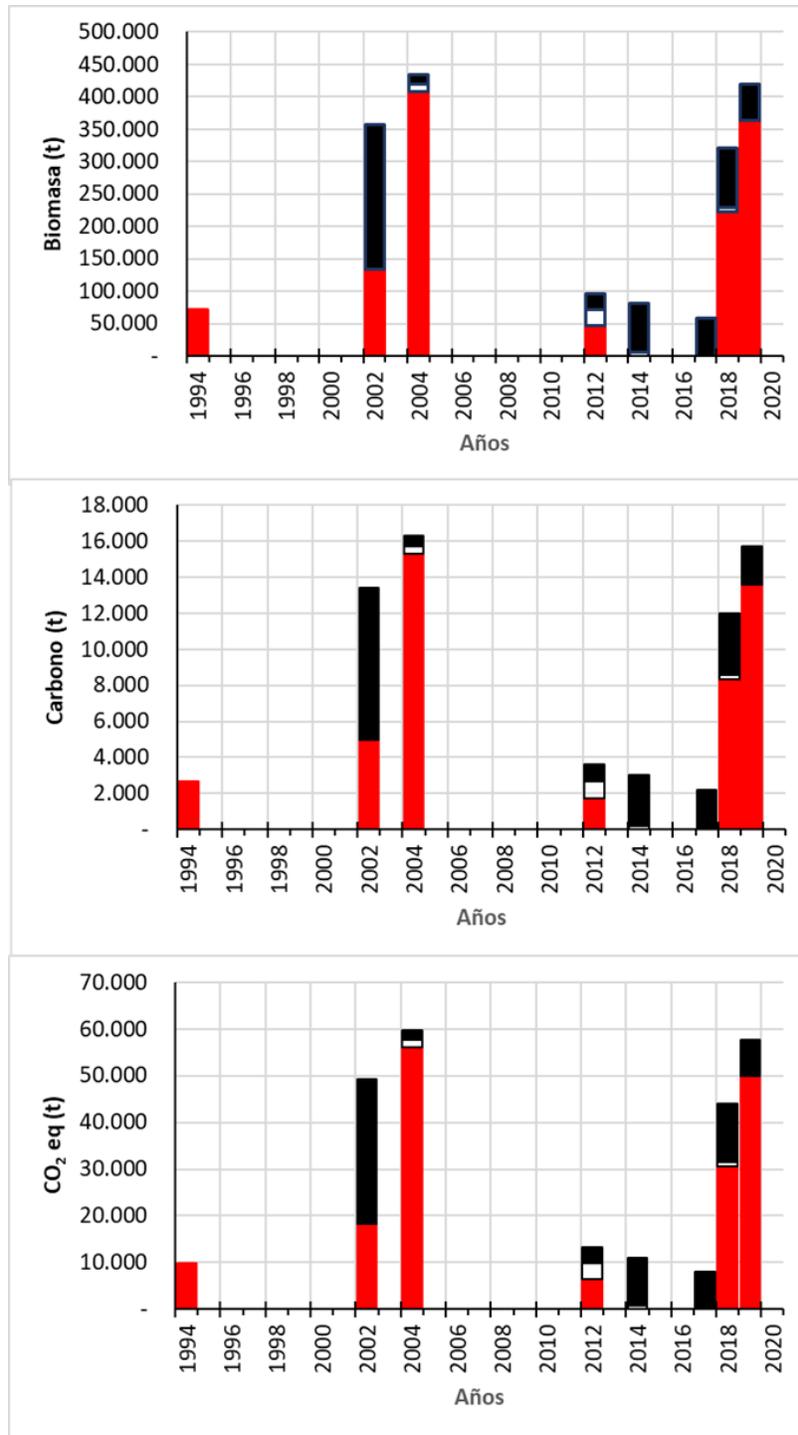


Figura 13. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Atacama. En rojo, *Huiro palo*; blanco, *Huiro macro*; negro, *Huiro negro*.

Se dispone de dos evaluaciones indirectas de biomasa para el recurso *Huiro negro* (Canales, et al., 2018; ECOS, 2020), que permiten ser comparadas entre sí. Por su naturaleza, los métodos indirectos no muestran las diferencias tan acentuadas de un año a otro, siguiendo el balance entre crecimiento, mortalidad, reclutamiento y extracción o cosecha.

La Figura 14 muestra las estimaciones hechas por Canales y colaboradores (2018) y ECOS (2020) comparadas con las estimaciones directas (en rojo). Pareciera ser que las estimaciones de Canales y colaboradores estuvieran sobrestimadas comparadas con los resultados de ECOS y los resultados de las evaluaciones directas. Estas dos últimas son más similares entre sí. Si se consideran las estimaciones de ECOS entonces el *standing stock* de carbono y de CO₂ equivalentes en el año 2017 serían del orden de las 3 mil y 11 mil t, respectivamente.

Para el caso de evaluaciones indirectas de *Huiro macro* se dispone solo el reporte de ECOS (2020), las que comparadas con las evaluaciones directas más recientes presentan similitudes en magnitud. Así, basados en estos resultados el *standing stock* para el año 2017 de biomasa de *Huiro macro* sería del orden de las 5 mil t y de 200 t y 800 t para carbono fijado y CO₂ equivalente, respectivamente (Figura 15).

Para la especie *Huiro palo* no existe información acerca de evaluaciones indirectas. Dicho lo anterior, en el año 2017 el *standing stock* de carbono fijado y CO₂ equivalente aportado por las algas pardas en la región de Atacama habría sido del orden de las 3.299 t y de 12.075 t, respectivamente.

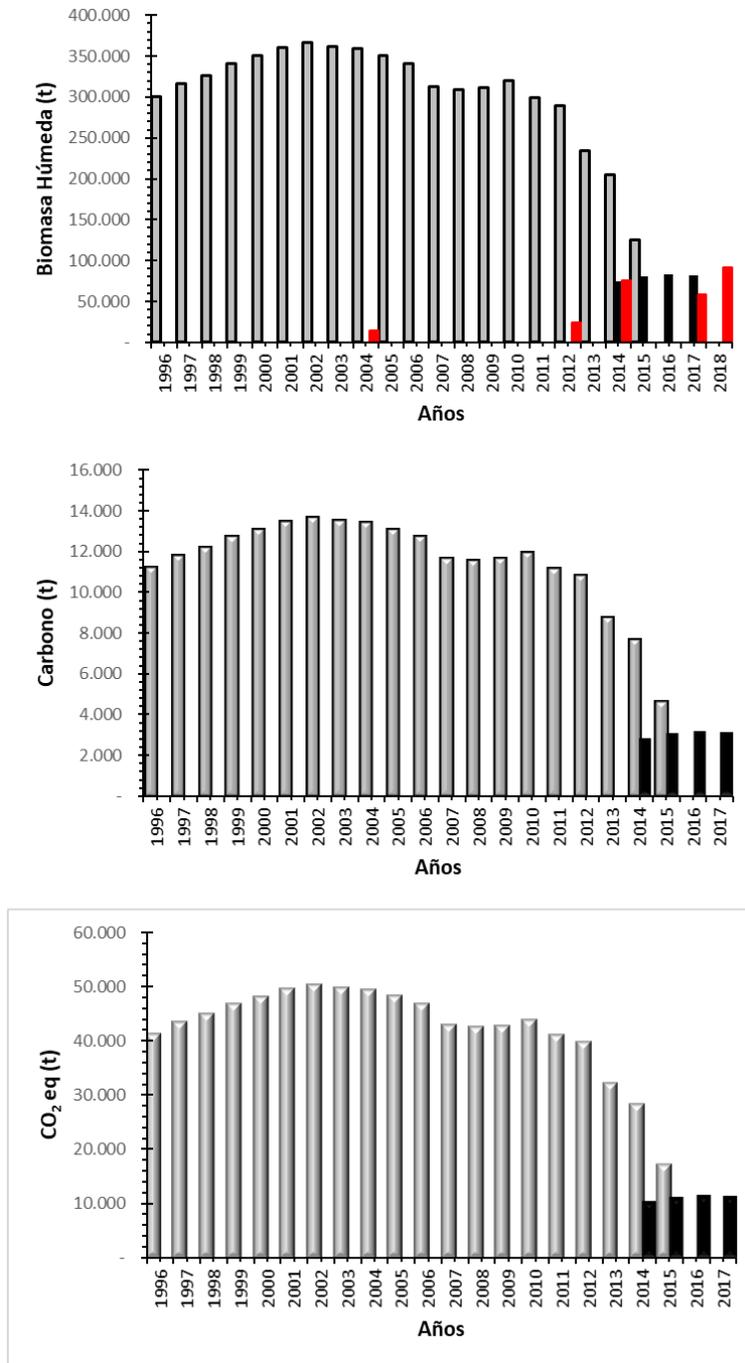


Figura 14. Serie histórica de evaluaciones indirectas disponible para negro *Huiro negro* en la región de Atacama. En gris, los resultados de (Canales, et al., 2018); en negro, las de (ECOS, 2020); y en rojo, las evaluaciones directas.

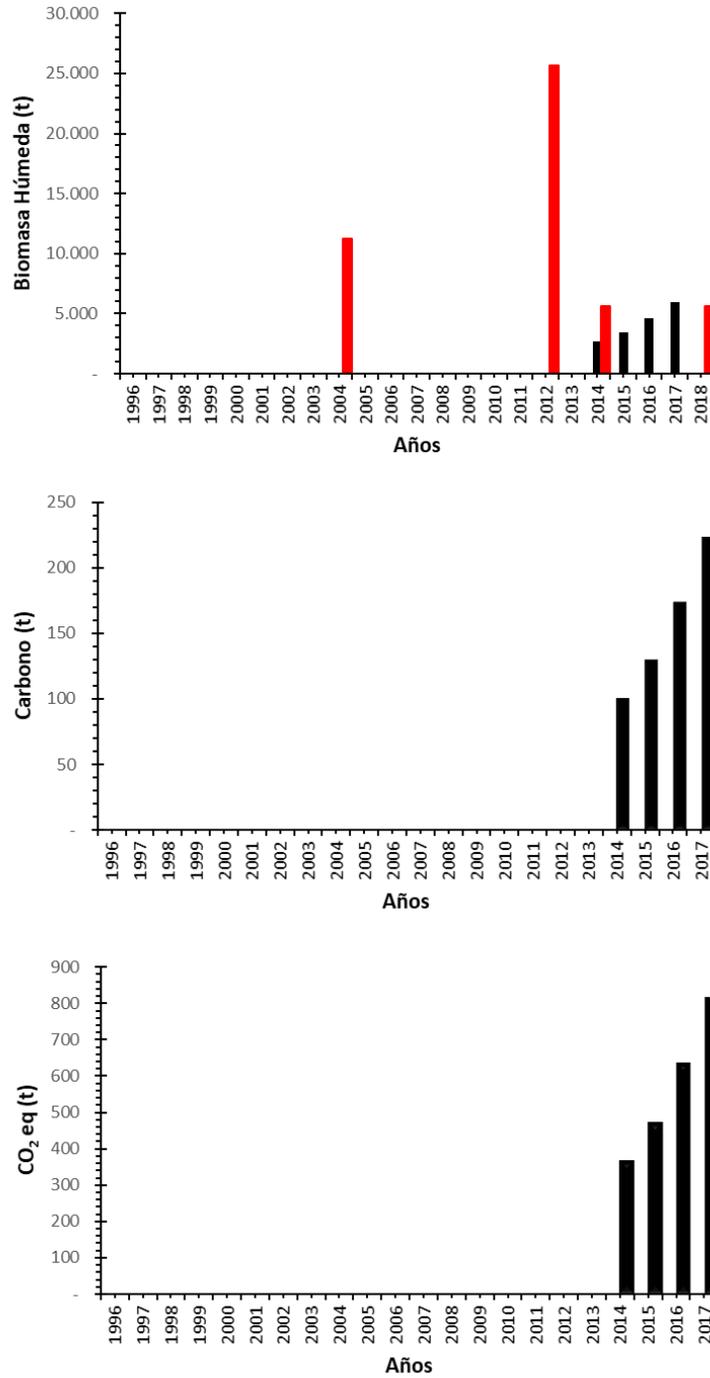


Figura 15. Serie histórica de evaluaciones indirectas disponible para *Huïro macro* en la región de Atacama.; en negro, las de (ECOS, 2020); y en rojo, las evaluaciones directas.

4.4.2.5 Región de Coquimbo

La información de base sobre evaluaciones directas proviene de diversos estudios realizados en la región de Coquimbo (IFOP, 2002; Vásquez, 2004; Vásquez, et al., 2008; ABIMAR, 2017; Vásquez, 2018; ECOS, 2020); mientras que de evaluaciones indirectas se usó los trabajos de ABIMAR (2017) y ECOS (2020).

Las mismas variaciones entre evaluaciones descritas para la región de Atacama se observan en esta región, sobre todo para el caso de *Huiro macro* (Figura 16). En esta alga se ven cambios importantes entre las evaluaciones de 2016 y 2018, donde aumenta de 46 mil a 706 mil t. Lo inverso se observa para *Huiro negro* que de 360 mil t en 2015 se registraron entre 13 y 21 mil en 2017 y 2019, respectivamente.

Obviamente, esto afecta los estimados de carbono fijado y CO₂ equivalente (Figura 18). Para las últimas evaluaciones de 2018 y 2019 (ECOS, 2020) el *standing stock* de biomasa de algas pardas en la región de Coquimbo habría sido de 1.040.000 t, en su gran mayoría biomasa de *Huiro macro*. En tanto el *standing stock* de carbono y CO₂ equivalente para el mismo periodo habría sido de 390 mil y 1.429.000 t, respectivamente.

Con relación a las evaluaciones indirectas, existen coincidencias y discrepancias entre las evaluaciones, dependiendo de la especie. La Figura 17 muestra esta comparación. Para *Huiro palo* los resultados de ABIMAR (2017) parecieran estar más en línea con lo que han sido las evaluaciones directas, exceptuando algunos años. Para el caso de *Huiro macro* ambas evaluaciones son bastante similares, pero se escapan de las evaluaciones directas de los últimos años las que se reportan como marginales. Finalmente, para *Huiro negro* las biomásas estimadas por ECOS (2020) parecieran reflejar mejor el patrón de explotación de los últimos años, donde el desembarque autorizado se ha mantenido relativamente constante. Asumiendo como correctas la evaluación indirecta de ABIMAR para *Huiro palo*; aprovechando que ambas evaluaciones indirectas son coincidentes para *Huiro macro*, pero la de ABIMAR incluye una mayor cantidad de años y para *Huiro negro* los resultados de ECOS (2020), entonces el *standing stock* de biomásas, carbono y CO₂ equivalente serían los mostrados en la Figura 18. Así, el *standing stock* de carbono fijado estaría en el orden de las 4 mil toneladas para 2017, en tanto que el de CO₂ equivalente estaría en el orden de 15 mil t.

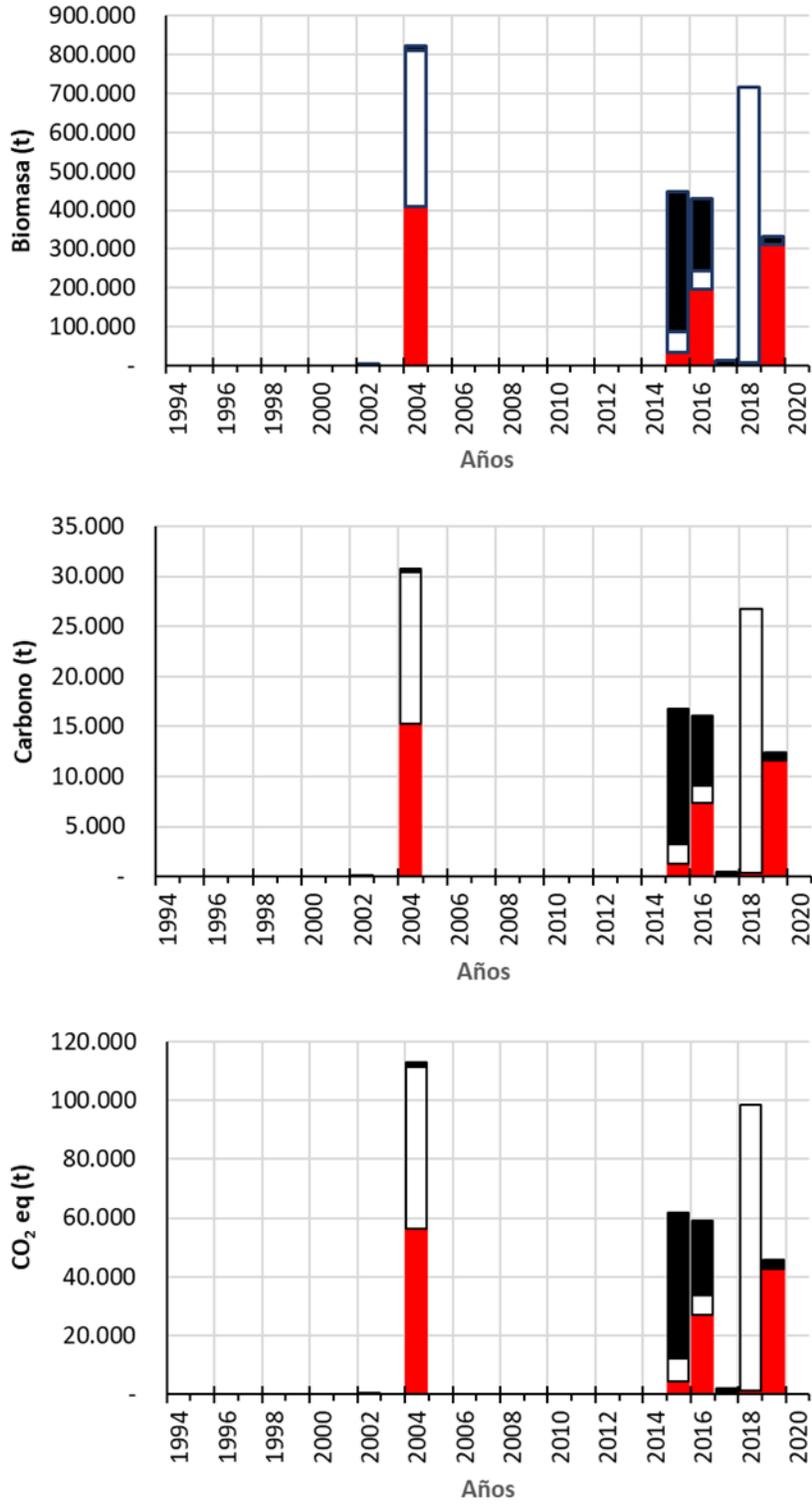


Figura 16. Serie histórica de evaluaciones directas disponibles para la región de Coquimbo. En rojo, *Huiro palo*; blanco, *Huiro macro*; negro, *Huiro negro*.

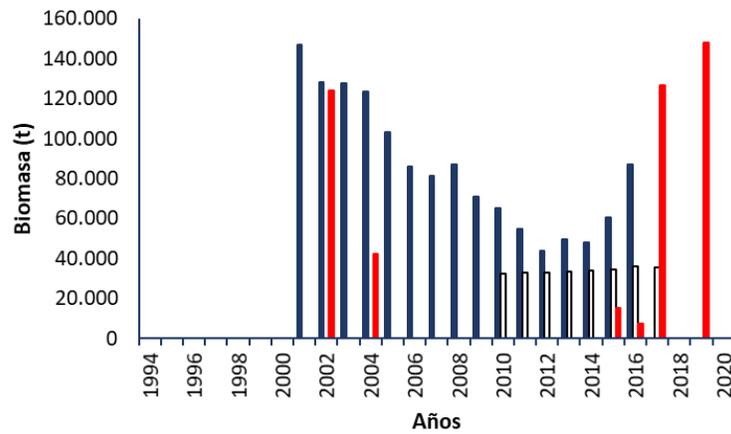
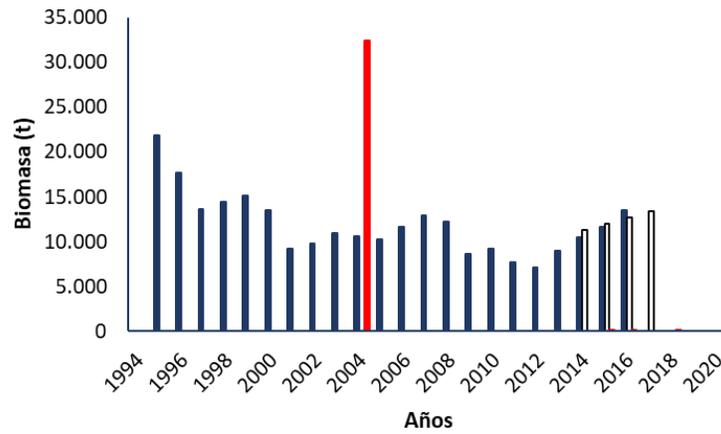
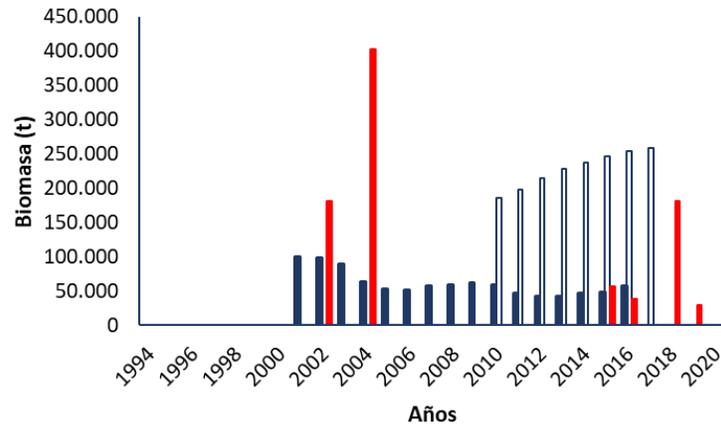


Figura 17. Serie histórica de evaluaciones indirectas en la región de Coquimbo. gráfico superior, *Huiro palo*; medio, *Huiro macro*; inferior, *Huiro negro*. Barras azules, resultados de (ABIMAR, 2017); blancas, (ECOS, 2020); y rojas, evaluaciones directas.

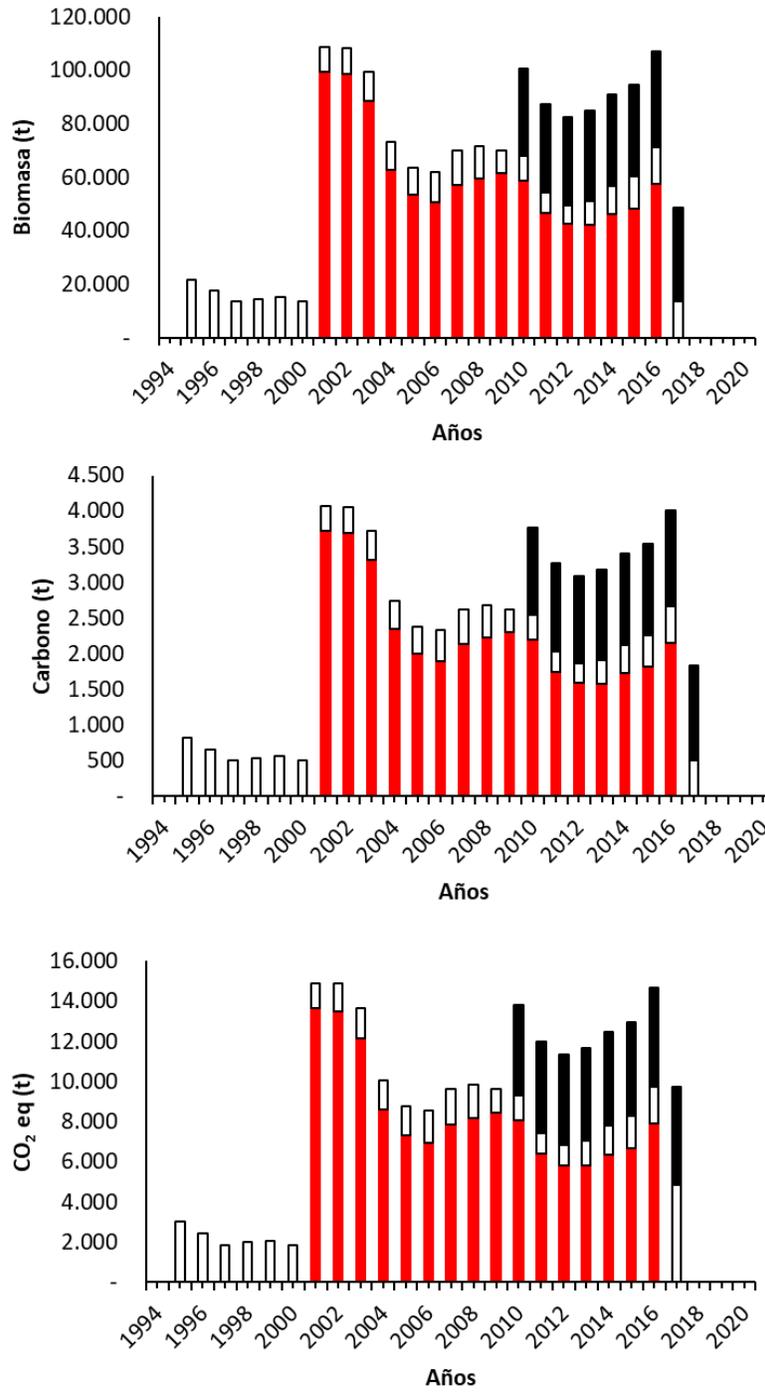


Figura 18. *Standing stocks* de biomasa de algas pardas, carbono y CO₂ equivalente en la región de Coquimbo, de acuerdo con las evaluaciones indirectas.

4.4.2.6 Región de Valparaíso

Desde esta región al sur la densidad de información baja sustancialmente y aparece *Cochayuyo* en los registros. La Figura 19 da cuenta de lo anterior.

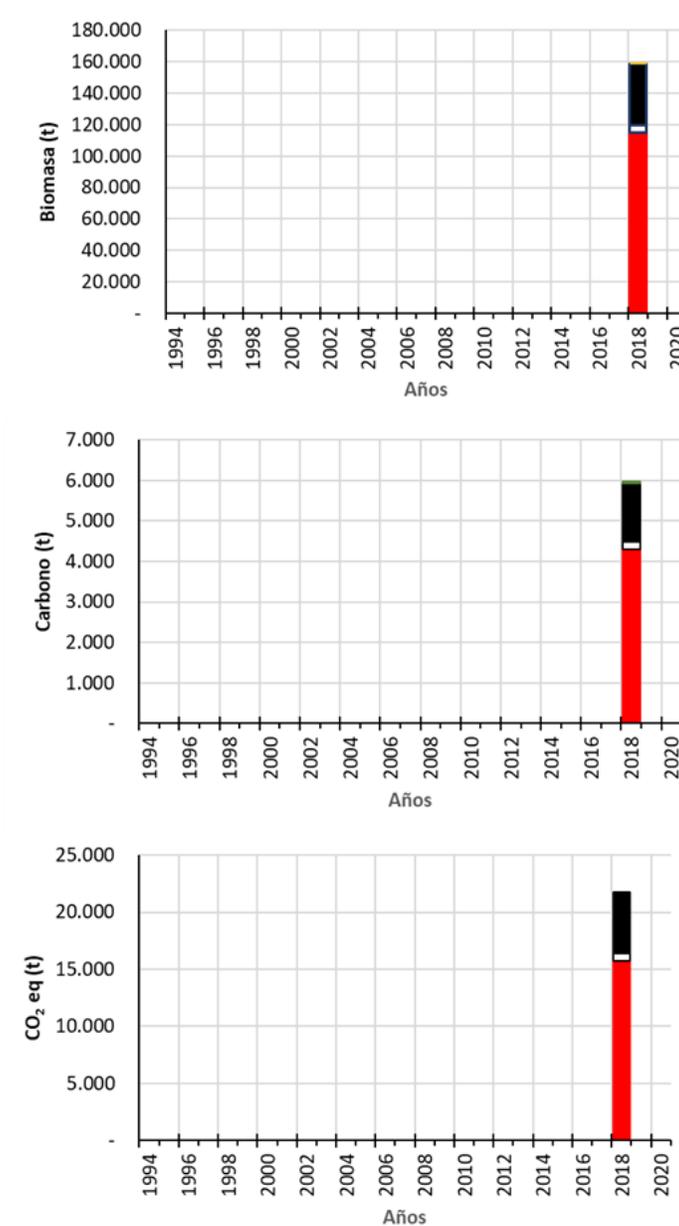


Figura 19. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Valparaíso. En rojo, *Huiro palo*; blanco, *Huiro macro*; negro, *Huiro negro*; verde, *Cochayuyo* (no es evidente por una cuestión de escala).

Solo un estudio fue encontrado (BITECMA, 2018). El principal recurso lo constituye *Huiro palo* con una biomasa de 115 mil t, seguido de *Huiro negro* con 39 mil. Se registró *Cochayuyo* con 1.054 t, las que por su baja magnitud no alcanza a evidenciarse en el gráfico.

En términos de carbono fijado y CO₂ equivalente el *standing stock* sería del orden de las 6 mil y 22 mil t, respectivamente.

4.4.2.7 Región del Libertador B. O'Higgins

Solo un estudio de evaluación directa fue encontrado para esta región (BITECMA, 2018). El principal recurso (Figura 20) lo constituye *Cochayuyo* con 5.236 t de biomasa, seguido de *Huiro negro* con 2.223 t, *Huiro palo* no fue registrada y de *Huiro macro* se registraron 888 t.

Así, para el año 2018 el *standing stock* de carbono fijado fue de 313 t, mientras que el de CO₂ equivalente alcanzó las 1.476 t (Figura 20).

4.4.2.8 Región del Maule

El trabajo de Romo y colaboradores (2018) fue el único estudio recopilado para esta región. Representa a la biomasa reportada precisamente para el año 2018 en la región del Maule y están reportadas las cuatro especies de algas pardas objeto de interés (Figura 21).

La más importante en términos de biomasa es *Huiro negro* con 8.621 t, seguida de *Cochayuyo* con 3.233 t. En conjunto las cuatro algas pardas totalizan 13.130 t de biomasa para el año 2018; de carbono fijado 492 y de CO₂ equivalente de 1.805 t (Figura 21).

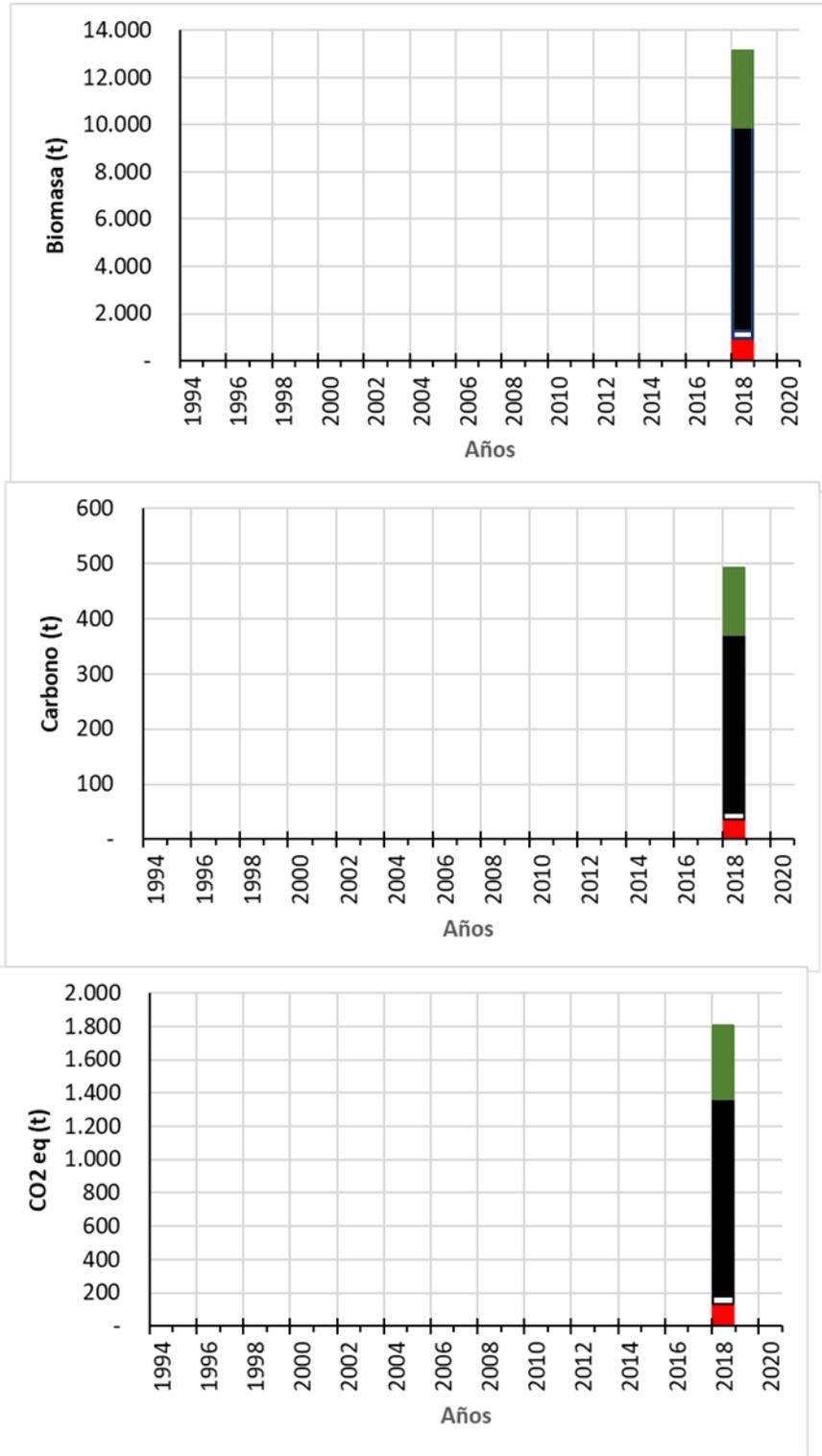


Figura 20. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región del L. B. O'Higgins. En rojo, *Huiro palo*; blanco, *Huiro macro*; negro, *Huiro negro*; verde, *Cochayuyo*.

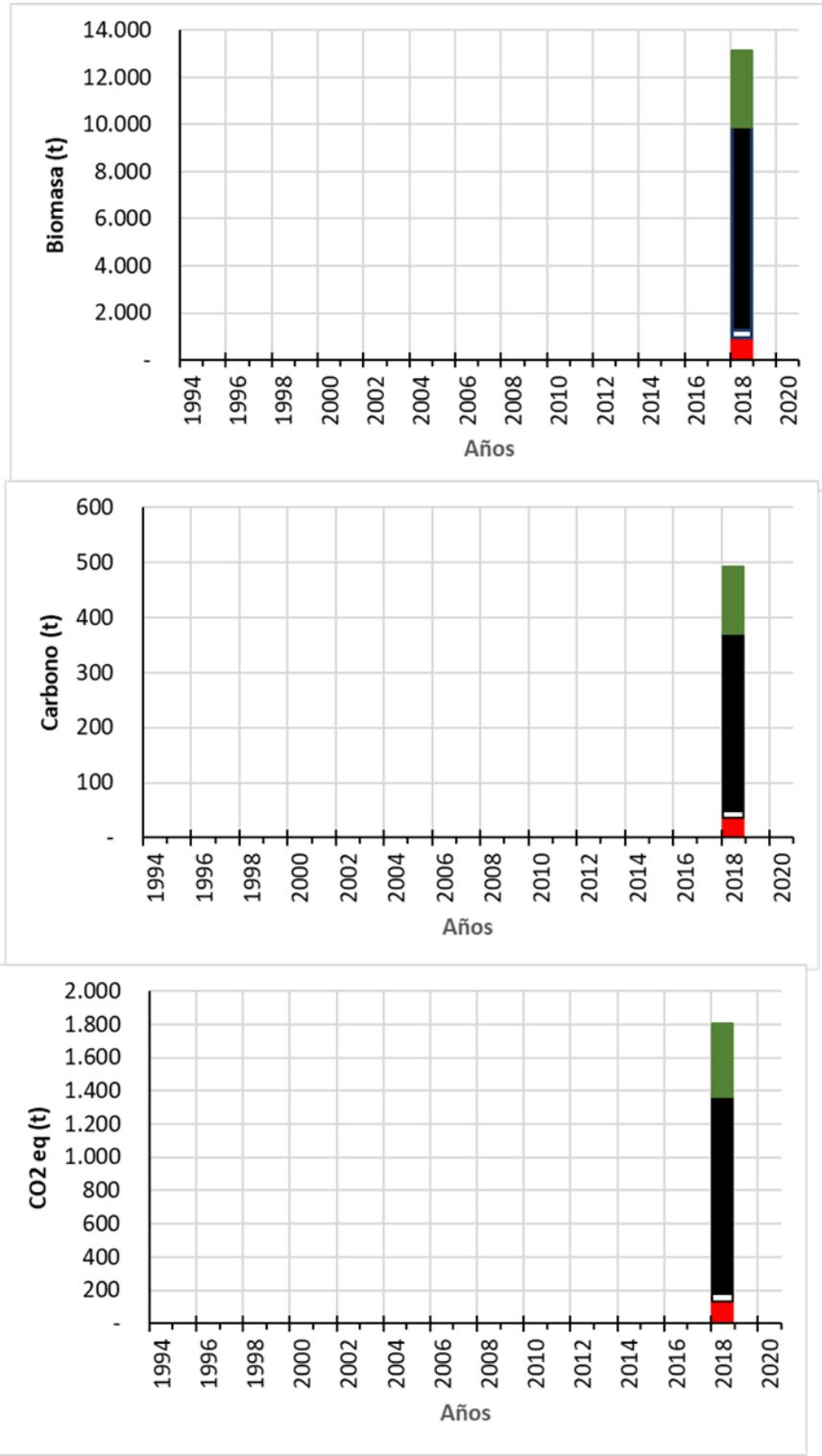


Figura 21. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región del Maule. En rojo, *Huiro palo*; blanco, *Huiro macro*; negro, *Huiro negro*; verde, *Cochayuyo*.

4.4.2.9 Región del Biobío

La única evaluación directa realizada en esta región corresponde al trabajo de Romo y colaboradores (2018), la que se muestra en la Figura 22. Las cuatro especies fueron reportadas, siendo la más importante Huiro negro con un registro de biomasa húmeda de 56.457 t.

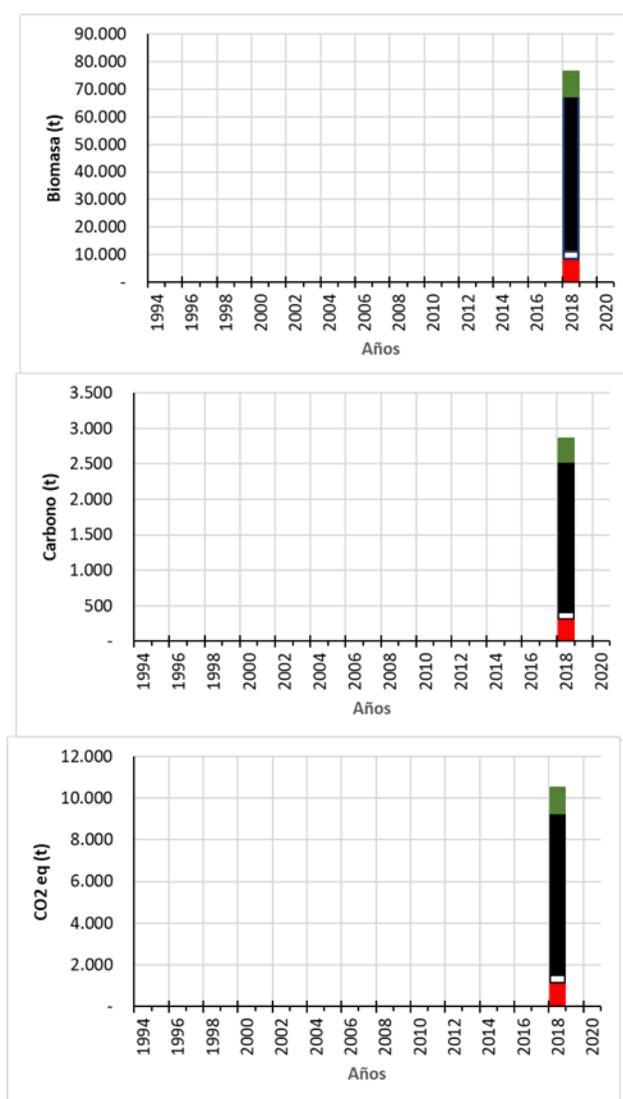


Figura 22. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región del Biobío. En rojo, *Huiro palo*; blanco, *Huiro macro*; negro, *Huiro negro*; verde, *Cochayuyo*.

En términos de carbono fijado en tejido vivo, las cuatro algas pardas implican un total de 2.861 t y en CO₂ equivalente, 10.500 t.

4.4.2.10 Región de Los Ríos

La única evaluación directa que pudo ser recopilada corresponde a la evaluación directa de biomasa para el año 2018 (Figura 23), la que fue reportada por Hernández et al. (2019).

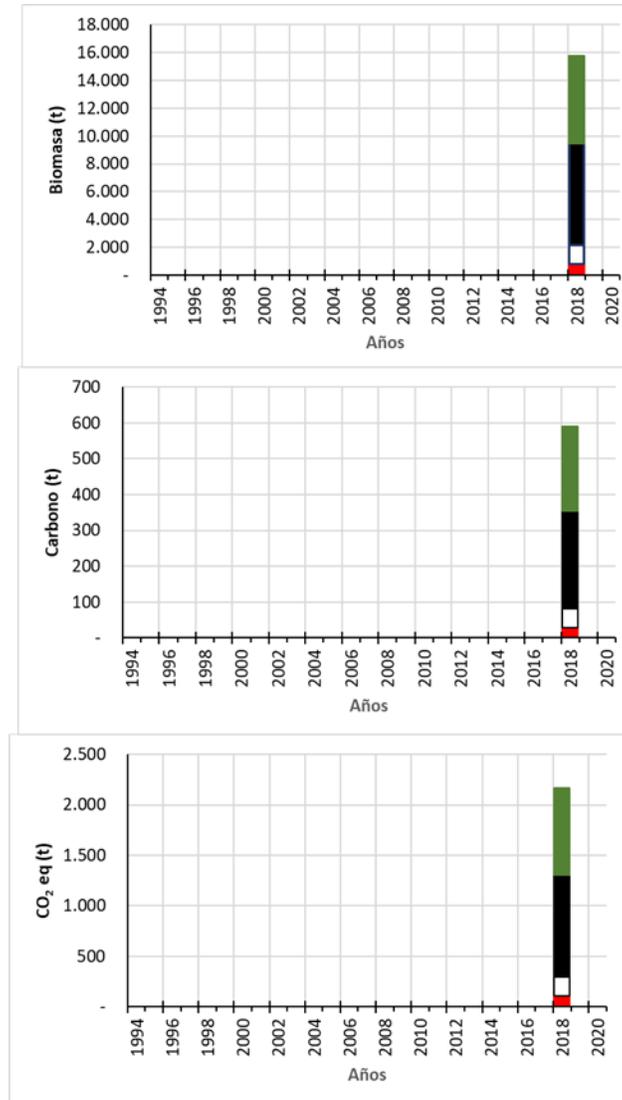


Figura 23. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Los Ríos. En rojo, *Huiro palo*; blanco, *Huiro macro*; negro, *Huiro negro*; verde, *Cochayuyo*.

Las especies más importantes en términos de biomasa son *Huiro negro* (7.317 t) y *Cochayuyo* (6.299 t). Las cuatro especies suman un total de 15.762 t, pero huiro negro y cochayuyo equivalen a 591 t de carbono fijado en tejido vivo y a 2.167 t de CO₂ equivalente.

4.4.2.11 Región de Los Lagos

La única evaluación directa que pudo ser recopilada corresponde a la evaluación directa de biomasa para el año 2015 (Figura 24), la que fue reportada por IFOP (2016). Las especies más importantes en términos de biomasa son *Huiro macro* (5.474 t) y *Huiro palo* (3.894 t). Las cuatro especies suman aprox. 13 mil t y equivalen a 356 t de carbono fijado en tejido vivo y a 1.307 t de CO₂ equivalente.

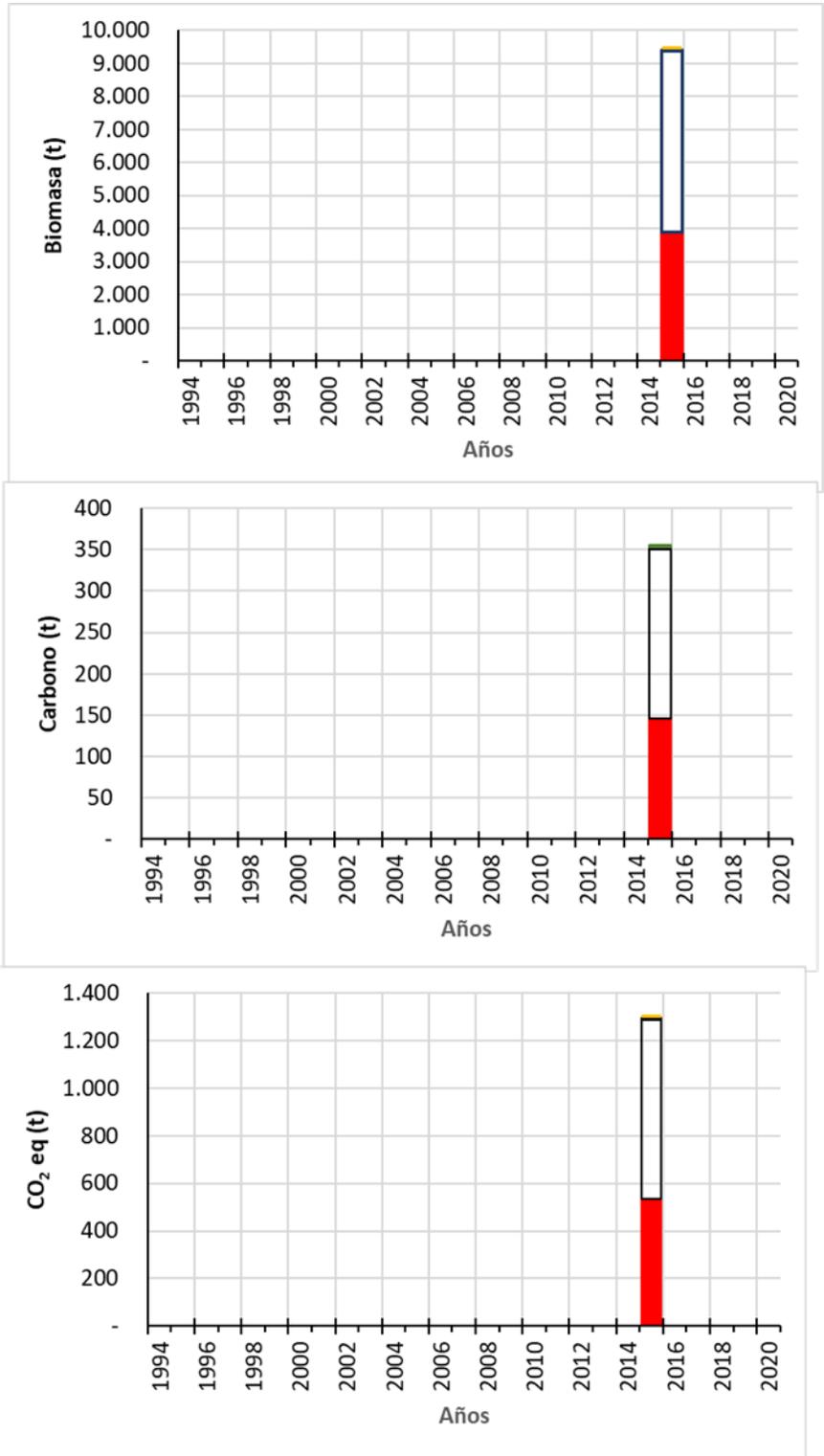


Figura 24. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Los Lagos. En rojo, *Huiro palo*; blanco, *Huiro macro*; negro, *Huiro negro*; verde, *Cochayuyo*.

4.4.2.12 Región de Magallanes

Existen dos registros de evaluaciones directas en esta región. La primera data de 2006 – 2007 con el estudio de Mansilla et al. (2007). La principal especie es *Huiro macro* con una biomasa húmeda de 1.423 t y 89 t de cochayuyo (Figura 25). Esta biomasa representa 57 t de carbono fijado en tejido vivo y a 208 t de CO₂ equivalente. La segunda evaluación es del año 2007 – 2008 (UMA, 2009) y registra solo evaluaciones de huiro macro en 30 praderas de la región de Magallanes. A pesar de que ambas evaluaciones las separan un par de años, sus resultados difieren sustantivamente entre sí (Figura 25). En efecto, de 1.423 t evaluadas en 2006 - 2007 se pasa a 23.414¹⁰ en 2007- 2008. Esta biomasa se traduce en 880 t de carbono fijado y a 3.231 t CO₂ eq.

¹⁰ Esta biomasa está extrapolada a toda el área de distribución, aunque en el informe original hubo un total de aproximadamente 46 ha que no pudieron ser evaluadas.

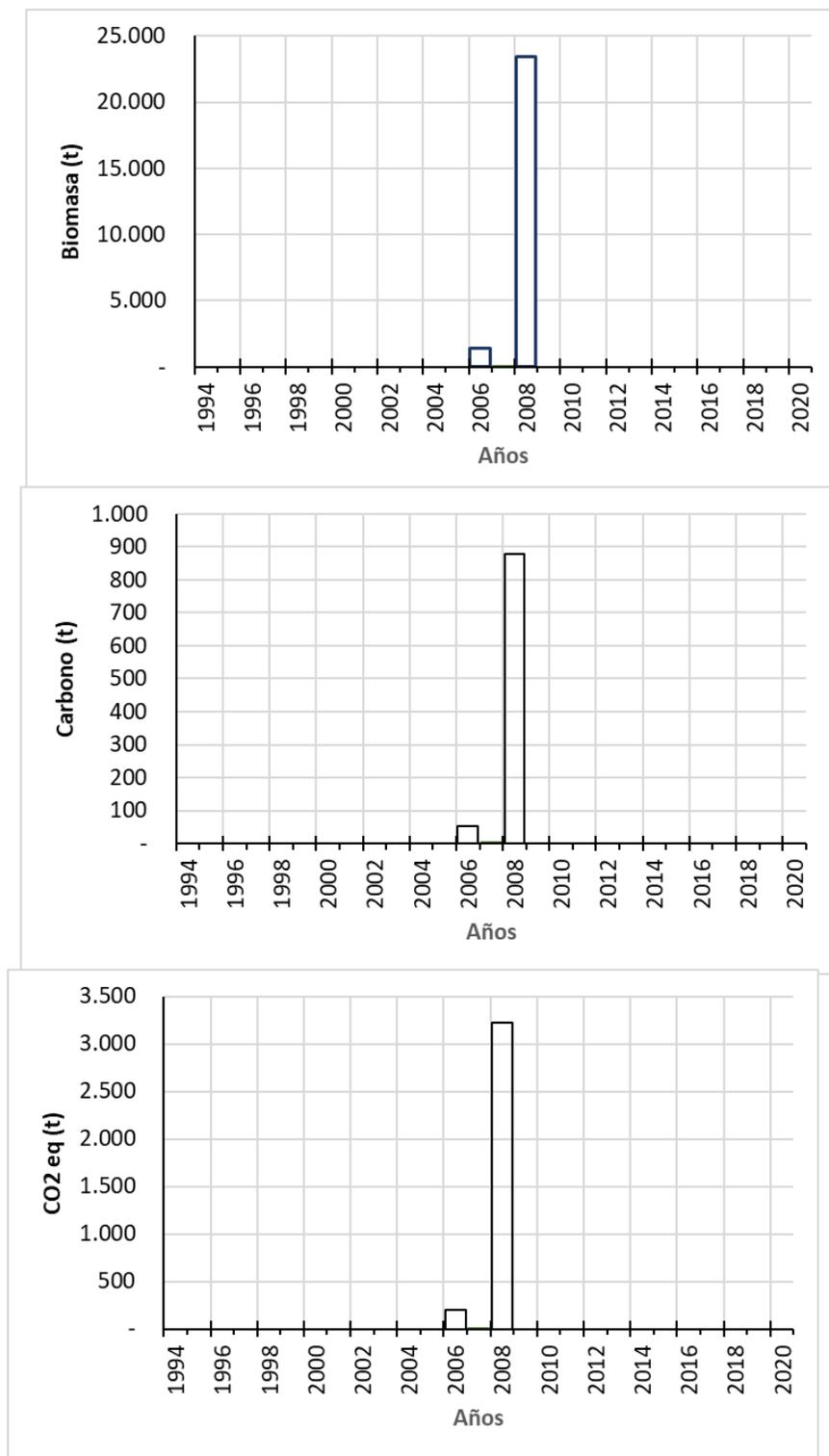


Figura 25. Serie histórica de evaluaciones directas disponible para la región de Magallanes. En rojo, *Huïro palo*; blanco, *Huïro macro*; negro, *Huïro negro*; verde, *Cochayuyo*.

4.4.3 Estimaciones históricas de biomasa, carbono fijado y CO₂ equivalente a nivel nacional

Dado que los estudios de evaluaciones directas (o indirectas) no proporcionaron datos uniformes ni temporal ni espacialmente no fue posible establecer una línea base histórica continua. Bajo algunos supuestos, sin embargo, es posible determinar un año, el más reciente posible, para tener un estimado sobre el *standing stock* de biomasa húmeda de algas pardas, carbono fijado y CO₂ equivalente. Para las regiones del norte del país (Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta) el último dato disponible es del año 2017. Para las regiones de Atacama y Coquimbo el último dato es del año 2019; en tanto que para las de Valparaíso, O'Higgins, Maule, Biobío y Los Ríos es del año 2018. Para la región de Magallanes la última evaluación disponible data de 2008. Suponiendo que las biomásas de 2017 pueden ser similares a las de 2018 y 2019, por ser años continuos, y que la biomasa de 2008 de Magallanes puede ser similar a la actual, dado que las algas pardas no son explotadas, entonces se puede hacer un recuento de biomasa húmeda de algas pardas, carbono fijado y CO₂ equivalente a nivel nacional. Esto se muestra en la Tabla 3. En ella se muestran los valores de estas variables por región, el año de referencia y las especies que no fueron evaluadas o que no están presentes en la región respectiva.

Tabla 3. Estimación a nivel nacional del *standing stock* de biomasa húmeda de algas pardas, carbono fijado y CO₂ equivalente. Para detalles de los supuestos revisar el texto.

Región	Biomasa algas pardas (t)	Carbono (t)	CO ₂ eq. (t)	Año	Especies no contabilizadas
XV	3.777	141	519	2017	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
I	38.888	1.457	5.347	2017	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
II	767.890	28.768	105.577	2017	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
III	419.715	15.724	57.707	2019	<i>D. antarctica/incurvata</i>
IV	332.845	12.469	45.763	2019	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
V	159.487	5.975	21.928	2018	
VI	8.347	313	1.148	2018	<i>M. trabeculata</i>
VII	13.130	492	1.805	2018	
VIII	76.370	2.861	10.500	2018	
XIV	15.762	591	2.167	2018	
X	9.510	3.563	13.075	2015	
XII	23.502	880	3.231	2007	<i>L. trabeculata</i> ; <i>L. berteroaana/spicata</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
Total	1.869.223	73.234	268.767		

Del ejercicio y de los supuestos asociados es posible obtener un estimado de 1.869.223 toneladas de biomasa húmeda a nivel nacional, incluyendo las cuatro especies; 73.234 t de carbono fijado en tejido vivo y 268.767 t de CO₂ equivalente.

4.4.4 Estimaciones de Carbono Azul

En esta sección se describirán los resultados de estimaciones de carbono azul (ver Figura 3) los que están basados en valores de productividad primaria neta (PPN) y área de cobertura o distribución de las especies de macroalgas pardas analizadas.

Se encontraron pocas referencias de estudios específicos de estimación de PPN de las macroalgas pardas objeto de interés de este estudio. A nivel nacional solo se encontró el trabajo de Tala y Edding (2007) en *Huiro palo* y *Huiro negro*. Otros trabajos (Edding, et al., 2006) de algún modo se basan en dichas estimaciones. Más allá, a una escala global, Schiel y Foster (2015) presentan un resumen de estimaciones de PPN en distintas localidades y mayoritariamente *Huiro macro* es la especie más estudiada. La Tabla 4 presenta un resumen que abarca las cuatro especies de algas pardas de este estudio y cuyos valores se usaron para las estimaciones de PPN y sus límites de confianza.

Tabla 4. Estimaciones de productividad primaria neta (PPN) por especie, ubicación geográfica y fuente de información.

Especie	PPN (gC/m ² /año)	Ubicación Geográfica	Fuente
Macrocystis sp.	1.200	Océano Indico	Edding et al. 2006
Macrocystis sp.	2.000	California	Edding et al. 2006
Macrocystis integrifolia	7.227	Aplicada a III y IV región, Chile	Vásquez et al. 2008
Macrocystis pyrifera	1.570	California, USA y Baja California, Mx	Spector y Edwards 2020
Macrocystis pyrifera	17.333	California Sur	Rassweiler et al. (2018)
Macrocystis pyrifera	7.667	California Sur	Reed et al. (2011)
Macrocystis pyrifera	3.929	California Norte	Reed et al. (2011)
Lessonia berteroaana/spicata	4.183	Costa sureste del Pacífico	Edding et al. 2006
Lessonia berteroaana/spicata	1.477	Costa sureste del Pacífico	Edding et al. 2006
Lessonia berteroaana/spicata	488	Costa sureste del Pacífico	Edding et al. 2006
Lessonia berteroaana/spicata	4.183	Coquimbo	Tala y Edding 2007
Lessonia berteroaana/spicata	1.450	Aplicada a III y IV región, Chile	Vásquez et al. 2008
Lessonia trabeculata	898	Coquimbo	Tala y Edding 2007
Lessonia trabeculata	495	Aplicada a III y IV región, Chile	Vásquez et al. 2008
Durvillaeae antarctica/incurvata	3.650	Nueva Zelanda	Tait et al. 2015

Los datos de cobertura de algas a nivel regional provienen de los reportes de evaluaciones directas descritos anteriormente.

4.4.4.1 Región de Arica y Parinacota

En esta región se observa una variación interanual importante en el orden de magnitud de la distribución espacial de las macroalgas pardas (Tabla 5), lo cual impacta en la estimación de todas las variables. Así, por ejemplo, en el caso de *Huiro palo* la cobertura cambió de 888 ha en 2002 a 5,9 ha en 2017, con un máximo intermedio de 1.585 ha en 2009.

Tabla 5. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Arica y Parinacota.

Año	Cobertura (m ²)				PPN (t)		CO ₂ equivalente (t)		Carbono Azul (t)		Bonos Carbono Azul (€)		Costo Social (€)	
	Huíro palo	Huíro macro	Huíro negro	Cochayuyo	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1994					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	8.880.000		1.258.756		9.161	1.658	33.619	6.085	916	166	171.055	30.959	-	-
2003					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	15.852.000	141.000	158.000		12.750	1.960	46.794	7.193	1.275	196	238.088	36.599	176.543	78.460
2010					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	54.455.000	4.114.000	719.680		77.729	20.236	285.265	74.265	7.773	2.024	1.451.428	377.863	3.195.511	939.143
2016					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017	59.228		59.136		180	63	661	230	18	6	3.365	1.170	-3.813.688	995.043
2018					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

En el caso de Huiro macro se observa un aumento entre 2009 – 2015 de 14 ha a 411 ha a nivel regional.

En términos de toneladas carbono azul aportadas por las especies presentes (Tabla 5) se observan variaciones en el orden de magnitud, en línea con los cambios en los valores de cobertura. Para el año 2017 sería solo de 18 ± 6 t, las que equivalen en promedio a €3.365. en tanto el costo social del carbono azul representaría una pérdida del orden de € 3.813.688 producto de la disminución en la cobertura de algas. Este costo sería más alto aún si se expresara en términos del CO₂ equivalente que se deja de fijar en tejidos vivos.

4.4.4.2 Región de Tarapacá

También en esta región se manifiesta una caída en la cobertura de Huiro palo (Tabla 6). Las otras dos especies tienen un solo dato de cobertura, en distintos años. Basados en los datos disponibles, se observa una caída en el aporte de carbono azul, alcanzó las 253 t en 2017 y también en términos de bonos de carbono y costo social, este último equivale a una pérdida de € 1.741.416 que es el costo de oportunidad perdido por la baja en la cobertura de las macroalgas pardas en la región.

4.4.4.3 Región de Antofagasta

Para esta región faltan datos de cobertura para el recurso Huiro macro. Así solo para el año 2009 hay registro de cobertura para las tres algas pardas presentes en esta región (Tabla 7). El aumento de cobertura reportado para Huiro palo y Huiro negro entre los años 2015 – 2017 hace que aumente la cantidad de carbono azul, que alcanza las 4.114 ± 655 t para este último año. En términos de bonos de carbono esta cantidad equivale € 768.261 \pm 122.353 y a € 75.128 \pm 27.220 visto como costo social. El signo positivo de este costo social implica que para ese año dicha cantidad es un aporte económico ya que el servicio ecosistémico evitó incurrir en el costo alternativo de tener que retirar las 4.114 t artificialmente.

Tabla 6. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Tarapacá.

Año	Cobertura (m ²)				PPN (t)		CO ₂ equivalente (t)		Carbono Azul (t)		Bonos Carbono Azul (€)		Costo Social (€)	
	Huio palo	Huio macro	Huio negro	Cochayuyo	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1994					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	54.455.000	4.114.000			75.380	19.893	276.644	73.008	7.538	1.989	1.407.566	371.463	-	-
2010					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	54.455.000				37.942	6.265	139.246	22.994	3.794	627	708.482	116.995	-1.841.141	933.730
2016					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017	842.227		842.061		2.531	899	9.289	3.300	253	90	47.264	16.789	-1.741.416	306.154
2018					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 7. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Antofagasta.

Año	Cobertura (m ²)				PPN (t)		CO ₂ equivalente (t)		Carbono Azul (t)		Bonos Carbono Azul (€)		Costo Social (€)	
	Hurio palo	Huro macro	Huro negro	Cochayuyo	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1994					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	12.571.200		3.691.280		17.374	4.148	63.761	15.222	1.737	415	324.416	77.450	-	-
2003					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	77.367.000	4.220.000	774.000		94.248	21.938	345.891	80.514	9.425	2.194	1.759.894	409.654	3.780.542	1.061.622
2010					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	54.455.000		719.680		39.615	6.424	145.388	23.576	3.962	642	739.735	119.957	-2.686.738	984.526
2016					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017	54.900.339		1.241.253		41.143	6.552	150.995	24.047	4.114	655	768.261	122.353	75.128	27.220
2018					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.4.4.4 Región de Atacama

En esta región se reportan tres años (2007, 2018 y 2019) donde se cuantificó en forma simultánea el área de distribución de las tres especies presentes (Tabla 8). Destaca que entre los años 2018 – 2019 la cobertura disminuye en los tres recursos, de un total de 3.982 ha a 3.042 ha, es decir una pérdida de 940 ha. Esta disminución causa una caída proporcional en todos los indicadores de desempeño: PPN (t), CO₂ equivalente (t), carbono azul (t), bonos de carbono (€) y costo social del carbono (€). El carbono azul disminuye de 5.383 ± 1.162 t a 3.259 ± 662 t, una caída promedio de 2.124 t. El costo social del carbono azul representa una pérdida de € 1.044.418 \pm 319.441.

4.4.4.5 Región de Coquimbo

Junto con la región de Atacama esta región es la que más evaluaciones posee y sin embargo existen solo dos años en que se evaluaron simultáneamente los tres recursos presentes, los años 2007 y 2019. En 2007 se estimó un área total de 580 ha, mientras que en 2019 el área evaluada fue de 1.660 ha, entre las tres especies (Tabla 9). Se evidencian las grandes diferencias en el área de cobertura de una misma especie entre años. Por ejemplo, en *Huiro palo* hay disminución de casi 2.000 ha en tan solo un año (2018 – 2019). Entre los mismos años se reporta un aumento de 511 ha en la cobertura de *Huiro macro*. Esas discontinuidades temporales y los abruptos cambios en la cobertura dificultan el análisis de los datos disponibles. Un análisis más detallado, incluyendo solo los años en los cuales las tres especies fueron evaluadas simultáneamente muestra que el costo social promedio del carbono azul es positivo (€ 2.647.854 \pm 1.056.635). Esto es consecuencia del gran aumento en la cobertura algal de las tres especies entre 2007 y 2019, que casi se triplicó. Esto genera un aumento en la PPN regional y en consecuencia un mayor aporte de carbono azul, más de 6 mil t en 2019. Medido en términos de bonos de carbono esto se traduce en un aumento de seis veces el valor observado para 2007.

Tabla 8. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Atacama.

Año	Cobertura (m ²)				PPN (t)		CO ₂ equivalente (t)		Carbono Azul (t)		Bonos Carbono Azul (€)		Costo Social (€)	
	Huio palo	Huio macro	Huio negro	Cochayuyo	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1994					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	22.322.000		975.000		17.778	2.830	65.244	10.385	1.778	283	331.961	52.841	-	-
1999					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	3.051.000		971.000		4.368	1.093	16.032	4.012	437	109	81.572	20.413	-659.435	111.543
2001					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	30.509.200		9.705.579		43.674	10.927	160.284	40.104	4.367	1.093	815.523	204.048	1.932.967	483.629
2003					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004			28.125.000		65.084	29.839	238.859	109.511	6.508	2.984	1.215.315	557.190	1.052.913	976.000
2005					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	5.000.000	800.000	100.000		11.129	3.797	40.843	13.937	1.113	380	207.807	70.910	-2.653.422	1.475.585
2008					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014		1.380.000	7.719.421		30.664	10.388	112.538	38.124	3.066	1.039	572.592	193.973	960.714	419.023
2015					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017			8.129.926		18.814	8.625	69.046	31.656	1.881	863	351.304	161.063	-582.794	318.882
2018	30.509.200	1.590.500	7.719.421		53.831	11.620	197.560	42.645	5.383	1.162	1.005.185	216.977	1.722.091	408.231
2019	24.687.000	309.800	5.424.996		32.594	6.617	119.618	24.284	3.259	662	608.618	123.556	-1.044.418	319.441
2020					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 9. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Coquimbo.

Año	Cobertura (m ²)				PPN (t)		CO ₂ equivalente (t)		Carbono Azul (t)		Bonos Carbono Azul (€)		Costo Social (€)	
	Hurio palo	Huro macro	Huro negro	Cochayuyo	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1994					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	1.759.000		657.000		2.755	729	10.111	2.674	276	73	51.445	13.606	-	-
2001					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	17.592.600		6.471.181		27.323	7.185	100.274	26.367	2.732	718	510.196	134.157	1.208.189	317.490
2003					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	5.000.000	700.000	100.000		10.201	3.293	37.437	12.086	1.020	329	190.480	61.491	501.656	161.946
2008					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015		23.614	100.836		453	153	1.662	563	45	15	8.454	2.865	-	-
2016		23.614	64.738		369	129	1.354	474	37	13	6.888	2.412	-4.124	1.908
2017			4.707.650		10.938	5.058	40.141	18.564	1.094	506	204.237	94.456	519.747	245.426
2018	26.003.000	46.200			18.590	3.029	68.224	11.116	1.859	303	347.124	56.556	376.315	294.013
2019	6.292.000	5.154.455	5.154.455		64.058	24.446	235.091	89.715	6.406	2.445	1.196.145	456.471	2.236.021	1.196.421
2020					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.4.4.6 Región de Valparaíso

A partir de los resultados se estima una contribución regional al carbono azul de 2.470 ± 661 t para el año 2018 (Tabla 10), que es el único año con datos disponibles para esta región. Esto equivale a 9.138 ± 2.446 t de CO₂ equivalente que es enterrado o secuestrado en el sistema. El valor de estas cantidades equivale en términos de bonos de carbono a € 461.170 ± 123.430 . Dado que no existe una base comparativa anterior no fue posible estimar el costo social del carbono azul.

4.4.4.7 Región del L. B. O'Higgins

A partir de los resultados se estima una contribución regional al carbono azul de 175 ± 30 t para el año 2018 (Tabla 11), que es el único año con datos disponibles para esta región. Esto equivale a 646 ± 110 t de CO₂ equivalente que es enterrado o secuestrado en el sistema. El valor de estas cantidades equivale en términos de bonos de carbono a € 32.613 ± 5.556 . Dado que no existe una base comparativa anterior no fue posible estimar el costo social del carbono azul.

4.4.4.8 Región del Maule

A partir de los resultados se estima una contribución regional al carbono azul de 464 ± 79 t para el año 2018 (Tabla 12), que es el único año con datos disponibles para esta región. Esto equivale a 1.715 ± 291 t de CO₂ equivalente que es enterrado o secuestrado en el sistema. El valor de estas cantidades equivale en términos de bonos de carbono a € 86.569 ± 14.696 . Dado que no existe una base comparativa anterior no fue posible estimar el costo social del carbono azul.

4.4.4.9 Región de Biobío

A partir de los resultados se estima una contribución regional al carbono azul de 2.211 ± 395 t para el año 2018 (Tabla 13), que es el único año con datos disponibles para esta región. Esto equivale a 8.181 ± 1.461 t de CO₂ equivalente que es enterrado o secuestrado en el sistema. El valor de estas cantidades equivale en términos de bonos de carbono a € 412.855 ± 73.733 . Dado que no existe una base comparativa anterior no fue posible estimar el costo social del carbono azul.

Tabla 10. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Valparaíso.

Año	Cobertura (m ²)				PPN (t)		CO ₂ equivalente (t)		Carbono Azul (t)		Bonos Carbono Azul (€)		Costo Social (€)	
	Hurio palo	Huro macro	Huro negro	Cochayuyo	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1994					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	4.975.019	1.381.354	1.381.354	1.381.354	24.697	6.610	90.639	24.259	2.470	661	461.170	123.430	-	-
2019					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 11. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de O'Higgins.

Año	Huio palo	Huio macro	Huio negro	Cochayuyo	Promedio	Desv. Est.								
1994					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	262.131		262.131	262.131	1.747	298	6.410	1.092	175	30	32.613	5.556	-	-
2019					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 12. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Maule.

Año	Cobertura (m ²)				PPN (t)		CO ₂ equivalente (t)		Carbono Azul (t)		Bonos Carbono Azul (€)		Costo Social (€)	
	Hurio palo	Huro macro	Huro negro	Cochayuyo	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1994					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	58.000	38.388	682.096	723.888	4.636	787	17.014	2.888	464	79	86.569	14.696	-	-
2019					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 13. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Biobío.

Año	Cobertura (m ²)				PPN (t)		CO ₂ equivalente (t)		Carbono Azul (t)		Bonos Carbono Azul (€)		Costo Social (€)	
	Hurio palo	Huro macro	Huro negro	Cochayuyo	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1994					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	1.124.032	428.946	3.083.676	2.820.932	22.110	3.949	81.143	14.492	2.211	395	412.855	73.733	-	-
2019					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.4.4.10 Región de Los Ríos

A partir de los resultados se estima una contribución regional al carbono azul de 564 ± 140 t para el año 2018 (Tabla 14), que es el único año con datos disponibles para esta región. Esto equivale a 2.087 ± 519 t de CO₂ equivalente que es enterrado o secuestrado en el sistema. El valor de estas cantidades equivale en términos de bonos de carbono a € 105.324 ± 26.175. Dado que no existe una base comparativa anterior no fue posible estimar el costo social del carbono azul.

4.4.4.11 Región de Los Lagos

A partir de los resultados se estima una contribución regional al carbono azul de 761 ± 300 t para el año 2015 (Tabla 15), que es el único año con datos disponibles para esta región. Esto equivale a 2.816 ± 1.110 t de CO₂ equivalente que es enterrado o secuestrado en el sistema. El valor de estas cantidades equivale en términos de bonos de carbono a € 142.055 ± 56.026. Dado que no existe una base comparativa anterior no fue posible estimar el costo social del carbono azul.

4.4.4.12 Región de Magallanes

Los datos de cobertura difieren bastante entre los reportes de Mansilla et al. (2007) y UMA (2009). En el primer caso se estimó un área de aproximadamente 4.915 ha mientras que en el segundo se reportó una superficie de 1.320 ha. Para las estimaciones de carbono azul se utilizó la información de la última evaluación disponible (UMA, 2009). Así, el alga *Huiro macro* es la dominante en términos de distribución espacial (Tabla 16). La contribución regional al carbono azul para el año 2008 habría sido de 10.923 ± 5.368 , una dispersión que sugiere un comportamiento no normal en la distribución de los valores. Estas toneladas de carbono azul equivalen a 40.415 ± 19.862 t de CO₂ equivalente que es enterrado o secuestrado en el sistema. El valor de estas cantidades equivale en términos de bonos de carbono a € 2.039.651 ± 1.002.407. asumiendo que ambas evaluaciones disponibles son correctas, entonces el costo social del carbono azul estimado sería negativo y ascendería a € 6.604.643.

Tabla 14. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Los Ríos.

Año	Cobertura (m ²)				PPN (t)		CO ₂ equivalente (t)		Carbono Azul (t)		Bonos Carbono Azul (€)		Costo Social (€)	
	Huio palo	Huio macro	Huio negro	Cochayuyo	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1994					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	111.888	283.925	450.200	521.575	5.640	1.402	20.700	5.144	564	140	105.324	26.175	-	-
2019					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 15. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Los Lagos.

Año	Cobertura (m ²)				PPN (t)		CO ₂ equivalente (t)		Carbono Azul (t)		Bonos Carbono Azul (€)		Costo Social (€)	
	Huio palo	Huio macro	Huio negro	Cochayuyo	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1994					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	2.261.928	643.043	1.124	2.798	7.608	3.000	27.920	11.011	761	300	142.055	56.026	-	-
2016					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 16. Resultados para las variables cobertura, carbono fijado (PPN), CO₂ equivalente, carbono azul, bonos de carbono y costo social de este carbono azul para la región de Magallanes.

Año	Cobertura (m ²)				PPN (t)		CO ₂ equivalente (t)		Carbono Azul (t)		Bonos Carbono Azul (€)		Costo Social (€)	
	Hurio palo	Huro macro	Huro negro	Cochayuyo	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1994					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005		49.153.221		2.344.750	462.931	227.512	1.698.957	834.970	46.293	22.751	8.644.294	4.248.328	-	-
2006		49.153.221		2.344.750	462.931	227.512	1.698.957	834.970	46.293	22.751	8.644.294	4.248.328	-	-
2007					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008		13.203.700		2.344.750	109.230	53.682	400.875	197.014	10.923	5.368	2.039.651	1.002.407	-	-
2009					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.4.5 Recopilación y revisión de la información de estadística pesquera disponible en espacio y tiempo y medidas de administración

4.4.5.1 Descripción de la pesquería de algas pardas

La pesquería de algas pardas en Chile se ha constituido como una actividad económica y social de alta importancia para la pesca artesanal (Bitecma, 2018). Para el 2020, contaba con un registro de 93.743 usuarios inscritos en el registro que administra el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca, 2020b).

En términos de categorías, la de "recolector de orilla, alguero o buzo apnea" (recolector de orilla), es la que posee mayor cantidad de inscritos con 70.905 pescadores, de los cuales el 71% son hombres y 29% son mujeres. La región de Los Lagos es la que posee la mayor cantidad de pescadores artesanales inscritos a nivel nacional con 33.593 inscritos. De estos, 20.695 hombres y 11.814 mujeres poseen la categoría de recolector de orilla. Por su parte, la categoría de buzo mariscador contaba a diciembre de 2020 con 10.657 hombres inscritos y solo 57 mujeres, siendo nuevamente la región de Los Lagos el territorio con mayor cantidad de buzos a nivel nacional con 4.677 hombres y 27 mujeres. Regiones donde la pesquería de algas es importante en cuanto a los desembarques, la participación de la categoría de recolector de orilla es de 67,6% en Antofagasta, 64,4% en Atacama y 60,7% en Coquimbo (Tabla 17).

Tabla 17. Número de pescadores artesanales inscritos en el RPA¹¹, desagregado por sexo (M: mujer; H: hombre), categoría y región a diciembre de 2020. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

Región	Recolector de orilla		Armador		Buzo		Pescador		Total		Total General
	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	
AyP	27	324	8	190	0	74	55	1.231	74	1.366	1.440
TPCA	170	832	13	276	0	224	148	959	296	1.521	1.817
ANTOF	224	1.703	19	449	1	454	100	1.370	292	2.557	2.849
ATCMA	493	2.000	18	435	4	389	192	1.903	648	3.225	3.873
COQ	362	2.787	22	1.069	3	920	191	3.366	495	4.695	5.190

¹¹ Un Pescador artesanal puede inscribir más de una categoría, por lo que el total de pescadores artesanales inscritos en el registro no coincide con la suma total de las categorías.

Región	Recolector de orilla		Armador		Buzo		Pescador		Total		Total General
	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	
VALPO	256	2.344	31	806	5	276	148	4.161	359	4.900	5.259
LGBO	199	549	2	55	0	38	19	295	211	686	897
MAULE	261	1.011	15	379	1	116	245	2.048	409	2.313	2.722
ÑUBLE	56	133	5	27	0	20	44	109	95	191	286
BBIO	4.137	7.973	190	2.533	0	1.461	2.654	12.931	5.493	15.315	20.808
ARAUC	260	761	8	165	1	24	108	641	310	939	1.249
RIOS	862	1.895	34	550	5	517	180	2.055	959	2.852	3.811
LAGOS	11.814	20.695	85	2.672	27	4.677	1.049	9.065	11.879	21.714	33.593
AYSEN	714	2.544	29	406	8	505	405	1.830	749	2.725	3.474
MAG	544	4.975	54	639	2	962	233	3.776	628	5.847	6.475
Total	20.379	50.526	533	10.651	57	10.657	5.771	45.740	22.897	70.846	93.743

Si se considera el total del desembarque de algas pardas en Chile entre los años 2005 a 2020, se totalizan 4.575.704 toneladas, de las cuales 3.158.528 t correspondieron a huiro negro (69%), siendo esta especie la de mayor extracción del periodo. Caso contrario es el cochayuyo, que en el mismo periodo presenta un desembarque total acumulado de 109.772 t (Figura 26).

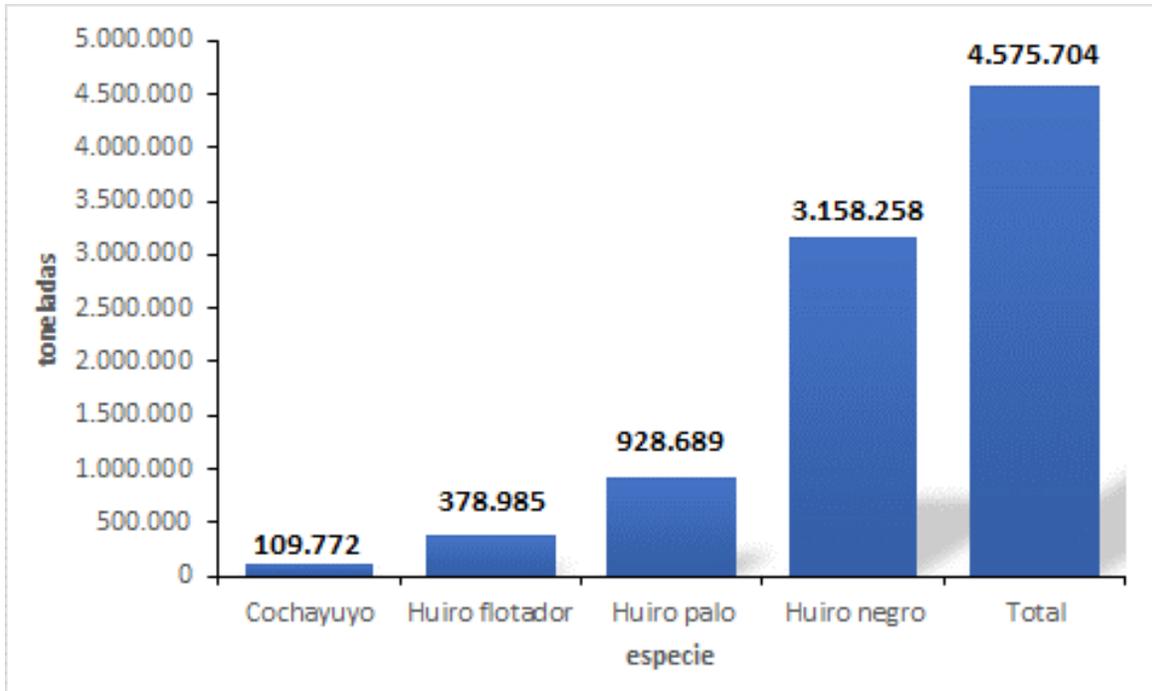


Figura 26. Desembarque total acumulado (t) por especie en Chile, entre los años 2005 y 2020. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

En términos espaciales, las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo son aquellas que presentan los mayores valores de desembarque acumulado en el período 2005 a 2020 para las especies de algas pardas en Chile (Figura 27).

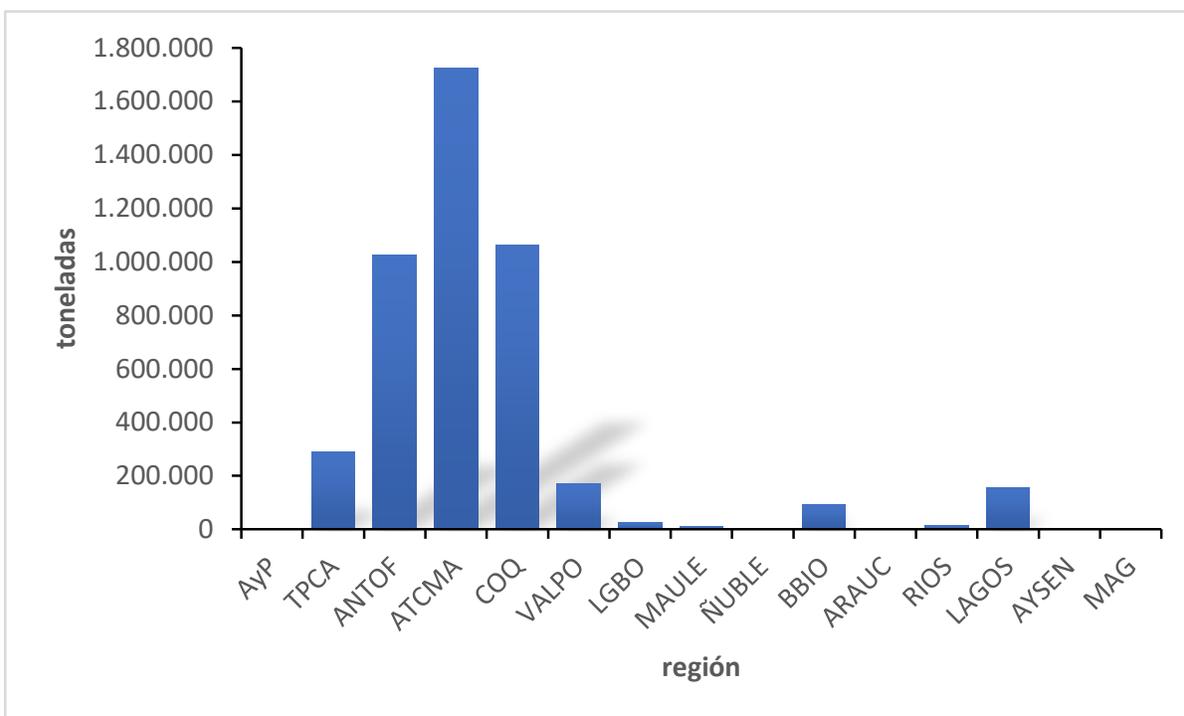


Figura 27. Desembarque total acumulado de algas pardas en Chile, desagregado por región entre los años 2005 a 2020. Fuente: Servicio nacional de Pesca y Acuicultura.

En conjunto las tres regiones acumulan un total de 3.812.035 t, representando el 83% del total del desembarque del país en el período 2005 a 2020. El caso contrario lo presentan las regiones de Aysén y Magallanes con valores de 16 y 2 toneladas respectivamente (Tabla 18).

Tabla 18. Desembarque total acumulado de las especies de algas pardas entre los años 2005 a 2020. Se destacan las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo que en conjunto representan más del 80% del desembarque del periodo. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

Región	Desembarque	%
AyP	1.416	0%
TPCA	288.672	6%
ANTOF	1.026.903	22%
ATCMA	1.722.925	38%
COQ	1.062.206	23%
VALPO	170.715	4%
LGBO	26.662	1%
MAULE	10.867	0%

Región	Desembarque	%
ÑUBLE	545	0%
BBIO	92.838	2%
ARAUC	1.222	0%
RIOS	13.982	0%
LAGOS	156.733	3%
AYSEN	16	0%
MAG	2	0%
Total	4.575.704	100%

El detalle del desempeño espacio temporal por especie se describe a continuación.

4.4.5.1.1 Huiro negro

El desembarque de huiro negro para el período 2005 a 2020 fue superior a las 3.158.000 toneladas, destacando la zona norte como el principal territorio que aporta al total nacional. Particularmente las regiones de Coquimbo con algo más de 504 mil toneladas, Antofagasta con 893 mil toneladas y Atacama que presenta un desembarque acumulado superior a las 1.367.000 toneladas. El 2018 fue el año de menor desembarque total acumulado del período con algo más de 190 mil toneladas. Por el contrario el 2013 se observó el mayor nivel de desembarque total acumulado en Chile con 317.063 toneladas (Tabla 19).

Por su parte las regiones de la zona centro sur, sur y sur austral, no presentan valores significativos de desembarque para este recurso.

Tabla 19. Desembarque total por región de huiro negro entre los años 2005 y 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

Año	AyP	TPCA	ANTOF	ATCMA	COQ	VALPO	LGBO	MAULE	ÑUBLE	BBIO	ARAUC	RIOS	LAGOS	AYSEN	MAG	Total
2005	-	19.312	45.049	86.438	47.106	4.932	792	377	-	95	-	-	78	-	-	204.179
2006	-	17.411	44.100	58.238	39.275	2.351	283	361	-	-	-	-	-	-	-	162.019
2007	-	18.244	52.195	48.806	32.407	1.776	55	-	-	2.446	-	-	13	-	-	155.943
2008	-	11.297	56.940	79.429	51.281	2.687	113	-	-	3.182	-	-	-	-	-	204.929
2009	-	31.456	47.063	96.583	41.806	6.381	107	-	-	672	-	-	-	-	-	224.068
2010	-	21.698	36.372	77.377	46.635	10.113	687	-	-	72	-	-	653	-	-	193.607
2011	-	10.037	61.939	120.319	45.398	5.533	220	46	-	171	-	-	36	-	-	243.699
2012	-	16.260	98.176	128.131	22.059	6.032	180	14	-	315	-	11	-	-	-	271.178
2013	67	20.498	59.963	190.960	34.096	5.166	1.293	4	-	4.873	-	53	90	-	-	317.063
2014	107	16.530	117.114	67.515	15.735	4.725	556	19	-	436	-	41	494	-	-	223.272
2015	13	8.783	23.823	71.524	8.473	3.931	210	7	-	222	-	11	-	-	-	116.997
2016	94	7.655	69.004	55.165	13.619	9.269	490	535	-	5.216	-	-	89	-	-	161.136
2017	163	16.193	55.813	88.071	34.814	5.070	603	834	-	7.631	-	-	747	1	-	209.940
2018	138	6.021	16.399	33.069	13.398	2.716	78	396	-	656	-	18	96	-	-	72.985
2019	440	20.902	54.108	82.265	28.508	6.343	31	829	-	513	-	-	1	-	-	193.940
2020	138	20.333	55.920	83.289	29.960	6.534	565	930	4	5.099	-	-	531	-	-	203.303
Total	1.160	262.630	893.978	1.367.179	504.570	83.559	6.263	4.352	4	31.599	-	134	2.828	1	-	3.158.258

Considerando la dinámica del desembarque de áreas de libre acceso de las principales regiones en cuanto al volumen, la Figura 28 muestra para el caso de la región de Atacama una tendencia creciente entre el 2005 al 2013, para posteriormente disminuir a valores en torno a las 70 mil t. La región de Antofagasta presenta una dinámica similar, aunque con magnitudes distintas, mientras que las regiones de Tarapacá y Coquimbo muestran mayor homogeneidad en el desembarque con trayectoria levemente decreciente, particularmente a partir del año 2013. Lo anterior, podría ser explicado por el establecimiento de los distintos planes de manejo en la zona norte de Chile, que comenzaron a implementarse a partir del 2013 que, entre otras medidas de administración, incorporó las cuotas de captura (regiones de Atacama y Coquimbo) o límites de extracción (regiones de Tarapacá y Antofagasta).

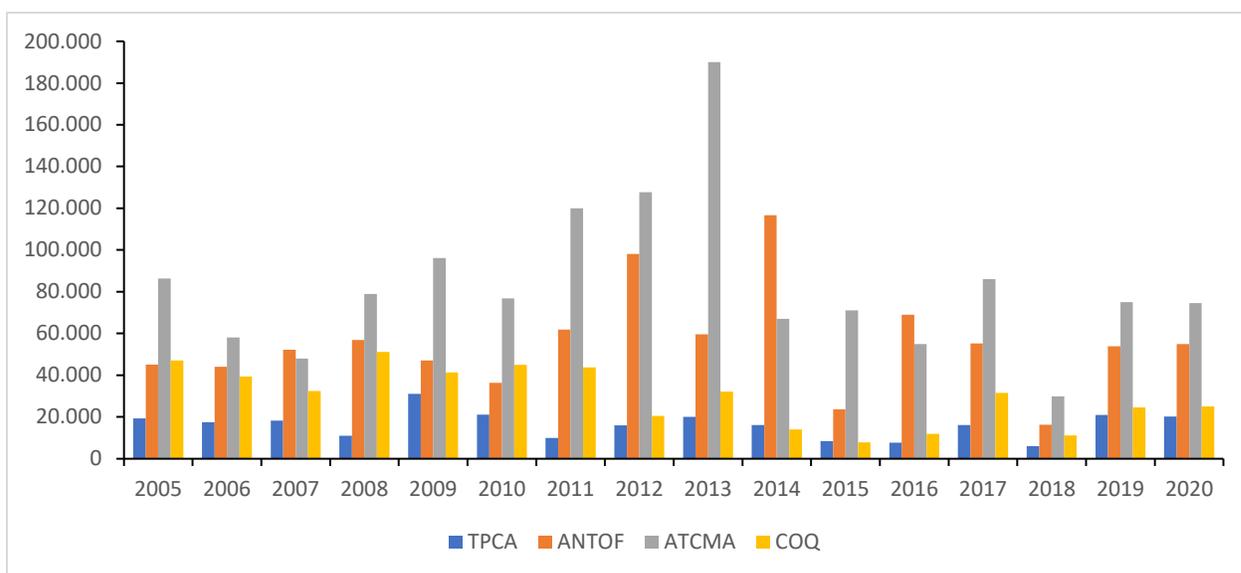


Figura 28. Desembarque de huero negro proveniente de áreas de libre acceso en las regiones de Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

Por su parte el desembarque proveniente de AMERB para las mismas regiones de Atacama y Coquimbo, da cuenta de trayectorias crecientes a partir del año 2015 (Figura 29). Esta situación podría ser explicada por la implementación de los planes de manejo que, al presentar mayores regulaciones en la operación en áreas de libre acceso, incentiva la incorporación de esta especie como objetivo de los planes de manejo de las distintas AMERB, considerando que esta medida de

administración permite independencia de las regulaciones establecidas en los planes de manejo de las áreas de libre acceso.

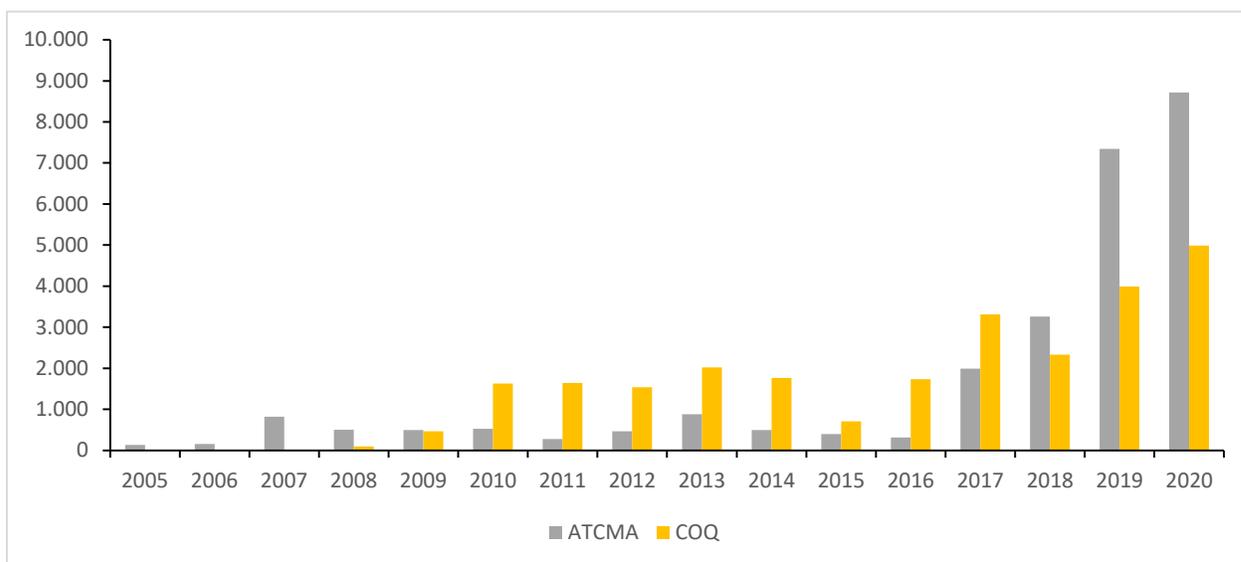


Figura 29. Desembarque de huiro negro proveniente de AMERB en las regiones de Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

4.4.5.1.2 Huiro palo

El desembarque de huiro Palo para el período 2005 a 2020 fue superior a las 928 mil toneladas, destacando la zona norte como el principal territorio que aporta al total nacional. Particularmente las regiones de Antofagasta con algo más de 105 mil toneladas, Atacama con 242 mil toneladas y Coquimbo que presenta un desembarque acumulado superior a las 472 mil toneladas. El 2006 fue el año de menor desembarque total acumulado del período con algo más de 27 mil toneladas. Por el contrario, el 2020 se observó el mayor nivel de desembarque total acumulado en Chile con 95.452 toneladas (Tabla 20).

Por su parte las regiones de la zona centro sur, sur y sur austral, no presentan valores significativos de desembarque para este recurso.

Tabla 20. Desembarque total por región de huiro palo entre los años 2005 y 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

Año	AyP	TPCA	ANTOF	ATCMA	COQ	VALPO	LGBO	MAULE	ÑUBLE	BBIO	ARAUC	RIOS	LAGOS	AYSEN	MAG	Total
2005	-	445	1.228	18.988	25.119	1.072	-	-	-	2	-	-	69	-	-	46.923
2006	-	1.536	2.872	7.535	15.257	122	-	-	-	-	-	-	230	-	-	27.552
2007	-	1.324	4.523	6.385	24.525	253	-	-	-	-	-	-	192	-	-	37.202
2008	-	123	5.448	7.255	19.054	677	-	-	-	322	-	61	697	-	-	33.637
2009	-	4.852	9.995	9.175	32.317	3.969	-	-	-	1.470	-	839	1.501	-	-	64.118
2010	-	2.721	7.729	13.745	38.189	5.872	61	-	-	-	-	148	48	-	-	68.513
2011	-	632	3.992	11.198	27.480	3.939	301	-	-	2	-	148	204	-	-	47.896
2012	-	772	5.962	15.739	23.227	3.654	16	1	-	-	-	-	-	-	-	49.371
2013	-	962	3.526	7.891	22.468	4.337	46	0	15	2.899	-	13	2.527	2	-	44.686
2014	-	548	7.185	22.252	27.949	7.499	69	7	-	1.883	-	18	1.488	-	-	68.898
2015	-	900	5.445	27.650	32.221	16.878	13	-	-	1.169	-	-	971	-	-	85.247
2016	-	610	12.103	15.846	22.179	4.435	-	-	-	302	-	-	59	-	-	55.534
2017	21	452	4.951	16.997	33.390	11.118	435	110	-	398	-	1	8	-	-	67.881
2018	14	284	5.335	14.565	30.363	2.096	-	5	9	4	-	1	11	-	-	52.687
2019	64	1.525	12.766	22.712	44.119	1.598	15	75	25	193	-	-	-	-	-	83.092
2020	83	1.718	12.438	24.379	54.670	1.945	-	37	-	152	-	30	-	-	-	95.452
Total	182	19.404	105.498	242.312	472.527	69.464	956	235	49	8.796	-	1.259	8.005	2	-	928.689

El desembarque de huiro palo en áreas de libre acceso para las principales regiones, muestra para Coquimbo una trayectoria oscilante con valores entre las 15 mil t y 33 mil t (Figura 30). Por su parte Atacama muestra un desempeño similar, pero con menores volúmenes. Antofagasta y Valparaíso presentan niveles de desembarque más acotados, aunque en los últimos 2 años, Antofagasta ha presentado desembarques por sobre las 10 mil t.

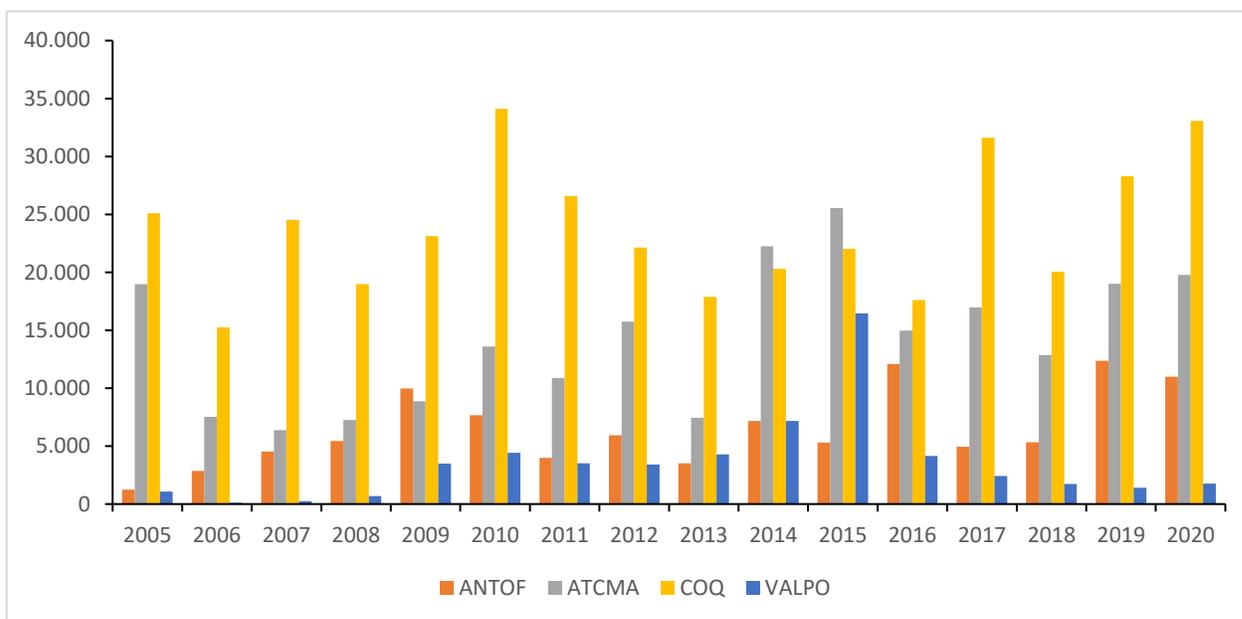


Figura 30. Desembarque de huiro palo proveniente de áreas de libre acceso en las regiones de Antofagasta, Atacama, Coquimbo y Valparaíso entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

Respecto del desembarque proveniente de AMERB, solo se observan operaciones significativas en las regiones de Atacama, particularmente en los últimos años con valores entre las 1.700 y 4.600 toneladas y Coquimbo, región más importante a nivel nacional en cuanto a los volúmenes de desembarque, con valores de los últimos años entre las 10.300 y 21.500 t (Figura 31).

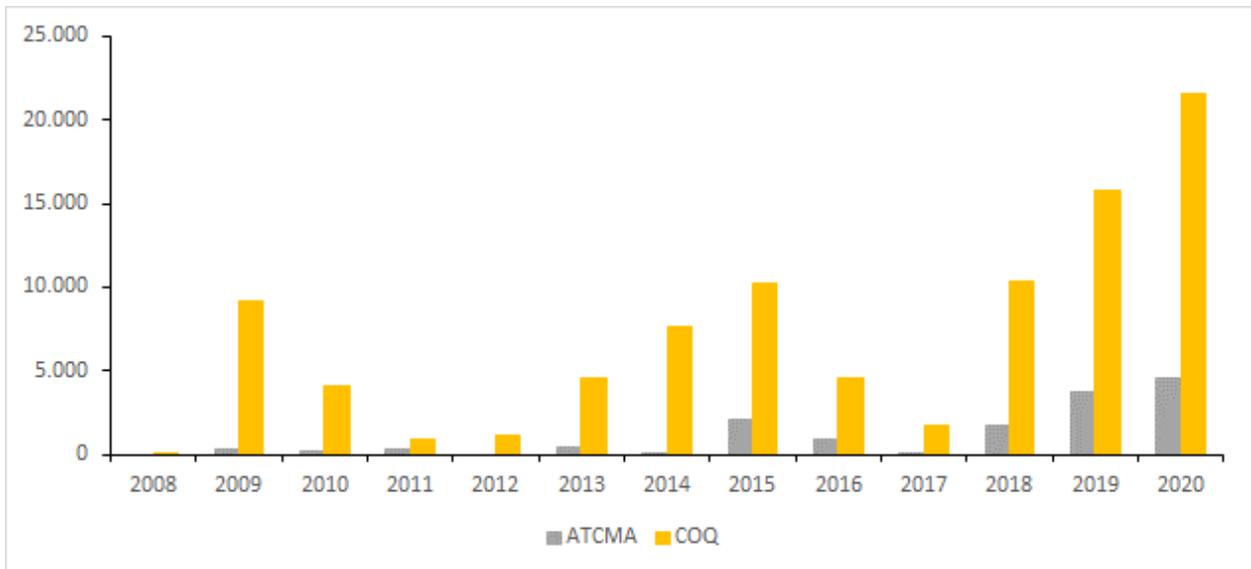


Figura 31. Desembarque de huiro palo proveniente de AMERB en las regiones de Atacama y Coquimbo entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

4.4.5.1.3 Huiro flotador

El desembarque de huiro flotador para el período 2005 a 2020 fue superior a las 378 mil toneladas. Por una parte, se destacan las regiones de la zona norte como Antofagasta con algo más de 27 mil toneladas, Coquimbo con 76 mil toneladas y Atacama con 113 mil toneladas y en la zona sur la región de Los Lagos con un desembarque total acumulado del período por sobre las 129 mil toneladas, siendo el territorio de mayor importancia en cuanto al aporte del total del período. Temporalmente, el 2005 fue el año de menor desembarque total acumulado con algo más de 8 mil toneladas. Por el contrario, el 2020 se observó el mayor nivel de desembarque total acumulado en Chile con 43.169 toneladas (Tabla 21).

Tabla 21. Desembarque total por región de huiro flotador entre los años 2005 y 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

Año	AyP	TPCA	ANTOF	ATCMA	COQ	VALPO	LGBO	MAULE	ÑUBLE	BBIO	ARAUC	RIOS	LAGOS	AYSEN	MAG	Total
2005	-	-	1.006	3.752	3.650	187	-	4	-	39	-	-	148	-	-	8.786
2006	-	93	1.079	3.606	3.862	596	56	-	-	43	-	-	58	-	-	9.393
2007	-	74	2.826	1.592	5.619	610	26	-	-	1	-	-	212	-	-	10.959
2008	-	54	2.314	4.128	9.057	577	782	-	-	61	-	-	299	-	-	17.272
2009	-	789	2.367	4.786	4.180	634	101	11	-	69	5	1.258	-	-	-	14.200
2010	-	632	833	2.384	8.911	339	35	-	-	8	-	12	888	-	-	14.042
2011	-	460	2.232	2.244	5.407	423	334	55	-	172	-	27	8.124	-	-	19.478
2012	-	509	2.484	5.377	3.182	294	192	19	-	345	-	179	13.907	-	-	26.488
2013	17	734	2.359	7.888	3.674	432	221	63	-	1.997	-	155	13.113	-	-	30.653
2014	19	261	2.326	9.356	4.166	651	771	100	-	377	1	130	7.530	-	-	25.688
2015	-	147	688	11.580	3.167	1.306	204	69	-	43	-	60	11.363	-	-	28.627
2016	4	336	1.094	11.062	4.452	1.851	63	86	-	474	-	74	12.692	-	-	32.188
2017	31	341	1.272	10.005	3.779	2.334	206	213	-	167	12	39	11.735	1	2	30.137
2018	3	459	632	9.004	4.937	2.260	36	40	-	161	-	67	16.206	2	-	33.807
2019	-	413	1.705	10.184	3.406	1.550	26	-	-	126	-	63	16.624	1	-	34.098
2020	-	1.336	2.210	16.486	5.213	1.212	8	107	-	184	-	65	16.347	1	-	43.169
Total	74	6.638	27.427	113.434	76.662	15.256	3.061	767	-	4.267	18	2.129	129.246	5	2	378.985

El desembarque de huiro flotador de áreas de libre acceso muestra para la región de Coquimbo una disminución de los volúmenes a partir del 2012 con valores entre las 2.600 a las 5.000 t par el año 2020 (Figura 32). Por su parte Atacama presenta valores para el mismo período entre las 5.300 a 16.500 t. Es importante considerar para este recurso que en la región de Atacama opera a partir del año 2012 un plan de manejo para este recurso en el sector de bahía Chasco que, entre sus principales medidas de regulación, posee cuota de extracción y lista de participantes.

Por otra parte, se destaca la región de Los Lagos, como el territorio más importante en cuanto al volumen de desembarque, con valores a partir del 2011 de algo más de 8.000 t a valores por sobre las 16.000 t en estos últimos años. Es importante destacar que para esta región no existe plan de manejo y solo se restringe a las regulaciones establecidas en el plan de manejo de recursos bentónicos de bahía Ancud.

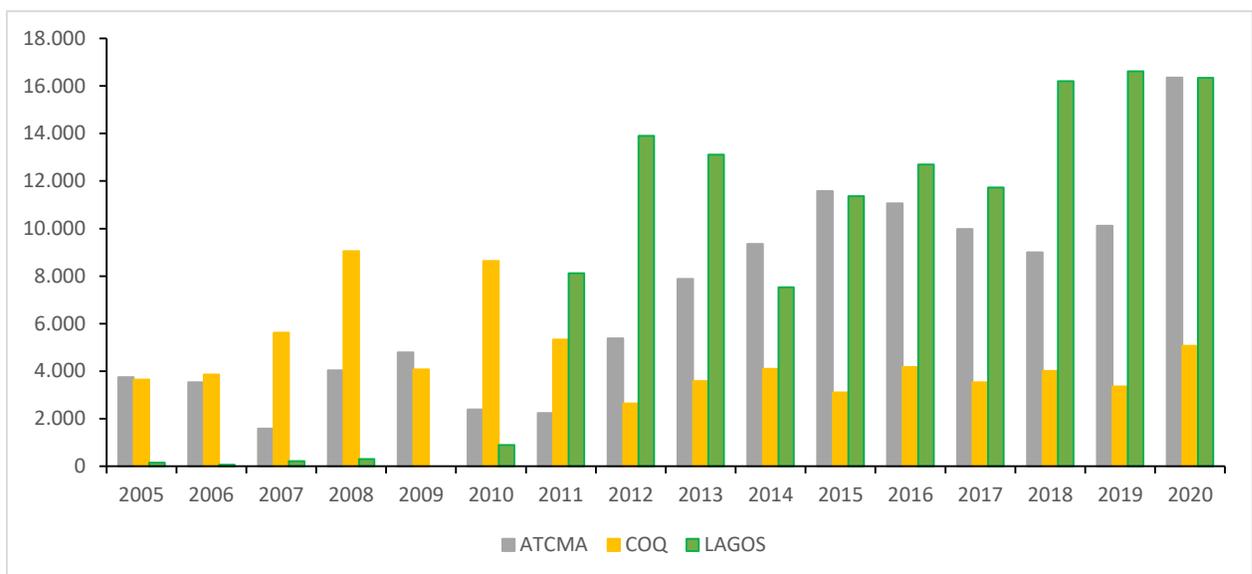


Figura 32. Desembarque de huiro flotador proveniente de áreas de libre acceso en las regiones de Atacama, Coquimbo y Los Lagos entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

Respecto al desembarque proveniente de AMERB para huiro flotador, solo es importante en las regiones de Atacama, particularmente en los últimos 2 años, y especialmente en la región de Coquimbo, cuyo mayor valor se observó el año 2018 con 922 t (Figura 33).

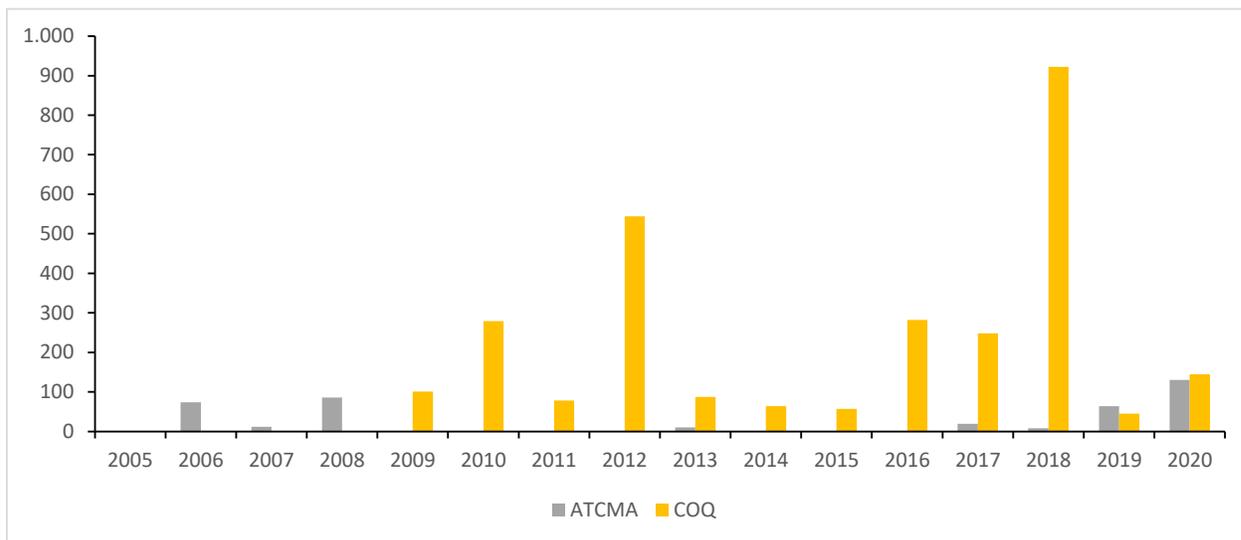


Figura 33. Desembarque de huiro flotador proveniente de AMERB en las regiones de Atacama y Coquimbo entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

4.4.5.1.4 Cochayuyo

El desembarque de cochayuyo para el período 2005 a 2020 fue superior a las 109 mil toneladas. En la zona centro norte del país se destacan las regiones de Coquimbo con un acumulado de algo más de 8 mil toneladas y la región de O’Higgins con un acumulado por sobre las 6 mil toneladas. Por su parte las regiones de la zona sur como Los Ríos y Los Lagos mostraron valores de desembarque acumulado de 10.460 y 16.654 toneladas respectivamente, siendo la región de Biobío la más importante del país, con un acumulado total de 48.176 toneladas. Temporalmente, el 2005 fue el año de menor desembarque total acumulado con 2.616 toneladas. Por el contrario, el 2018 se observó el mayor nivel de desembarque total acumulado en Chile con 11.728 toneladas (Tabla 22).

Tabla 22. Desembarque total por región de cochayuyo entre los años 2005 y 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

Año	AyP	TPCA	ANTOF	ATCMA	COQ	VALPO	LGBO	MAULE	ÑUBLE	BBIO	ARAUC	RIOS	LAGOS	AYSEN	MAG	Total
2005	-	-	-	-	70	4	345	54	-	2.140	-	-	3	-	-	2.616
2006	-	-	-	-	187	42	1.284	62	-	1.183	-	-	-	-	-	2.758
2007	-	-	-	-	1.438	61	923	42	-	3.114	-	10	-	-	-	5.588
2008	-	-	-	-	807	55	593	175	-	3.085	80	333	52	-	-	5.180
2009	-	-	-	-	287	81	447	402	-	4.180	6	368	198	-	-	5.969
2010	-	-	-	-	-	150	205	107	-	3.404	74	1.254	569	-	-	5.763
2011	-	-	-	-	-	215	442	204	-	3.573	250	729	1.073	-	-	6.486
2012	-	-	-	-	265	209	617	146	-	848	3	255	330	-	-	2.673
2013	-	-	-	-	765	343	1.570	397	-	3.784	111	440	945	-	-	8.355
2014	-	-	-	-	641	189	1.834	590	-	4.315	168	276	508	-	-	8.521
2015	-	-	-	-	547	326	1.629	654	-	4.354	169	479	1.342	-	-	9.500
2016	-	-	-	-	735	100	1.180	591	-	2.571	141	1.172	1.602	-	-	8.092
2017	-	-	-	-	570	138	1.952	743	-	2.289	29	1.017	2.633	-	-	9.371
2018	-	-	-	-	839	143	1.380	596	174	3.755	33	1.448	3.355	5	-	11.728
2019	-	-	-	-	562	159	1.035	336	196	2.898	109	1.650	2.452	1	-	9.398
2020	-	-	-	-	735	220	946	414	122	2.683	31	1.029	1.592	2	-	7.774
Total	-	-	-	-	8.448	2.435	16.382	5.513	492	48.176	1.204	10.460	16.654	8	-	109.772

Cochayuyo es la especie que presenta desembarques relativamente importantes en más regiones de Chile, destacándose la región de Bio bío con valores entre las 848 t el 2012 a 4.315 t el 2015. Así mismo Los Lagos, muestra un desempeño similar en los últimos 3 años (Figura 34). Un elemento que considerar para esta especie es que las principales regiones del punto de vista del volumen de desembarque no poseen implementados planes de manejo. Si bien es cierto en la región de Coquimbo se encuentra operando uno para de algas pardas, cochayuyo no está incorporado en este. Para el caso de Los Lagos solo se encuentra incorporado en el plan de manejo de bahía Ancud.

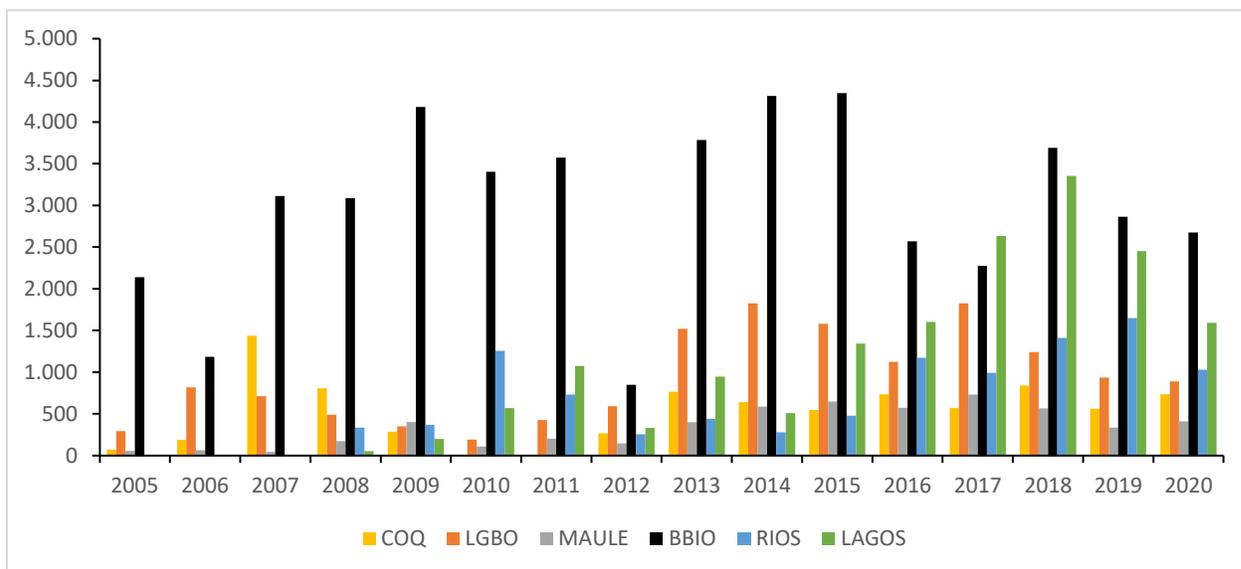


Figura 34. Desembarque de cochayuyo proveniente de áreas de libre acceso en las regiones de Coquimbo, O'Higgins, Maule, Bio bío, Los Ríos y Los Lagos entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

Por su parte solo en la región de O'Higgins se observan desembarques destacables provenientes de AMERB, aunque en magnitudes menores a las observadas de áreas de libre acceso. Así, los valores observados en los últimos 5 años han variado entre un mínimo de 55 t el 2016 a un máximo de 138 t el año 2018 (Figura 35).

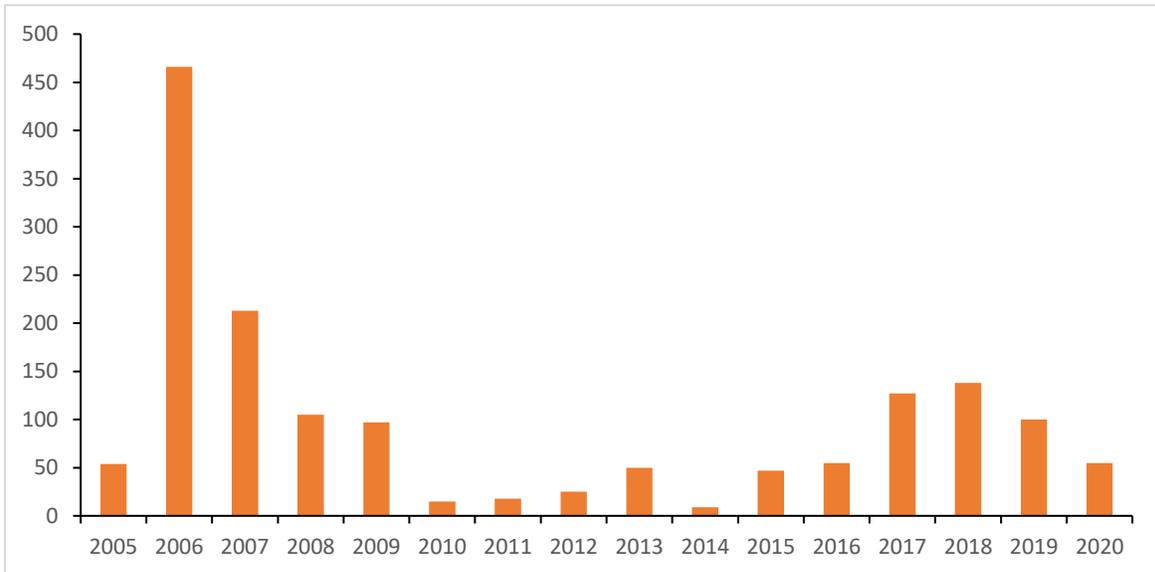


Figura 35. Desembarque de cochayuyo proveniente de AMERB en la región de O'Higgins entre los años 2005 a 2020 en Chile. Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

4.4.5.2 Medidas de administración por recurso y región

Una característica general para los cuatro recursos de algas pardas en Chile, es que todos se encuentran en régimen general de acceso, el indicado régimen que deriva en derechos de pesca (Ríos & Gelcich, 2017), permite la posibilidad de inscripción formal que la norma nacional define para, en estos casos, que los pescadores artesanales puedan realizar dicha inscripción en una nómina que administra el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura llamada como Registro Pesquero Artesanal (RPA). Sin perjuicio de lo anterior, se han establecidos mecanismos que permiten a la autoridad regulatoria incorporar medidas de administración para dar cumplimiento a la misión institucional. Este es el caso de los recursos bentónicos en donde se ha utilizado la figura de establecer un estado asimilado a la plena explotación, que permite entre otros, la suspensión en la inscripción en el RPA de pescadores artesanales y/o por la vía del cierre de acceso mediante la aplicación de la Resolución N° 3115 de 2013 y sus modificaciones posteriores. En la Tabla 23 se muestra una descripción detallada por región de las medidas de administración vigentes, el régimen actual y el estado para los recursos algas pardas considerados en este estudio.

Tabla 23. Regulaciones pesqueras por recurso y región, régimen y estado. Fuente: Elaboración propia con información extraída de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Región	Especie	Régimen	Estado	Plan de Manejo	Medidas de Administración vigentes
AyP	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Veda extractiva y suspensión de inscripción hasta 2024
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Veda extractiva y suspensión de inscripción hasta 2024 con criterio y límite de extracción
	Huiro palo	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Veda extractiva y suspensión de inscripción hasta 2024 con criterio y límite de extracción
TPCA	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Veda extractiva y suspensión de inscripción hasta 2024
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Veda extractiva y suspensión de inscripción hasta 2024 con criterio y límite de extracción
	Huiro palo	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Veda extractiva y suspensión de inscripción hasta 2024 con criterio y límite de extracción
ANTOF	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Veda extractiva y suspensión de inscripción hasta 2024
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Veda extractiva y suspensión de inscripción hasta 2024 con criterio y límite de extracción
	Huiro palo	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Veda extractiva y suspensión de inscripción hasta 2024 con criterio y límite de extracción

Región	Especie	Régimen	Estado	Plan de Manejo	Medidas de Administración vigentes
ATCMA (B. Chasco)	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Suspensión de inscripción hasta 2025 y veda extractiva mes de julio de 2021, con cuota y límite de extracción y nómina de participantes
ATCMA	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Suspensión de inscripción hasta 2025 y veda extractiva hasta 2021, con cuota, límite de extracción, zonas de operación y nóminas de participantes
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Suspensión de inscripción hasta 2025 y veda extractiva hasta 2021, con cuota, límite de extracción, zonas de operación y nóminas de participantes
	Huiro palo	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Suspensión de inscripción hasta 2025 y veda extractiva hasta 2021, con cuota, límite de extracción, zonas de operación y nóminas de participantes
COQ	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Suspensión de inscripción hasta 2025 y veda extractiva hasta 2024, con cuota, límite de extracción, zonas de operación y nóminas de participantes
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Suspensión de inscripción hasta 2025 y veda extractiva hasta 2024, con cuota, límite de extracción, zonas de operación y nóminas de participantes

Región	Especie	Régimen	Estado	Plan de Manejo	Medidas de Administración vigentes
	Huiro palo	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	Si	Suspensión de inscripción hasta 2025 y veda extractiva hasta 2021, con cuota, límite de extracción, zonas de operación y nóminas de participantes
	Cochayuyo	General de acceso	No determinado	No	Con acceso cerrado por Resolución N°3115 de 2013 y sus modificaciones
VALPO	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Huiro palo	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Cochayuyo	General de acceso	No determinado	No	Registro cerrado por efecto de Resolución N° 3115 de 2013 y sus modificaciones
LGBO	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Huiro palo	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Cochayuyo	General de acceso	No determinado	No	Con acceso cerrado por Resolución N°3115 de 2013 y sus modificaciones, con talla mínima legal de 1 m de fronda
MAULE	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción

Región	Especie	Régimen	Estado	Plan de Manejo	Medidas de Administración vigentes
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Huiro palo	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Cochayuyo	General de acceso	No determinado	No	Con acceso cerrado por Resolución N°3115 de 2013 y sus modificaciones, con veda extractiva hasta 2023
ÑUBLE	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Huiro palo	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Cochayuyo	General de acceso	No determinado	No	
BBIO	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Huiro palo	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Cochayuyo	General de acceso	No determinado	No	Con acceso cerrado por Resolución N°3115 de 2013 y sus modificaciones
ARAUC	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Huiro palo	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción

Región	Especie	Régimen	Estado	Plan de Manejo	Medidas de Administración vigentes
	Cochayuyo	General de acceso	No determinado	No	Con acceso cerrado por Resolución N°3115 de 2013 y sus modificaciones
RIOS	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Huiro palo	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Cochayuyo	General de acceso	No determinado	No	Con acceso cerrado por Resolución N°3115 de 2013 y sus modificaciones
LAGOS	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Criterios de extracción
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Criterios de extracción
	Huiro palo	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Criterios de extracción
LAGOS (Bahía Ancud)	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No ¹²	Criterios de extracción y criterios de participación
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No ¹²	Criterios de extracción y criterios de participación
	Cochayuyo	General de acceso	No determinado	No ¹²	Veda extractiva Bahía de Ancud hasta 2023 y criterio de participación
AYSEN	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción

¹² En la bahía Ancud si bien están consideradas las algas pardas en la conformación del comité de manejo, en una fase inicial se han priorizado otros recursos para la formulación del plan de manejo.

Región	Especie	Régimen	Estado	Plan de Manejo	Medidas de Administración vigentes
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Huiro palo	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Cochayuyo	General de acceso	No determinado	No	Con acceso cerrado por Resolución N°3115 de 2013 y sus modificaciones
MAG	Huiro flotador	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción. No incluida en la R.Ex. 3115/2013, por lo tanto, no puede haber nuevas inscripciones en el recurso
	Huiro negro	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Huiro palo	General de acceso	Asimilado a Plena Explotación	No	Suspensión de inscripción hasta 2021 y criterios de extracción
	Cochayuyo	General de acceso	No determinado	No	Con acceso cerrado por Resolución N°3115 de 2013 y sus modificaciones

4.4.6 Métodos de evaluación de biomasa poblacional de macroalgas pardas aplicadas a nivel internacional

En términos generales, se puede hablar de dos grandes grupos de métodos de uso habitual en la evaluación de tamaños poblacionales, incluyendo en este concepto la totalidad de la biomasa y la fracción explotable de la misma, comúnmente asociado al término *standing stock* y *standing crop*. Así, se habla de métodos **directos** e **indirectos** de evaluación. Algunas herramientas de ambos grupos de métodos han sido aplicadas en Chile, siendo los métodos directos los de uso más frecuente. Tres reportes están asociados a la aplicación de métodos indirectos (ABIMAR, 2017; Canales, et al., 2018; ECOS, 2020), los que, en general, requieren para su aplicación datos biopesqueros, tales como mortalidad, crecimiento, desembarque, esfuerzo de pesca y calibradores

para la corrección del grado de humedad de las algas así como para separar la fracción del desembarque que es originado por la presión de extracción y aquella fracción que proviene del desprendimiento natural de las algas y que son recolectadas desde varaderos naturales.

Con la aparición de tecnología asociada a métodos de percepción remota las evaluaciones directas han sido intensivamente utilizadas a nivel internacional. Esto en parte debido a la alta presión e interés por monitorear y cuantificar el efecto que diferentes fuentes tienen sobre las poblaciones de grandes laminariales alrededor del mundo. Estas fuentes tienen que ver con los efectos del cambio climático, de la sobrepesca y de la aparición de especies invasoras, entre las principales (Bennion, et al., 2018).

Para los efectos de este Informe de Avance, en esta sección se presenta una visión general acerca de las principales herramientas de evaluación directa e indirecta de poblaciones de Laminariales; una descripción de cada una de ellas y sus principales ventajas y desventajas. Métodos directos de evaluación de stock de macroalgas pardas.

4.4.6.1 Métodos directos de evaluación de poblaciones de macroalgas pardas aplicadas a nivel internacional

Por métodos directos entendemos aquellos métodos que, para estimar la biomasa poblacional, utilizan información tomada directamente del terreno, básicamente superficie (ha, km², etc.) y densidad (kg m⁻²). Algunos autores (Vásquez, 2018) ocupan la distinción directo indirecto en el sentido del método empleado para capturar la información de campo. Así, es directo si la información es tomada in situ por un muestreador humano, en tanto que el indirecto la muestra es captada a través de sensores emplazados en distintas plataformas (drones, aviones, etc.). esta distinción induce a confusión ya que utiliza la misma nomenclatura usada en la evaluación pesquera, la cual distingue a los métodos indirectos en cuanto utilizan información pesquera y biológica histórica y utilizan algoritmos más o menos complejos en la evaluación de la biomasa, mientras que los directos utilizan información en un tiempo relativamente fijo o muy acotado. Algunos mencionan, aunque no del todo correctamente, a los métodos directos como una “foto” del estado del recurso en un punto del tiempo definido. En este Informe entenderemos a los métodos directos como aquellos que, independiente de la forma en la cual se toma la información de campo, recogen información relativa a densidad y cobertura en un tiempo determinado y a

partir de dicha información se extrapola desde las muestras a la superficie total de distribución del recurso.

Como se ha mostrado en secciones anteriores la disponibilidad de datos sobre cobertura y biomasa en nuestro país es espacial y temporalmente incompleta. Entre muchas otras causas, la dificultad para acceder y monitorear a las grandes algas pardas en los ambientes donde ocurren naturalmente; el riesgo inherente de sufrir lesiones severas por parte del equipo humano que realiza los monitoreos *in situ*, el elevado costo en términos de recursos económicos asociado las horas humanas de trabajo *in situ* hacen problemático realizar en forma periódica evaluaciones directas de biomasa y cobertura en tiempo y espacio. Esto contrasta, por ejemplo, con el desarrollo sistemático de esfuerzos de monitoreo de macroalgas en Canadá que datan de mediados de la década de 1980 en un esfuerzo conjunto de agencias de gobierno y empresas privadas (Ugarte & Sharp, 2001). En este esfuerzo los métodos de evaluación directa de la biomasa han tenido un papel fundamental.

Precisamente debido a la necesidad de agencias de manejo y de usuarios de estos recursos naturales de contar con datos de disponibilidad de biomasa para administrar adecuadamente los bosques de *kelps*, es que se han desarrollado distintas herramientas de monitoreo para medir precisamente esta disponibilidad espacial y temporal de biomasa. Bennion et al. (2018) proporciona una revisión muy útil y actualizada de estas herramientas utilizadas, las que incluyen imágenes satelitales, fotografías aéreas, fotografías submarinas, LiDAR (Light Detection And Ranging), ecosondas y métodos menos intensivos en términos tecnológicos tales como aquellos que usan técnicas de transectos y cuadrantes.

Los métodos basados en cuadrantes y transectos quizás sean los más antiguos empleados para la evaluación de biomasa y consiste básicamente en la colecta de información *in situ* de densidad (número de individuos o biomasa por unidad de superficie). La cantidad de cuadrantes o transectos dependerá del comportamiento de la varianza conforme aumenta la superficie muestreada. Inicialmente la varianza presentará altas variaciones porcentuales debido a la falta de representatividad de las muestras respecto del total poblacional. Conforme aumenta la superficie y el número de muestras la varianza tenderá a estabilizarse y cuando la variación no supera cierto criterio definido por el evaluador se puede considerar que el número de cuadrantes y de transectos es el mínimo necesario para cumplir con el requisito que las muestras sean

representativas del área a evaluar. Posteriormente, la medida de tendencia central obtenida es expandida al área total de distribución de la especie en evaluación. La lógica es simple, pero es sensible a dos aspectos fundamentales: a) la medida de tendencia central debe ser insesgada, cosa que rara vez se logra cuando la media y dispersión gaussiana es asumida a priori. En efecto, la distribución normal suele ser la distribución menos frecuente en la naturaleza cuando se trata de patrones de distribución espacial del recurso. Más frecuentes son distribuciones tipo Poisson o binomiales negativas. El efecto final del uso de la media gaussiana suele ser la obtención de estimadores de densidad con sesgo, lo que termina afectando la evaluación de biomasa del recurso; b) el área de distribución del recurso requiere ser estimado con el máximo de precisión y exactitud. En la década de los '90 del siglo pasado, el área solía ser estimada de forma gruesa, ya sea asumiendo un área de cobertura de los parches algales, o asumiendo una distribución lineal a lo largo de la costa multiplicada por un ancho del cinturón de algas, criterio que puede variar espacialmente o bien por la experiencia del investigador. Este procedimiento solía llevar a sobrestimaciones en la cobertura y finalmente en la biomasa estimada del recurso, por ejemplo, en UCN (1998). Estos problemas en la estimación del área efectiva de distribución pueden ser subsanados parcialmente con el uso de herramientas de sistemas de información geográfica (GIS). En estas plataformas los datos son introducidos y a través de algoritmos de interpolación se estima cuantitativamente el área de distribución efectiva del recurso, ya que permite predecir valores para las celdas de un ráster¹³ a partir de una cantidad limitada de puntos de datos de muestra. De este modo la geoestadística desarrolla y aplica modelos en representaciones de fenómenos naturales cuyas propiedades varían conforme a la posición espacial de los puntos observados (Coaguila, et al., 2013). El problema surge en casos donde los supuestos de los métodos de interpolación son violados y se introduce un sesgo en estas nuevas estimaciones de área.

Con el advenimiento de nuevas tecnologías de percepción remota se ha avanzado en disminuir dichos sesgos en el área de distribución. Estas nuevas metodologías remueven el uso del llamado "juicio experto" y proporcionan cálculos cuantitativos más directos del área de distribución efectiva del recurso en evaluación. En general, estas herramientas de percepción remota se pueden dividir en dos categorías, dependiendo de la fuente de energía que desea ser detectada. Los sistemas

¹³ En su forma más simple, un ráster consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información, como la densidad. Los rásteres son fotografías aéreas digitales, imágenes de satélite, imágenes digitales o incluso mapas escaneados.

pueden ser pasivos o activos (BCI, 2014). Los sistemas activos emiten sus propios pulsos de energía y logran medir el tiempo y la intensidad reflejada del pulso emitido. Su principal ventaja es que son capaces de penetrar a través de nubes y doseles vegetales relativamente delgados con lo cual se obtiene una mayor cantidad de información casi en cualquier circunstancia. Su principal desventaja es que son sistemas caros. En contraste los sistemas de percepción pasivos registran la luz solar reflejada (sistemas ópticos) o bien son capaces de captar emisiones de calor emitidas desde la superficie (sistemas termales). Son técnicas más económicas, fáciles de usar e interpretar, pero más dependientes de condiciones ambientales locales, como nubosidad y turbidez. En cualquier caso, los métodos de percepción remota requieren de un proceso de validación a través de datos tomados en terreno y que puedan comprobar lo representado en la imagen capturada por sensores remotos. En inglés este procedimiento se denomina *ground truth data*.

Las herramientas de percepción remota han sido empleadas en distintas partes del mundo (Chopin & Ugarte, 2006; Webster, et al., 2019; Wouthuyzen, et al., 2016; Zubia, et al., 2014) y fueron sistematizadas recientemente por Bennion et al. (2018) a partir de su aplicación tanto en macroalgas como en macrófitas marinas (Bennion, et al., 2018, pp. 5-6, referencias citadas en Tabla 3 de la publicación). En general, la principal ventaja de estas herramientas es disminuir los aspectos cualitativos en la estimación del área de distribución al proporcionar datos cuantitativos directos.

La disponibilidad de registros de percepción remota de distintas plataformas y en repositorios de acceso abierto, lo que hace que el costo disminuya; la alta cobertura espacial que pueden lograrse con estas imágenes; la diversidad de sensores utilizados, que permiten la identificación de un amplio rango de especies de interés; el ahorro de tiempo en el procesamiento y análisis de tales imágenes; la posibilidad de acceder a ambientes de difícil acceso, son otras de las principales ventajas de estas herramientas de evaluación directa (Tabla 24).

Por el lado de sus desventajas se pueden citar: no siempre las imágenes pueden estar disponibles para las fechas requeridas, sobre todo pensando en que el complejo ciclo de vida de las grandes Laminariales puede enmascarar su abundancia en aquellas estaciones del año con predominio de fases microscópicas; las imágenes pueden estar disponibles, pero no necesariamente con la resolución espacial requerida. En este sentido el tamaño del *pixel* juega un papel crítico; el efecto

del clima, en el sentido que suelen ocurrir situaciones de alta nubosidad que impiden acceder a áreas donde puede ocurrir el recurso de interés; el uso de ciertas plataformas para la captura de imágenes, tales como aviones o drones, puede ser en algunos casos costoso; el efecto de las mareas que pueden inducir ciertos sesgos en la evaluación de biomasa. En este sentido, en periodos de marea baja la imagen puede generar sesgos en la estimación de la altura de las plantas generando, en algunos casos, diferencias de hasta 28% entre métodos (Webster, et al., 2019).

Sobre qué tipo de herramienta a utilizar, dependiendo de algunas condiciones de borde, han sido abordadas por BCI (2014) y Bennion et al. (2018), entre otros, y se presenta en la Figura 36 en la forma de un árbol de decisión. Estas condiciones abarcan desde el tipo de ambiente donde el recurso de interés está distribuido (submareal o intermareal); factores de visibilidad y de mareas, que en su conjunto determinarán si el sensor recomendado es óptico o acústico. Finalmente, el grado de resolución espacial requerido determinará la herramienta de percepción remota más adecuada dependiendo de las circunstancias específicas del recurso y de la necesidad de evaluación.

Tabla 24. Descripción de las principales herramientas de percepción remota utilizadas en la actualidad, con sus principales ventajas y desventajas. Fuente: tomada de Bennion, et al. (2018).

Técnicas	Descripción	Ventajas	Desventajas
Sensores satelitales	Imágenes de la Tierra colectada por satélites operados ya sea por empresas o gobiernos (Landsat). Las imágenes pueden ser reunidas en un rango espectral (hiper o multiespectro) las que pueden usarse para identificar vegetación sumergida, El doisel formado por <i>kelps</i> tales como <i>M. pyrifera</i> puede ser detectado a partir de imágenes satelitales en regiones templadas.	1) bajo costo debido a su gran disponibilidad en repositorios de imágenes en fuentes abiertas; 2) las imágenes pueden cubrir grandes regiones geográficas; 3) los sensores pueden generar imágenes sobre un amplio rango de espectros (hiperespectrales) ayudando a la clasificación de hábitats acuáticos.	1) las imágenes tomadas con consideran el efecto de las mareas que restringen su uso; 2) si utilidad puede ser afectada negativamente debido a la turbidez; 3) las imágenes pueden ser de uso limitado debido a condiciones atmosféricas adversas; 4) las imágenes pueden ser de baja resolución.
Fotografía Aérea	Las imágenes son capturadas a través de vehículos aéreos como aviones o drones.	1) Similar a las imágenes satelitales, las fotografías pueden ser tomadas sobre un amplio rango de espectro (multi y hiperespectrales), las que ayudan a la detección y clasificación de vegetación sumergida.; 2) Muchas fotografías aéreas pueden estar disponibles desde repositorios de acceso abierto; 3) poseen una resolución más fina comparada con las imágenes satelitales; 3) pueden ser generadas simultáneamente con datos medioambientales tomados con otros sensores; 4) el desarrollo reciente de drones reducen costos comparado con métodos más tradicionales de fotografía.	1) son aplicables a una escala geográfica más reducida, comparada con una imagen satelital; 2) la disponibilidad desde fuentes abiertas puede ser limitada y generar nuevas fotografías aun puede ser costoso y requieren de tiempo para generarlas; 4) el uso de aviones es costoso, aunque los drones pueden abaratar los costos.
Imágenes submarinas	Las imágenes de alta resolución pueden ser capturadas mediante el empleo de vehículos submarinos autónomos, buzos, cámaras montadas sobre barcos	1) imágenes de alta resolución pueden ayudar a identificar con precisión los sustratos y para examinar hábitats biogénicos y biota asociada; 3) son menos dependientes del estado del mar o de las mareas (a excepción del área intermareal).	1) aplicable a escalas espaciales relativamente pequeñas; 2) son demandantes de tiempo, tanto en su generación como en su análisis; 3) son más costosos comparados con otras técnicas de percepción en términos de cobertura; 4) turbidez y corrientes pueden afectar su uso; 5) su conversión a datos cuantitativos puede ser un proceso difícil y lento
LIDAR	LiDAR usa luces en la forma de pulsos de láser para medir la distancia a la tierra. La batimetría e información derivada de LiDAR puede usarse para crear capas y ayudar a la detección y clasificación de vegetación sumergida. Datos de LiDAR está disponible en repositorios en línea tales como NOAA y CCO.	1) grandes extensiones geográficas pueden muestrearse rápidamente; 2) una gran cantidad de sensores se pueden desplegar simultáneamente; 3) la información generada es cuantitativa.	1) LiDAR en regiones templadas puede estar restringido debido a la turbidez; 2) corrientes pueden afectar su consistencia y precisión en la clasificación.
Sonar	El sonar utiliza sonido desde un ecosonda (simple o multihaz) montado sobre una embarcación para detectar objetos y la batimetría bajo la superficie. La batimetría puede ser usada para generar una visualización 3D del fondo marino. Otra información en la forma de capas del ambiente puede ser combinada con información auxiliar para clasificar el sustrato y detectar vegetación sumergida. Un gran número de agencias gubernamentales y no gubernamentales han realizado batimetría multihaz cuyos datos son de libre acceso a través de varios repositorios en línea (i.e. GOV.UK, NOAA y NIWA).	1) grandes extensiones del fondo marino ya han sido mapeadas y gran cantidad de datos pueden estar disponibles; 2) el sonar multihaz puede cubrir grandes áreas; 3) la información generada es cuantitativa; 4) el sonido puede alcanzar mayores profundidades que la luz, lo cual disminuye la interferencia de la turbidez.	1) el procesamiento puede demandar tiempo y requiere un trabajo intenso; 2) el sonar multihaz es inefectivo en aguas someras (< 2m); 3) requiere grandes capacidades de almacenamiento.

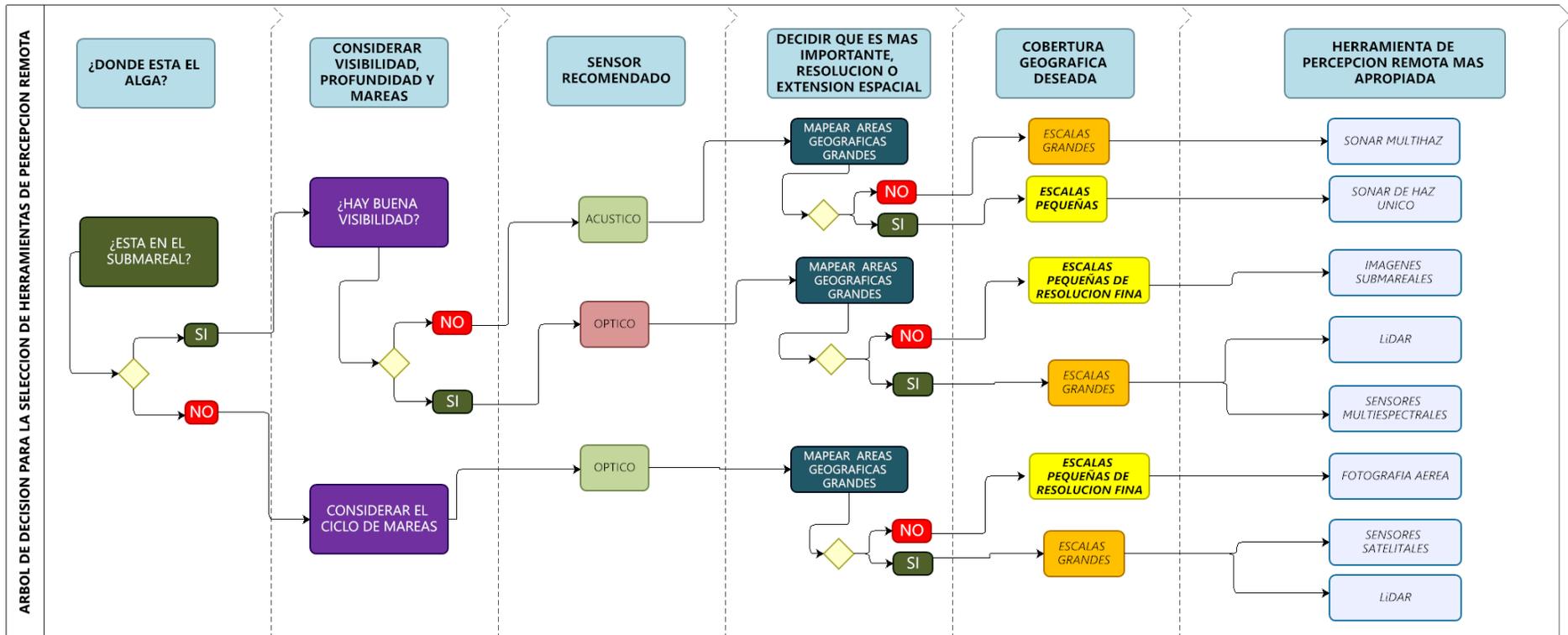


Figura 36. Árbol de decisión propuesto por Benion et al. (2018) para determinar el uso de distintas herramientas de percepción remota, dependiendo del tipo de ambiente y resolución espacial requerida para la evaluación.

Una descripción general de cada método se presenta a continuación.

4.4.6.1.1 Método de transectos y cuadratas

Este método usualmente trabaja con líneas de longitud variable, llamada transecto, sobre la cual se dispone de forma regular o aleatoria cuadrantes de superficie conocida, denominada cuadrata. De esta manera se cubre un área extensa a través del uso de varios transectos y se logra reconocer la distribución heterogénea de la biomasa (kg m^{-2}) en dicha superficie a través de los resultados en aquellas áreas más reducidas que están representadas en las cuadratas. Corresponde a un método ampliamente utilizado en evaluaciones de stock de recursos bentónicos (Ambiental SRL, 1996) y posee varias adecuaciones de acuerdo con las características propias del recurso y a la necesidad del investigador.

Los transectos pueden ser dispuestos ya sea paralelos como perpendiculares a la costa dependiendo de la distribución del alga a estudiar (IMARPE, 2010). Por ejemplo, en algas de distribución intermareal es común usar transectos paralelos a la costa. Si la zona intermareal presenta patrones verticales de zonación transectos paralelos a la línea de costa, pero ubicados a distintas alturas del intermareal pueden ser utilizados. En recursos submareales que presentan una mayor superficie de distribución y de ancho variable, es común la utilización de transectos perpendiculares a la costa.

En cuanto a la superficie de las cuadratas, esta puede variar desde cm^2 (Wiga, et al., 2015) a a decenas de m^2 (Patrama, et al., 2015; Prathep, 2005). Esto dependerá principalmente del tipo de organismo que se esté muestreando. Por lo general organismos grandes, como pueden ser individuos adultos de algas pardas, requerirán mayores superficies de cuadrata.

El número de transectos y cuadratas requeridas para caracterizar adecuadamente a la distribución de la población debe ser objeto de un análisis detallado. Como todo muestreo estadístico se busca la obtención de valores de densidad que represente de buena forma la distribución espacial de la especie a estudiar (Martella, et al., 2012). Esto puede llevarse a cabo analizando el comportamiento de la varianza en las muestras y que puede tener al menos dos componentes: i) primero, determinar qué tipo de distribución de probabilidad es la que mejor describe a las muestras. Usualmente, se asume a priori que una distribución gaussiana es adecuada. Sin embargo, en recursos bentónicos, donde hay una alta heterogeneidad espacial en la distribución

de las densidades, no siempre la distribución normal es la adecuada (Elliot, 1977). La evidencia (Pérez, 2014) muestra que por lo general las distribuciones no son normales, sino que tienden a ser binomial negativa de modo tal que al usar una medida de tendencia central basada en la distribución normal se tiende a sobre estimar la biomasa. La segunda consideración basada en la varianza es que al ir aumentando el número de muestras (cuadratas) en algún momento la varianza tiende a estabilizarse. Inicialmente, la varianza experimentará fuertes variaciones porcentuales hasta un número de muestras en que tal variación porcentual se estabilizará. Este punto marca el número mínimo de muestras requeridas para representar adecuadamente a la población.

Actualmente, los datos generados in situ son tratados mediante métodos o sistemas de información geográfica (SIG), los que incluyen distintas técnicas de interpolación. Una selección rigurosa de estas técnicas de interpolación debe ser hecho, de manera que el área de cobertura total de la población presente el menor sesgo posible. De no ser así la estimación del tamaño poblacional podría ser dudoso.

4.4.6.1.2 Fotografías aéreas

Se basan en la transcripción de imágenes tomadas por medios aéreos las que luego son digitalizadas, complementadas con muestras de campo y su posterior análisis con algún software especializado (Chopin & Ugarte, 2006) que de una u otra forma, con mayor o menor grado de complejidad, transforma la imagen digital en información relativa a biomasa (Vásquez, 2018) o directamente en carbono capturado (Bernal, et al., 2017). Son preferibles al método tradicional de muestreo en terreno debido a que se puede abarcar una mayor área de evaluación en un menor tiempo y con una mayor precisión.

Actualmente el uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT o UAVs, por sus siglas en inglés) es la plataforma más utilizada y pueden transportar sensores ópticos ya sea para obtener imágenes RGB de alta resolución (< 1 cm) o para hacer un registro multispectral. La posibilidad de generar índices de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) incorpora nuevas posibilidades de evaluar no solo la biomasa actual, sino también el estado de salud de las praderas. Dependiendo de la transparencia del agua podrían ser utilizados en evaluación de praderas submarinas, pero condiciones de turbidez pueden limitar su uso (Blight, et al., 2011). En ambientes intermareales han mostrado ser una excelente herramienta para el monitoreo de praderas en comparación con

el método tradicional de transecto y cuadrata ya que permite una alta precisión en las estimaciones con un menor costo, una colecta de datos rápida y permite realiza un censo más que un muestreo, entre otras ventajas (Murfitt, et al., 2017). Incluso esta aproximación ha sido empleada para generar modelos de alta resolución (<1 cm) en 3D para captar la geomorfología de la zona intermareal (Bryson, et al., 2013), lo que permite el mapeo de alta resolución tanto de micro como macroalgas, así como de animales.

El método requiere de establecer puntos de control para la fotogrametría a lo largo de la costa de manera de obtener valores de altura con el finde obtener topografía de precisión y controlar la calidad de las ortofotos. Finalmente, se requiere el levantamiento *in situ* de estimadores directos de calibración de densidad, morfología y demografía de la especie a evaluar, de forma que puedan ser distinguibles las especies en estudio de otro tipo de especies que pudiesen superponerse en términos espaciales y/o temporales (Zubia, et al., 2014).

Finalmente, y no menos importante, es el modelo matemático que interpreta los datos recolectados y permite realizar las estimaciones de biomasa actual. Para calibrar el modelo se comparan los resultados obtenidos a través del modelo con los resultados obtenidos *in situ*.

Para el uso intensivo en zonas submareales, con el propósito de evaluar praderas de algas pardas que se desarrollan en dichos sistemas (i.e. huiro palo y huiro macro en el caso chileno), pero que presentan dificultades por la imposibilidad que presentan los sensores pasivos en caso de condiciones ambiental difíciles como turbidez u oleaje, se pueden utilizar plataformas aéreas tripuladas o no tripuladas donde sensores activos puedan ser cargados. Acevo (2011) realizó un estudio con sensores activos y pasivos cargados en un VANT y mostró su aplicación, pero en el monitoreo de tierra, cultivos y en aplicaciones costeras en la zona del Delta del Ebro. Lo importante del trabajo de Acevo (2011) es que es factible usar sistemas activos de teledetección en vehículos aéreos En la revisión de la literatura para este informe se encontraron reportes de uso de Lidar en plataformas aéreas. Wang & Philpot (2007) evaluó la distribución de pastos marinos en Florida y reportó buenos resultados. Sin embargo, el principal problema en la aplicación fueron las olas en la superficie del mar que afectó el valor medio y la varianza de la amplitud de la señal de retorno del fondo, aunque propuso algunas formas de mejorar esta deficiencia. También Webster et al. aplicó LiDAR, el cual estuvo basado en la metodología desarrollada por Webster et al. (2016). Sus resultados mostraron que la superficie de la pradera fue 28% mayor con LiDAR

comparado con el modelo satelital; la diferencia de altura de las algas fue de 30 cm y que la biomasa estimada estuvo dentro de una desviación estándar respecto de la biomasa estimada en terreno. El uso de sistemas pasivos basados en imágenes hiperespectrales también han sido probados con éxito (Uhl, et al., 2016).

6 m de profundidad (Uhl, et al., 2016), 4 m (Wang & Philpot, 2007) 6 m en zonas expuestas (Webster, et al., 2016) con un potencial de penetración del sensor de 15 m.

4.4.6.1.3 Teledetección satelital

Este sistema de teledetección puede ser activo o pasivo. BCI (2014) proporciona un listado útil de plataformas satelitales disponibles entre las que se encuentran Landsat, MODIS, SRTM, PALSAR, ICESat/GLAS, entre otros. Adicionalmente, la información satelital se complementa con observaciones de campo mediante transectos (Wouthuyzen, et al., 2016) y ha sido empleado en diversas partes del mundo con resultados promisorios (Bennion, et al., 2018), incluyendo estudios de largo plazo que intentan entender los cambios inter temporales en la biomasa en Islas Falkland o Malvinas (Houskeeper, et al., 2021) y en las costas de Oregon (Hamilton, et al., 2020), todo esto con el fin de comprender el origen de dichos cambios asociados a las tendencias de cambio climático.

Algunas aplicaciones se han orientado a evaluar la biomasa y la condición fisiológica de bosques de macroalgas (Bell, et al., 2015). En dicho estudio se empleó imágenes hiper espectrales infrarrojas. Aun cuando dicho sistema tiene la limitante de ser afectado por la presencia de nubes los resultados indicaron que el sensor fue capaz de capturar al menos una imagen libre de nubes por estación del año. Así, evaluaciones estacionales pueden ser llevadas a cabo sin dificultad. Bell et al. (2015) concluyó que una estrategia de evaluación basada en dichos sensores puede proveer alternativas viables en estudios ecológicos y fisiológicos de grandes algas pardas.

La gran ventaja de la teledetección satelital es la gran superficie que es capaz de evaluar en una imagen. Su principal dificultad está en el hecho de su limitada aplicabilidad en aguas con mucha turbidez. En algunos casos imágenes satelitales han podido penetrar hasta 3 m en condiciones de turbidez, al menos donde el fondo no es visible en aguas someras (Vahtmäe & Kutser, 2007). Sin embargo, con el desarrollo de nuevas tecnologías, fundamentalmente con nuevos satélites equipados con sistemas activos de percepción remota ha sido posible alcanzar mayores

profundidades, como es el caso del ICESat – 2 (Ice, Cloud; and Land Elevation Satellite) cuyo láser verde (*green laser*) puede alcanzar hasta los 40 m de profundidad (Parrish, et al., 2019). Este satélite no fue pensado originalmente para resolver problemas de batimetría dado que no fue diseñado para tomar en cuenta la refracción que ocurre en la interfaz aire – agua ni para los cambios de velocidad de la luz en la columna de agua. El trabajo reciente de Parrish et al. (2019) representa la primera validación de resultados batimétricos obtenidos con esta plataforma, previa corrección de la refracción mediante algoritmos que incorporan aquellos elementos omitidos tales como el comportamiento de la luz en el agua y la refracción aire – agua. Los resultados mostraron una baja diferencia (0.3 – 0.6 m RMSE) con la batimetría obtenida por la NOAA mediante el uso de una plataforma aérea de alta precisión equipada con LiDAR. Estos autores señalan que el uso de este satélite abre nuevas posibilidades en el mapeo y evaluación de recursos submareales, tales como los bosques de macroalgas. Esto permite tener una nueva aproximación al estudio de este tipo de ecosistemas, ya que permite generar una visión más general de ellos, más allá de solo una colección de imágenes planas como mosaicos del fondo marino, sino formarse una idea tridimensional del ecosistema (Jue, 2021).

4.4.6.1.4 Hidroacústico

Se basa en técnicas acústicas con la medición directa de las observaciones para validar sus lecturas (Bennion, et al., 2018). Básicamente, el ecosonda emite un pulso de sonido en una frecuencia y duración conocida dirigida hacia el fondo marino. El sonido se refleja y es aptado por un transductor que convierte el sonido en una señal eléctrica. Con este sistema se puede obtener información tanto de la superficie del fondo, así como de propiedades importantes del sedimento (Blight, et al., 2011). Existen tres tipos de sistemas de SONAR: ecosondas de haz único, *sidescan* y sistemas de múltiples haces, siendo el de haz único (SBES) el más simple y el de más fácil interpretación.

En el caso de su aplicación a la evaluación de macroalgas, la información captada a través del ecosonda puede ser usada para generar un modelo de evaluación de biomasa (Bennion, et al., 2018). Así, la altura del dosel puede ser evaluada mediante el empleo de modelos de regresión o modelos lineales generalizados (Ysebaert, et al., 2002). Este modelo, junto con información de densidad y peso de las plantas permite generar un modelo estadísticamente validado para la evaluación de la biomasa.

Las principales limitantes de estas técnicas acústicas es la de acceso a la zona más somera de distribución del recurso. Es imposible su uso a profundidades menores a dos metros (Bennion, et al., 2018). Además, el área factible de evaluar limita su uso a superficies relativamente acotadas, a menos que estrategias similares a la de análisis de bloques, similares a las que se usan en imágenes tomadas por VANT's, en las cuales el área se va evaluando secuencialmente, hasta abarcar el área total de distribución.

Las fuentes de incertidumbre se asocian a: que las ondas de sonido son capaces de ser diferenciadas por el observador; que la biomasa por unidad de superficie es representativa de la población en estudio; que el área de distribución es conocida con precisión y exactitud y que el método de interpolación permita la obtención de estimadores insesgados.

Un resumen de las principales consideraciones de cada método se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25. Resumen con descripción de métodos directos de evaluación de stock, supuesto detrás de cada uno de ellos, las consideraciones relevantes, así como las ventajas y desventajas que presentan y ejemplos de aplicación de cada uno a nivel internacional.

Método	Descripción	Supuestos	Consideraciones	Ventajas	Desventajas	Fuente	Localidad
Cuadratas y transectos	Se utilizan cuadrantes de pequeña superficie las que se distribuyen sobre transectos. Se calcula medidas de tendencia central y dispersión y se expande sobre el área de distribución	*Muestras representativas del área de distribución	Es necesario poner especial atención en el tipo de distribución espacial que presenta la especie objeto de estudio	Método sencillo sin mayores requerimientos tecnológicos	Altamente intensivo en horas hombre (buceo)	Pratama et al., 2013	Indonesia
		*La medida de tendencia central representa de manera fiel la función de densidades probabilística de la especie objeto del estudio		De fácil comprensión		Prathep, 2005	Tailandia
		*El área de distribución es conocida con precisión y exactitud		En áreas reducidas, tiene mayor precisión		IMARPE, 2010	Perú
Fotografías aéreas	Consiste en la toma de fotografías desde medios aéreos (avión, dron, helicóptero; etc.). Posteriormente, se mide cobertura de especies y se	*Se puede distinguir con precisión las distintas especies de la imagen fotográfica	Requiere de condiciones de tiempo favorables. Se utiliza en condiciones de baja marea y opera con menor incertidumbre en	Puede cubrir grandes áreas en menor cantidad de tiempo	Menor precisión	Chopin y Ugarte, 2006;	Canadá
		* La biomasa por unidad de superficie es representativa de la población en estudio				Requiere relativa sincronía entre los	Zubia et al., 2014

Método	Descripción	Supuestos	Consideraciones	Ventajas	Desventajas	Fuente	Localidad
	extrapola al área de distribución. En terreno se cuantifica la biomasa por unidad de superficie.	*El área de distribución es conocida con precisión y exactitud	algas intermareales.		registros aéreos y la cuantificación de terreno		
Teledetección satelital	Consiste en la captación de información electromagnética, la que se traduce en imágenes que son mapeadas y verificadas directamente en terreno. Es común que esta se combine con la técnica LIDAR (tecnología basada en rayos laser), utilizada para medir profundidad del lecho marino. En terreno se cuantifica biomasa por unidad de área	* Se pueden distinguir con suficiente precisión las diferentes longitudes de ondas electromagnéticas	Requiere condiciones atmosféricas favorables	Puede cubrir grandes áreas en menor cantidad de tiempo	Menor precisión	Wouthuyzen et al., 2016	Indonesia
		* La biomasa por unidad de superficie es representativa de la población en estudio			Requiere sincronía entre los registros satelitales y la cuantificación de terreno	Webster et al., 2019	Canadá
		*El área de distribución es conocida con precisión y exactitud					

Método	Descripción	Supuestos	Consideraciones	Ventajas	Desventajas	Fuente	Localidad
Hidroacústico	Consiste en la captación de ondas de sonido que son reflejadas por un cuerpo y recepcionadas por un receptor (ecosonda). Esta se combina con observaciones de campo para la calibración y distinción de las ondas de sonido	<p>* Las ondas de sonido son capaces de ser diferenciadas</p> <p>* La biomasa por unidad de superficie es representativa de la población en estudio</p> <p>*El área de distribución es conocida con precisión y exactitud</p>	Requiere condiciones de buen tiempo y es útil para poblaciones submareales	Puede cubrir grandes áreas en menor cantidad de tiempo, dependiendo del medio de transporte del equipo	<p>Requiere experiencia y dominio en el uso y lectura del equipo a utilizar</p> <p>Menor precisión</p>	Blight et al., 2011	Irlanda

4.4.6.2 Métodos indirectos de evaluación de poblaciones de macroalgas pardas aplicadas a nivel internacional.

Los métodos de evaluación indirectos son los clásicos modelos biológico – pesqueros utilizados ampliamente en la evaluación de poblaciones de peces e invertebrados y en ecología de poblaciones. La literatura especializada es particularmente abundante y están bien descritos en Hilborn & Walters (1992), Gallucci et al. (1996), Gurney & Nisbet (1998), Haddon (2001), entre otros. Su característica relevante es el tipo de información requerida para su implementación la cual consiste en información de capturas o desembarques, esfuerzo de pesca y otros parámetros biológicos tales como edad, crecimiento individual y poblacional, mortalidad y reclutamiento.

Suelen dividirse en dos grandes categorías: **analíticos** o estructurados por tallas o edades y los **globales** que no reconocen estructuras etarias al interior de la población. En ambas categorías existen versiones estáticas y dinámicas, con o sin componentes estocásticos. Una buena revisión de los supuestos fundamentales puede encontrarse en Seijo et al. (1994) y las consecuencias de la violación de tales supuestos fueron analizadas en Seijo et al. (2004).

Los modelos analíticos suelen ser estructuralmente complejos, altamente demandantes en términos de insumos de información. En cambio, los modelos globales son estructuralmente menos complejos y requieren para su implementación series históricas de capturas y esfuerzo que usualmente están disponibles en muchos países. Este último tipo de modelos es particularmente atractivo ya que la teoría ecológica subyacente ha sido exitosa para describir el crecimiento poblacional de especies que abarcan desde bacterias a mamíferos (Gurney & Nisbet, 1998). Para recursos marinos vivos se han usado modelo tanto analíticos como globales principalmente en peces e invertebrados, pero no hay mucha evidencia de su aplicación a macroalgas. De hecho, Chile pareciera ser el lugar donde más se ha desarrollado su aplicación a nivel internacional a partir del trabajo de Pérez (2014) quien fue el primero en sugerir el uso de modelos dinámicos de biomasa para evaluar macroalgas pardas en nuestro país. A partir de esto la metodología, sobre todo referida al tratamiento inicial de los datos se ha actualizado en los estudios de ECOS (2016; 2020) donde E. Pérez, uno de los consultores de este Informe, ha tenido una activa participación.

En cuanto a evaluaciones indirectas basados en modelos analíticos el único ejemplo a nivel nacional es el trabajo de Canales et al. (2018). Este autor usó un modelo de agotamiento (*depletion model*) que incluye mortalidad natural y reclutamiento como fuentes de incertidumbre

en el proceso y se modeló la información disponible entre 1996 – 2015. Los resultados sobrestiman la biomasa estimada en evaluaciones directas disponibles para la región de Atacama (ver Figura 14). Para el año 2014 evaluado por Canales et al. (2018) la biomasa es casi tres veces mayor a la evaluación indirecta de dicho año.

Los enfoques basados en modelos globales han sido básicamente dos: el trabajo de ABIMAR (2017) el cual usa como base la propuesta de Shepherd (1991) que propone un método llamado SHOT - 1 (Shepherd's Hang – Over TAC). Básicamente es un modelo estático que describe el tamaño de un *stock* entre dos años sucesivos. Con un reclutamiento constante o nulo. El segundo enfoque es el propuesto por Pérez (2014), basado en el clásico modelo dinámico de Schaefer y desarrollado posteriormente por ECOS (2016; 2020) quienes desarrollan un modelo dinámico a nivel mensual, incorporando datos de esfuerzo y captura del periodo 2010 – 2017. El modelo estima la evolución de la biomasa mensualmente y ha sido aplicado para praderas de algas pardas en las regiones de Coquimbo y Atacama. Los parámetros del modelo tuvieron significancia estadística y sus estimaciones fueron validadas usando los valores de captura observadas y las esperadas por el modelo. Ambos enfoques han mostrado tasas de error menores a las observadas con el enfoque analítico aplicado por Canales et al. (2018) cuando son comparadas con los resultados de las evaluaciones directas disponibles (ver Figura 14, Figura 15 y Figura 17). En el caso del enfoque basado en el modelo dinámico de Schaefer las diferencias han sido de entre 4 – 23 % (ECOS, 2020).

4.5 Objetivo específico b

4.5.1 Distribución latitudinal de las especies de algas pardas en Chile

Las algas pardas chilenas están constituidas por un conjunto de especies conspicuas de la costa del Pacífico sur oriental. Estas algas marinas forman cinturones intermareales y bosques submareales que caracterizan los ambientes rocosos debido a la extensa área que cubren sus poblaciones y por la capacidad de producción de biomasa (Edding, et al., 1994).

Actualmente se reconocen 5 especies de huiros y 2 especies de cochayuyos, que tienen los siguientes rangos de distribución en Chile (ver resumen en Tabla 26):

Macrocystis pyrifera (Linnaeus) C. Agardh 1820 (huiro, huiro canutillo), es una especie de amplia distribución, que en Chile se extiende desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Magallanes (Graham, et al., 2007). Las poblaciones de *Macrocystis* están constituidas por dos ecomorfos; el "ecomorfo *integrifolia*" que se encuentra en la zona norte del país hasta la región de Valparaíso, y el "ecomorfo *pyrifera*" que se distribuye desde la región de O'Higgins hasta la zona austral del país.

Lessonia berteroa Montagne 1842 (Huiro negro, Chascón), es una especie endémica del Pacífico sur que se distribuye desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Atacama.

Lessonia spicata Suhr y Santelices 2012 (Huiro negro, Chascón), es una especie endémica del Pacífico sur, morfológicamente similar a *Lessonia berteroa*, que se distribuye desde la región de Coquimbo hasta la región de Aysén.

Lessonia trabeculata Villouta y Santelices 1986 (huiro palo, huiro varilla), es una especie endémica del pacífico sur que se distribuye desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Los Lagos. Esta especie coexiste con *Macrocystis pyrifera* formando un estrato secundario en el bosque de algas pardas.

Lessonia flavicans Bory 1825, se distribuye en las regiones de Aysén y Magallanes. También en la costa atlántica argentina y en las Islas Malvinas. Esta especie coexiste con *Macrocystis pyrifera* formando un estrato secundario en el bosque de algas pardas.

Durvillaea incurvata (Suhr) Macaya 2019 (Cochayuyo), es una especie endémica del pacífico sur que se distribuye desde la región de Coquimbo hasta la región de Los Lagos. Esta especie coexiste con *Lessonia spicata*.

Durvillaea antarctica (Chamisso) Hariot 1892 (Cochayuyo), es una especie común del área subantártica circumpolar, morfológicamente es similar a *Durvillaea incurvata*. En Chile, se distribuye en las regiones de Aysén y Magallanes.

Tabla 26. Rango de distribución de las especies de algas pardas presentes en Chile por región geopolítica (Gris: regiones donde la especie ha sido registrada; blanco: regiones donde la especie no ha sido registrada).

Región	Huiro	Huiro Negro		Huiro Palo	Cochayuyo		
	<i>M pyrifera</i>	<i>L. berteriana</i>	<i>L. spicata</i>	<i>L. trabeculata</i>	<i>L. flavicans</i>	<i>D incurvata</i>	<i>D antarctica</i>
AYP	Ecomorfo <i>integrifolia</i>						
TPCA							
ANTOF							
ATCMA							
COQ							
VALPO	Ecomorfo <i>pyrifera</i>						
LGBO							
MAULE							
NUBLE							
BBIO							
ARAUC							
RIOS							
LAGOS							
AYSEN							
MAG							

Considerando el rango de distribución de cada especie (Tabla 26), las poblaciones intermareales de huiros (*Lessonia spp*) y cochayuyos (*Durvillaea spp*), forman un cinturón de algas pardas a lo largo de la costa rocosa expuesta de Chile continental. En cambio, las poblaciones submareales de huiro palo *Lessonia trabeculata* forman bosques de algas pardas en los ambientes submareales expuestos al oleaje. Las poblaciones de *Macrocystis* de la zona sur, hacia el norte y centro del país, tienen una distribución discontinua, en forma de parches, debido a que están restringidas a lugares más protegidos al oleaje. Sin embargo, esta distribución fragmentada contrasta significativamente con la zona sur austral de Chile, donde el dosel flotante de los bosques de *Macrocystis* es parte del paisaje costero de islotes, islas, canales y fiordos.

4.5.2 Ciclo de vida de las algas pardas chilenas

Huiros: Los huiros, que agrupa a las especies del Orden Laminariales, tienen un ciclo de vida bifásico diplo-haplóntico, con un esporofito que constituye la fase macroscópica; o sea, son las plantas que forman el típico cinturón intermareal o el bosque submareal de algas pardas. Los esporofitos corresponden a la fase diploide del ciclo de vida, y en las láminas de sus frondas se forman los soros esporangiales. Los soros esporangiales son las estructuras reproductivas donde se forman las zoosporas producto del proceso de la meiosis. Estas esporas haploides nadan hasta

fijarse sobre el sustrato rocoso para iniciar la fase alternante del ciclo de vida de las algas pardas, los gametofitos que son parte del banco de formas microscópicas presente en el sustrato rocoso, pero que son indistinguibles al ojo desnudo (Hoffmann & Santelices, 1991). Una fracción de las esporas fijadas se asentarán, germinarán y darán origen a los gametofitos femeninos y la otra dará origen a los gametofitos masculinos. Al madurar sexualmente, los gametofitos femeninos desarrollarán oogonios y los masculinos espermatogonios. Cuando son liberados los gametos masculinos, estos nadarán rápidamente hacia los oogonios, atraídos por feromonas producidas por el gametofito femenino. Luego de producida la fecundación el óvulo diploide forma un esporofito que posteriormente sobrecrece al gametofito dando origen a una nueva planta macroscópica.

Cochayuyo: El cochayuyo tiene un ciclo de vida monofásico diplóntico, con una fase diploide independiente o gametofito que corresponde a la planta que forma el cinturón o bosque de algas pardas (Hay, 1994). Como cualquier especie dioica, la población contiene una fracción de gametofitos masculinos y otra de gametofitos femeninos. Sobre la superficie de las frondas se desarrollan conceptáculos, que son las estructuras reproductivas especializadas donde ocurre la gametogénesis y la meiosis y se producen gametos de corta duración. Las plantas adultas presentan conceptáculos maduros durante todo el año, pero están más fértiles durante invierno y verano; sin embargo, las plantas juveniles dependen de la disponibilidad de sustrato primario libre para asentarse y crecer. Para competir, por ejemplo, con el huiro negro *Lessonia spicata* por el sustrato disponible en el cinturón de algas pardas, se ha propuesto que el cochayuyo ocupa una estrategia fugitiva, basada en la producción constante de estructuras reproductivas, así como de juveniles que tienen una mayor velocidad de crecimiento en comparación con los juveniles del huiro negro.

Las algas pardas (i.e., *Lessonia*, *Macrocystis*, *Durvillaea*) presentan períodos reproductivos extensos con máximos generalmente en invierno-primavera. La disponibilidad de propágulos reproductivos durante casi todo el año permite que las algas pardas ocupen rápidamente el sustrato cuando las plantas adultas son removidas naturalmente por el oleaje durante las marejadas invernales. Además, los esporofitos tienen adaptaciones morfológicas a los ambientes donde crecen (e.g., coalescencia, quimerismo), y una vez alcanzada la madurez reproductiva son organismos perennes. Las especies de *Lessonia* y *Durvillaea* se encuentran muy bien adaptadas para vivir en sectores intermareales, donde soportan un fuerte oleaje y también en áreas submareales

con corrientes fuertes. *Macrocystis* también posee adaptaciones morfológicas que le permiten adherirse fuertemente al sustrato a través de hapterios de sus discos adhesivos que forman verdaderas redes sobre el fondo, del cual emergen los estipes de las frondas que forman el dosel superficial; aunque es en la base de los estipes donde se encuentran las esporofilas con los soros donde se desarrollan los esporangios. Los discos adhesivos de *Macrocystis* son perennes, y tienen la capacidad de regenerar las frondas anualmente.

4.5.3 Caracterización del cinturón de algas pardas

Desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de los Lagos, la costa está caracterizada por ambientes rocosos expuestos al oleaje. En estos ambientes, el cinturón de algas pardas delimita la franja infralitoral del patrón de zonación de especies intermareales, con una composición y estructura de la biota asociada que persiste en el gradiente latitudinal.

Desde la región de Arica y Parinacota hasta el límite sur de la región de Atacama el cinturón de algas pardas es monoespecífico y está compuesto solo por el huiro negro *Lessonia berteroana*. La extensión vertical y la abundancia relativa del cinturón de *Lessonia berteroana* varía dependiendo del grado de inclinación de las rocas y de la exposición al oleaje. En plataformas rocosas y playas de bolones expuestas al oleaje el cinturón alcanza las mayores extensiones verticales, mientras que se estrecha en farellones y paredones rocosos muy expuestos al oleaje. En cambio, a medida que los roqueríos y las playas de bolones son más protegidos al oleaje, el cinturón desaparece y las plantas de huiro negro se dispersan.

Un conjunto de indicadores de integridad ecológica fue aplicado a las poblaciones explotadas de huiro negro *Lessonia berteroana* en la región de Atacama (Vega, et al., 2014), demostrando que el cinturón de huiro negro demora cerca de un año en renovarse, si se aplican adecuadamente los criterios de manejo recomendados en el plan de manejo regional. Sin embargo, la recuperación de la biota asociada al mismo cinturón de huiro negro puede demorar al menos tres años.

Desde la región de Coquimbo hasta la región de Los Lagos, el límite inferior de la zona intermareal está claramente definido por la cobertura y biomasa del cinturón compuesto por el huiro negro *Lessonia spicata* y el cochayuyo *Durvillaea incurvata*. La extensión del cinturón de algas pardas y la abundancia relativa de ambas especies varían en función del grado de inclinación de los roqueríos y de la exposición al oleaje. En roqueríos, farellones y canalones muy expuestos al oleaje, el cinturón es estrecho, y comúnmente está monopolizado por *Lessonia spicata*; mientras

que, en roqueríos expuestos con pendientes más inclinadas, aumenta la extensión del cinturón de *Lessonia spicata*, y aparecen individuos de *Durvillaea incurvata*. La abundancia relativa de *Durvillaea incurvata* aumenta a medida que disminuye el grado de exposición al oleaje.

El estrato basal del cinturón de algas pardas esta caracterizado por un ensamble de algas crustosas calcáreas, que se extiende hacia la zona submareal formando fondos blanqueados someros. Varios herbívoros bentónicos, tales como el erizo negro *Tetrapyrgus niger*, el chitón *Acanthopleura echinata*, el caracol negro *Tegula atra*, son frecuentes en el límite marcado por las frondas del huiro negro. Los fondos blanqueados somero, dominados por algas crustosas calcáreas, en parte, resultan del efecto combinado de pastoreo y de perturbaciones producidas por el roce de las frondas de huiro negro contra los roqueríos. Un carnívoro común del cinturón de algas pardas es el sol de mar *Heliasther helianthus*.

En el entorno del cinturón de algas pardas se observan un mosaico de algas crustosas no calcáreas, algas cespitosas y algas frondosas, con abundancias relativas que varían en función de la inclinación de los roqueríos, exposición al oleaje y orientación a la luz. En plataformas rocosas expuestas al oleaje y a la luz aumenta la cobertura de *Gelidium spp*, *Rhodymenia skottsbergii*, y *Corallina officinalis*. En paredes sombrías y grietas domina en extensión *Codium dimorphum*, mientras que, en condiciones intermedias de iluminación, inclinación o exposición al oleaje, es frecuente encontrar ensambles de algas crustosas no calcáreas (i.e., *Hildenbrandtia*, *Ulvella*). Varias lapas (i.e., *Fissurella crassa*, *Fissurella limbata*) son frecuentes en el cinturón de algas pardas, junto con *Chiton granosus* y el sol de mar *Heliasther helianthus*, comunes también en zonas intermareales superiores.

La composición y estructura de la biota bentónica asociados al cinturón de algas pardas descrita previamente es común para la costa expuesta al oleaje comprendida entre la región de Arica y Parinacota y la región de Los Lagos. Sin embargo, la composición de especies aumenta hacia la zona sur del país y disminuye significativamente hacia la zona norte. En algunas localidades de la zona centro sur, dependiendo del grado de exposición al oleaje, al cinturón compuesto por *Lessonia spicata* y *Durvillaea incurvata* se agrega *Macrocystis pyrifera*. El ensamble de algas asociado al cinturón está compuesto por *Codium dimorphum*, *Gelidium spp*, *Rhodymenia skottsbergii* y *Laurencia chilensis*, junto con parches de *Asterfilopsis furcellatus*, *Ahnfeltia plicata*, *Grateloupia schizophylla* y *Pryonitis lyalli*. También aparece una banda de lugas (i.e., *Sarcothalia crispata*), común en la región de Valparaíso, la cual se desplaza hacia el submareal somero en la

zona sur de Chile, donde coexiste con algas filamentosas (i.e., *Polysiphonia*, *Ceramium*, *Sphacelaria*).

En cambio, la composición y estructura del cinturón de algas pardas se hace progresivamente más simples a medida que se avanza hacia el norte de Chile. Por ejemplo, en la región de Antofagasta el cinturón de algas pardas está dominado solo por *Lessonia berteroa*, y lo rodea un ensamble de algas dominado *Hypnea sp*, *Ulva spp*, *Gelidium spp* y cirripedios. En la región de Tarapacá, se agrega *Colpomenia spp*; mientras que, en el estrato basal del cinturón hay un ensamble de algas frondosas, compuesto por *Corallina officinalis*, *Halopteris hordacea* y *Rhodymenia corallina*.

En algunas localidades del norte y centro de Chile, en pozas de mareas, pueden crecer algunos individuos de *Lessonia trabeculata* y/o *Macrocystis pyrifera* sin llegar a ser parte del cinturón de algas pardas. El estrato basal en estas pozas de mareas se desarrolla un ensamble de algas erectas, dominadas por *Corallina chilensis*, *Glossophora kunthii*, *Sarcothalia crispata* y *Plocamium spp*, junto con algas filamentosas (e.g., *Griffithsia chilensis*, *Pterosiphonia sp*), y algas crustosas calcáreas.

El borde costero de la región de Aysén y la región de Magallanes se caracteriza por islas, islotes, canales y fiordos que generan ambientes con distinto grado de exposición al oleaje. Generalmente, el cinturón intermareal de algas pardas está dominado por *Durvillaea antarctica*. Aunque, dependiendo del grado de exposición al oleaje, el cinturón puede ser mixto o es reemplazado por *Lessonia flavicans* o *Lessonia spicata* (en la región de Aysén), o por *Macrocystis pyrifera* que puede ser localmente abundante. En los espacios libres del cinturón, hay un ensamble de algas frondosas representado principalmente por *Ahnfeltia spp*, *Ballia callitricha*, *Ceramium rubrum*, *Desmarestia spp*, *Plocamium sp* y *Rhodymenia sp*.

En la región de Magallanes, debido a la menor disponibilidad de sustrato apto, el cinturón intermareal de algas pardas caracterizado por *Durvillaea antártica* y/o *Lessonia flavicans* se desplaza hacia el submareal somero, inmediatamente por sobre el límite superior del bosque de *Macrocystis pyrifera*, el cual es visible durante mareas extremadamente bajas. El sustrato rocoso libre está cubierto por un ensamble de algas crustosas calcáreas, donde son frecuentes los gastrópodos *Nacella magellanica* y *Nacella mytilina*, junto con de cirrípedos. Entre las grietas y

bajo piedras y bolones a menudo se observa un gremio de moluscos herbívoros (i.e., *Nacella*, *Acmaea*, *Siphonaria* y *Collisella*).

4.5.4 Caracterización de los bosques de algas pardas

En general, desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Los Lagos, se han descrito al menos dos tipos de bosques de algas pardas. En bahías y ensenadas protegidas al oleaje, el huiro *Macrocystis pyrifera* forma un bosque con su típico dosel flotando en la superficie; mientras que, en ambientes expuestos al oleaje, el bosque de algas pardas está constituido por el huiro palo *Lessonia trabeculata*, los cuales pueden alcanzar grandes extensiones de costa. Mientras que, en la zona austral de Chile, en las regiones de Aysén y Magallanes los bosques de algas pardas están caracterizados por el huiro *Macrocystis pyrifera*, que abarca grandes extensiones de costa de islotes, islas y fiordos, principalmente en sectores protegidos al oleaje de islotes.

Desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Los Lagos, los ambientes submareales expuestos al oleaje, y hasta 20 m o más de profundidad, están caracterizados por bosques de huiro palo *Lessonia trabeculata*, que pueden variar en extensión a lo largo de la costa. Los bosques de huiro palo ocurren sobre sustrato rocoso estable y en ambientes submareales que van desde semiprotegidos a expuestos. En lugares semiprotegidos, el borde superior del bosque puede estar en el límite intermareal-submareal, pero en sectores más expuestos este comienza aproximadamente en los 2 m de profundidad. El límite inferior del bosque está determinado por la disponibilidad de sustrato rocoso y la aparición de los fondos blandos. El ancho del bosque de huiro palo es variable y depende de la inclinación del fondo rocoso. Por ejemplo, en algunos sectores de la costa del norte chico puede tener más de 300 m de ancho, mientras que en otros el ancho es menor a 100 m.

Las poblaciones de huiro palo *Lessonia trabeculata* varían en densidad de plantas, formando un dosel compacto cuando son densos, el cual disminuye a medida que las plantas están más dispersas. La densidad de plantas también varía dentro de un mismo bosque y puede cambiar con la profundidad. Además, dentro del bosque de algas pardas es frecuente observar bajarías con erizos negros (*Tetrapyrgus niger*) y lapas (*Fissurella spp*), junto a locos (*Concholepas concholepas*) y estrellas de mar (*Heliaster helianthus*, *Meyenaster gelatinosus*). El sustrato basal del dosel del bosque de huiro palo *Lessonia trabeculata* está caracterizado por un ensamble de algas crustosas, principalmente calcáreas, junto con parches de algas frondosas compuesto por *Dyctiota kunyhi*,

Plocamium, *Zonaria*, *Bossiella*, *Rhodymenia*, *Gelidium* y *Halopteris*; en otros bosques este estrato está ausente. Estas comunidades asociadas a los bosques de huiro palo *Lessonia trabeculata* caracterizan la subzona infralitoral del patrón de zonación de especies descrito para el submareal rocoso expuesto del centro y norte de Chile (Stotz, et al., 2016).

La densidad de plantas de huiro palo *Lessonia trabeculata* varía con la profundidad y la localidad. En algunas localidades, la densidad de plantas en el bosque tiende a disminuir en el gradiente de profundidad. Además, el tamaño de las plantas de huiro palo *Lessonia trabeculata* también varía con la profundidad y la localidad (Figura 37).

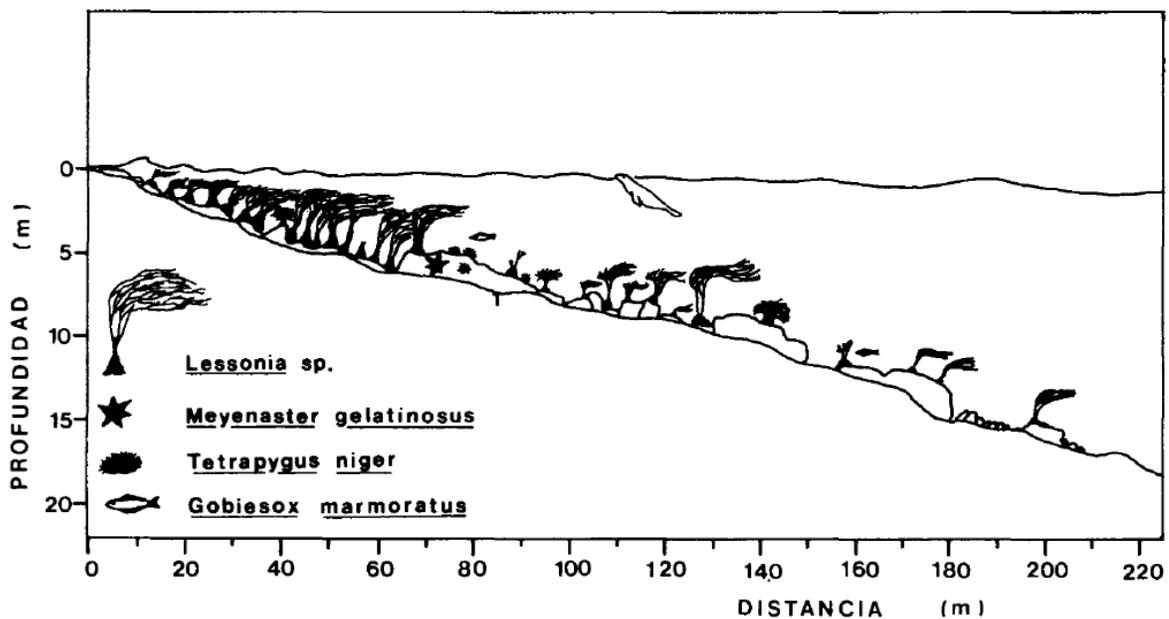


Figura 37. Representación esquemática de la distribución batimétrica de las especies más representativas que componen un bosque de *Lessonia trabeculata* en la zona central de Chile. Obtenido de: (Villouta & Santelices, 1984).

Actualmente, el huiro palo *Lessonia trabeculata* es considerada una especie fundacional e ingeniera de ecosistemas porque los bosques albergan una diversidad notable de otras algas, invertebrados y peces. Los organismos que viven entre las plantas de huiro palo difieren bastante, si se trata de sustrato plano y relativamente parejo, con respecto a aquellas que se encuentran en grietas. Estas últimas, en general, sirven de refugio a organismos móviles.

La composición y abundancia de los organismos que habitan sobre sustrato rocoso varía entre profundidades. En profundidades intermedias, donde el bosque es más denso, el sustrato se encuentra dominado por algas crustosas calcáreas y por poliquetos o anfípodos tubícolas. También son frecuentes, pero menos abundantes, algunas las algas crustosas no calcáreas (i.e., *Hildenbrandtia*, *Ralfsia*, *Peysonella*,) así como cirripedios, briozoos, y algas rojas (e.g., *Rhodymenia* sp). En cambio, en la franja profunda del bosque la cobertura de las algas crustosas calcáreas y del poliqueto tubícola alterna con parches de *Bossiella orbigniana*, *Gelidium* sp. y *Halopteris* sp. Además, el caracol *Tegula tridentata* es reemplazado por *Incatella cingulata*. Aparecen varios organismos incrustantes, tales como esponjas y briozoos.

Los peces también son un grupo de organismos importante dentro del bosque de *Lessonia trabeculata*, destacando el bilagay *Cheilodactylus variegatus*, la jerguilla *Aplodactylus punctatus*, *Mugiloides chilensis*, *Sebastes oculatus*, el pejeperro *Semicossyphus maculatus* y la vieja *Graus nigra*. Los mamíferos marinos *Otaria flavescens* y *Lontra felina* también pueden ser encontrados ocasionalmente en el entorno de estos bosques marinos.

Los discos de adhesión de las plantas de *L. trabeculata* albergan una diversidad de invertebrados. Además, el número de especies, y el número, el tamaño y el peso de los individuos tiende a aumentar con el tamaño del disco de adhesión. Varias especies de invertebrados son frecuentes en densidad y biomasa en los discos de adhesión de *L. trabeculata*, destacando varios moluscos (e.g., *Alia unifasciata*, *Crepidatella dilatata*, *Calyptrea trochiformis*, *Brachidontes granulata*, *Tegula tridentata*, *Entodesma cuneata*), crustáceos (i.e., *Taliepus marginatus*, *Pilumnoides perlatus*, y *Pachycheles grossimanus*) equinodermos (i.e., *Tetrapyrgus niger*) poliquetos (i.e., *Phragmatopoma moerchi*) y urocordados (i.e., *Pyura chilensis*). Sobre las frondas de *L. trabeculata* es común encontrar jaibas (i.e., *Taliepus*), isópodos (i.e., *Amphoroidea typa*) y huevos de elasmobranquio (i.e., *Schroeredichthys chilensis*), junto con colonias de briozoos en las láminas de las frondas.

Los patrones de distribución y abundancia de las plantas de *Lessonia* y de la biota asociada, son atributos propios de los ecosistemas de bosques de algas pardas submareales de latitudes templadas. En este contexto, el dosel superior está dominado por huiru palo; existe una notoria estratificación con la flora subyacente; las algas crustosas (calcáreas y no calcáreas) predominan en áreas menos densas del dosel. Áreas densas del bosque alternan, a corta distancia, con fondos

blanqueados dominados por algas calcáreas y erizos; y las estructuras de soporte de las plantas de huiro palo albergan una comunidad asociada diversa y compleja.

Sin embargo, los bosques de huiro palo presentan rasgos propios y distintivos de otros bosques de algas pardas descritos para otras latitudes. Así, por ejemplo, *L. trabeculata* es la única especie dominante del bosque marino. En cambio, en los bosques de algas pardas de Magallanes coexisten al menos una especie de *Lessonia* con *Macrocystis pyrifera*. En forma análoga, el número de estratos en que se organiza la biota asociada es, en general menor (comúnmente dos estratos) que lo descrito para otras comunidades de algas pardas y es también menor la diversidad de invertebrados encontrados en los discos de adhesión. Recientemente, se ha demostrado que estas particularidades del bosque de huiro palo son sensibles a la explotación pesquera, y que se transmiten a través de toda la trama trófica costera de la zona centro y norte de Chile (Pérez-Matus, et al., 2017).

La integridad ecológica de las poblaciones explotadas de huiro palo *Lessonia trabeculata* en la zona norte de Chile también podría estar riesgo por la presión de cosecha. Estudios recientes han demostrado una juvenilización progresiva de las poblaciones de huiro palo y una lenta tasa de renovación de la población, con efectos directos sobre la biota asociada al bosque de esta alga parda (Gouraguine, et al., 2021).

Los bosques de *Macrocystis pyrifera* entre la región de Arica y Parinacota y la región de los Lagos están frecuentemente restringidos a los ambientes rocosos más protegidos al oleaje. Hasta la región de Valparaíso los bosques de *Macrocystis* están constituidos por plantas del ecomorfo *integrifolia*, mientras que desde Valparaíso al sur por plantas del ecomorfo *pyrifera*. No obstante, las poblaciones de ambos ecomorfos pueden extenderse desde el intermareal hasta 10-25 m de profundidad. En la zona central, el cinturón de algas pardas está compuesto por *Lessonia spicata* y *Durvillaea incurvata*, y el límite superior del bosque de *Macrocystis* está determinado por la presencia de fondos blanqueados someros dominados por algas crustosas calcáreas. Hacia fondos más profundos del bosque de *Macrocystis pyrifera*, aparece un estrato compuesto por *Lessonia trabeculata*.

La composición y abundancia de la biota asociada a los bosques de *Macrocystis pyrifera* es bastante similar a la descrita para los bosques de huiro palo *Lessonia trabeculata*. Las especies más conspicuas del ensamble de algas debajo del dosel son *Dyctiota kunthii* y *Asparagopsis*

armata, junto con el huiro palo *Lessonia trabeculata*. Entre los invertebrados bentónicos destaca el erizo de mar *Tetrapygyus niger*, algunas estrellas de mar (i.e., *Meyenaster gelatinosus*, *Heliaster helianthus*), el urocordado *Piura chilensis* y el loco *Concholepas concholepas*.

Los bosques de *Macrocystis pyrifera* de la zona central de Chile que ocupan ambientes protegidos al oleaje son someros, sin la presencia de *Lessonia trabeculata*. El estrato basal del bosque está cubierto por algas crustosas calcáreas. Además, los bosques son efímeros debido a que las tormentas de invierno remueven el dosel de *Macrocystis* cada año. Los discos sobreviven y regeneran nuevas frondas durante la primavera siguiente. Las frondas erectas de algas perennes y efímeras aumentan en abundancia solo el invierno tardío y en la primavera cuando el dosel de *Macrocystis* es mínimo (Figura 38).

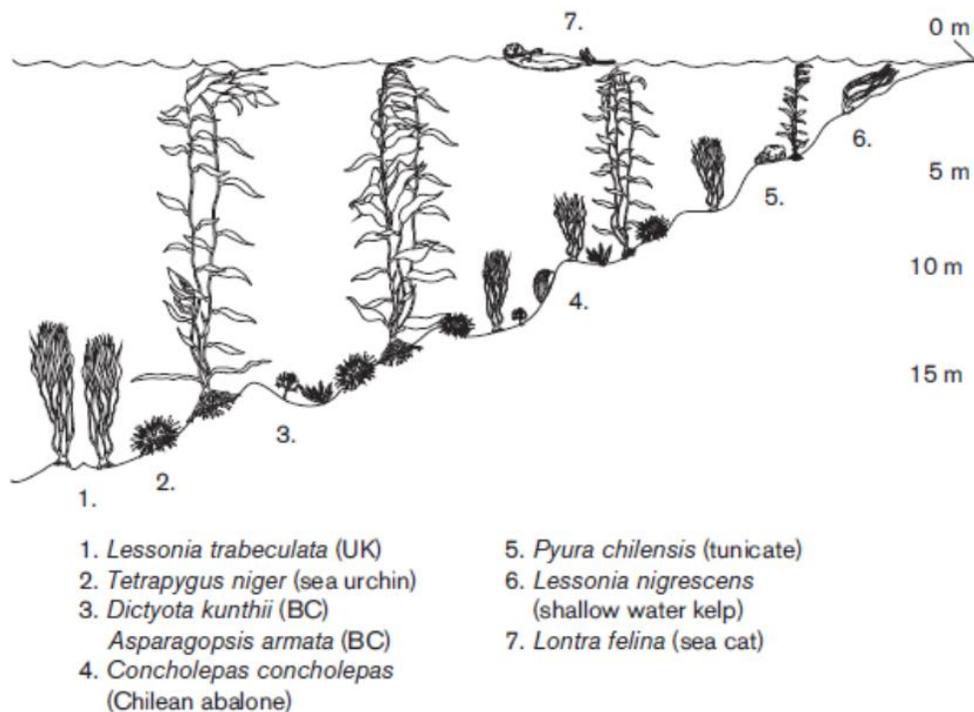


Figura 38. Representación esquemática de la distribución batimétrica de las especies más representativas que componen un bosque de *Macrocystis pyrifera* en la zona centro sur de Chile. Obtenido de: (Schiel & Foster, 2015).

Los bosques de *Macrocystis pyrifera* son una parte característica del borde costero de los islotes, islas, fiordos y canales de la zona austral de Chile. En general, los bosques de *Macrocystis* forman

un cinturón de 50 m de ancho que se extiende desde la franja infralitoral hasta cerca de los 10 o más metros de profundidad.

La composición y estructura del bosque de *Macrocystis pyrifera* en Magallanes varía en función del grado de exposición al oleaje y disponibilidad de sustrato rocoso, generando variaciones en la biota asociada a las plantas y a los discos de adhesión. Las especies más conspicuas del ensamble de algas debajo del dosel son *Gigartina skottsbergii*, *Epymenia falklandica*, *Delesseria* sp., y el alga parda *Lessonia flavicans*. Entre los invertebrados bentónicos destacan algunas especies de erizo de mar (i.e., *Loxechinus albus*, *Pseudoechinus magellanicus*), estrellas de mar (i.e., *Comasterias lurida*) y el caracol (i.e., *Fusitriton antarcticus*) (Figura 39).

La densidad y el tamaño de las plantas de *Macrocystis pyrifera* que componen el bosque depende de la disponibilidad del rocoso consolidado en el gradiente batimétrico. Considerando que las plantas son sensibles a la tracción producida por el movimiento del agua, el límite profundo del bosque está determinado por el reemplazo del sustrato rocoso por fondos blandos.

El límite superior de algunos bosques de *Macrocystis pyrifera* está compuesto por un cinturón de *Lessonia flavicans* que se expande levemente bajo el dosel de *Macrocystis pyrifera*. El bosque somero de *M. pyrifera* es denso, formando un dosel de frondas casi continuo en la superficie. Bajo este dosel, el estrato basal del bosque está cubierto por algas crustosas calcáreas. En fondos intermedios del bosque, el bosque es más espaciado y las plantas de *M. pyrifera* son más largas. En el estrato basal aparecen parches de *Gigartina skottsbergii*, junto con un estrato intermedio o secundario formado por *Lessonia flavicans*, que coexisten a lo ancho de todo el resto de la pradera con *Macrocystis pyrifera*. Hacia el límite profundo, *Gigartina skottsbergii* es reemplazada por *Epymenia falklandica* y *Lessonia flavicans* forman un cinturón que bordea el bosque de *M. pyrifera*. En algunas localidades, el cinturón de *L. flavicans* puede ser considerado un bosque de algas parda con atributos propios debido a que se extiende más allá del límite de distribución batimétrica de *Macrocystis pyrifera*. Sin embargo, la biota bentónica más representativas siguen siendo las mismas del bosque de *Macrocystis* (e.g., *Callophyllis variegata*, *Gigartina skottsbergii*, *Comasterias lurida*, *Pseudoechinus magellanicus*). La composición y estructura de los bosques de *Macrocystis pyrifera* ubicados en los canales y fiordos de la región de Aysén es similar a la descrita para los bosques de algas pardas en la región de Magallanes.

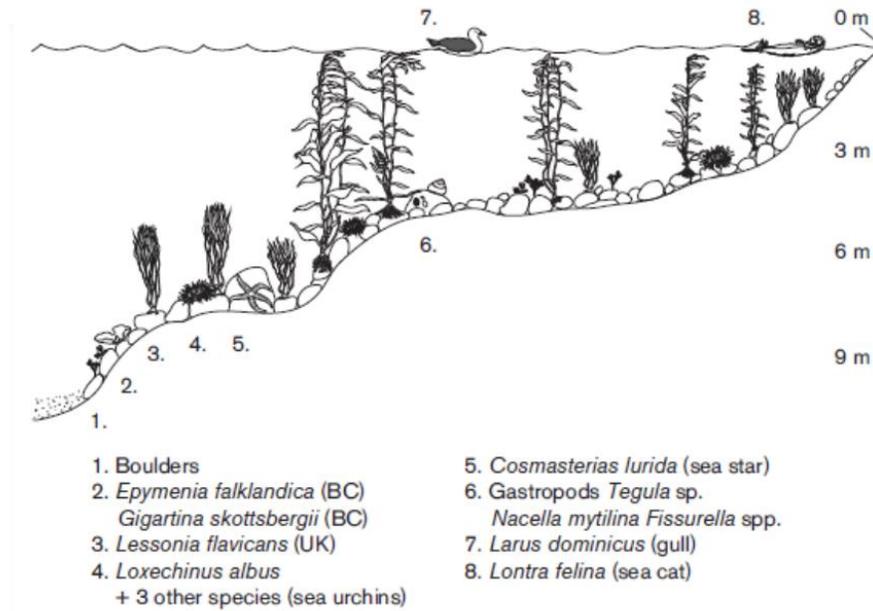


Figura 39. Representación esquemática de la distribución batimétrica de las especies más representativas que componen un bosque de *Macrocyctis pyrifera* en el Canal de Beagle, región de Magallanes. Obtenido de: (Schiel & Foster, 2015).

Un estudio reciente (Mora-Soto, et al., 2021), que destaca la persistencia de los bosques de *Macrocyctis pyrifera* en la región de Magallanes a través de los últimos 200 años, también ha identificado potenciales amenazas provenientes de distintas actividades productivas locales y nacionales. Una pesquería de algas pardas podría modificar la composición, estructura y productividad de los bosques de *Macrocyctis*. El tráfico marítimo podría afectar la canopia flotante con impactos desconocidos en los bosques de algas pardas que requieren ser prontamente investigados. El cultivo extensivo de salmón, que conlleva diversos impactos ambientales; junto con la sobreexplotación pesquera (i.e., peces, crustáceos, moluscos), las malas prácticas pesqueras, y los efectos del cambio climático requieren acciones conjuntas de manejo ambiental para mitigar sus potenciales impactos. De acuerdo con lo planteado por Mora-Soto et al. (2021), para lograr la sustentabilidad ambiental a largo plazo de los bosques de algas pardas en la región de Magallanes, es necesario desarrollar medidas específicas para la conservación de este ecosistema en los planes de manejo de áreas marinas protegidas; así como también desarrollar medidas de manejo que regulen la recolección/explotación de las algas marinas, el cultivo intensivo de salmón, la sobreexplotación pesquera, las malas prácticas pesqueras y la contaminación. Además, estos autores destacan que es importante realizar una evaluación de los

servicios ecosistémicos que cumplen los bosques de *Macrocystis pyrifera* en Magallanes, en particular sobre el secuestro de carbono; así como también fomentar los derechos indígenas para la protección del maritorio patagónico.

4.5.5 Caracterización de los aspectos químicos y físicos de los bosques de algas pardas en el contexto del carbono azul y su contribución a la mitigación/adaptación frente al cambio climático

De acuerdo con lo indicado en los capítulos anteriores, el carbono azul producido por los bosques de algas pardas se exporta y almacena en zonas costeras y sedimentos de aguas profundas. Es en este contexto que los bosques de algas pardas juegan un importante papel en el almacenamiento de carbono a largo plazo, en particular, a través del secuestro de carbono. De esta manera, los bosques de algas constituyen un mecanismo potencial para la mitigación/adaptación al cambio climático. Sin embargo, solo hay unos pocos estudios internacionales que han indagado sobre las tasas de sedimentación, rotación y almacenamiento a largo plazo de carbono de algas pardas en sedimentos, mientras que para Chile todavía no existe ninguno. En este contexto, la falta de datos empíricos reportadas en este estudio hace que las estimaciones actuales de rotación y tasas de secuestro de carbono sean altamente inciertas tal como lo señalan otros autores (Duarte, et al., 2005; Krause - Jensen & Duarte, 2016; Elliot & Fox, 2021).

Los fragmentos de algas son transportados hacia fuera de los bosques de algas pardas como material detrítico, debido a la erosión de las frondas o por desprendimiento de plantas completas del sustrato. Esta fracción de carbono de material detrítico producido por las algas pardas se denomina carbono orgánico particulado (COP de algas pardas). El COP de algas pardas es exportado fuera de los bosques de algas pardas y depositado en la plataforma continental o en los sedimentos de aguas profundas, donde se mueven o entierran en el sedimento, y así potencialmente es secuestrado como carbono azul.

Además, durante el proceso de fotosíntesis que realizan las algas pardas se libera otra fracción de carbono que se fija como carbono orgánico disuelto (COD), denominado COD de algas pardas. La exportación de COD de algas pardas representa otro componente importante para la exportación de carbono desde los huerales. Sin embargo, la falta de datos y la gran incertidumbre

en la producción y exportación del COD de algas pardas, tal como se reporta en este estudio, indican que la contribución al paquete de carbono azul y a su potencial secuestro es extremadamente incierto, coincidente con lo reportado por otros autores (Watanabe, et al., 2020; Elliot & Fox, 2021). Una parte del COD de algas pardas exportado es consumida por microorganismos (principalmente bacterias), mientras que otra parte se devuelve a la atmósfera como CO₂. No obstante, una fracción de COD de algas pardas es refractiva, no está disponible para la red trófica, por lo que es exportada desde los hábitats costeros, y transportado por debajo de la zona mixta de los océanos, contribuyendo también al almacenamiento a largo plazo de carbono en la zona profunda del mar (Krause - Jensen & Duarte, 2016).

Los valores de carbono azul estimados en este estudio, que considera la cobertura de algas pardas y el carbono equivalente, son usados para caracterizar e identificar cuáles son las regiones geopolíticas del país más aptas para implementar medidas de mitigación/adaptación al cambio climático. En este contexto, la estimación de carbono azul en la región de Magallanes representa casi un tercio del aporte nacional de carbono azul (35%). La región de Antofagasta, aunque en términos de cobertura espacial posee mayor área que la aportada por la región de Magallanes da cuenta solo del 13% del carbono azul. Lo anterior, se debe a la mayor tasa de productividad primaria neta de *Macrocystis pyrifera*, la especie que caracteriza los bosques de algas pardas en Magallanes; mientras que, en las regiones del norte de Chile hay extensas zonas con algas pardas, pero la productividad primaria neta de *Lessonia spp* es comparativamente menor que la productividad primaria neta de *Macrocystis pyrifera* (ver Tabla 4). La región de Coquimbo es, a nivel nacional, la segunda más importante en términos de aporte de carbono azul, seguida de la región de Antofagasta y Atacama. Estas tres regiones en conjunto aportan casi la mitad del carbono azul a nivel nacional (44%), estimado en base al aporte de los bosques de *Lessonia spp*.

4.5.6 Caracterización de los aspectos sociales y económicos de la pesquería de algas pardas y su contribución a la identificación de zonas aptas para la mitigación/adaptación frente al cambio climático

Para la caracterización de los aspectos sociales y económicos de la pesquería de algas pardas se utilizaron los siguientes indicadores socioeconómicos: desembarque valorizado (en millones de

pesos), número de pescadores operando en la pesquería (RPA operativo¹⁴), y el ingreso per cápita (IPC) obtenido de la base de datos disponibles para el año 2020 de las estadísticas pesqueras para cada región geopolítica. Para el análisis se consideró la base de datos del año 2020 porque representa la información más actualizada por región, y además es representativa de las tendencias de los años anteriores. Alguno de estos indicadores socioeconómicos en conjunto, facilitará la selección de zonas de algas pardas aptas para la mitigación/adaptación frente al cambio climático. Cabe destacar que durante el año 2020 no hubo registros oficiales de desembarque de huiro flotador *Macrocystis pyrifera* y cochayuyo *Durvillaea spp.* en la región de Magallanes¹⁵.

4.5.6.1 Desembarque valorizado de algas pardas

El desembarque valorizado total de huiro negro para el año 2020 fue de \$41.601 millones de pesos. Cuatro regiones de la zona norte de Chile (i.e., Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo) constituyen cerca del 92% del desembarque valorizado total (Tabla 27). En contraste, las regiones de la zona centro y sur, no aportaron significativamente al desembarque valorizado para este recurso de algas pardas.

Para el huiro palo, el desembarque valorizado total fue de \$16.268 millones de pesos. Tres regiones de la zona norte de Chile (i.e., Antofagasta, Atacama, Coquimbo) representan cerca del 95% de este desembarque valorizado total (Tabla 27). En cambio, las otras regiones del norte y de la zona centro y sur, no aportaron significativamente al desembarque valorizado para el recurso huiro palo.

El desembarque valorizado total de huiro flotador fue de \$9.496 millones de pesos. En conjunto, las regiones de Atacama y de Los Lagos representan cerca del 76% de este desembarque valorizado total (Tabla 27); aunque Antofagasta y Coquimbo también contribuyen, pero en una fracción menor. Las otras regiones de la zona centro, sur y austral, no aportan significativamente al desembarque valorizado para este recurso.

¹⁴ Pescadores con RPA que realizaron actividad extractiva de algas pardas durante el año 2020, según los registros del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura

¹⁵ Aun cuando *Macrocystis pyrifera* quedó excluida de la R.Ex.3115, que establece la nómina de pesquerías artesanales, eso no implica que quienes poseen registro en el recurso en forma previa a dicha resolución estén inhabilitados para hacerlo. Esto debe ser considerado para robustecer las medidas necesarias para proteger los bosques de *M. pyrifera* en la región de Magallanes.

Para el cochayuyo, el desembarque valorizado total fue de \$4.269 millones de pesos. En conjunto, cuatro regiones (i.e., región de O'Higgins, región del Biobío, Región de los Ríos, región de Los Lagos) representan cerca del 76% de la valorización total (Tabla 27). Las otras regiones de la zona centro, sur y austral, no aportan significativamente al desembarque valorizado de cochayuyo.

Tabla 27. Desembarque valorizado de algas pardas de las regiones geopolíticas del país.

Los valores están expresados en millones de pesos chilenos por región y por especie de alga parda. El RPA de Ñuble está incluido en la región de Biobío.

Fuente: elaboración propia en base a datos de desembarque y precio playa (precio de primera transacción) de Sernapesca.

Región	Huiro Negro	Huiro Palo	Huiro	Cochayuyo
AyP	30	20		
TPCA	4.441	414	297	
ANTOF	12.131	2.650	491	
ATCMA	16.470	4.763	3.631	
COQ	5.516	7.970	1.125	407
VALPO	1.441	426	266	122
LGBO	125		2	493
MAULE	205			228
BBIO	1.125	37	41	1.549
ARAUC				17
RIOS		7	14	570
LAGOS	117		3.629	882
AYSEN				1
MAG				

4.5.6.2 Registro pesquero artesanal (RPA) operativo para la explotación de algas pardas

Un total de 2.844 pescadores artesanales declararon capturas de huiro negro durante el año 2020. Cuatro regiones de la zona norte de Chile (i.e., Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo) reúnen alrededor del 85% de este número total de pescadores (Tabla 28). En cambio, con la excepción de Valparaíso y Biobío, las regiones de la zona centro y sur, tuvieron una fracción mínima de pescadores que realizaron capturas de huiro negro.

Respecto al huiro palo, un total de 1.722 pescadores artesanales declararon capturas durante el año 2020. Tres regiones de la zona norte de Chile (i.e., Antofagasta, Atacama, Coquimbo) representan cerca del 85% de este valor total de pescadores operativos (Tabla 28). En contraste,

las otras regiones del norte y de la zona centro y sur solo tuvieron una fracción menor de pescadores que declararon capturas de este recurso.

Para el huiro flotador, un total de 617 pescadores artesanales declararon capturas durante el año 2020. Dos regiones, Atacama y Coquimbo, incluyen cerca del 60% de este número total de pescadores operativos; mientras que las regiones de Tarapacá, Antofagasta, Valparaíso y de Los Lagos aportan otro 36% (Tabla 28). Las otras regiones de la zona centro, sur y austral representan una fracción menor de pescadores que declararon capturas de huiro flotador.

Un total de 2.414 pescadores artesanales declararon capturas de cochayuyo durante el año 2020. Cinco regiones (i.e., Región de Coquimbo, región de O'Higgins, región del Biobío, región de los Ríos, región de Los Lagos) incluyen cerca del 90% de este número total de pescadores operativos (Tabla 28). Las otras regiones de la zona centro, sur y austral representan una fracción menor de pescadores que declararon capturas de cochayuyo.

Tabla 28. Número de pescadores que operaron en la explotación de algas pardas en relación con el total de pescadores inscritos en el Registro Pesquero Artesanal (RPA). El RPA de Ñuble está incluido en la región de Biobío. Fuente: elaboración propia en base a información de Sernapesca.

Región	Huiro Negro	Huiro Palo	Huiro	Cochayuyo
AyP	2	1	-	
TPCA	321	162	67	
ANTOF	641	462	45	
ATCMA	935	542	146	
COQ	564	446	225	126
VALPO	118	92	37	34
LGBO	31	-	4	194
MAULE	21	3	3	223
BBIO	169	4	8	960
ARAUC	-	-	4	101
RIOS	-	8	1	213
LAGOS	41	2	73	427
AYSEN			4	57
MAG			-	-

4.5.6.3 Ingreso anual bruto per cápita en la pesquería de algas pardas

Los mayores ingresos brutos anuales per cápita (IAB) en la pesquería de huiro negro se obtienen en las regiones de la zona norte de Chile (Tabla 29). En cambio, el ingreso per cápita en las regiones de la zona centro y sur es menor respecto al estimado para la zona norte.

En la pesquería de huiro palo, los mayores IAB se obtienen en la región de Coquimbo y de Arica y Parinacota, le siguen en valor las regiones de Atacama y Biobío (Tabla 29). En las otras regiones el IAB es comparativamente menor.

Los mayores IAB en la pesquería de huiro flotador se obtienen en las regiones de Atacama y de Los Lagos (Tabla 29). En cambio, el IAB en las regiones de la zona centro y sur disminuye respecto al estimado para estas dos regiones.

En la pesquería del cochayuyo, los mayores IAB se obtienen en la región de Coquimbo y Valparaíso, le siguen en valor las regiones de O'Higgins, de los Ríos y de Los Lagos (Tabla 29). En las otras regiones el IAB es comparativamente menor.

Tabla 29. Ingreso anual bruto per cápita de pescadores que participan en la pesquería de algas pardas por región geopolítica del país. Los valores están expresados en millones de pesos chilenos. El RPA de Ñuble está incluido en la región de Biobío.

Fuente: elaboración propia en base a datos de Sernapesca.

Región	Huiro Negro	Huiro Palo	Huiro	Cochayuyo
AyP	15,24	20,00		
TPCA	13,83	2,56	4,43	
ANTOF	18,93	5,74	10,90	
ATCMA	17,62	8,79	24,87	
COQ	9,78	17,87	5,00	3,23
VALPO	12,21	4,63	7,20	3,58
LGBO	4,03		0,44	2,54
MAULE	9,78			1,02
BBIO	6,65	9,16	5,11	2,50
ARAUC				0,17
RIOS		0,90	14,43	2,68
LAGOS	2,86	0,00	49,71	2,06
AYSEN			0,06	0,02
MAG			-	-

4.5.7 Caracterización de las poblaciones de algas pardas según régimen de administración pesquera y su contribución a la identificación de zonas aptas para la mitigación/adaptación frente al cambio climático

En Chile, la pesquería de algas pardas contempla distintas medidas de administración: áreas de libre acceso sin plan de manejo, áreas de libre acceso con plan de manejo (i.e., regionales, locales), áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos (AMERB), y áreas marinas protegidas (i.e., parques marinos, reservas marinas, santuarios de la naturaleza, áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos). Estas últimas, con medidas y acciones de manejo dirigidas a la protección de determinados ecosistemas, incluidos los bosques de algas pardas.

Una estrategia usada para establecer el estado de los bosques de algas pardas en las áreas con distintas medidas de administración pesquera ha sido el uso de indicadores de integridad ecológica, en particular, los basados en parámetros poblacionales (Vega, et al., 2014). En áreas de libre acceso, sin plan de manejo, se ha demostrado que la presión de cosecha sobre plantas adultas afecta la dinámica natural de las poblaciones, las cuales se caracterizan por el dominio de la fracción de juveniles, y por la mínima biomasa disponible. En cambio, la población de algas pardas en áreas marinas protegidas, sin extracción de plantas adultas, está caracterizada por una fracción de plantas adultas que contribuyen significativamente en la biomasa disponible. Por otra parte, los indicadores basados en los parámetros poblacionales han demostrado una adecuada aplicación de los criterios de extracción en AMERB, favoreciendo a mediano plazo la conservación de las poblaciones de algas pardas, debido a que son cuidados con particular recelo y explotados de acuerdo con un estricto plan de manejo (Vega, et al., 2014).

Los indicadores ecológicos basados en parámetros poblacionales validan la sostenibilidad de la pesquería de algas pardas en AMERB debido a que la fracción adulta y reproductiva de la población es renovada anualmente por reclutamiento, con una producción de biomasa que representa un buen indicador del límite permisible para una explotación sostenible (Vega, et al., 2014). En contraste, cuando una población está caracterizada por juveniles y reclutas sugiere una alta presión de cosecha, asociado frecuentemente a malas prácticas en el proceso extractivo (Vega, et al., 2014). En algas pardas, es sabido que cuando las poblaciones pierden la capacidad de renovar la fracción adulta de la población pone en riesgo algunas funciones ecosistémicas asociadas a la productividad del bosque de algas pardas, entre las que destaca su rol como especie

fundacional e ingeniera de ecosistemas (Vega, et al., 2016). Recientemente, los indicadores de integridad ecológica han sido aplicados en las evaluaciones directas de algas pardas efectuadas en las regiones del norte de Chile, sugiriendo que las medidas y acciones implementadas en los planes de manejo para áreas de libre acceso han mejorado el estado de las poblaciones, por ejemplo, de huiro negro (González-Roca, et al., 2021), huiro palo (Vásquez, 2018) y huiro flotador (Westermeyer, et al., 2014).

Esta condición y su relación con las medidas de administración que restringen la explotación, a través de la aplicación de diversas medidas de administración pesquera fue usada para clasificar e identificar las regiones geopolíticas del país más aptas para implementar acciones de mitigación/adaptación al cambio climático. El supuesto detrás del índice de restricción de explotación (IRE) sostiene que una región geopolítica donde no hay explotación de algas pardas, estos huirales presentarían una mayor integridad ecológica, mientras que una región donde se explotan algas pardas sin ninguna o pocas medidas de administración pesquera tienen una menor integridad ecológica. Cabe destacar que la potencial presión de cosecha detectada por los indicadores ecológicos tiene consecuencias en los roles ecosistémicos que los bosques de algas pardas cumplen en la costa (Vega, et al., 2016).

En este contexto, las poblaciones explotadas de huiro negro y huiro palo ubicada en la zona norte de Chile tienen una mayor integridad ecológica en comparación con las poblaciones ubicadas en la zona centro y sur del país, debido a que cuentan con planes de manejo regionales, existen áreas de manejo y, en un menor porcentaje, áreas marinas protegidas que incluyen a las algas como objetos de conservación, y en consecuencia, el IRE es mayor en las regiones del norte de Chile; y por lo tanto, están más aptas para implementar acciones de mitigación/adaptación al cambio climático. En cambio, en la zona centro sur, las poblaciones explotadas de huiro palo y huiro negro no cuentan con planes de manejo, aunque existen AMERB que explotan algas pardas y algunas áreas marinas protegidas; esto supone mayor riesgo para resguardar la persistencia de la integridad ecológica de las praderas explotadas de huiro negro y huiro palo en áreas de libre acceso (Tabla 30).

En el caso del huiro flotador *Macrocystis pyrifera*, ocurre algo similar a lo descrito para huiro negro y huiro palo. Aunque, el huiro no es una especie objetivo en las áreas de manejo de la zona centro y sur de Chile. Cabe destacar que, en la zona austral, en la región de Magallanes existe un gran interés de parte de los pescadores artesanales por conservar los bosques en su estado natural,

sin explotación, o sea tener bosques de algas pardas ecológicamente íntegros. Por lo tanto, basado en este criterio y especie de alga parda, la región de Magallanes es una zona apta para implementar acciones de mitigación/adaptación al cambio climático (Tabla 30). Además, dado que, en las regiones de Arica y Parinacota a Antofagasta, no existe mayor interés por extraer este recurso, el que también se encuentra sometido a una veda, se identifica como un recurso con potencial de ser protegido en esta zona¹⁶.

Las poblaciones explotadas de cochayuyo en la zona centro y sur del país no cuentan con planes de manejo regionales. Aunque, en algunas regiones hay áreas de manejo y áreas marinas protegidas que tienen al cochayuyo como especie objetivo en el plan de manejo, esto no asegura la persistencia de la integridad ecológica de las praderas explotadas en las áreas de libre acceso (Tabla 30). No obstante, en la zona austral, particularmente en Magallanes, también existe interés por conservar los bosques de cochayuyo, manteniendo la integridad ecológica de estos ecosistemas marinos costeros.

Tabla 30. Índice de restricción de explotación (IRE) de las poblaciones de algas pardas basado en las medidas de administración pesquera implementada por región geopolítica del país. 4: región sin explotación de algas pardas, 3: región con plan de manejo de algas pardas y AMERB con algas pardas como especie objetivo; 2: región sin plan de manejo, pero con AMERB que tienen como especie objetivo las algas pardas; 1: región sin plan de manejo ni AMERB ni AMP. Fuente: elaboración propia.

Región	Huilo Negro	Huilo Palo	Huilo	Cochayuyo
AYP	3	3	3	
TPCA	3	3	3	
ANTOF	3	3	3	
ATCMA	3	3	3	
COQ	3	3	3	1
VALPO	2	2	1	1
LGBO	2	1	1	2
MAULE	1	1	1	2
NUBLE	1	1	1	1
BBIO	2	1	1	2
ARAUC	1	1	1	1

¹⁶ Opinión expresada en el taller realizado el 3 de noviembre de 2021, por parte de la profesional de la Unidad de Recursos Bentónicos de Subpesca, Srta. Nicole Maturana.

Región	Huero Negro	Huero Palo	Huero	Cochayuyo
RIOS	2	1	1	2
LAGOS	1	2	1	1
AYSEN			4	4
MAG			4	4

4.5.8 Identificación y selección de zonas con bosques de algas pardas relevantes para la mitigación y adaptación al cambio climático

Para identificar y seleccionar zonas con bosques de algas pardas relevantes para la mitigación y adaptación al cambio climático se realizó un análisis de la contribución del carbono azul estimado en este estudio, el desembarque anual valorizado, el ingreso anual bruto per cápita, el registro de los pescadores que participaron en la pesquería de algas pardas y el índice de integridad ecológica basado en las medidas de administración pesquera implementadas en cada región (Tabla 31).

En el marco del estudio el principal indicador observado para la identificación y selección de zonas (regiones) de bosques de algas pardas para la mitigación al cambio climático fue la contribución al carbono azul, para lo cual también se observó el nivel de actividad, representado por el desembarque anual valorizado, el número de personas que participan (RPA operativo) y dependen de estos recursos y los ingresos brutos anuales per cápita (IAB) generados. Lo anterior con el fin de analizar la viabilidad de las zonas identificadas para su selección, previendo posibles impactos de las medidas que se implementen; además, de definir las acciones necesarias en diversos escenarios.

En cuanto a la contribución de las algas pardas a la adaptación al cambio climático, para la identificación y selección de zonas relevantes, se observó principalmente el nivel de actividad que representan las algas pardas en cada región, con el fin de incorporar acciones que permitan un uso sustentable de estos recursos, teniendo en consideración el rol ecológico y servicios ecosistémicos que proveen estos ecosistemas.

Los bosques de algas pardas que más contribuyen al carbono azul están en la región de Magallanes (35% del total). En Magallanes, no hubo desembarque ni pescadores operando sobre alguno de los recursos algas pardas (Tabla 31), situación que se explica por la decisión tomada por los pescadores locales (ver punto 4.6.4 de este informe). La ausencia de pesquería genera un

escenario propicio para desarrollar medidas de protección de los bosques de algas pardas, salvaguardando los bienes y servicios ecosistémicos que ofrecen, en particular, la captura de carbono. Al fortalecer las medidas de administración y manejo vigentes en la región de Magallanes, por ejemplo, prohibiendo la explotación de algas pardas¹⁷, se conservaría la integridad ecológica de estos ecosistemas contribuyendo significativamente a la mitigación y adaptación al cambio climático. En este contexto, son de interés también los bosques de algas pardas de la región de Aysén, porque tienen una pesquería mínima y son ecológicamente íntegros (Tabla 31). Sin embargo, requieren urgentemente de estudios de cobertura y abundancia de algas pardas, muy necesarias para estimar la contribución de esta región al carbono azul nacional, dado que no se dispone de información.

Los bosques de algas pardas de las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo aportan cerca del 44% del total de carbono azul nacional; y también son las regiones que más contribuyen al desembarque (77% del total nacional), y donde más pescadores operan (55% del total nacional) entorno a esta pesquería (Tabla 31). Sin embargo, también las tres regiones cuentan con planes de manejo de algas pardas (i.e., regionales, locales), áreas de manejo (AMERB), y existen áreas marinas protegidas (i.e., Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, AMCP-MU Isla grande de Atacama). En general, distintas acciones implementadas en los planes de manejo regionales de Antofagasta, Atacama y Coquimbo han sido aplicadas y mejoradas por los comités de manejo (e.g., vedas, cuotas, cierre RPA, límite de extracción individual). Entre las recientes mejoras de los planes de manejo de Atacama y Coquimbo destaca el aumento de la fracción de la cuota de varado en desmedro de la extracción directa. Este tipo de acciones deben ser fortalecidas en los planes de manejo regionales, incorporando a la vez otras que apunten a la restauración de los ecosistemas, a través de técnicas de repoblamiento de algas pardas. Estas últimas medidas son estrategias que facilitarían la mantención de la integridad ecológica de los bosques de algas pardas, y de los bienes y servicios que estos ofrecen, así como la sustentabilidad de la pesquería.

En las regiones de Valparaíso y Biobío, los bosques de algas pardas también aportan una fracción (ca. 15% del total) al carbono azul nacional (Tabla 31). Tomando en cuenta el desembarque y el

¹⁷ En la sesión N°10 del 14/10/2021 del Comité de Manejo de recursos bentónicos de la región de Magallanes, se propuso una veda extractiva para este recurso por un periodo de 2 años, considerando que "hay 2.124 personas asociadas al recurso en diversas categorías (embarcación con araña, buzos/as, recolectores/as de orilla, pescadoras/es artesanales) las que podrían efectuar declaraciones del recurso" (Ver).

interés de los pescadores por participar en la pesquería de algas pardas (Tabla 31), se deberían implementar prontamente los planes de manejo, además de fomentar la instauración de AMERB. Cabe destacar que, durante la elaboración de los planes de manejo regionales o locales, sería conveniente considerar el aprendizaje y las experiencias obtenidas en la zona norte. Por ejemplo, reconociendo las particularidades territoriales de cada región. Todas estas medidas en su conjunto evitarían una potencial disminución de la integridad ecológica de los ecosistemas costeros que constituyen los bosques de algas pardas.

Finalmente, las regiones que tienen un aporte mínimo al secuestro de carbono, por ejemplo, en la zona centro y sur del país, también deberían incorporar planes de manejo regionales. Sin embargo, las acciones de esta medida de administración pesquera deberían apuntar preferentemente a mejorar la integridad ecológica de los bosques de algas pardas. Lo anterior, favorecería al principal uso directo que entregan estos ecosistemas, la pesquería de algas pardas (i.e., cochayuyo, huiro negro), así como de otros recursos pesqueros asociados (e.g., loco *Concholepas concholepas*, erizo *Loxechinus albus*, Lapa *Fissurella spp*). La recuperación y el manejo sustentable de la pesquería de algas pardas y de los recursos asociados son estrategias que permiten mantener los bienes y servicios que estos ecosistemas ofrecen, por lo tanto, se estaría contribuyendo de una manera importante a la mitigación/adaptación al cambio climático.

Tabla 31. Cuadro resumen de caracterización de las regiones en base al secuestro de carbono por los ecosistemas de algas pardas, desembarque anual, ingreso anual bruto per cápita, número de personas que participan en la pesquería (RPA operativo) e índice de restricción de explotación (IRE). Fuente: elaboración propia.

Región	Carbono Azul (t año ⁻¹)	Desembarque anual valorizado (millones de pesos)	IAB (MM\$/pesc)	RPA operativo	IRE ¹⁸
AyP	18	50	35,24	2	3
TPCA	253	5.151	20,82	321	3
ANTOF	4.114	15.272	35,57	660	3
ATCMA	3.259	24.864	51,28	958	3

¹⁸ Las categorías del IRE corresponden a, 4: región sin explotación de algas pardas, 3: región con plan de manejo de algas pardas y AMERB con algas pardas como especie objetivo; 2: región sin plan de manejo, pero con AMERB que tienen como especie objetivo las algas pardas; 1: región sin plan de manejo ni AMERB ni AMP. Fuente: elaboración propia.

Región	Carbono Azul (t año ⁻¹)	Desembarque anual valorizado (millones de pesos)	IAB (MM\$/pesc)	RPA operativo	IRE ¹⁸
COQ	6.406	15.017	35,88	635	3
VALPO	2.470	2.255	27,62	135	2
LGBO	175	620	7,01	200	2
MAULE	464	433	10,8	234	2
BBIO	2.211	2.752	23,42	1.125	2
ARAUC	-	17	0,17	102	2
RIOS	564	591	18,01	219	2
LAGOS	761	4.628	54,63	495	2
AYSEN	-	1	0,08	60	4
MAG	10.923				4

4.6 Objetivo específico c

4.6.1 Normativa general aplicable a algas pardas

El régimen de acceso a la explotación de recursos hidrobiológicos para la pesca artesanal es el de libertad de pesca, debiendo inscribirse en forma previa en el registro artesanal que lleva Sernapesca (Dto. 430, 1992, p. Art. 50°). No obstante, una vez alcanzado el estado de plena explotación de un recurso la Subsecretaría podrá suspender la inscripción en el registro por categoría de pescador artesanal y por pesquería en una o más regiones.

El registro pesquero artesanal (RPA) se creó el año 1991 con la promulgación de la Ley 18.892¹⁹, habilitando al pescador artesanal a realizar actividad pesquera solo sobre los recursos inscritos y en la región en que se inscribió. El número de pescadores artesanales inscritos en el RPA se ha triplicado desde el año 1993 al 2020, pasando de 31.327 a 93.743 pescadores; no obstante, solo una fracción de esos pescadores operan frecuentemente durante el año, pero se mantienen en los registros, permaneciendo una cantidad de pescadores que varía en cada región y pesquería que no ejercen habitualmente la actividad. A modo de ejemplo, de acuerdo con Sernapesca, el año 2019 operó solo el 70% de la flota pesquera artesanal (Sernapesca, 2020a), y en las

¹⁹ Ley 19.892, *Ley general de pesca y acuicultura*, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago, 1989. Disponible en línea <http://bcn.cl/2g75m> En el artículo 2°, numeral 20, define: "20) Registro nacional de pescadores artesanales o registro artesanal: nómina de pescadores y embarcaciones habilitadas para realizar actividades de pesca artesanal que llevará el Servicio por Regiones, Provincias, Comunas y localidades, y por categoría de pescadores y pesquerías, para los efectos de esta ley."

pesquerías de algas a nivel nacional se ha reportado la operación de solo un 13% del total de pescadores inscritos en esos recursos (Tapia, et al., 2016); y si se revisan las declaraciones de actividad (i.e. declaración de desembarque) llevadas oficialmente por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura se obtiene que solo un 51% de los inscritos registrarían operación el año 2020, debiendo ser incluso menor, porque hay una fracción de las tripulaciones que opera en más de una embarcación²⁰.

Este aspecto es un tema relevante, porque existe un potencial de esfuerzo pesquero (número de pescadores formales, con RPA) que no participan activamente de la pesquería de algas pardas, pero que podrían entrar al sistema. De hecho, Sernapesca de la región de Atacama reconoce que el RPA es obsoleto, con una alta vulnerabilidad, facilitando el “blanqueo” de la pesca ilegal, vulnerando el sistema de trazabilidad que lleva el Servicio (CMAP Atacama, 2020).

La Ley general de pesca y acuicultura (LGPA), en el Párrafo 3° De los planes de manejo, en su artículo 9°bis establece que “Para la administración y manejo de una o más pesquerías de recursos bentónicos de invertebrados y algas, la Subsecretaría podrá establecer un plan de manejo aplicable a todo o parte de una región o regiones”. Estos planes de manejo deberán contener al menos lo siguiente (Art. 8°, LGPA):

- a) Antecedentes generales de la pesquería,
- b) Objetivos, metas y plazos para mantener o llevar la pesquería al rendimiento máximo sostenible,
- c) Estrategias para alcanzar los objetivos y metas planteados, las que podrán contener:
 - i. Las medidas de conservación y administración,
 - ii. Acuerdos para resolver la interacción entre los diferentes sectores pesqueros involucrados en la pesquería,
- d) Criterios de evaluación del cumplimiento de los objetivos y estrategias establecidos,
- e) Estrategias de contingencia,

²⁰ Estimaciones en base a declaraciones de desembarque del año 2020 llevadas por el área de estadísticas pesqueras del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca) y suponiendo la operación de tripulaciones para el caso de buzos (i.e. asistente de buzo y remero).

- f) Requerimientos de investigación y fiscalización y
- g) Cualquier otra materia de interés para el cumplimiento del objetivo del plan.

Los planes de manejo referidos al Artículo 9ºbis, podrán considerar las siguientes medidas, además de las consideradas en la LGPA (e.g. vedas biológicas, extractivas, tamaño mínimo legal de extracción):

- a) Rotación de áreas de pesca,
- b) Criterios y limitación de la extracción,
- c) Traslocación y repoblación de recursos bentónicos,
- d) Técnicas de extracción o cosecha,
- e) Instalación de arrecifes artificiales,
- f) Buenas prácticas, sustentabilidad y recuperación de ecosistemas y
- g) Programas de educación y capacitación.

Un resumen general de las medidas de administración actualmente aplicadas a algas pardas se muestra en la Tabla 23, y en los siguientes puntos se describirán con mayor detalle los planes de manejo de algas pardas, regulaciones en regiones sin plan de manejo de algas y las AMERB con algas pardas como especies objetivo.

4.6.2 Planes de manejo de algas pardas

Los planes de manejo de las regiones de Arica y Parinacota (R.Ex. 3375, 2013), Tarapacá (R.Ex. 3320, 2013) y Antofagasta (R.Ex. 3344, 2013), poseen una estructura similar con los siguientes objetivos, metas, objetivos operacionales, puntos de referencia e indicadores de desempeño:

Objetivos del plan de manejo de algas pardas: Propender a la sustentabilidad a largo plazo de la pesquería de las algas pardas mediante una explotación ordenada y con énfasis en los aspectos biológico, económico y social.

Metas: 1) Mantener el stock adulto del recurso algas pardas en las áreas de libre acceso (ALA) a niveles iguales o mayores que el nivel sin cosecha, 2) Mantener el stock adulto del recurso algas pardas en zonas de operación, a niveles iguales o mayores que el nivel sin cosecha, 3) Aumentar al máximo el control de acceso a la pesquería de algas pardas en ALA, 4) Aumentar al máximo la calidad del alga seca desembarcada y 5) Aumentar al máximo las oportunidades de capacitación para aquellos recolectores de alga que dependen de la pesquería para su bienestar.

En estos planes de manejo se han definido criterios y límites de extracción para huiro negro, definida como extracción manual de plantas desprendidas naturalmente (i.e. está prohibido el barroteo o segado de algas) que se encuentren exclusivamente en el sector de playa de mar (i.e. no se permite la recolección de alga desprendida que se encuentre en pozones). Los límites de extracción se refieren a volúmenes máximos de recolección mensual de alga seca, los cuales varían en cada región.

Estos planes de manejo consideraron la creación de dos órganos subsidiarios del PM, (1) Grupo técnico asesor (GTA), compuesto por científicos o técnico-profesionales propuestos por las partes interesadas, siendo su integración voluntaria y ad-honorem; y (2) Comités locales de alqueros, cuyas funciones son al menos las siguientes:

- a) Organizar y colaborar con sus pares en la entrega de la información de desembarque.
- b) Organizar y colaborar con sus pares en la aplicación de buenas prácticas, sustentabilidad y recuperación de ecosistemas.
- c) Organizar y colaborar con sus pares en los programas de educación y capacitación requeridos por el plan de manejo.
- d) Colaborar y apoyar las medidas y controles adoptados por el Servicio y el personal de la Armada y Carabineros, para el cumplimiento de las disposiciones legales.
- e) Sugerir y solicitar a la Mesa²¹ las medidas de administración en su zona de operación.

En estos planes solo se permite la recolección de algas pardas, estando prohibida la extracción o remoción activa de algas (i.e. barroteo), estableciendo zonas de operación que restringen la actividad solo a estas zonas de libre acceso. Los pescadores artesanales que cumplan con los requisitos para participar en los planes de manejo en cada región deberán inscribirse en una de las zonas de operación definidas. No obstante, se podrá realizar remoción de algas si se cuenta con un plan de cosecha con un pronunciamiento positivo del GTA y se encuentre aprobado por la Subpesca. Este plan de cosecha no debe afectar la sustentabilidad del recurso y estará espacialmente acotado, cuyos límites deberán estar definidos en el respectivo plan.

²¹ La referencia a "Mesa" en el PM corresponde al Comité de Manejo de Algas Pardas de la región de Antofagasta.

En las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta se mantiene una veda extractiva para los recursos huiro negro, huir palo y huiro flotador hasta el año 2024 (D.Ex. 437, 2018); no obstante, el año 2020, excepcionalmente se levantó la veda de huiro palo por 60 días en la región de Antofagasta (DEXE202000109, 2020).

En la región de Atacama, existen dos planes de manejo de algas pardas, uno regional, el Plan de manejo de algas pardas de la región de Atacama (R.Ex. 2672, 2013), y otro acotado a la bahía Chasco que corresponde a un plan de manejo de huiro flotador (R.Ex. 2187, 2010; R.Ex. 2889, 2013).

En la Tabla 32 se muestran las medidas vigentes del Plan de Manejo de Algas Pardas de la región de Atacama, que incluyen una veda extractiva de 9 meses para el huiro negro y el huiro flotador (D.Ex. 62, 2019) y de 3 meses para huiro palo (DEXE202000079, 2020). Límites de extracción diario de 2,26 toneladas de huiro palo (húmedo) por embarcación (R.Ex. 1700, 2020); nóminas de pescadores por provincia (R.Ex. 3790, 2019) y separación de cuota de huiro palo en “solo varado” y “solo barreteado” (R.Ex. 440, 2020).

Tabla 32. Síntesis de medidas vigentes en el Plan de Manejo de Algas Pardas de la región de Atacama.

Medida	Descripción
Veda extractiva huiro negro	Enero, febrero, abril, mayo, junio, julio, agosto, octubre y noviembre (Decreto Exento N°62/2019).
Veda extractiva huiro palo	Octubre, noviembre y diciembre (Decreto Exento Folio DEXE202000079 01-10-2019).
Veda extractiva huiro flotador	Enero, febrero, abril, mayo, junio, julio, agosto, octubre y noviembre (Decreto Exento N°62/2019).
Límite máximo de extracción diario para huiro palo	Se establece un límite de extracción diario de 2,26 toneladas del recurso huiro palo en estado húmedo por embarcación imputable al buzo (Resolución Exenta N°1700/2020).
Nóminas de pescadores por provincia	Establece zonas por provincia en la región de Atacama (provincias de Chañaral, Copiapó y Huasco) y nóminas de pescadores artesanales, que podrán operar en toda la región, pero el alga extraída será imputada a la zona en la cual está inscrito (Resolución Exenta N°3790/2019).
Separación de cuota de huiro palo en “solo varado” y “solo barreteado”	Se determinó una distribución de la cuota en 40% solo varado y 60% solo barreteado (Resolución Exenta N°440/2020).

Las medidas vigentes en el Plan de Manejo de huiro flotador de bahía Chasco, región de Atacama se muestran en la Tabla 33, e incluyen un criterio de permanencia en el plan de manejo correspondiente a un mínimo de 50 días de operación durante un año calendario (R.Ex. 1249, 2015); operación autorizada solo de lunes a jueves de cada semana (R.Ex. 1391, 2016); un límite de extracción diaria de 2,5 t de huiro húmedo (R.Ex. 3320, 2018); y una veda extractiva el mes de julio para los años 2020 y 2021 (DEXE202000043, 2020).

Tabla 33. Síntesis de medidas vigentes en el Plan de Manejo de huiro flotador de bahía Chasco, región de Atacama.

Medida	Descripción
Criterio de permanencia en el plan de manejo	Para permanecer en el plan de manejo, en la nómina de pescadores autorizados, el pescador artesanal deberá cumplir con un número mínimo de días de 50 días operación en un año calendario (R.Ex. N°1249/2015).
Días de operación autorizados	Los días de operación serán de lunes a jueves de cada semana (R.Ex. N°1391/2016).
Límite de extracción diario	Se establece un límite de extracción diario de 2,5 toneladas de huiro flotador en estado húmedo (R.Ex. N°3320/2018).
Veda extractiva huiro flotador	Establece veda extractiva para el mes de julio de los años 2020 y 2021 (Decreto Exento Folio N° DEXE202000043/2020).

El plan de manejo de algas pardas de la región de Coquimbo (R.Ex. 2673, 2013), cuenta con una veda extractiva completa, todo el año, para huiro flotador (D.Ex. 543, 2018); de nueve meses para el huiro negro (D.Ex. 543, 2018); y de 2 meses para huiro palo (D.Ex. 29, 2020).

Además, establece límites máximos de extracción diario para huiro palo de 2,26 t para los buzos, y de 1,5 t para los recolectores de orilla, ambos en estado húmedo (R.Ex. 2448, 2020); y se separa la cuota de huiro palo en "solo varado" y "solo barreteado" (R.Ex. 951, 2020).

En otras regiones no existen planes de manejo formulados que consideren algas pardas, solo las tienen declaradas como especies objetivo en el caso del comité de manejo de la zona común de bahía de Ancud, que considera huiro negro, huiro flotador y cochayuyo, pero en una primera etapa ha priorizado otros recursos bentónicos, por lo tanto, las algas aún no forman parte del plan de manejo. En esta zona incluida en el plan de manejo de las pesquerías bentónicas de la bahía de Ancud, región de Los Lagos, existe una veda extractiva hasta el año 2023 para diversos recursos que incluyen al cochayuyo, huiro flotador y huiro negro (D.Ex. 32, 2020).

En el caso del comité de manejo de recursos bentónicos de la región de Magallanes y Antártica chilena, se incluye el cochayuyo, pero dicho plan aún no está formulado.

4.6.3 Manejo de algas pardas en regiones sin planes de manejo

En las demás regiones del país las algas pardas no están sometidas a medidas de administración especiales, tales como vedas o cuotas, siendo un tema de preocupación en algunas regiones por los niveles de extracción que se estarían realizando, tal como fue comentado por los profesionales de la Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura de la región de Los Lagos²² y por el encargado de pesca de la I. Municipalidad de San Juan de La Costa²³.

En estas regiones solo se encuentra cerrado el registro, restringiendo de este modo el ingreso de nuevos pescadores artesanales a la pesquería.

4.6.4 Situación de *Macrocystis pyrifera* en la región de Magallanes

En la región de Magallanes, donde existen grandes bosques de *Macrocystis pyrifera*, esta especie no forma parte de la nómina de pesquerías artesanales, en conformidad con lo establecido en la resolución respectiva (R.Ex. 3115, 2013); por lo tanto, no se realiza su extracción, aun cuando existen 2.124 personas asociadas al recurso en diversas categorías (embarcación con araña, buzos/as, recolectores/as de orilla, pescadoras/es artesanales) las que podrían efectuar declaraciones del recurso (CM RRBB Magallanes, 2021).

El año 2013, mediante Memorandum enviado por el Director Zonal de Pesca de dicho periodo, Ricardo Radebach, a la División de Administración Pesquera de Subpesca se comunicó la decisión de no explotar el alga *Macrocystis pyrifera* (Anexo 9), ya que se había instalado la empresa Algina S.A. en Porvenir haciendo uso de los beneficios otorgados por la Ley Navarino (Ley 18.392, 1985; Plaza, 2005), con el propósito de explotar el huiro con medios mecanizados. Sin embargo, esta iniciativa empresarial de explotación de huiro flotador no prosperó y la decisión de los pescadores artesanales implicó que esta especie no fuera incluida en la resolución 3115 que establece la

²² Entrevista realizada a través de la plataforma Zoom el día 4 de agosto de 2021.

²³ Comunicación realizada a través de correo electrónico.

nómina de pesquerías artesanales (R.Ex. 3115, 2013). En entrevista realizada a Ricardo Radebach y Gonzalo Garrido, profesional de la Dirección Zonal en ese periodo²⁴, comentaron que en dicha decisión fue relevante el rol protagónico de los investigadores regionales (científicos de la Universidad de Magallanes y del centro de investigación CEQUA) que destacaron el papel que cumplían estos bosques de algas en el ecosistema, poniendo de relieve su relación con pesquerías regionales tan importantes como la centolla, centollón y erizo. Sin embargo, aun cuando se cuenta con la firme determinación de los pescadores artesanales regionales – quienes han ratificado su decisión este año 2021, a través de carta enviada por el comité de manejo de recursos bentónicos (Anexo 10) y por el comité de manejo de crustáceos (Anexo 11), también hicieron ver la fragilidad de esta decisión si la condición de los recursos centolla, centollón y erizo presentan algún problema, ya que podría existir presión por cambiar esta decisión. Por lo tanto, es necesario generar una medida que dé mayores garantías de protección de estos ecosistemas de bosques de algas pardas, tal como un área protegida, y simultáneamente avanzar en la formulación de los planes de manejo considerando que están formados ambos comités de manejo, de centolla y centollón, y de recursos bentónicos de la región de Magallanes y Antártica chilena²⁵, de tal forma de mejorar el manejo de estos recursos y combatir la pesca ilegal. En este sentido, en entrevista sostenida con Claudio Vargas, profesional encargado de pesca artesanal en la Dirección zonal de pesca y acuicultura de la región de Magallanes y Antártica chilena, indicó que “cree que no se avanzado con mayor celeridad en la formulación del plan de manejo de crustáceos, debido a que los pescadores creen que podría quedar sobre regulada la pesquería”. Además, agregó que se requiere mejorar el nivel de información con que se cuenta para otras pesquerías, tales como la centolla, donde por ejemplo no se conoce el esfuerzo (i.e. número de trampas).

Un aspecto para considerar, dado que la no inclusión de *Macrocystis pyrifera* en la Res. 3115 no garantiza que no se realice extracción de este recurso, ya que hay 2.124 persona asociadas al recurso que podrían efectuar extracción del recurso, se acordó solicitar una veda extractiva para esta alga por un periodo de 2 años en el marco del Comité de Manejo de Recursos Bentónicos de la región de Magallanes y Antártica chilena, en la sesión N°10 de fecha 14 de octubre de 2021 (CM RRBB Magallanes, 2021).

²⁴ Entrevista realizada a través de la plataforma Zoom el día 6 de agosto de 2021.

²⁵ Antecedentes de los comités de manejo disponibles en <https://www.subpesca.cl/portal/616/w3-propertyvalue-38010.html>

Por otro lado, en entrevista sostenida con Alejandro Karstegl²⁶, quien por varios años estuvo a cargo de las pesquerías de crustáceos en Subpesca, señaló que los pescadores artesanales son un grupo fuerte en la región de Magallanes y defenderán sus pesquerías si alguna acción genera algún riesgo, y destaca esta condición como propicia para generar acciones tendientes a proteger estos ecosistemas.

Finalmente, Ricardo Radebach agregó que en la región de Magallanes hubo un fallo de la Contraloría General de la República dictaminó el año 2013, lo cual fue ratificado los años 2014 y 2016, que “no resulta posible desarrollar actividades acuícolas dentro del perímetro de un parque nacional y, por ende, otorgar concesiones de acuicultura, (...)” (CGR, 2013; 2014; 2016); situación que habría generado la discusión en la región si CONAF podía limitar el acceso de los pescadores artesanales, lo cual – a juicio de Radebach – podría ser un antecedente a tener en consideración para futuras medidas que se puedan implementar en la región de Magallanes, porque es necesario una mirada integral para lograr proteger los bosques de *Macrocystis pyrifera*, donde se consideren todas las pesquerías relevantes de la región, la cadena de valor, los planes de manejo, entre otros.

4.6.5 Áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos (AMERB)

Los desembarques de algas pardas provenientes de AMERB por región son mostrados en el capítulo donde se describe la pesquería (Figura 29, Figura 31, Figura 33 y Figura 35).

A nivel nacional, de acuerdo con información entregada por Sernapesca, a través de solicitud por transparencia, actualmente hay 217 AMERB que tienen algas pardas como especies objetivo (i.e. huiro negro, huiro palo, huiro flotador y/o cochayuyo). De estas 217 AMERB, 65 pertenecen a la región de Coquimbo, 35 a Atacama, 26 al Biobío, 19 a Tarapacá, 17 AMERB de cada una de las regiones de Antofagasta, Valparaíso y Los Lagos. Las demás regiones tienen 7 o menos AMERB con algas pardas como especie objetivo.

²⁶ Entrevista realizada a través de la plataforma Zoom el día 4 de agosto de 2021.

El huiro negro y huiro palo, son las especies que están incluidas en el mayor número de AMERB, con 167 y 151, respectivamente; el cochayuyo es especie objetivo en 46 AMERB; y el huiro flotador en 42.

El número de especies de algas pardas incluidas en las AMERB varía, encontrando que 36 AMERB poseen 3 especies de algas pardas como especies objetivo; con 2 especies, hay 117 AMERB; y 64 de ellas solo tienen una especie de alga parda considerada.

4.6.6 Áreas marinas protegidas (AMP)

El MMA destaca el liderazgo de las AMP en materia de conservación marina, considerando el área actualmente declarada. Las hectáreas protegidas en el ámbito marino tuvieron un fuerte incremento producto a la declaración de grandes áreas marinas protegidas a partir del año 2010 (Flores, 2019); no obstante, a nivel costero las AMP tienen una bajísima representación que corresponde al espacio donde se encuentran los bosques de algas pardas.

Este crecimiento de las AMP ha hecho evidente la necesidad de un alto nivel de coordinación; no obstante, esta coordinación es insuficiente y se dificulta por la dispersión de la normativa y de la institucionalidad, con más de once instituciones públicas con facultades (Figura 40) (Flores, 2019; WCS, 2018), a lo que se suman los vacíos de protección de ecosistemas, las brechas de manejo efectivo y la falta de financiamiento y mecanismos financieros que incentiven y soporten la conservación (Flores, 2019).

La ONG Wild Conservation Society (WCS), en el documento que aborda la sustentabilidad financiera de las áreas marinas protegidas (AMP), menciona que a partir de la revisión del marco legislativo y reglamentario para la gestión de las AMP, es evidente la falta de financiamiento el cual tiene un origen estructural, que radica en una institucionalidad fragmentada, y con atribuciones poco claras o insuficientes para la administración integral y coherente de las áreas (WCS, 2018); sin embargo, esta fragmentación en la gobernanza no sería exclusiva de las AMP según la CEPAL y la OCDE, sino que se observa a nivel más amplio de todas las áreas protegidas y la gestión de biodiversidad del país (CEPAL y OCDE, 2016).

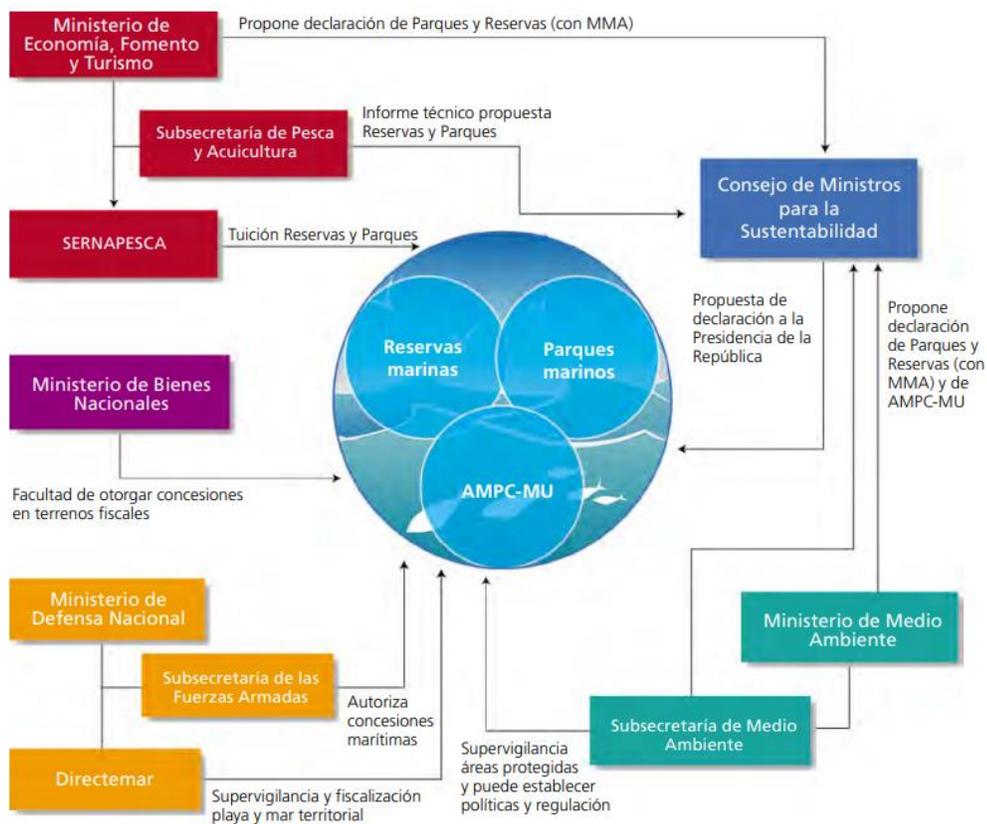


Figura 40. Instituciones involucradas en la creación, administración y supervigilancia de AMP en Chile (WCS, 2018).

Las algas pardas son consideradas objetos de conservación (OdC) en diferentes AMP, reconociendo la importancia de las algas pardas para los ecosistemas protegidos, siendo importante el estado de explotación en el cual se encuentran (Gaymer, et al., 2008; Ecolmar, s.f.). En las AMP de Seno Almirantazgo (D. 11, 2018) y Tortel (D. 18, 2048), los bosques de *Macrocystis pyrifera* son OdC; así como lo son *Lessonia trabeculata* y *Lessonia berteriana* en el AMCP-MU Isla Grande Atacama (D. 360, 2004); y en las reservas marinas de Isla Choros-Damas, región de Coquimbo e Isla Chañaral (Subpesca, 2004).

Las AMP, en la práctica, no son vistas como una medida de administración pesquera, sino que se le percibe como una alternativa para la conservación, basada primordialmente en la exclusión total o parcial de determinadas actividades; y no surgen como opción en la definición de medidas asociadas a recursos hidrobiológicos sujetos a explotación pesquera. Como se verá más adelante

(ver siguiente punto 4.6.7), la propuesta de modificación de la Ley de pesca – la denominada Ley bentónica – considera figuras destinadas a proteger determinadas áreas, pero con mayor flexibilidad, las denominadas “zonas de resguardo temporales”; y por otro lado, cuando se consulta en la encuesta en línea por la implementación de una red de AMP con prohibición de extracción de algas pardas, recibe un contundente apoyo (ver resultados en 4.6.8).

4.6.7 Proyectos de Ley relacionados con algas pardas

Actualmente se encuentra en trámite en el Congreso de Chile, el proyecto de modificación de la LGPA, conocido como Ley bentónica, correspondiente al boletín 12.535-21. Este proyecto de ley, en sus antecedentes señala “(...) las algas [macroalgas pardas, laminariales] tienen una importancia social relevante, dado que la recolección es realizada por alqueros y sus familias, quienes dependen total o parcialmente de estos recursos.”; “(...) las algas son ecológicamente importantes, dado que constituyen la base de cadenas tróficas bentónicas, constituyen hábitat y refugio, conformando zonas de reproducción, asentamiento larval y reclutamiento de numerosas especies de invertebrados y peces. (...) albergando otras especies de importancia económica y social (e.g. lapas, loco, erizos, peces).” (Boletín 12.535-21, 2019).

“Adicionalmente, [agrega] a partir de la ley N° 20.560, se reconoció la implementación de las llamadas mesas público-privadas y los respectivos planes de manejo bentónicos, los que constituyeron el primer esfuerzo por realizar un manejo participativo de las pesquerías nacionales. Esta herramienta fue posteriormente modificada por la ley 20.657, la cual introdujo cambios que se aplicaron indistintamente a todas las pesquerías nacionales, sin hacer distinción de las particularidades y el nivel de avance previo registrado en pesquerías bentónicas para las que incluso se contaba a la fecha de promulgación de la ley con 7 planes de manejo establecidos por resolución.”

Además, el proyecto de ley incluye lo siguiente: “Concordante con las recomendaciones realizadas por FAO, y a fin de avanzar en la materialización del enfoque ecosistémico, se contempla la posibilidad de decretar vedas respecto de más de una especie y se introduce, como nueva medida, el establecimiento de zonas de resguardo temporales.”, e incorpora en el artículo 2°, el numeral 79) que define “pradera de algas” como “agrupación de algas que naturalmente habita un espacio delimitable, forma parte de la población de una especie de alga y posee atributos

diferenciables de otras agrupaciones de la misma especie en el rango de su distribución natural, en términos de abundancia, expresada como densidad o cobertura, dentro de dicho espacio.”

Por otro lado, se modifica el artículo 9ºbis, agregando el literal h “Establecimiento de zonas de resguardo temporales en las cuales se restringirá la actividad pesquera extractiva sobre recursos bentónicos de acuerdo a los fines establecidos en el o los respectivos planes de manejo, donde se podrá realizar, investigación, monitoreo y acciones de manejo debidamente justificadas”.

Además, se agrega la posibilidad de “(...) establecer la presencia obligatoria de observadores científicos en embarcaciones, puntos de desembarque y plantas de proceso involucradas en el plan de manejo.”

En el informe de la comisión de intereses marítimos, pesca y acuicultura²⁷, en primer trámite constitucional se incluye: “Otro aspecto que está débilmente abordado es la pesca ilegal y el barroteo de algas. Observó que entre los antecedentes del proyecto de ley se cita la importancia que tienen las algas para el sector bentónico, sin embargo, la incorporación de problemas que afectan a este recurso, como la pesca ilegal y el barroteo, son omitidos en el proyecto de ley. Las algas son los bosques del océano y albergan gran cantidad de fauna marina.”

El senador Girardi incorporó la siguiente indicación, agregando el numeral 80) “Barroteo: La extracción del alga desde sus cimientos o raíz con cualquier aparejo de pesca.”; y el senador Pugh agregó que “el barroteo es una técnica que destruye el ecosistema. Viene de la época de las salitreras, cuando se perforaba la costra de caliche para poner explosivos y así poder extraer ese mineral. El mismo sistema de perforación, utilizando fierro para producir la extracción del alga, genera un daño tremendo; consideró adecuado regularlo en la forma propuesta por la indicación.”. Esta indicación se aprobó sin enmiendas.

“La Comisión recogió la idea y agregó un número 5) nuevo al artículo único, que inserta en la Ley General de Pesca y Acuicultura un artículo 5º ter, el cual contendrá la parte de esta indicación que consulta la prohibición del barroteo.”, quedando de la siguiente manera: “Artículo 5º ter.- Se

²⁷ Al estado de la tramitación de este proyecto de ley se puede acceder a través del siguiente link: https://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin_ini=12535-21

prohíbe el barroteo como forma de extracción de algas.”, el cual fue aprobado por unanimidad (5x0) en la comisión.

Por otro lado, tramitándose en forma simultánea, y en conocimiento de los senadores, dado que son los mismos que incorporaron indicaciones en la Ley bentónica, se generó el proyecto de ley que establece restricciones a la industria alguera en relación con el cambio climático. Este proyecto fue iniciativa de los senadores Guido Girardi Lavín, Isabel Allende Bussi, Ximena Órdenes Neira, Ricardo Lagos Weber y Jaime Quintana Leal, que establece normas medioambientales y de adaptación al cambio climático para la industria alguera (Boletín 21.758-12, 2019).

Esta iniciativa legal considera 18 artículos y se centra en la contribución de las algas, sin precisar cuáles, a la adaptación al cambio climático, promoviendo el establecimiento de áreas protegidas (Art. 3°); y en el Art. 5° se señala que se “(...) velará por la debida aplicación de las normas legales y reglamentarias sobre la explotación de algas marinas, las que se entenderán para todos los efectos legales como normas de carácter ambiental.”

El Art. 6°, inciso segundo señala que “Solo se podrán recolectar las algas que se encuentren varadas naturalmente en el borde costero y su movilización o extracción podrá realizarse única y exclusivamente con los implementos y herramientas que la autoridad competente autorice para sus efectos.”; el Art. 7° establece que “La extracción de algas pardas, solo estará permitida en aquellas áreas que cuenten con un plan de manejo. (...)”; y en el inciso tercero agrega que “Queda prohibido el "barroteo" como forma de recolección de algas. Se entenderá por barroteo la extracción del alga desde sus cimientos o raíz con cualquier aparejo de pesca. (...)”.

Por indicación del senador Quinteros, se propone una modificación de este artículo en su inciso segundo “El barroteo de recursos bentónicos solo estará permitido en áreas sometidas a un plan de manejo y en áreas de manejo de recursos bentónicos. Queda prohibido el barroteo en áreas libres y excepcionalmente estará permitido cuando el plan de manejo más cercano a dicha área así lo autorice. Dicha autorización deberá ser establecida conforme al procedimiento contemplado en el plan de manejo.”

En el inciso tercero del Art. 8° se señala que “Solo se permite la recolección de algas, que se hayan desprendido naturalmente y se encuentren en el sector de playa de mar, dentro de los

límites del plan de manejo. El que deberá fijar, los volúmenes máximos que se pueden recolectar diariamente.”

En el informe de la comisión de medio ambiente y bienes nacionales del Senado²⁸, de fecha 11 de septiembre de 2019 agrega en los “Antecedentes de hecho” que “(...) las investigaciones y los estudios realizados, en especial en el norte del país, arrojan una sobreexplotación de las algas pardas, a través de la técnica del barroteo, método que consiste en el uso de picos o palos para desprenderlas desde su punto de anclaje a la roca, sin dejar una parte del alga que posibilite su regeneración. Señala que esta nueva técnica desplaza la forma tradicional, mediante la cual se recolectaban solo aquellas especies que llegaban a la costa por efecto de las marejadas, lo que dotaba a la actividad de un carácter mucho más sustentable.”

Los autores de esta moción parlamentaria argumentan que “(...) actualmente, la actividad alguera se encuentra regulada, de manera genérica, en la ley N°18.892, General de Pesca y Acuicultura”, mencionando la aplicación del Artículo 5° por Sernapesca, la aplicación de diversas medidas de administración, los planes de manejo y la dificultad de la fiscalización y la pesca ilegal; no obstante, la propuesta de ley no deja claro cómo se contribuirá a resolver los problemas que con las herramientas actuales no se ha logrado (a juicio de los senadores autores del proyecto de ley).

“Finalmente, manifiestan que si bien a través de los planes de manejo de los recursos bentónicos se ha intentado establecer criterios de explotación a nivel regional, ellos no han sido respetados por los pescadores por no ser instrumentos vinculantes y no considerar una sanción en caso de incumplimiento.”

El senador Sandoval señaló que la instancia más idónea para tramitar este proyecto de ley era la comisión de pesca y acuicultura; ante lo cual el senador Girardi insistió que debe ser analizada en la comisión de medio ambiente, considerando los impactos que se generan en el ambiente. Prohens consideró necesario consultar a expertos y usuarios, y también a Subpesca.

²⁸ Al estado de la tramitación de este proyecto de ley se puede acceder a través de https://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin_ini=12758-12

Las indicaciones a este proyecto de ley²⁸, de fecha 18 de junio de 2021, incluyen "(...) propender a implementar zonas de resguardo de recursos algales en el marco de los planes de manejo vigentes para pesquerías bentónicas." (letra j, agregada a Artículo 1°C).

Esta iniciativa legal de los senadores, discutida en la Comisión de intereses marítimos, pesca y acuicultura del Senado, denota un desconocimiento de aspectos biológicos de las algas pardas, del funcionamiento de la pesquería y de todas las acciones que se han hecho y los avances que se han logrado en la administración de las algas pardas. En primer lugar, argumentar que la extracción de ejemplares completos de algas (sin indicar a qué especies se refieren) es una práctica no deseable, denota un claro desconocimiento de la biología de las algas, ya que en el caso de las especies pertenecientes al género *Lessonia* la remoción de ejemplares completos es lo recomendable, junto a otras prácticas a considerar en la extracción, las que se describen en detalle en este informe (ver punto 4.3).

4.6.8 Levantamiento de información de actores relacionados con la pesquería de algas pardas

El levantamiento de información a través de la encuesta en línea tuvo una participación de 47 personas, cuya representación se aprecia en la Figura 41, de los cuales hubo 7 pescadores artesanales.

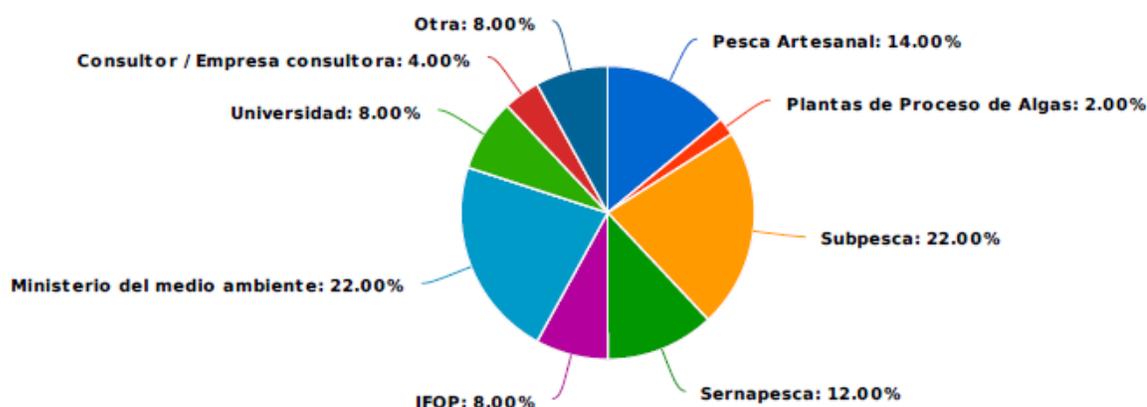


Figura 41. Sector o instituciones a los que pertenecen las personas que respondieron la encuesta (n=47).

Esta baja participación de pescadores artesanales se debió al ambiente existente al momento de aplicar el instrumento, producto de la discusión de las leyes analizadas en el punto anterior que

prohíben el barroteo, que en ese momento se había incorporado además como indicación al proyecto de Ley bentónica.

La desconfianza y el temor expresado por 17 pescadores artesanales contactados telefónicamente de las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo, se sustentaba en que tenían dudas de que la información generada pudiera contribuir a que estas iniciativas se aprobaran. Además, agregaron que es un tema de preocupación de sus bases y ellos (los dirigentes o integrantes de los comités de manejo de algas pardas) están viviendo la presión a diario. No obstante, al conversar sobre la iniciativa en el contexto de esta consultoría, los pescadores expresaron su interés por lograr un uso sustentable de las algas pardas, pero sin desconocer que es un recurso que hoy les está permitiendo generar los recursos económicos que requieren para vivir.

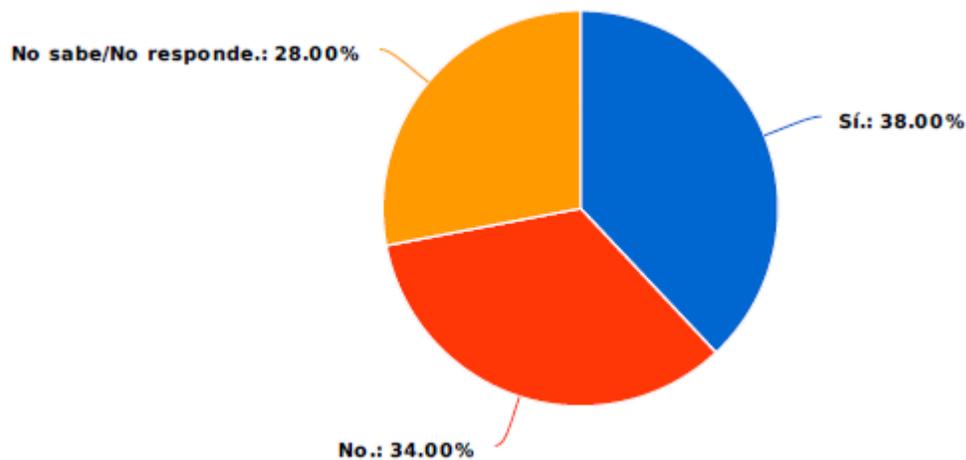


Figura 42. Respuesta dada a pregunta si los planes de manejo están resguardando el rol ecológico de las algas pardas.

De las 47 personas que respondieron la encuesta, un 38% cree que los planes de manejo contribuyen con el resguardo y protección de las algas pardas, considerando su rol ecológico (Figura 42). No obstante, al ampliar la pregunta a las áreas de libre acceso – sin plan de manejo – pero incluyendo las AMERB y AMP, la respuesta es mucho más marcada, con un 68% de personas que responden negativamente (Figura 43).

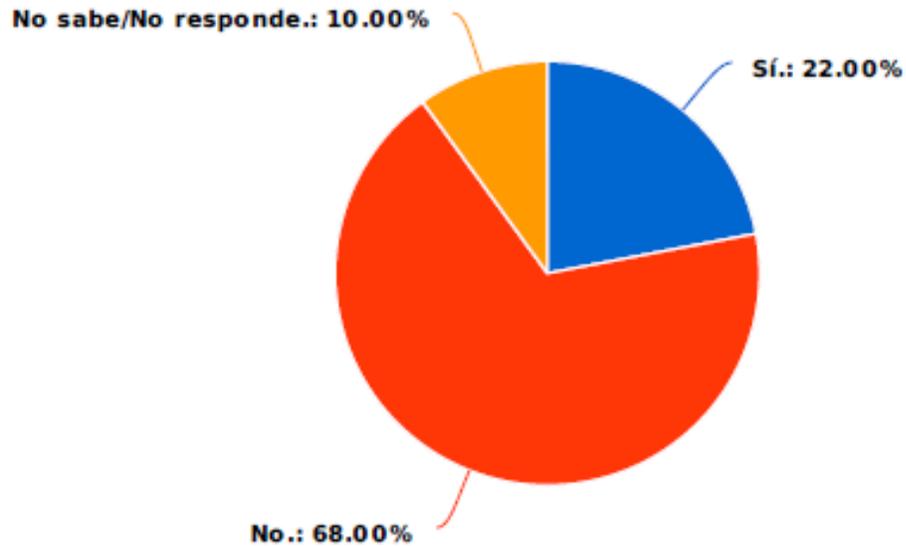


Figura 43. Respuesta a consulta si se protegen adecuadamente las algas pardas y su rol ecológico, considerando las áreas de libre acceso, AMERB y áreas marinas protegidas.

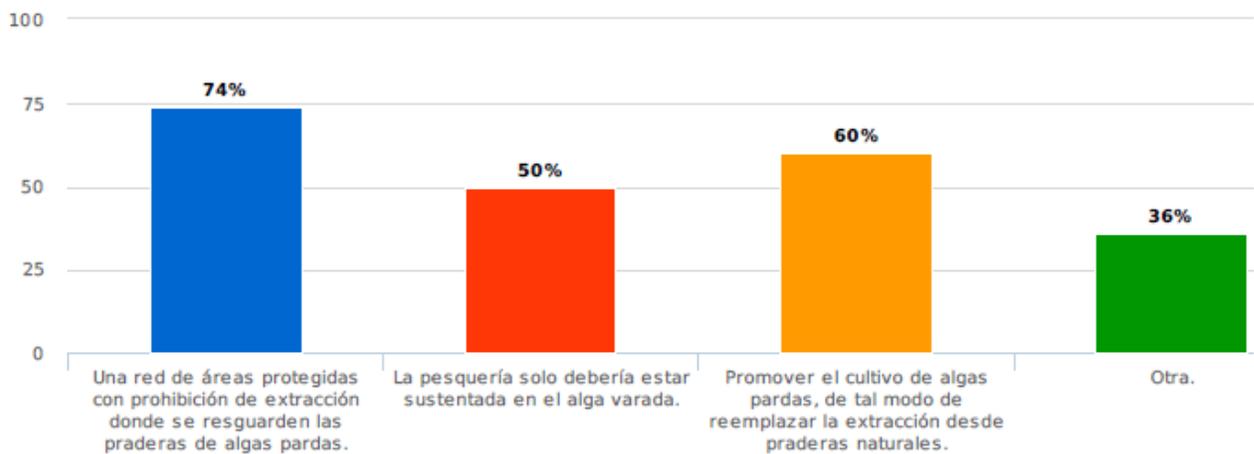


Figura 44. Preferencia ante consulta sobre diversas alternativas posibles de implementar para el manejo de las algas pardas.

Al confrontar a los entrevistados a diferentes alternativas a considerar para el manejo de las algas pardas, un 74% apoyó la implementación de una red de AMP con prohibición de extracción de algas pardas, seguida de la promoción de la acuicultura de estas especies con 60%, y la recolección de solo alga varada con 50% (Figura 44).

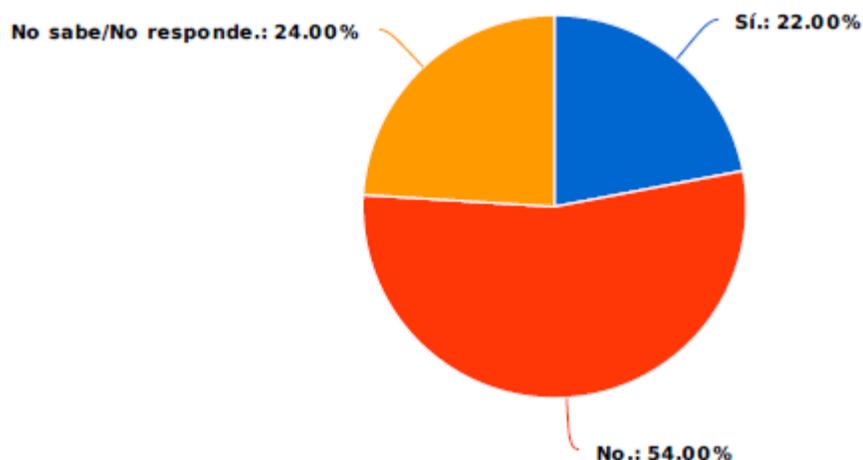


Figura 45. Respuesta ante la consulta si conoce los compromisos asumidos por Chile en el ámbito del cambio climático y las algas pardas.

Al consultar si conocían los compromisos del país en materia de cambio climático y algas pardas, un 54% respondió no conocer los compromisos asumidos por Chile y solo un 22% declaró conocerlos (Figura 45). Si se suma los que no saben o no responden, el porcentaje asciende a 78%, lo cual denota la falta o ineficacia de los medios de difusión existentes a nivel institucional, considerando el alto número de personas que respondieron que pertenecen a instituciones públicas relacionadas con el sector, que no deja de ser preocupante más aun cuando los compromisos asumidos por el país llevan consigo acciones que se requieren implementar a través de acciones concretas.

Los principales problemas levantados corresponden a la pesca ilegal, falta de recursos para fiscalización, ineficacia de los sistemas de control y la falta de estudios e información para tomar decisiones basadas en evidencia.

4.6.9 Levantamiento de información de científicos y ONG

El levantamiento realizado con científicos y ONG obtuvo una participación de 44 personas, de las cuales 7 declararon que los ecosistemas de carbono azul corresponden a su línea principal de investigación; 11, que es su línea secundaria; y 12 que es una línea de investigación incipiente (Figura 46).

Respuesta	Porcentaje		Cantidad
Línea principal.	15.91%		7
Línea secundaria.	25.00%		11
Línea de investigación incipiente.	27.27%		12
No forma parte de mis áreas de investigación.	31.82%		14
Total de respuestas			44

Figura 46. Respuesta dada ante la consulta del lugar que ocupan las algas pardas y el carbono azul en sus investigaciones.

Respuesta	Porcentaje		Cantidad
Sí.	65.91%		29
Solo algunas especies en algunas regiones de Chile.	20.45%		9
No.	9.09%		4
No sé, ya que no forma parte de mi área de investigación.	4.55%		2
Total de respuestas			44

Figura 47. Respuesta a consulta si las algas pardas conforman ecosistemas de carbono azul.

La respuesta ante la consulta si las algas pardas conforman ecosistemas de carbono azul, hubo una respuesta mayoritaria positiva de un 66% y un 20% consideró que solo algunas especies de algas pardas (Figura 47). Sin embargo, quienes respondieron en forma negativa argumentan que con la información disponible es demasiado prematuro e incierto aventurar una respuesta, siendo necesario realizar investigación que permitan evaluar el real aporte de las algas marinas – algas pardas – en el secuestro de carbono.

Al consultar por los servicios ecosistémicos provistos por los bosques de algas pardas, el que obtuvo mayor prioridad fue la mitigación del cambio climático por la captura de CO₂, seguido del servicio de aprovisionamiento (seguridad alimentaria), con 34% y 27%, respectivamente (Figura 48).

Respuesta	Porcentaje	Cantidad
Aprovisionamiento (seguridad alimentaria).	27.27%	12
Mitigación del cambio climático (captura de CO ₂).	34.09%	15
Protección de la costa ante eventos extremos.	18.18%	8
Regulación (amortiguación de eventos de desoxigenación, acidificación, remediación).	13.64%	6
Soporte cultural (actividad pesquera artesanal, turismo).	6.82%	3
Total de respuestas		44

Figura 48. Respuesta a consulta sobre la prioridad de los servicios ecosistémicos provistos por los bosques de algas pardas.

En relación con las líneas de investigación más prioritarias, las respuestas mayoritarias fueron dirigidas a desarrollar la acuicultura, con un número alto de investigadores que califican esta área como imprescindible (19 investigadores). Le sigue en prioridad la investigación del aporte de los bosques de algas pardas a la mitigación el cambio climático, seguido de la investigación en metodologías de restauración de ecosistemas de carbono azul y estudios de productividad primaria de algas pardas.

Al consultar por los forzantes que determinan qué se investiga, un 59% respondió que depende directamente de la disponibilidad de fondos; un 18%, de los temas impuestos por los propios fondos; un 16%, de la decisión de los propios investigadores; y solo un 7% respondió que la

decisión de qué investigar es determinada (o influenciada) por las necesidades de la administración del recurso algas pardas.

Ante la consulta sobre cuánto afecta el secuestro de carbono si se extrae el alga varada en playa o desprendida y acumulada en pozones, la respuesta mayoritaria fue que el efecto es muy poco o nada (43%); un 18%, respondió que el efecto es medio o mucho; y un 39% respondió que no sabe.

Consultados si conocen los compromisos asumidos por Chile en materia de cambio climático y algas pardas, solo 7 (16%) respondieron conocerlos, con un 45% que respondió no conocerlos y un 39% que no sabe o no responde (Figura 49).

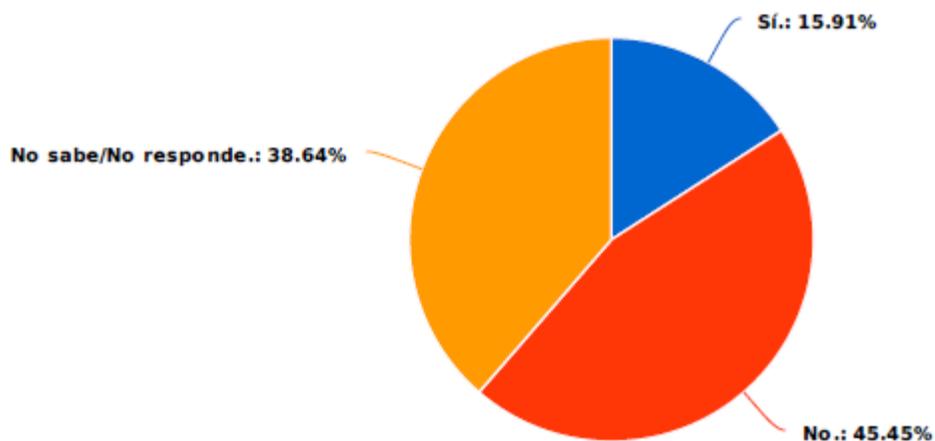


Figura 49. Respuesta ante la consulta si conocen los compromisos asumidos por Chile en materia de cambio climático y algas pardas.

4.6.10 Entrevistas aplicadas a profesionales del MMA, Subpesca y MINREL

En las entrevistas realizadas dos temas fueron los centrales que se consultaron, que correspondieron a la existencia de mecanismos, procedimientos o instancias de coordinación interna, es decir coordinación entre unidades al interior de la propia institución; y por otro lado, sobre los mecanismos, procedimientos o instancias de coordinación interinstitucional.

En todas las entrevistas se planteó la inexistencia de mecanismos formales, institucionalizados de coordinación interna, lo cual genera que los diversos compartimentos o unidades al interior de la institución (i.e. MMA o Subpesca) no conozcan todas las iniciativas que se están desarrollando, señalando que muchas veces tampoco existen directrices que orienten el quehacer institucional.

Un aspecto comentado por los profesionales del MMA, en relación con la actuación de la Contraloría General de la República (CGR), fue destacado, ya que podría generar contextos de mayor dinamismo y cumplimiento, al estar auditando los diversos programas de adaptación al cambio climático.

Desde el Ministerio de relaciones exteriores (MINREL) se planteó que existe una fragmentación de la administración, con muchas unidades que trabajan sectorialmente, pero no unificadamente. La creación de instancias de coordinación interministeriales busca apoyar el quehacer entre diversas instituciones, tales como el Consejo de Ministros para el Desarrollo de la Política Oceánica, de la cual se desprenden ciertos comités como el comité de implementación de áreas marinas protegidas, debido al bajo nivel de planes de manejo que existen.

En este sentido, el financiamiento también es un tema de interés para el MINREL, y en esta línea lo que se está trabajando es en sistemas o líneas de financiamiento que integren diversas fuentes, tanto públicas como privadas. Además, un tema que se está trabajando es en el desarrollo e nuevas formas de monitoreo y vigilancia de AMP, con un fuerte impulso en el uso de tecnologías.

A nivel de coordinación interinstitucional, si bien existen las instancias comunicadas por el MINREL, en la práctica se perciben importantes brechas en este ámbito, lo cual dificulta la implementación de acciones en el marco de los compromisos asumidos por el país en materia de cambio climático, y en particular en lo referido a algas pardas.

4.6.11 Análisis de eficacia de las medidas de administración aplicadas en la pesquería de algas pardas

Para analizar la eficacia, entendida como la proporción en términos porcentuales del resultado alcanzado respecto del resultado previsto, se requiere disponer de datos que den cuenta de la línea base, los cambios logrados y la métrica de los resultados esperados. Esta información no está disponible para realizar un análisis de eficacia de las medidas de administración, por lo que

se realizará un análisis de las medidas de administración existentes y el objetivo de dichas medidas, relacionándolas con las amenazas que enfrentan las algas pardas.

Las medidas de administración o medidas de manejo pueden ser clasificadas en tres tipos (Hindson, et al., 2005):

- 1) Medidas de producción – controlan la cantidad de esfuerzo de pesca, ej. mediante la limitación de:
 - acceso a las pesquerías – como por medio de licencias;
 - el tamaño y potencia de los botes; o
 - la cantidad de tiempo de cada mes que un bote puede pescar.
- 2) Medidas de resultados – controlan la cantidad de peces capturados, ej. mediante el establecimiento de:
 - cuotas individuales sobre el peso de los peces desembarcados por cada bote; o
 - una captura total anual permisible para la pesquería
- 3) Medidas técnicas – controlar dónde, cuándo y cómo se pueden capturar los peces, ej.:
 - áreas cerradas para pesca;
 - temporadas cerradas para pesca; o
 - el tamaño de las redes utilizadas, o el tamaño de los peces que se pueden desembarcar, o los tipos de buques o artes que se pueden utilizar.

En este contexto, las regiones que cuentan con planes de manejo disponen de una serie de medidas que incluyen:

- 1) Vedas extractivas,
- 2) Límites de extracción diario o mensual,
- 3) Días de operación,
- 4) Cuota,
- 5) Separación de cuota entre varado y barreteado.

Por otro lado, las amenazas que enfrentan las algas pardas incluyen:

- 1) Pesca ilegal,
- 2) Incumplimiento de normativa (por parte de usuarios formales de la pesquería),
- 3) Pesca (legal),

- 4) Fiscalización insuficiente / inefectiva,
- 5) Estado de otros recursos pesqueros,
- 6) Bajas barreras de acceso,

A partir de esta información se construyó un cuadro donde se incluyeron las amenazas y las medidas implementadas que estarían contribuyendo a atacar la amenaza identificada (Tabla 34).

Tabla 34. Cuadro de amenazas de las algas pardas y las medidas de administración implementadas.

Amenaza	Medida	Observación
Pesca ilegal	Fiscalización en base a análisis de riesgo. Cuotas de extracción (en regiones de Atacama y Coquimbo, separando alga varada y barreteada/segada).	El control de las cuotas en las plantas de proceso podría contribuir a enfrentar la pesca ilegal, ya que éstas algas deben ingresar a plantas de proceso (con excepción de cochayuyo). Las sanciones deben ser suficientes para desincentivar la acción ilegal. Se requiere mejorar las acciones de fiscalización; no obstante, la fiscalización insuficiente también se identifica como una amenaza.
Incumplimiento de normativa (de pescadores formales / legales)	Fiscalización en base a análisis de riesgo.	Idem pesca ilegal
Pesca (legal)	Cuotas de extracción (en regiones de Atacama y Coquimbo, separando alga varada y barreteada/segada). Límites de extracción diario o mensual. Días de operación. Fiscalización en base a análisis de riesgo.	La distribución de la cuota en términos temporales y espaciales, además de la separación en varado y barreteado contribuye a la mantención de las algas, y contribuye a disminuir la presión por el aumento de cuotas.

Amenaza	Medida	Observación
		Este aspecto es sensible a la existencia de un número de pescadores (algueros) legales que cuentan con RPA que podrían decidir participar de forma más activa en la pesquería.
Fiscalización insuficiente / inefectiva	Fiscalización en base a análisis de riesgo.	No solo se requieren más recursos económicos, también se requiere mejorar el uso de datos (inteligencia de datos) e incorporar tecnología.
Estado de otros recursos pesqueros (deterioro)	Planes de manejo de otras especies, medidas de administración.	El deterioro de otras pesquerías lleva a aumentar la dependencia sobre las algas pardas. Este es un tema central, porque la explotación de las algas pardas afecta el hábitat de otras especies de interés comercial generando un círculo vicioso.
Registro pesquero artesanal: existencia de pescadores formales como esfuerzo potencial	Cierre de registro de pesquero para especies de algas pardas. Exclusión de <i>Macrocystis pyrifera</i> de la resolución exenta N°3115/2013 que establece nómina de pesquerías artesanales.	En planes de manejo con escala menor a la regional es posible considerar criterios de permanencia, lo cual permite excluir a los pescadores que presentan baja habitualidad (e.g. PM de bahía Chasco). No obstante, para resolver el problema de fondo se deben hacer modificaciones legales que tendrán alta resistencia por el riesgo de perder derechos adquiridos.

Amenaza	Medida	Observación
Bajas barreras de acceso	RPA / Cierre de registro. Asignación de derechos de uso territorial: AMERB. Áreas marinas protegidas.	Aspecto difícil de abordar, ya que es utilizado como salida "política" ante situaciones de cesantía u otros problemas sociales. Se podría recurrir a asignación de derechos de uso territorial (i.e. AMERB) u otras medidas de protección, tales como AMP.

Como se aprecia en el llenado de la Tabla 34, hay amenazas que requieren acciones que exceden las medidas de manejo, siendo necesario modificaciones legales, inyección de recursos económicos, generación de capacidades (e.g. capacitación a órganos fiscalizadores) o incorporación de tecnología. Un forzante en la dinámica de la extracción de algas pardas es el precio de primera transacción o precio playa que incentiva el ingreso de más agentes extractivos, así como la pesca ilegal (González, et al., 2002; Márquez & Vásquez, 2020; Campos, et al., 2021).

Por otro lado, diversos estudios dan cuenta de la juvenilización de las praderas, fenómeno que es más evidente en áreas de libre acceso que en AMERB o AMP (Vega, et al., 2014). En relación con lo anterior, las AMP son una alternativa para proteger determinadas zonas para resguardar los ecosistemas de algas pardas. Las AMP corresponden a herramientas de gestión ampliamente recomendadas para la gestión de pesquerías (Berkes, et al., 2003; Berkes, 2007; FAO, 2012; Burgos & Fernández, 2014; Ramos-Esplá, et al., 2004); no obstante, la implementación de un AMP, en menor o mayor medida incluye acciones de exclusión; es decir, implican una denegación del uso de recursos naturales que históricamente han sido utilizados por algunos actores, lo cual genera un debilitamiento de los vínculos simbólicos con el medio ambiente, debilitando o destruyendo el tejido social, las economías locales y los medios tradicionales de subsistencia (Mardones, 2018). Lo anterior, también fue planteado por los profesionales de la Subpesca, señalando que las AMP son demasiado rígidas y generan resistencia entre los usuarios (principalmente los pescadores artesanales) y se espera que la creación de las "zonas de resguardo temporal" incluidas en el proyecto de ley conocido como Ley bentónica (Boletín 12.535-21, 2019), sea una alternativa a las AMP.

La actividad de recolección o extracción de algas pardas, dadas las bajas barreras de acceso, sumadas a situaciones de cesantía u otros problemas sociales que pueden ocurrir en las regiones, se transforman en una actividad a la cual echan mano muchas autoridades nacionales o locales, para resolver problemas, siendo una típica actividad extractivista, con precariedad en el empleo, degradación ambiental y desigualdades (Márquez & Vásquez, 2020).

Otra amenaza corresponde a la introducción de especies exóticas o invasoras, para lo cual se requiere que los sistemas de control y vigilancia operen eficientemente. En este sentido, este año 2021, ocurrió una introducción ilegal de la macroalga parda *Saccharina japonica* realizada por la empresa Algas Tower SpA (R.Ex. N° DN-00718/2021, 2021). Esta introducción fue detectada por una denuncia ciudadana que fue recibida el 10 de noviembre de 2020 por la Dirección Regional de Sernapesca de la región de Los Lagos, realizando una fiscalización documental y luego una inspección *in situ*, donde se tomaron muestras las que fueron analizadas por IFOP indicando que “correspondía a una especie de macroalga parda no descrita para las costas de Chile (...) [con una] morfología típica de alguna especie de los géneros *Laminaria* y *Saccharina*”. En vista de la imposibilidad de identificar la especie, en enero de 2021 se inspeccionó el cultivo para tomar muestras del alga para realizar ensayos genéticos, y en abril de 2021 se constató que las muestras “maduraron y se tornaron reproductivas”, gatillando la emergencia de plaga, después de 4 meses, por un periodo de 30 días en un perímetro de 2 km en relación con la concesión que incurrió en la introducción ilegal de esta especie. Luego, el 13 de mayo de 2021 se resolvió la recolección, eliminación y destrucción de los ejemplares de *S. japonica* presentes en la concesión de acuicultura (R.Ex. 226, 2021).

La reacción ante esta introducción de esta especie de alga fue lenta y ha puesto en riesgo el ecosistema de la zona donde se realizó el ilícito, lo cual ocurrió a pesar de que la propia Subpesca habría alertado de los riesgos generados por la introducción de *S. japonica* durante la ejecución del proyecto FIP 2004-25 (Campalans, et al., 2005) indicando que “Las condiciones ambientales de la zona sur de Chile, son favorables para el asentamiento de la especie” y “La especie presenta una fase gametofítica microscópica; [por lo que] su erradicación ante un eventual escape es técnicamente imposible”. Los resultados de este estudio reportan un riesgo alto por la introducción de esta especie de macroalga.

Conforme con lo antes dicho, la protección de los ecosistemas de algas pardas – ecosistemas de carbono azul – requiere de un enfoque integral, lo cual demanda un nivel de coordinación a

diversos niveles institucionales y entre instituciones, lo cual ya se describió como uno de los problemas detectados.

Desde la perspectiva del manejo de la pesquería de algas pardas, econsiderando la importancia ecológica de las praderas de macroalgas, en las cuales las alteraciones ecológicas pueden ser apalancados por la alteración de la composición de la pradera, aún en una condición de bienestar de ella, existe el cuestionamiento si los mismos puntos de referencia poblacionales tradicionales son los apropiados (Techeira, et al., 2020), ya que es necesario resguardar las funciones ecosistémicas provistas por estos ecosistemas; sin embargo, las actuales medidas de administración, solo estarían resguardando la pesquería, pero no los servicios ecosistémicos, lo cual se expresa en el deterioro de las praderas y la pérdida de la función ecológica, sumado a la falta de información para la toma de decisiones en base a evidencia científica (Campos, et al., 2021).

Sin embargo, en la actualidad IFOP está ejecutando el proyecto FIPA 2020-34 "Propuesta de diseño e implementación de un plan de monitoreo del estado y de la actividad extractiva de las de algas pardas en el área marítima de la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Coquimbo" cuyo objetivo general es "Implementar y evaluar un diseño de monitoreo de indicadores poblacionales, pesqueros, sociales y económicos básicos, asociados a la pesquería de algas pardas de los recursos huiro negro, huiro palo y huiro flotador en las regiones que van desde Arica y Parinacota hasta Coquimbo y el sector de Bahía Chasco, que permita evaluar y proponer medidas de administración y manejo, con la menor incertidumbre posible"; y para la zona centro sur, está en proceso de licitación el proyecto FIPA 2021-25 "Diseño e implementación de la red de monitoreo de macroalgas en las Regiones de OHiggins, Maule, Ñuble, Bibío y la Araucanía".

4.6.12 Análisis de actores

Para realizar el análisis de actores se identificaron actores institucionales y del sector privado, relacionados con el sistema de algas pardas, considerando diversos ámbitos de acción que incluyen ser usuario directo de dichos recursos (i.e. pescadores artesanales: buzos y recolectores de orilla y plantas de proceso de algas) u otros recursos pesqueros que dependen de dichos hábitats (i.e. pescadores artesanales de recursos bentónicos: buzos y recolectores de orilla), administradores del recurso pesquero y sus ecosistemas (i.e. Subpesca y MMA, en ambos casos

diversas unidades de nivel central y regionales), instituciones que disponen de financiamiento para investigación o estudios (i.e. Dipres, Ministerio de ciencias, Gobiernos regionales), instancias de decisión en el manejo de recursos pesqueros (i.e. comités de manejo de algas pardas y de recursos bentónicos). La descripción de los actores es a nivel genérico, ya que podrán existir diferencias en los actores locales; sin embargo, lo relevante es describir las funciones y atribuciones que tienen (Tabla 35).

Tabla 35. Listado de actores considerados en el análisis, donde se incluye una descripción detallada de ellos.

Nombre	Nombre abreviado	Descripción
Ministerio del medio ambiente – Cambio climático	MMA_CC	El Ministerio del Medio Ambiente de Chile, es el órgano del Estado encargado de colaborar con el presidente de la República en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa. En lo específico con el cambio climático, la Oficina de Cambio Climático, participa en instancias relacionadas con CC, tanto internacionales como nacionales, así como en la elaboración de documentos técnicos relacionados con los procesos de toma de decisiones.
División de recursos naturales y biodiversidad	Div_RRNN	División del MMA, que contiene diversos departamentos entre los cuales se encuentra el departamento de áreas protegidas, ecosistemas acuáticos, conservación de especies y políticas y planificación de la biodiversidad.
Seremi MMA	Ser_MMA	Representante del MMA en regiones. Responde a las definiciones del nivel central del MMA. Cuenta con atribuciones para acciones de incidencia regional en materia ambiental, tales como definición de AMP.
Subpesca- Unidad de áreas marinas protegidas y cambio climático	Subpesca-AMP y CC	Unidad recientemente creada en Subpesca. Tiene incidencia en decisiones relacionadas con las AMP y cambio climático. Participa como contraparte técnica en proyectos relacionados con las temáticas señaladas, con el Plan de Adaptación al Cambio Climático para la Pesca y Acuicultura (PACCPA).
Subpesca- Unidad de recursos bentónicos	Subpesca-URB	Unidad que forma parte de la División de Administración Pesquera y del Departamento de Pesquerías. Tiene a cargo la administración de recursos bentónicos y en este contexto las algas pardas. Participa en los Comités de Manejo, interactúa con el CCTB, entre otras instancias. Elabora informes técnicos para fundamentar técnicamente la toma de decisiones (medidas de administración).
Direcciones zonales de pesca y acuicultura	DZPA	Las direcciones zonales de pesca y acuicultura corresponden a la representación en regiones de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, cuya misión institucional es regular y administrar la actividad pesquera y de acuicultura, a través de políticas, normas y medidas de administración, bajo un enfoque precautorio y ecosistémico que promueva la conservación y sustentabilidad de los recursos hidrobiológicos para el desarrollo productivo del sector.

Nombre	Nombre abreviado	Descripción
Servicio nacional de pesca y acuicultura (Nivel central)	Sernap_NC	El Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura es una entidad dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, cuya misión es “contribuir a la sustentabilidad del sector y a la protección de los recursos hidrobiológicos y su medio ambiente, a través de una fiscalización integral y gestión sanitaria que influye en el comportamiento sectorial promoviendo el cumplimiento de las normas”.
Servicio nacional de pesca y acuicultura (Direcciones regionales)	Sernap_DR	A nivel regional, Sernapesca tiene las atribuciones definidas para la instancia nacional. Participa en la fiscalización y diferentes instancias, tales como comités de manejo.
Pescadores artesanales bentónicos y recolectores de orilla	PART_B-O	Pescadores artesanales, conformados por armadores, buzos y recolectores de orilla, buzos apnea y algueros, que realizan actividades de extracción y/o recolección de algas pardas.
Integrantes privados de Comité de Manejo de algas pardas	CMAP	Representantes de la pesca artesanal y de las plantas de proceso en los comités de manejo (CM) de algas pardas (CMAP). Los CM son órganos asesores de la subsecretaría de pesca y acuicultura en la elaboración, implementación, evaluación y adecuación del plan de manejo (D.95, 2013 Art.13).
Integrantes privados de Comités de Manejo de recursos bentónicos	CMRB	Representantes de la pesca artesanal y de las plantas de proceso en los comités de manejo (CM) de recursos bentónicos (CMRB). Los CM son órganos asesores de la subsecretaría de pesca y acuicultura en la elaboración, implementación, evaluación y adecuación del plan de manejo (D.95, 2013 Art.13).
Comité científico técnico de recursos bentónicos	CCTB	Son organismos asesores y/o de consulta de la Subsecretaría en materias científicas relevantes para la administración de las pesquerías y de acuicultura, creados a partir de la Ley N° 20.657
Investigadores	Invest	Científicos que desempeñan sus investigaciones en Universidades, Centros de Investigación u otros similares. En este análisis está acotado a científicos relacionados con las algas pardas y otras áreas relacionadas con el carbono azul. Se consideran como personas o grupos de investigación y no como instituciones, porque en general existe libertad de investigación y actúan con autonomía respecto de las instituciones a las que pertenecen.
Ministerio de ciencia, tecnología, conocimiento e innovación	Min_Ciencia	Tiene la función de asesorar y colaborar con el Presidente de la República en el diseño, formulación, coordinación, implementación y evaluación de las políticas, planes y programas destinados a fomentar y fortalecer el sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, orientándolo a contribuir al desarrollo sostenible del país y a la generación de conocimiento como resultado de investigación de base científico-tecnológica.

Nombre	Nombre abreviado	Descripción
Ministerio de relaciones exteriores	MinRel	Su rol es contribuir a la formulación de la política exterior de Chile, conduciendo y coordinando su implementación a través de su estructura organizacional y la interacción de actores públicos y privados, para velar por los intereses del país y sus connacionales en su relacionamiento con el mundo. Participa en el establecimiento de compromisos ambientales en el ámbito internacional, incluidos los compromisos en cuanto a soluciones basadas en la naturaleza.
Gobiernos regionales	GORE	Los Gobiernos Regionales son los organismos encargados de la administración superior de la región. Se preocupa por el desarrollo armónico y equitativo del territorio, impulsando su desarrollo económico, social y cultural, tomando en cuenta la preservación y mejoramiento del medio ambiente y la participación de la comunidad. Administran recursos que podrían ser destinados a temas de interés para el sistema de algas pardas.
Dirección de presupuestos	DIPRES	La Dirección de Presupuestos, dependiente del Ministerio de Hacienda, es el organismo técnico encargado de velar por la asignación y uso eficiente de los recursos públicos, mediante la aplicación de sistemas e instrumentos de gestión financiera, programación y control de gestión, en el marco de la política fiscal.

Los resultados del análisis de la comunicación entre los actores identificados se muestran en la Tabla 36 y Figura 50, donde se puede apreciar que los mayores niveles de comunicación se dan entre actores vinculados con la administración de las algas pardas en materia pesquera (i.e. Subpesca-URB, DZPA, direcciones regionales de Sernapesca y los comités de manejo de algas pardas (CMAP)). En contraste a lo anterior, la comunicación entre instancias ambientales y los demás actores relacionados con las algas pardas es bajo o nulo, representando los valores la comunicación entre unidades de la misma institución y con la unidad de AMP y cambio climático de Subpesca. En el caso del Ministerio de ciencia, tecnología, conocimiento e innovación y la Dipres, la comunicación de los actores identificados es nula, lo cual es relevante, dado que ambas instancias inciden en los recursos económicos asignados a investigación o incluidos en los respectivos presupuestos institucionales.

Tabla 36. Matriz de comunicación entre los actores identificados. 1: comunicación fluida; 0: comunicación no fluida; s/i: sin información. La columna celeste representa el número de actores con los cuales mantiene una comunicación fluida el actor. Fuente: elaboración propia en base a entrevistas y encuestas aplicadas.

Comunicación	MMA_CC	Div_RRNN	Ser_MMA	Subpesca-AMP y CC	Subpesca-URB	DZPA	Sernap_NC	Sernap_DR	PART_B-O	CMAP	CMRB	CCTB	Invest	Min_Ciencia	MinRel	GORE	DIPRES	Σ Comunic
MMA_CC		0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	s/i	1	0	s/i	3
Div_RRNN			1	s/i	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	s/i	0	s/i	1
Ser_MMA				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
Subpesca-AMP y CC					0	0	0	0	0	0	0	0	s/i	0	1	0	0	2
Subpesca-URB						1	s/i	1	1	1	1	1	1	s/i	0	0	0	7
DZPA							0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	5
Sernap_NC								1	0	0	0	0	0	0	0	s/i	s/i	1
Sernap_DR									1	1	1	0	0	0	0	0	0	6
PART_B-O										0	0	0	0	0	0	0	0	3
CMAP											0	0	1	0	0	0	0	4
CMRB												0	0	0	0	0	0	3
CCTB													0	0	0	0	0	1
Invest														s/i	0	0	0	2
Min_Ciencia															s/i	0	s/i	0
MinRel																0	s/i	2
GORE																	0	1
DIPRES																		0

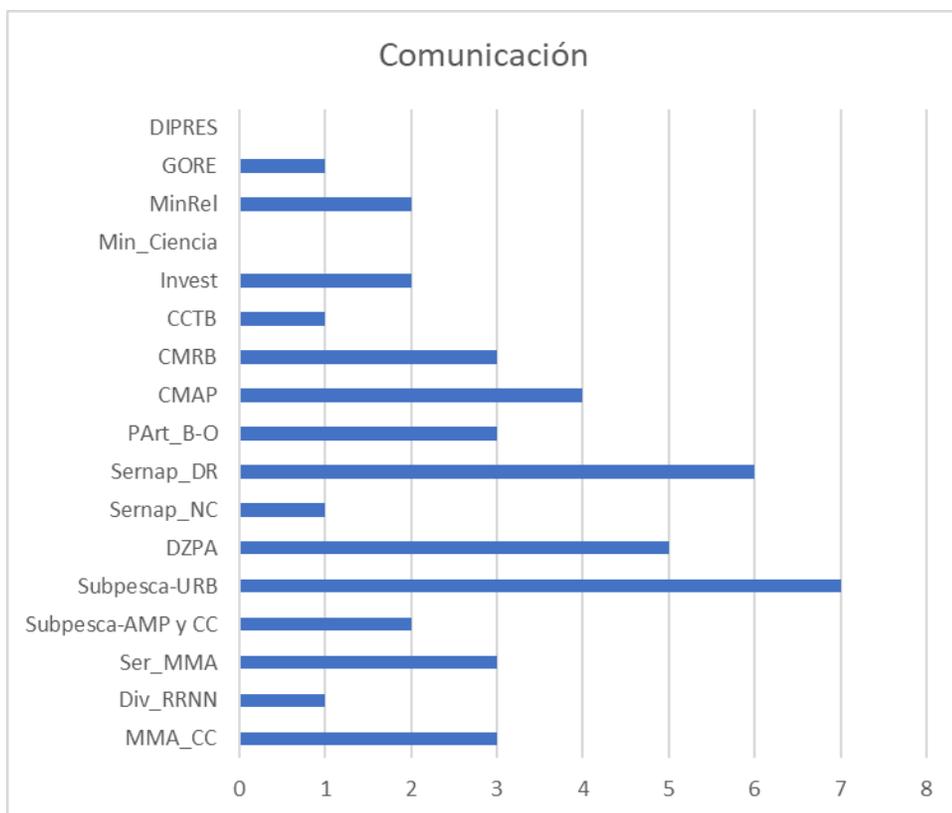


Figura 50. Gráfico que representa el nivel de comunicación entre los actores identificados. El valor de la barra representa el número de actores con los cuales mantiene una comunicación fluida el actor. Fuente: elaboración propia en base a entrevistas y encuestas aplicadas.

Al analizar la colaboración, los resultados son aún más decisivos (Tabla 37, Figura 51), identificando la existencia de colaboración solo entre actores relacionados con la administración de las pesquerías de algas pardas y de cierto modo promovidos o facilitados por la conformación de instancias de co-manejo, tal como son los comités de manejo de algas pardas. En los demás casos, la colaboración está ausente.

Tabla 37. Matriz de colaboración entre los actores identificados. 1: Sí existe colaboración; 0: No existe colaboración; s/i: sin información. La columna celeste representa el número de actores con los cuales existe colaboración. Fuente: elaboración propia en base a entrevistas y encuestas aplicadas.

Colaboración	MMA_CC	Div_RRNN	Ser_MMA	Subpesca-AMP y CC	Subpesca-URB	DZPA	Sernap_NC	Sernap_DR	PArt_B-O	CMAP	CMRB	CCTB	Invest	Min_Ciencia	MinRel	GORE	DIPRES	Σ_{Colab}
MMA_CC		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Div_RRNN			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ser_MMA				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subpesca-AMP y CC					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subpesca-URB						1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3
DZPA							0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	4
Sernap_NC								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sernap_DR									0	1	1	0	0	0	0	0	0	3
PArt_B-O										0	0	0	0	0	0	0	0	0
CMAP											0	0	0	0	0	0	0	3
CMRB												0	0	0	0	0	0	3
CCTB													0	0	0	0	0	0
Invest														0	0	0	0	0
Min_Ciencia															0	0	0	0
MinRel																0	0	0
GORE																	0	0
DIPRES																		0

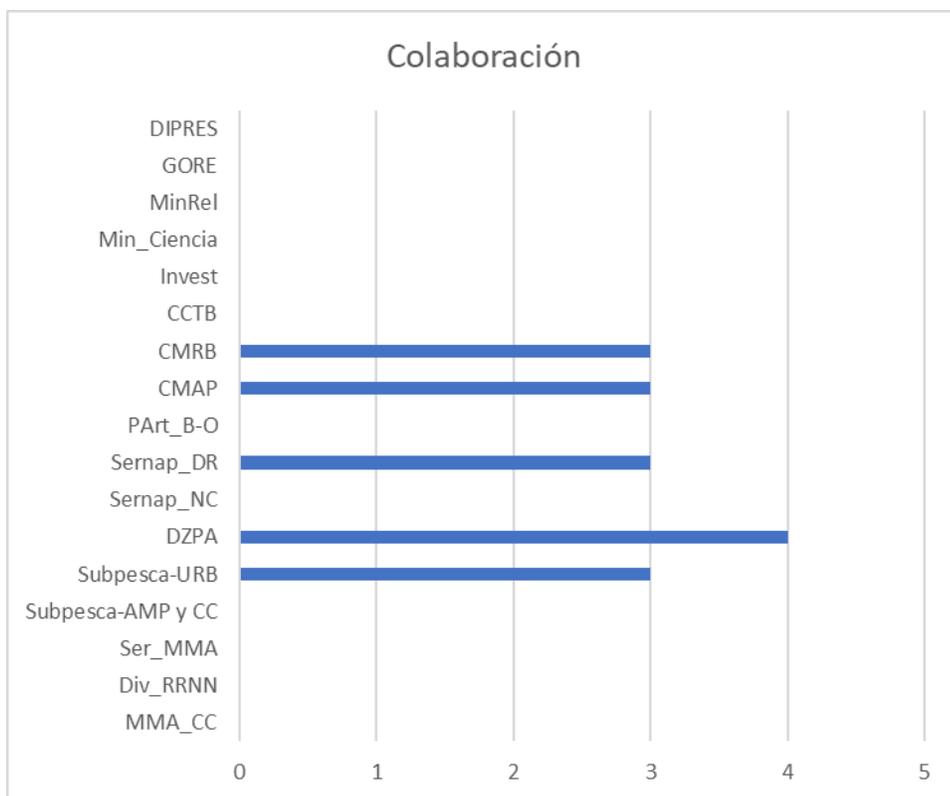


Figura 51. Gráfico que representa el nivel de colaboración entre los actores identificados. El valor de la barra representa el número de actores con los cuales existe colaboración. Fuente: elaboración propia en base a entrevistas y encuestas aplicadas.

A partir de las entrevistas sostenidas con representantes de diversas unidades de Subpesca, MMA y MinRel, se identifica como un factor central, que requiere ser resuelto, a la coordinación tanto al interior de las instituciones como entre las instituciones, a lo cual se debe sumar los déficits presupuestarios que expresan los representantes institucionales. Además, se debe señalar que existe un desconocimiento de los compromisos asumidos por Chile, tanto a nivel institucional como entre los investigadores y aun mayor en los actores privados. Esta situación dificulta el diseño y ejecución de acciones que permitan avanzar en la implementación de medidas tendientes a la mitigación y adaptación al cambio climático basado en los bosques de algas pardas.

Estos resultados deben ser contextualizados en el foco de esta consultoría, donde se evidenció un desconocimiento a diversos niveles institucionales de los compromisos del país en materia de

cambio climático y específicamente en relación con las soluciones basadas en la naturaleza – en los océanos – referidas a la medida 3 “Proteger y manejar en forma sustentable los bosques submarinos” (Farias, et al., 2019b). Sin embargo, también es necesario destacar que el país ha creado una institucionalidad para el cambio climático, liderada por el Ministerio del medio ambiente, que es el encargado del diseño y aplicación de políticas, planes, programas y normas en materia de cambio climático, siendo apoyada esta labor por diversos organismos colaboradores, tal como el Equipo técnico interministerial de cambio climático (ETICC) y los Comités regionales de cambio climático (CORECC) (MMA, s.f.).

El ETICC fue creado el 2014, a través del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, siendo ratificado como organismo coordinador en el Plan de acción nacional de cambio climático 2017-2022 (PANCC 2017-2022) (MMA, 2017), y se formalizó el año 2019 mediante resolución del MMA (R.Ex. 0430, 2019). El ETICC tendrá un carácter intersectorial y técnico, estando conformado por los representantes de las instituciones competentes en materia de cambio climático y su función es apoyar al MMA en la elaboración, implementación y seguimiento de los instrumentos en materia de cambio climático. Este organismo también está incluido en el Proyecto de ley marco de cambio climático, donde se establece que “el ETICC podrá analizar y proporcionar información, elaborar reportes, desarrollar propuestas de acciones y medidas, y coordinar a los distintos representantes de los órganos públicos que lo integran, entre otras acciones. Mediante reglamento del Ministerio del Medio Ambiente se regulará la conformación y funcionamiento del ETICC” (Boletín 13.191-12, 2020).

Los CORECC se establecen el año 2014, como organismos operativos para la implementación de políticas y acciones de adaptación al cambio climático, en el Plan Nacional de Adaptación, aprobado por el Consejo de ministros para la sustentabilidad, y son ratificados nuevamente en el PANCC 2017-2022 (MMA, 2017), ampliando el ámbito de acción a todo tipo de acciones de cambio climático, incluida la mitigación, sumado a la necesidad de coordinación, de instalación de capacidades y de implementación de acciones de adaptación al nivel regional y local (MMA, s.f.).

Los CORECC son formalizados a través de resolución de las intendencias, y están integrados por representantes de las distintas instituciones públicas con competencia en la gestión del cambio climático para cada región, como lo son el Gobierno Regional y Consejo Regional, la SEREMI de Medio Ambiente, que actúa como secretaría técnica, y SEREMI de otros Ministerios, los Consejos Consultivos Regionales y los Municipios interesados, y define además que esta instancia es

presidida por los Intendentes²⁹. Por otro lado, dependiendo de la decisión del Intendente²⁹, quien preside el CORECC pueden ser invitados a participar representantes de otros sectores relevantes para la región, como la academia, ONG y/o el sector privado. Su conformación se inició en 2016 y se completó el 2017 para las 15 regiones del país, y en 2020 se sumó la región de Ñuble (MMA, s.f.).

Estos organismos, de acuerdo con lo establecido en el PANCC, deben promover la integración del cambio climático en las políticas públicas regionales, y la coherencia y sinergia entre las políticas regionales y nacionales, participando en la búsqueda de recursos regionales para el desarrollo de las medidas y acciones y para la cuantificación de impactos y mitigación, adaptación y creación de capacidades a nivel regional (MMA, s.f.).

Al igual que los ETICC, los CORECC también están incluidos en el proyecto de Ley marco de cambio climático (Boletín 13.191-12, 2020), donde se indica que "(los CORECC) son los responsables de formular los Planes de Acción Regionales de Cambio Climático, considerando los lineamientos de cambio climático integrados tanto en la NDC como en la Estrategia Climática de Largo Plazo, y en otros instrumentos como el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático y los Planes Sectoriales de Mitigación y Adaptación".

El Comité Científico de Cambio Climático es otra instancia creada, el 2019, como un cuerpo asesor del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (MMA, s.f.), el cual también está reconocido en el proyecto de ley marco de cambio climático, como un comité asesor para la elaboración, diseño e implementación de los instrumentos de gestión del cambio climático (Boletín 13.191-12, 2020); y se han formado mesas de trabajo específicas para abordar nuevos desafíos relacionados con el cambio climático, tal como la Mesa de Género y Cambio Climático, que opera desde enero de 2020, para avanzar en la transversalización del enfoque de género en las políticas de cambio climático (MMA, s.f.).

Además, en términos sectoriales, la Subpesca lidera el Grupo de Trabajo Interinstitucional Público Privado Nacional (GTI nacional) de Pesca, Acuicultura y Cambio Climático, el cual se constituyó en noviembre de 2018, en el marco del Proyecto "Fortalecimiento de la capacidad de adaptación

²⁹ La figura del intendente fue reemplazada por la de *Delegado presidencial* con la implementación de la elección de los gobernadores regionales (Ley 21.073, 2018).

en el sector pesquero y acuícola chileno al cambio climático" (ACCPA), siendo su misión "asesorar a la autoridad sectorial para el desarrollo de políticas, programas o planes en materia de cambio climático en pesca y acuicultura, y articular iniciativas públicas y privadas relacionadas con la temática" (Subpesca, 2019).

Finalmente, en materia de coordinación interinstitucional, un rol protagónico le corresponde a la Oficina de cambio climático del Ministerio del medio ambiente, creada el año 2010, cuyas funciones son:

- a) Generar y recopilar información técnica y científica en materia de cambio climático para apoyar el diseño de políticas y formulación de planes, programas y planes de acción en materia de cambio climático,
- b) Proponer y ejecutar políticas, estrategias, programas y planes en materia de cambio climático en el país,
- c) Ejercer las acciones de coordinación que presta el Ministerio del Medio Ambiente entre los diferentes órganos de la administración del estado a nivel nacional, regional y local con el objeto de poder determinar los efectos del cambio climático, así como el establecimiento de las medidas necesarias de adaptación y mitigación,
- d) Dar seguimiento y asesorar al Ministro del Medio Ambiente en los avances en la ejecución de los instrumentos de política pública sobre cambio climático en el país,
- e) Asesorar al Ministro en lo que dice relación con la posición nacional respecto de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y otras instancias internacionales que tienen relación con la materia de cambio climático,
- f) Proponer, formular y ejecutar las acciones necesarias para velar por el cumplimiento de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y otras convenciones que tienen relación con la materia de cambio climático y
- g) Servir de vínculo entre la comunidad internacional y los órganos del estado para fomentar la cooperación internacional y la creación de capacidades en materia de cambio climático.

La Oficina de cambio climático del MMA, en términos sectoriales – en pesca y acuicultura – mantiene comunicación formal con el Ministerio de economía, fomento y turismo y la Subpesca, participando en la formulación del Plan de adaptación al cambio climático para pesca y acuicultura (Subpesca & MMA, 2015), la NDC (Gobierno de Chile, 2020), la elaboración del proyecto de Ley

marco de cambio climático (Boletín 13.191-12, 2020), el atlas de riesgos climáticos para Chile (ARClim)³⁰, entre otros.

4.6.13 Análisis estructural

Se identificaron 14 variables para realizar el análisis estructural, cuya descripción se muestra en la Tabla 38, que corresponden a: (1) Conocimiento sobre algas pardas asociado a carbono azul, (2) Conocimiento sobre la contribución de las algas pardas al carbono azul, (3) Disponibilidad de recursos económicos para investigación, (4) Disponibilidad de recursos económicos para administración pesquera, (5) Medidas de administración aplicable a algas pardas, (6) Normativa ambiental aplicable a algas pardas, (7) Integridad ecológica de los bosques de algas pardas, (8) Coordinación interinstitucional, (9) Coordinación intrainstitucional, (10) Disponibilidad de recursos humanos especializados (investigación), (11) Coordinación de investigadores (científicos), (12) Cumplimiento de la normativa aplicable a algas pardas, (13) Efectividad de la fiscalización de pesquería de algas pardas y (14) Contribución de algas pardas al carbono azul.

Tabla 38. Lista de variables utilizadas en el análisis estructural. Se incluye el nombre largo, nombre corto (abreviado) que se utiliza en las gráficas y una descripción de cada una de ellas.

N°	Nombre largo	Nombre corto	Descripción
1	Conocimiento sobre algas pardas asociado a carbono azul	Conoc_AP	Se refiere al conocimiento que se tiene sobre las algas pardas en aspectos relacionados con el carbono azul (CA) tales como: PPN, cobertura espacial, biomasa, completitud de especies consideradas, mediciones y zonas de enterramiento de carbono, etc.
2	Conocimiento sobre la contribución de las algas pardas al carbono azul	CoContCA	Se refiere al conocimiento sobre la contribución que hacen las diversas especies de algas pardas al carbono azul, tanto a nivel de especie como a nivel espacial. También se desconoce, por ejemplo, el aporte que podría estar haciendo el alga desprendida o varada al CA, entre otros temas.

³⁰ <https://arclim.mma.gob.cl/>

N°	Nombre largo	Nombre corto	Descripción
3	Disponibilidad de recursos económicos para investigación	Disp\$Inv	Se refiere a la disponibilidad de recursos económicos, tanto en cantidad como en oportunidad, para realizar las investigaciones que se requieren para realizar estudios relacionados con el CA de algas pardas.
4	Disponibilidad de recursos económicos para administración pesquera	Disp\$Adm	Se refiere a la disponibilidad de recursos económicos, tanto en cantidad como en oportunidad, para implementar medidas de administración para algas pardas a nivel nacional. Esto incluye recursos humanos, logísticos y para monitoreo, seguimiento y evaluaciones de algas pardas en el país.
5	Medidas de administración aplicable a algas pardas	Med_Adm	Se refiere a las medidas que dispone el administrador pesquero para manejar estas pesquerías (incluidas en la normativa pesquera), incluidos escenarios donde se decida la no explotación (en rigor no considerarla un recurso pesquero, como ocurre en la región de Magallanes con <i>Macrocystis pyrifera</i>). Es decir, medidas que permitan contribuir con el mejoramiento y mantención de la integridad ecológica (adaptación al cambio climático), y en lo referido al CA (mitigación), medidas que incrementen el enterramiento de carbono (e.g. aumento de cobertura por repoblación, creación de red de AMP).
6	Normativa ambiental aplicable a algas pardas	Nor_Amb	Se refiere a la normativa ambiental y los mecanismos que dispone para la protección de los ecosistemas de algas pardas, considerando que además en gran parte del país son recursos que sustentan una actividad de importancia económica y social. Por ejemplo, la flexibilidad y oportunidad de las medidas (e.g. AMP, tales como las AMCP-MU), así como su flexibilidad para complementarse con medidas de administración pesquera.

N°	Nombre largo	Nombre corto	Descripción
7	Integridad ecológica de los bosques de algas pardas	InEc_AP	Se refiere al mantenimiento de la funcionalidad de los bosques de algas pardas, lo cual incluye la provisión de los bienes y servicios que estos ofrecen, así como la sustentabilidad de la pesquería. Para ello se han propuesto una serie de indicadores de integridad ecológica basados en parámetros poblacionales. A modo de ejemplo, un conjunto de indicadores de integridad ecológica fue aplicado a las poblaciones explotadas de huiro negro <i>Lessonia berteroana</i> en la región de Atacama, demostrando que el cinturón de huiro negro demora cerca de un año en renovarse permitiendo el mantenimiento de la actividad pesquera; no obstante, la recuperación de la biota asociada al mismo cinturón de huiro negro puede demorar al menos tres años. Por otro lado, estudios recientes han demostrado una juvenalización progresiva de las poblaciones de huiro palo y una lenta tasa de renovación de la población, con efectos directos sobre la biota asociada al bosque de esta alga parda, afectando su integridad ecológica.
8	Coordinación interinstitucional	Coo_inter	Se refiere a la coordinación entre las instituciones públicas que tienen alguna relación con las algas pardas y las decisiones asociadas a considerarlas como ecosistemas de carbono azul. En este sentido, las instituciones involucradas incluyen Ministerio de relaciones exteriores, Ministerio de economía (i.e. Subpesca, Sernapesca, IFOP), Ministerio del medio ambiente, Ministerio de ciencias, así como también los Gobiernos regionales, entre otros. Aun cuando el DFL 1/2001 que fija el texto refundido de la Ley 18,575 sobre administración del Estado, en su artículo 3°, inciso segundo, mandata a la coordinación de las instituciones del Estado, en la práctica esto resulta ser muy complejo. Además, cuando se dan situaciones de coordinación entre dos o más instituciones, muchas veces obedece a decisiones individuales, más que a procesos institucionalizados.

N°	Nombre largo	Nombre corto	Descripción
9	Coordinación intrainstitucional	Coo_intra	Se refiere a la coordinación al interior de las instituciones relacionadas con la administración pesquera y/o ambiental de las algas pardas. La existencia de diversas unidades al interior de las instituciones genera la necesidad de sistemas efectivos de coordinación; no obstante, esta situación se dificulta en la contingencia y quehacer de las diversas unidades, las que normalmente presentan dificultades para su coordinación. Además, cuando se dan situaciones de coordinación, muchas veces obedecen a situaciones posibilitadas por decisiones individuales, pero no por definiciones institucionalizadas.
10	Disponibilidad de recursos humanos especializados (investigación)	Dis_RRHH	Se refiere a la existencia de científicos a nivel nacional, en universidades o centros de investigación, consorcios de universidades nacionales y extranjeras, que permita responder a la demanda de investigación asociada al CA y algas pardas.
11	Coordinación de investigadores (científicos)	Coo_Inv	Se refiere a la coordinación entre los investigadores a nivel nacional, tanto a nivel individual como institucional, de tal modo de enfrentar en forma coordinada las demandas de investigación, propiciando la colaboración más que la competencia, sobre todo en el ámbito marino, donde - dada la extensión de la costa - es deseable una red de investigadores que trabajen coordinadamente, más que basados en la competencia por recursos para hacer investigación.
12	Cumplimiento de la normativa aplicable a algas pardas	Cump_Nor	Se refiere al cumplimiento de las medidas aplicables a las algas pardas, de acuerdo con la normativa vigente, por parte de los diversos usuarios de la cadena productiva asociada a la pesquería de estos recursos (i.e. pescadores artesanales: buzos y recolectores de orilla, comercializadores, consumidores, plantas de proceso y exportadores).

N°	Nombre largo	Nombre corto	Descripción
13	Efectividad de la fiscalización de pesquería de algas pardas	Fiscaliz	Se refiere a la efectividad de la fiscalización que se realiza sobre la pesquería de algas pardas, entendiendo por pesquería a toda la cadena productiva comercial. Es decir, si la fiscalización es efectiva en lograr un nivel de cumplimiento deseado y combatir la pesca ilegal.
14	Contribución de algas pardas al carbono azul	Cont_CA	Se refiere a la contribución que hacen los bosques de algas pardas al carbono azul (secuestro de carbono).

Las influencias directas que ejercen entre sí estas variables se muestran en la Tabla 39, donde las 5 variables que ejercen mayor influencia son: Conocimiento sobre la contribución de las algas pardas al carbono azul, Conocimiento sobre algas pardas asociado a carbono azul, Medidas de administración aplicable a algas pardas, Coordinación intrainstitucional y Coordinación interinstitucional. No obstante, al considerar las influencias indirectas las mayores influencias son ejercidas por: Disponibilidad de recursos económicos para investigación, Coordinación entre investigadores, Conocimiento de la contribución de las algas pardas al carbono azul, Conocimiento sobre las algas pardas en aspectos relacionados con el carbono azul y Disponibilidad de recursos humanos especializados (investigadores) (Figura 52).

Tabla 39. Matriz de influencias directas (MID) de las variables analizadas. Las influencias se denotan de 0 a 3. 0: no hay influencia directa; 1: influencia débil; 2: influencia media; y 3: influencia fuerte.

	1 : Conoc_AP	2 : CoContCA	3 : Disp\$Inv	4 : Disp\$Adm	5 : Med_Adm	6 : Nor_Amb	7 : InEc_AP	8 : Coor_inter	9 : Coor_intra	10 : Dis_RRHH	11 : Coor_Inv	12 : Cump_Nor	13 : Fiscaliz	14 : Cont_CA
1 : Conoc_AP	0	3	0	0	2	2	3	0	0	0	0	0	0	2
2 : CoContCA	2	0	2	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	2
3 : Disp\$Inv	3	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
4 : Disp\$Adm	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0
5 : Med_Adm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 : Nor_Amb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
7 : InEc_AP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 : Coor_inter	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	2	2	2	0
9 : Coor_intra	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
10 : Dis_RRHH	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 : Coor_Inv	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 : Cump_Nor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 : Fiscaliz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
14 : Cont_CA	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

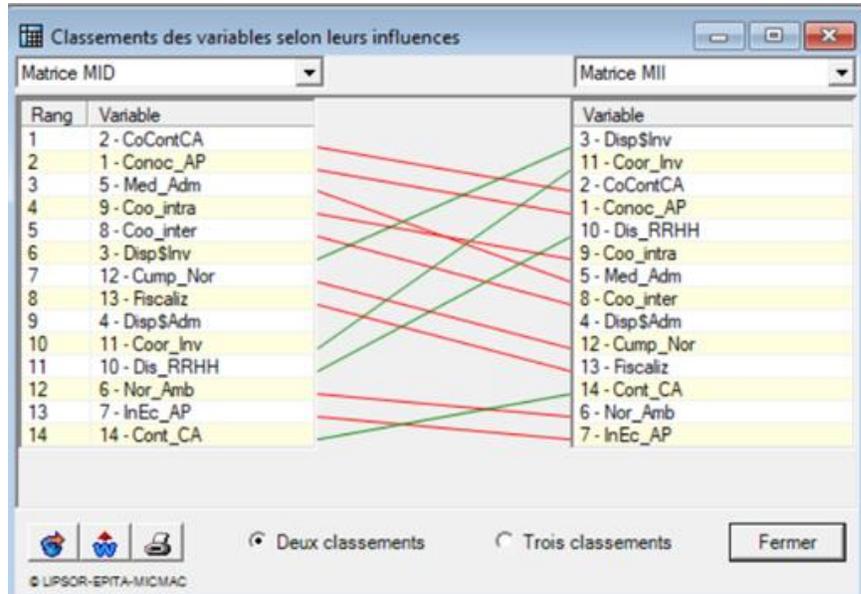


Figura 52. Ordenamiento de las variables analizadas en función de la influencia que ejercen sobre las demás variables del sistema. Al lado izquierdo se muestra el ranking obtenido con la matriz de influencia directas y la del lado derecho recoge las influencias indirectas estimadas a través del software MicMac.

Las variables correspondientes a la contribución de las algas pardas al carbono azul y la integridad ecológica de las algas pardas son las variables con mayor dependencia; es decir, aquellas variables que reciben mayor influencia de las variables consideradas en el análisis. Este resultado es coherente, ya que variaciones en las demás variables deberían incidir en el estado de estas variables (Figura 53 y Figura 54).

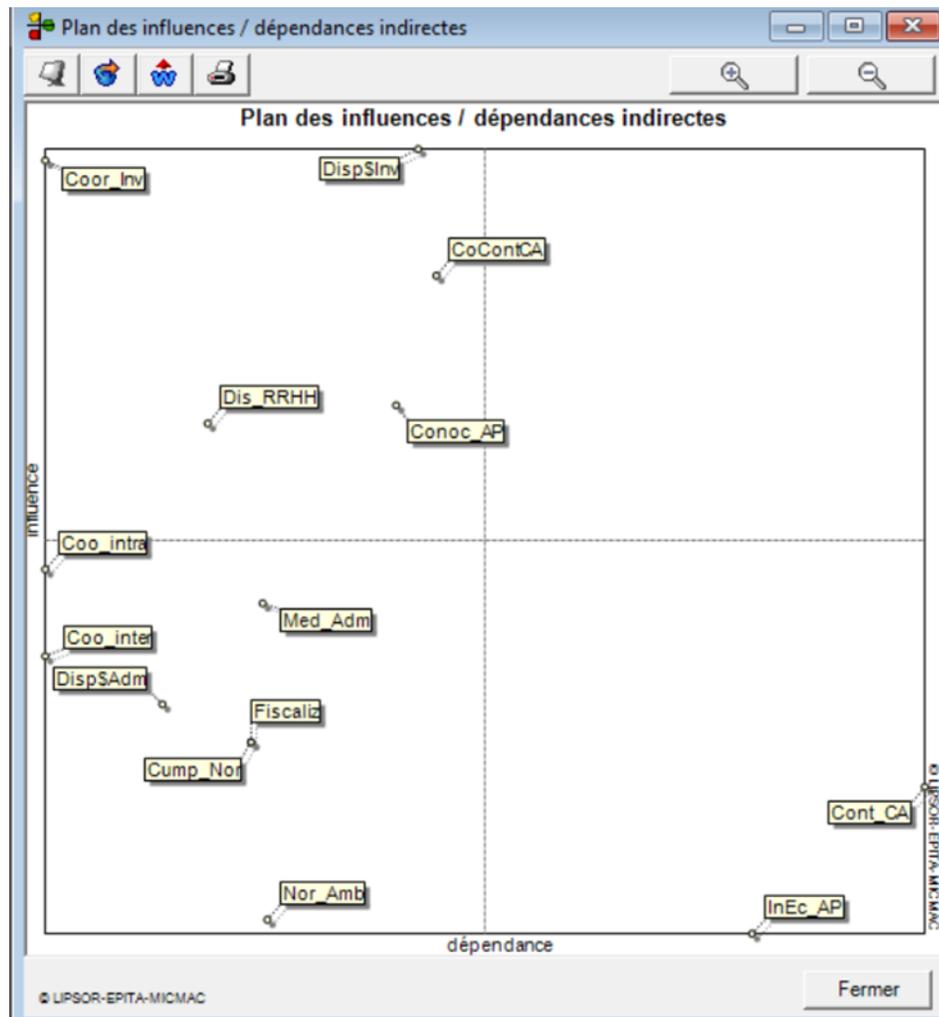


Figura 53. Plano de influencias y dependencias indirectas de todas las variables analizadas. La posición superior representa mayor influencia en el sistema y la posición hacia la derecha, mayor dependencia.

integridad ecológica de estos recursos (Figura 55 y Figura 56). Es decir, estas variables inciden principalmente en el ámbito de la adaptación al cambio climático, al contribuir con la integridad ecológica de los bosques de algas pardas y su consecuente efecto sobre otros recursos pesqueros de importancia económica y social para las comunidades costeras (i.e. pescadores artesanales de las categorías de buzo principalmente).

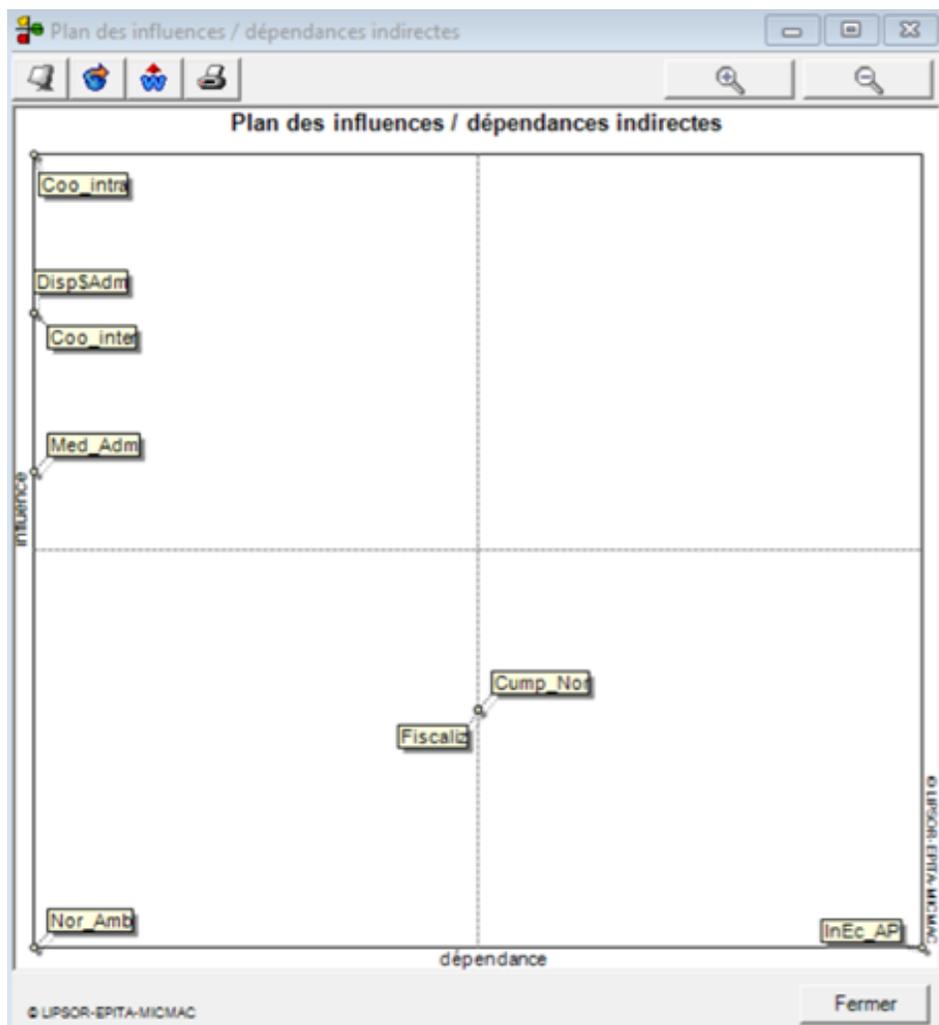


Figura 55. Plano de influencias y dependencias indirectas de una selección de variables analizadas. La posición superior representa mayor influencia en el sistema y la posición hacia la derecha, mayor dependencia. Nótese que la coordinación intra e interinstitucional ocupa un alto nivel de influencia, junto con la disponibilidad de recursos económicos para administración pesquera y las medidas de administración aplicables a algas pardas.

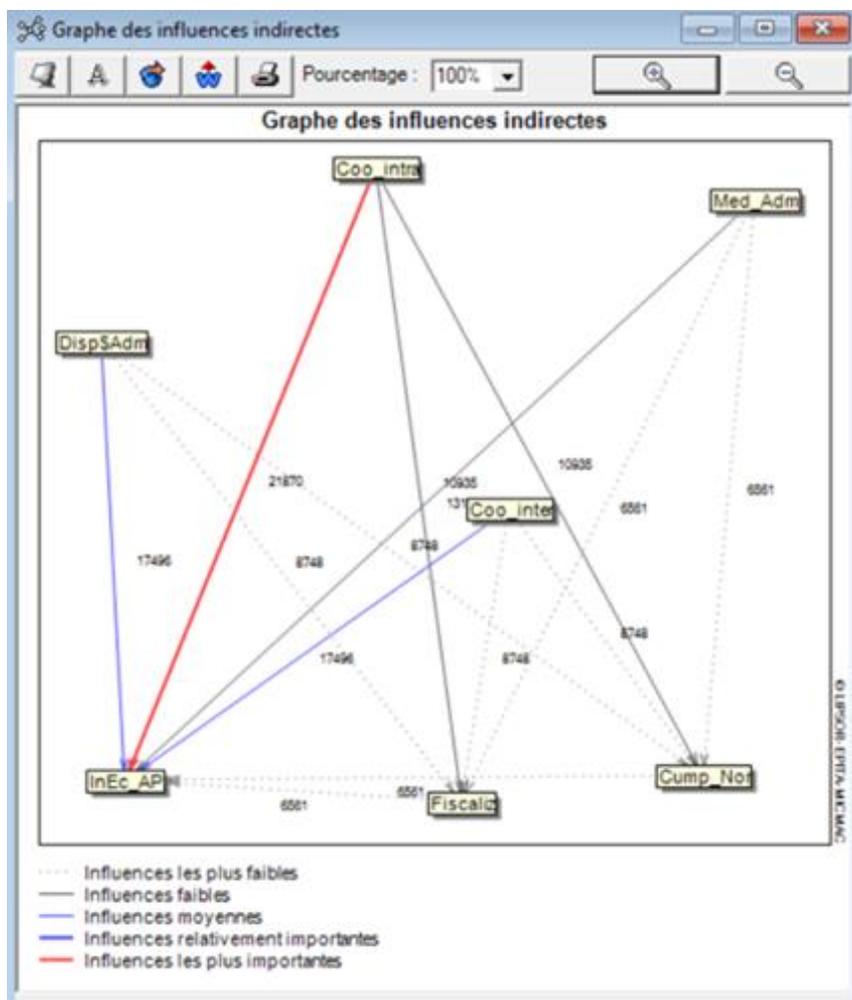


Figura 56. Esquema de influências exercidas entre as variáveis selecionadas. Nótase a forte influência exercida por a coordenação intrainstitucional, junto a a coordenação interinstitucional y la disponibilidad de recursos económicos para la administración pesquera, sobre la integridad ecológica de las algas pardas.

4.6.14 Estado de variables analizadas

El estado de estas variables fue calificado utilizando una escala conceptual de cuatro niveles: 4. Muy bueno; 3. Bueno; 2. Suficiente; y 1. Insuficiente. Solo 3 variables fueron calificadas en nivel bueno, correspondientes a: Medidas de administración aplicable a algas pardas, Normativa ambiental aplicable a algas pardas, y Disponibilidad de recursos humanos especializados (investigación). Otras ocho variables fueron calificadas en estado suficiente, correspondientes a: Disponibilidad de recursos económicos para investigación, Disponibilidad de recursos económicos para administración pesquera, Integridad ecológica de los bosques de algas pardas, Coordinación

intra-institucional, Coordinación de investigadores (científicos), Cumplimiento de la normativa aplicable a algas pardas, Efectividad de la fiscalización de pesquería de algas pardas, y Contribución de algas pardas al carbono azul. Finalmente, tres variables fueron calificadas en estado insuficiente, correspondientes a: Conocimiento sobre algas pardas asociado a carbono azul, Conocimiento sobre la contribución de las algas pardas al carbono azul, y Coordinación interinstitucional. En la Tabla 40 se incluye la justificación del estado asignado a cada variable.

Las variables referidas al conocimiento sobre las algas pardas y su contribución al carbono azul, además de ser calificadas en estado insuficiente, son variables que ejercen un alto nivel de influencia en el sistema. Por lo tanto, mejorar el estado de estas variables es un aspecto que debe ser abordado.

Tabla 40. Estado actual de las variables analizadas y justificación del Estado asignado.

N°	Nombre largo	Nombre corto	Estado	Justificación del Estado asignado
1	Conocimiento sobre algas pardas asociado a carbono azul	Conoc_AP	Insuficiente	El conocimiento disponible sobre las algas pardas es incompleto a nivel nacional, en cuanto a PPN; distribución latitudinal de las especies, cobertura espacial y temporal, mediciones y zonas de enterramiento de carbono.
2	Conocimiento sobre la contribución de las algas pardas al carbono azul	CoContCA	Insuficiente	El conocimiento de la contribución de las algas pardas al carbono azul, a nivel mundial, está en un nivel de desarrollo incipiente, donde la contribución se sustenta en varios supuestos que deben ser corroborados. Así, el aporte de los bosques de algas pardas al enterramiento de carbono no es suficiente para ser reconocidos como ecosistemas de carbono azul.

N°	Nombre largo	Nombre corto	Estado	Justificación del Estado asignado
3	Disponibilidad de recursos económicos para investigación	Disp\$Inv	Suficiente	<p>Existen recursos económicos para realizar investigación a nivel de universidades y centros de investigación, principalmente a través de los fondos que dispone el Ministerio de ciencia, tecnología, conocimiento e innovación, gestionado por la Agencia nacional de investigación y desarrollo (ANID). No obstante, los recursos son escasos a la demanda de investigación y se debe competir por ellos. Otros fondos sectoriales de la Subpesca (e.g. FIPA, ASIPA - Minecon) tienen el foco en temas pesqueros y de acuicultura, para el manejo; en el caso del MMA, existe la posibilidad de gestionar recursos tanto nacionales (i.e. presupuesto anual del Ministerio de Hacienda, DIPRES, considerando que hay compromisos asumidos del país) como internacionales³¹. Aunque estos últimos son cada vez más difíciles de acceder para Chile dada su mejor condición económica en comparación con otros países de la región (CEPAL, 2015; CEPAL, 2018). No obstante, la promulgación de la Ley Marco de Cambio Climático (Boletín 13.191-12, 2020) podría generar un escenario con mayor disponibilidad de recursos económicos o al menos podría facilitar el acceso.</p> <p>Aun cuando la inversión en I+D en Chile es baja, en términos comparativos del porcentaje del PIB que se destina a este ítem (LyD, 2019), es necesario hacer un uso eficiente de los recursos disponibles, a partir de una mejor coordinación entre los centros de investigación e investigadores, y a través de la promoción de programas de investigación, que eviten duplicidades y competencia por los fondos.</p>

³¹ Las Agencias de Cooperación Internacional, los organismos internacionales de ayuda al desarrollo y las organizaciones no gubernamentales (ONG) de desarrollo y cooperación proveen ayuda o asistencia internacional y regional, cuentan con financiamiento y promueven proyectos de investigación a los cuales pueden postular los investigadores nacionales.

N°	Nombre largo	Nombre corto	Estado	Justificación del Estado asignado
4	Disponibilidad de recursos económicos para administración pesquera	Disp\$Adm	Suficiente	<p>La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca), dispone de recursos económicos limitados para asumir la administración de los recursos algales, en particular algas pardas; por lo tanto, no es posible ampliar la implementación de planes de manejo. Sin embargo, con los recursos disponibles (económicos y humanos), la Subpesca ha logrado implementar planes de manejo de algas pardas en toda la zona norte del país y ha recurrido a diversas medidas en la zona centro sur del país, y ha promovido la implementación de vedas extractivas de <i>Macrocystis pyrifera</i>, por ejemplo, en la región de Magallanes, en coordinación con el comité de manejo y la Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura. Situación similar se está promoviendo para la región de Los Lagos, para <i>Lessonia trabeculata</i>.</p>
5	Medidas de administración aplicable a algas pardas	Med_Adm	Bueno	<p>La legislación actual (Ley general de pesca y acuicultura y sus reglamentos) provee al administrador de una serie de medidas aplicables a las algas pardas (i.e. cierre de registros, vedas biológicas y/o extractivas, tamaños mínimos legales, cuotas de extracción, etc.). Además, en el Art. 9°bis se posibilita la implementación de planes de manejo de algas y recursos bentónicos. La misma ley permite acciones como la rotación de áreas; no obstante, los mecanismos disponibles no son los apropiados, lo cual se espera resolver con la denominada Ley bentónica actualmente en discusión parlamentaria (Boletín 12.535-21, 2019) que incluye la posibilidad de establecer "zonas de resguardo temporal".</p> <p>En este sentido, la normativa vigente dispone de una serie de medidas aplicables a resguardar los recursos algales (algas pardas) desde una perspectiva pesquera. No obstante, la dificultad está en disponer de información oportuna y de calidad para el manejo y de los recursos económicos para extender la</p>

N°	Nombre largo	Nombre corto	Estado	Justificación del Estado asignado
				aplicación de estas medidas a nivel nacional.
6	Normativa ambiental aplicable a algas pardas	Nor_Amb	Bueno	La normativa ambiental hace referencia a la existencia de medidas que permitan resguardar y proteger los ecosistemas de algas pardas; por lo tanto, no se hace referencia a proyectos de ley, tales como la iniciativa legal promovida por senadores (Boletín 21.758-12, 2019), situación que es analizada en este informe. En este sentido, es posible sostener que el MMA dispone de una serie de tipos de AMP, con diverso nivel de restricción, para proteger estos ecosistemas. Incluso, el uso de las AMCP-MU, dada su flexibilidad, podría complementarse con el manejo pesquero, para lo cual es necesario fortalecer las instancias de colaboración entre el MMA y la Subpesca.

N°	Nombre largo	Nombre corto	Estado	Justificación del Estado asignado
7	Integridad ecológica de los bosques de algas pardas	InEc_AP	Suficiente	<p>La integridad ecológica de los bosques de algas pardas, entendida esta como la mantención de la funcionalidad y la provisión de los bienes y servicios de estos ecosistemas, se considera - en general - suficiente, ya que la implementación de diversas medidas, tales como AMP, AMERB, planes de manejo y otras medidas de administración que restringen el esfuerzo pesquero y regulan los niveles de explotación, han contribuido a mejorar la condición de estos ecosistemas (Recientemente, los indicadores de integridad ecológica han sido aplicados en las evaluaciones directas de algas pardas efectuadas en las regiones del norte de Chile, sugiriendo que las medidas y acciones implementadas en los planes de manejo para áreas de libre acceso han mejorado el estado de las poblaciones, por ejemplo, de huiro negro (González-Roca, et al., 2021), huiro palo (Vásquez, 2018) y huiro flotador (Westermeier, et al., 2014). Sin embargo, estas medidas y acciones están resguardando preferente el recurso en términos pesqueros, existiendo una brecha en la protección de los servicios ecosistémicos provistos por estos ecosistemas (Campos, et al., 2021), tanto en el rol ecológico, como ambiental.</p>

N°	Nombre largo	Nombre corto	Estado	Justificación del Estado asignado
8	Coordinación interinstitucional	Coo_inter	Insuficiente	<p>La coordinación interinstitucional presenta bajos niveles tanto en la comunicación, que presenta una mejor condición, como en la colaboración, donde - en esta última - los niveles son paupérrimos.</p> <p>Esta situación se presenta en diferentes ministerios del Estado de Chile, donde fallas de coordinación, es decir el conjunto de elementos, situaciones o prácticas vinculadas al marco institucional, organizacional o personal, pueden ocasionar problemas o deficiencias en la coordinación (Delpiano, 2011).</p> <p>En las encuestas aplicada y en las entrevistas sostenidas con representantes de diversas instituciones o unidades, se evidenció la deficiente comunicación, coordinación y colaboración, donde no existen canales formales, salvo instancias como por ejemplo el Consejo de Ministros para el Desarrollo de la Política Oceánica; no obstante, luego la información no fluye a las diversas unidades de cada institución, por lo tanto la instancia pierde valor práctico, porque solo se enteran los que asisten y no se generan acciones coordinadas para alcanzar objetivos comunes.</p> <p>Modificar esta cultura organizacional y las prácticas asociadas requerirá importantes esfuerzos; sin embargo, es necesario para abordar problemas tan complejos como lo es el cambio climático.</p>

N°	Nombre largo	Nombre corto	Estado	Justificación del Estado asignado
9	Coordinación intrainstitucional	Coo_intra	Suficiente	<p>La coordinación al interior de una misma institución presenta niveles bastante bajos, aunque superior al observado a nivel interinstitucional. Sin embargo, esta mayor coordinación se explica principalmente por la coordinación observada entre unidades de nivel central y zonal de la Subpesca, las que se coordinan para implementar medidas en materia pesquera. Lo mismo se observa en el MMA, entre unidades de nivel central y las Seremías. No obstante, las mayores deficiencias se observan entre unidades de los niveles centrales de ambas instituciones.</p> <p>Por otro lado, si se analiza la coordinación intrainstitucional entre unidades que tienen a cargo materias diferentes, la coordinación es prácticamente nula.</p>
10	Disponibilidad de recursos humanos especializados (investigación)	Dis_RRHH	Bueno	<p>En el ámbito científico, específicamente en materias atinentes a esta consultoría, es decir investigadores en algas pardas y otras áreas relacionadas con el carbono azul, la situación a nivel nacional es adecuada. Existen diversos equipos de investigación a lo largo del país en Universidades, los cuales permiten cubrir el territorio nacional, y actualmente ejecutan líneas de investigación. No obstante, es necesario que se fortalezcan líneas de investigación dirigidas a disminuir las brechas identificadas en relación con el carbono azul y los bosques de algas pardas.</p>

N°	Nombre largo	Nombre corto	Estado	Justificación del Estado asignado
11	Coordinación de investigadores (científicos)	Coor_Inv	Suficiente	<p>Considerando la extensión de la costa de Chile y las altas brechas en relación con el conocimiento de las algas pardas en el contexto del carbono azul, es necesario niveles de coordinación entre los diversos equipos de investigación. En este sentido, los investigadores indicaron que actualmente prima la competencia por recursos más que la colaboración, aun cuando existen iniciativas facilitadas por la creación de centros de investigación donde participan diversas universidades, incluyendo investigadores extranjeros. Además, se planteó que una instancia que podría jugar un rol relevante en esta materia es la Sociedad Chilena de Ficología.</p>
12	Cumplimiento de la normativa aplicable a algas pardas	Cump_Nor	Suficiente	<p>En relación con el cumplimiento de la normativa, reconociendo la complejidad de esta pesquería, que no solo actúa sobre el recurso vivo, sino que también hace uso de una fracción de la mortalidad natural (i.e. alga varada y/o desprendida), el desembarque ocurre a lo largo de toda la costa y el recurso se comercializa con diversos niveles de humedad; es posible sostener que el cumplimiento ha ido mejorado paulatinamente, principalmente en aquellas regiones que cuentan con planes de manejo de algas pardas y que el manejo está basado en cuotas de captura. No obstante, aún es necesario mejorar este aspecto, sobre todo por la presencia de pesca ilegal, la cual es difícil de controlar por las características de la pesquería, antes expuestas. Situación distinta, son aquellas regiones donde no se cuenta con planes de manejo y donde las algas pardas no son manejadas en base a cuotas.</p>

N°	Nombre largo	Nombre corto	Estado	Justificación del Estado asignado
13	Efectividad de la fiscalización de pesquería de algas pardas	Fiscaliz	Suficiente	La efectividad de la fiscalización ejercida sobre las algas pardas, ha mejorado en el tiempo, principalmente por la estrategia de Sernapesca de aplicar un enfoque basado en riesgo para planificar la fiscalización. Por otro lado, los esfuerzos (i.e. recursos humanos y económicos) destinados a la fiscalización de las algas pardas, ocupan un lugar importante, lo cual se refleja en el número de causas denunciadas por Sernapesca y el esfuerzo de fiscalización realizado (Sernapesca, 2018; 2019; 2020a; 2021).
14	Contribución de algas pardas al carbono azul	Cont_CA	Suficiente	Los supuestos en los que se basa la identificación de los ecosistemas de algas pardas (bosques de algas pardas) parecen tener sustento teórico, permitiendo emitir un juicio de suficiente en relación con esta variable; no obstante, es necesario corroborar y validar estos supuestos, además de precisar las mediciones.

4.6.15 Determinación de brechas

Las brechas de las variables analizadas fueron determinadas a partir de la asignación del estado actual (Tabla 40) y el estado deseado, correspondiente al mayor estado posible (Muy bueno), estando representada la brecha por la distancia entre el estado actual y el estado óptimo (Figura 57).

Las mayores brechas se presentan en la coordinación interinstitucional, principalmente por los bajos niveles de colaboración (Figura 51), así como en los niveles de comunicación (Figura 50); y en el conocimiento sobre algas pardas asociado al carbono azul y su contribución al enterramiento de carbono, dado que existen muchos vacíos de información. Por otro lado, ocho de las catorce variables analizadas presentan brechas medias, las cuales fueron calificadas en un estado suficiente (ver justificación en Tabla 40), principalmente explicado por las condiciones actuales de la administración y coordinación intrainstitucional de las algas pardas en materia pesquera. El estado actual permite responder principalmente al manejo de estos recursos desde el punto de

vista pesquero; no obstante, es necesario reducir la brecha para resguardar la funcionalidad y provisión de servicios ecosistémicos entregados por los bosques de algas pardas.

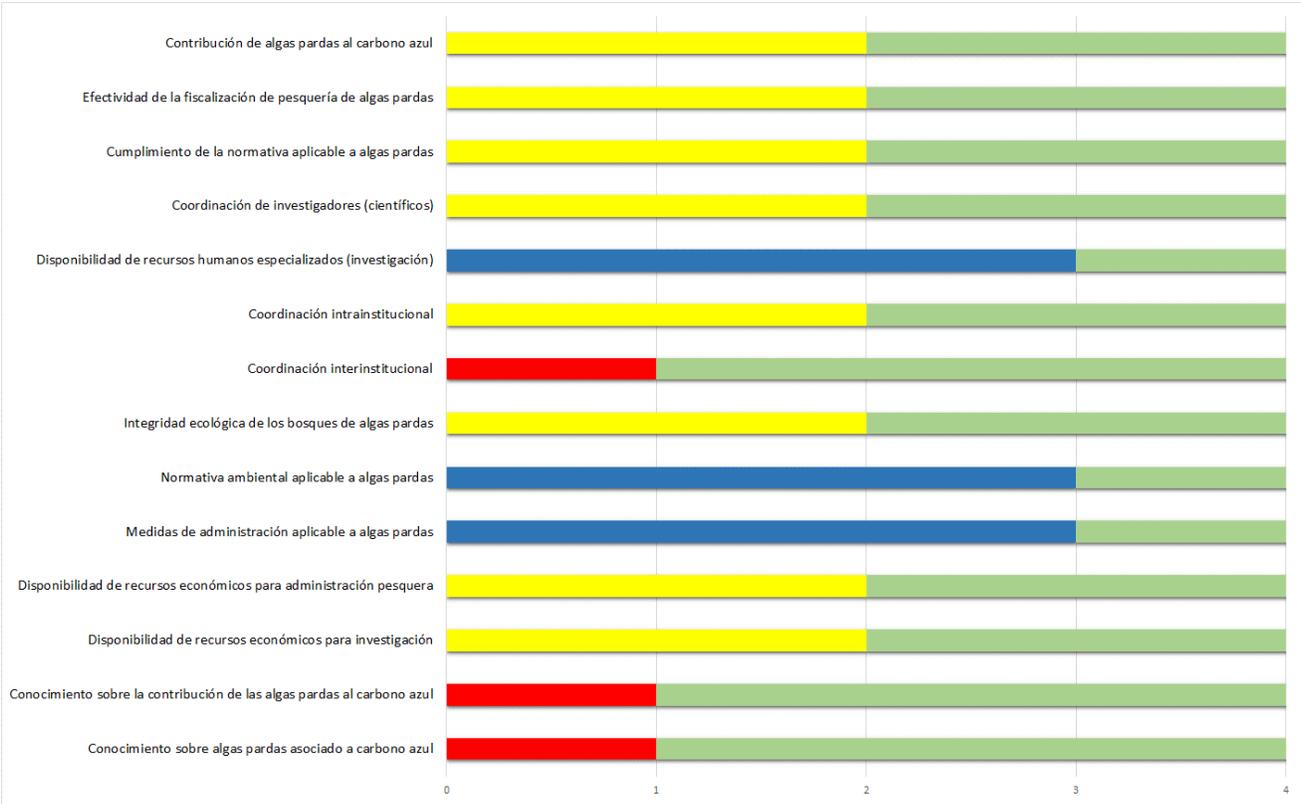


Figura 57. Gráfico que representa las brechas identificadas en las variables analizadas. La brecha está representada por la fracción verde de la barra que corresponde a la distancia entre el estado actual y el estado máximo posible (4: muy bueno). 1: insuficiente (rojo); 2: suficiente (amarillo); 3: bueno: (celeste).

Las menores brecha se observan en las tres variables que fueron calificadas en estado bueno, correspondientes a la disponibilidad de recursos humanos especializados en materia de investigación; y a la normativa ambiental (i.e. principalmente AMP) y medidas de administración aplicables a algas pardas en materia pesquera.

Otras brechas en el ámbito del conocimiento disponible sobre las algas pardas y su consideración como ecosistemas de carbono azul fueron identificadas con base a la ejecución de la consultoría y la revisión realizada en un taller con un grupo de expertos convocados en el marco del proyecto (ver punto 4.7.1). En la Tabla 41 se resume las principales brechas detectadas en el conocimiento

actual del aporte de los bosques de algas pardas chilenas al carbono azul nacional. Estas brechas incluyen aspectos de conocimiento imperfecto o falta de conocimiento en aspectos relevantes del ciclo de aporte al carbono azul a nivel nacional por parte de los bosques de algas pardas. Aquí se abordan temas que van desde la forma de estimación de áreas de cobertura, variabilidad espacio – temporal en la producción primaria por especie, la existencia de algas pardas no contabilizadas en la zona sur austral, como es el caso de *Lessonia flavicans*, ni el territorio insular; determinación de áreas sumidero de carbono azul, así como la cuantificación exacta y precisa de este; variables oceanográficas físico – químicas que puedan modelar el ciclo y las tasas a las cuales se genera carbono azul, entre otras.

Tabla 41. Brechas identificadas en el conocimiento del aporte de las algas pardas al carbono azul en base a revisión bibliográfica, análisis del equipo y los resultados del taller de expertos. Se incluye una breve descripción explicativa de la brecha.

Brecha identificada	Descripción
Conocimiento latitudinal incompleto en la producción primaria neta.	No se dispone de estimaciones de productividad primaria neta en un gradiente latitudinal, ni se conocen las probables variaciones a meso y microescala espacial
Cobertura espacial ($t\ ha^{-1}$) con una alta incertidumbre.	Se tienen dudas acerca de la superficie de distribución efectiva de las algas pardas, tanto intermareales como submareales. Además, las evaluaciones disponibles no son anuales y hay regiones con información desactualizada o nula. Se desconoce la variabilidad temporal en la cobertura.
Hay especies de algas pardas que no están incorporadas en el estudio como algas que aportan al carbono azul.	En la zona sur – austral se registra la presencia de algas pardas (i.e. <i>Lessonia flavicans</i>), pero que no han sido evaluadas en término de cobertura, biomasa ni productividad primaria neta.
No se dispone de información acerca de evaluaciones de biomasa, distribución y productividad primaria en el territorio insular.	El enfoque pesquero y administrativo ha estado principalmente enfocado en el territorio continental.
A nivel nacional, no se dispone de un mapa que especifique la localización de	Hasta el momento se asume que el secuestro y enterramiento de carbono ocurre de forma

Brecha identificada	Descripción
zonas de enterramiento y secuestro de carbono.	homogénea a través de todo el gradiente latitudinal del país.
Se desconocen las relaciones cuantitativas entre las zonas fuente (donde se acumula carbono en tejidos vivos) y las zonas de secuestro y enterramiento de carbono azul.	No existe una trazabilidad ni una cuantificación entre áreas de fijación de carbono atmosférico en forma de biomasa de algas pardas y la porción de esta que se transformará en carbono azul en su destino final (área sumidero)
Se desconoce el origen del carbono azul que pueda ser detectado en las zonas sumidero.	Hasta ahora se desconoce algún marcador particular que pueda ser usado como una marca específica o "huella dactilar" que permita reconocer el origen del carbono detectado como carbono azul en las zonas de sumidero.
Se asume que cada especie de alga parda contribuye de la misma manera a la generación de carbono azul.	Este supuesto omite el hecho que cada recurso puede poseer características inherentes que afecten su capacidad de generar COP o COD y que puedan afectar diferencialmente su aporte en términos de carbono azul.
Se desconoce la magnitud del aporte del alga varada en playa al enterramiento de carbono.	El modelo teórico empleado en este Informe no incorpora el potencial aporte de la biomasa varada en playa y que puede ser enterrada antes de ser removida por recolectores de orilla.
Existe un desconocimiento acerca del efecto de variables oceanográficas que pudieran afectar las estimaciones de carbono azul.	En zonas de surgencia (principalmente surgencia de fondo) es posible que el aporte de las algas pardas pueda ser menor al asumido por el modelo empleado. De este modo pudieran existir variaciones espaciales no contempladas en la estimación actual.

4.7 Objetivo específico d

Proponer zonas de resguardo y/o recuperación de ecosistemas de macroalgas pardas que contribuyan al cumplimiento de la propuesta de preservación del stock de carbono y al co-beneficio, mitigación/adaptación, y resiliencia frente al cambio climático.

En relación con este objetivo se reportan los dos talleres realizados, uno con el propósito de difundir el método utilizado para la estimación del carbono azul y validar las brechas y líneas de acción propuestas; y otro destinado a validar las zonas identificadas para proteger los bosques de algas pardas y las medidas de administración propuestas, tanto en materia de mitigación como de adaptación al cambio climático.

4.7.1 Taller de validación de brechas y líneas de acción en el ámbito de vacíos de información

En este taller se presentó la metodología utilizada para la estimación del carbono azul asociado a los bosques de algas pardas, y se realizó la validación de las brechas identificadas y las líneas de acción propuestas. Las presentaciones realizadas en este taller se incluyen en el Anexo 12 y los comentarios y observaciones realizadas por los expertos han sido incluidos en el informe, principalmente en los capítulos referidos a la determinación de brechas, específicamente de conocimiento (ver Tabla 41) y las acciones propuestas en el mismo ámbito (

Tabla 43).

En este taller participaron las siguientes personas expertas y representantes institucionales:

Expertas y expertos:

- Dra. Práxedes Muñoz
- Dra. Marcela Ávila
- Dr. Erasmo Macaya,
- Dra. Milén Duarte
- Dr. Chris Harrod

Ministerio del medio ambiente:

- Kathya Rodríguez

Subsecretaría de pesca y acuicultura:

- Nicole Maturana
- Gustavo San Martín
- Lorena Burotto
- Javier Rivera

Las brechas propuestas, fueron complementadas y completadas con los aportes generados en el taller, las cuales se han integrado en la Tabla 41 y en la Tabla 42, donde se da cuenta de las acciones validadas con los expertos y representantes institucionales.

4.7.2 Acciones para reducir brechas identificadas

Las acciones para reducir las brechas identificadas en las variables consideradas en el análisis estructural se describen en la Tabla 42.

Tabla 42. Acciones propuestas para reducir las brechas identificadas en las variables consideradas en el análisis estructural.

Variable (Estado)	Acción propuesta
Conocimiento sobre algas pardas asociado a carbono azul (Insuficiente)	Ver Tabla 43, donde se desarrolla con más detalle las acciones en el ámbito del conocimiento.
Conocimiento sobre la contribución de las algas pardas al carbono azul (Insuficiente)	Ver Tabla 43, donde se desarrolla con más detalle las acciones en el ámbito del conocimiento.
Disponibilidad de recursos económicos para investigación (suficiente)	La condición actual de la economía del país supone que la gestión para lograr una mayor disponibilidad de recursos para investigación será un tema complejo. Por lo tanto, se debieran hacer gestiones a nivel de la Dipres para conseguir y/o focalizar recursos, y con el Ministerio de ciencia, tecnología, conocimiento e innovación, para focalizar parte de los recursos disponibles para investigación. En un escenario futuro, esperable que una vez promulgada la Ley marco de cambio climático exista mayor disponibilidad de recursos económicos. No obstante, considerando la disponibilidad actual de recursos para investigación, es necesario promover la generación de programas de

Variable (Estado)	Acción propuesta
	investigación que favorezcan la colaboración y coordinación entre equipos de investigación, más que la competencia por recursos, y por otro lado, que eviten duplicidades y contribuyan a ir completando vacíos de información.
Disponibilidad de recursos económicos para administración pesquera (Suficiente)	Al igual que para la variable anterior, la condición actual de la economía del país supone que la gestión para lograr una mayor disponibilidad de recursos para administración será tarea difícil, más aún cuando desde la Subpesca se informó que el presupuesto para el año 2022 había sido reducido. Por lo tanto, se requiere focalizar los esfuerzos en potenciar los planes de manejo de la zona norte, implementar medidas de administración en la zona centro sur, y seguir avanzando en medidas que garanticen la protección de los bosques de <i>Macrocystis pyrifera</i> en la región de Magallanes, tal como fue informado por profesionales de la Unidad de Recursos Bentónicos de la Subpesca.
Medidas de administración aplicable a algas pardas (Bueno)	No se proponen acciones inmediatas, más aún cuando se está tramitando una modificación de la Ley general de pesca y acuicultura, la denominada Ley bentónica (Boletín 12.535-21, 2019) que incorpora nuevas medidas que mejorarían el set de medidas actualmente disponibles, tal como las zonas de resguardo temporal. Una vez que se disponga de información que permita identificar zonas que sea importante proteger, se deberá implementar una red de AMP, par lo cual antes se debe generar la investigación suficiente para contar con información que permita realizar esta selección en base a evidencia.
Normativa ambiental aplicable a algas pardas (Bueno)	Generar instancias de coordinación entre la unidad encargada de las AMP en el MMA, con la URB de la unidad de AMP y CC de la Subpesca, con el fin de analizar la posibilidad de implementar AMP que contribuyan al logro de los objetivos tanto del MMA, Subpesca, así como compromisos del país en materia de cambio climático, en función de cómo avance el reconocimiento de los bosques de algas pardas como ecosistemas de carbono azul.

Variable (Estado)	Acción propuesta
Integridad ecológica de los bosques de algas pardas (Suficiente)	Incorporar acciones en los planes de manejo de algas pardas de la zona norte del país (Arica y Parinacota a Coquimbo) tendientes a proteger el rol ecológico de los ecosistemas de algas pardas, tales como continuar ampliando los periodos de veda extractiva, principalmente de <i>Lessonia trabeculata</i> , como reducir la remoción activa (barroteo o segado) y evaluar la factibilidad de implementar una red de AMP que protejan sectores relevantes de los bosques de algas pardas.
Coordinación interinstitucional (insuficiente)	Se sugiere mejorar el funcionamiento de instancias creadas en el contexto del cambio climático, de tal modo de que se logre una actuación coordinada y unificada. Esta tarea debiera ser liderada a nivel ministerial, por el MMA, en coordinación con el Minecon. Entre estas instituciones destacan el ETICC, que corresponde a una instancia de coordinación a nivel central (ministerial); y los CORECC, que corresponden a instancias de coordinación regional y local, que incluye la participación pública y privada (MMA, s.f.). Por otro lado, el GTI Nacional liderado por la Subpesca, es una instancia que debe liderar los procesos de coordinación a nivel sectorial (pesca, acuicultura y cambio climático). Además, se podrían generar instancias de coordinación formales entre las unidades que participaron como contraparte en esta consultoría, sumando otras unidades, de tal forma de ir generando espacios que faciliten el flujo de información (comunicación) y se favorezca la colaboración entre unidades de diversas instituciones (i.e. MMA, Subpesca).
Coordinación intrainstitucional (Suficiente)	La disminución de esta brecha requiere que las unidades del MMA y de la Subpesca que participaron como contraparte técnica en esta consultoría asuman un rol activo en la coordinación en sus respectivas instituciones, con un plan de comunicación y colaboración en los ámbitos pertinentes al proyecto.

Variable (Estado)	Acción propuesta
Disponibilidad de recursos humanos especializados (investigación) (Bueno)	No se proponen acciones inmediatas, ya que existen equipos de investigación a lo largo del país, con un alto nivel, y estos se potenciarían si es que las acciones dirigidas a focalizar los recursos disponibles para investigación se destinen a generar el conocimiento que se requiere, tal como se detalla en la Tabla 43.
Coordinación de investigadores (científicos) (Suficiente)	De acuerdo con lo expresado por los investigadores/as que participaron en los talleres, se propone realizar gestiones a través de la Sociedad Chilena de Ficología para difundir las brechas de conocimiento en el marco de las algas pardas y el carbono azul, de tal modo de generar equipos de investigación coordinados a lo largo del país.
Cumplimiento de la normativa aplicable a algas pardas (Suficiente)	Fortalecer el trabajo en los planes de manejo, y la coordinación entre Subpesca y Sernapesca. Además, de integrar en estas tareas a otras instituciones como la Autoridad Marítima.
Efectividad de la fiscalización de pesquería de algas pardas (Suficiente)	Mejorar la gestión de la fiscalización a través de la planificación en base a análisis de riesgo y mejorar en este proceso el uso de los datos disponibles.
Contribución de algas pardas al carbono azul (Suficiente)	Ver Tabla 43, donde se desarrolla con más detalle las acciones en el ámbito del conocimiento, en este caso tendiente a generar evidencia que corrobore la contribución de estos ecosistemas al carbono azul y valide los supuestos que están a la base de la proposición de los bosques de algas pardas como alternativas de mitigación al cambio climático basadas en la naturaleza.

Tabla 43. Acciones propuestas para reducir las brechas identificadas en el ámbito del conocimiento.

Brecha identificada	Acción propuesta
Conocimiento latitudinal incompleto en la producción primaria neta.	Estimar la productividad primaria neta de forma latitudinal, con énfasis en aquellas zonas y especies más importantes en términos de aporte de carbono azul

Cobertura espacial ($t\ ha^{-1}$) con una alta incertidumbre.	Explorar la aplicación de métodos de evaluación directa basados en imágenes de VAN o satelitales de emisión activa, tanto para recursos intermareales como submareales. Profundizar la aplicación de evaluaciones indirectas
Hay especies de algas pardas que no están incorporadas en el estudio como algas que aportan al carbono azul.	Evaluar la distribución, abundancia, biomasa y productividad primaria neta de aquellas algas pardas no consideradas por la SSPA y que pueden ser importantes en términos de aporte al carbono azul.
No se dispone de información acerca de evaluaciones de biomasa, distribución y productividad primaria en el territorio insular.	Evaluar la distribución, abundancia, biomasa y productividad primaria neta de aquellas algas pardas en el territorio insular.
A nivel nacional, no se dispone de un mapa que especifique la localización de zonas de enterramiento y secuestro de carbono.	Determinar las principales zonas de secuestro de carbono a escala geográfica, que incluya todo el territorio.
Se desconocen las relaciones cuantitativas entre las zonas fuente (donde se acumula carbono en tejidos vivos) y las zonas de secuestro y enterramiento de carbono azul.	Desarrollar estudios de trazabilidad desde las zonas fuente a las zonas sumidero.
Se desconoce el origen del carbono azul que pueda ser detectado en las zonas sumidero.	Encontrar un marcador que permita identificar el origen del carbono azul detectado. Estos marcadores pueden ser de origen genético, macromoléculas, huella isotópica, etc.
Se asume que cada especie de alga parda contribuye de la misma manera a la generación de carbono azul.	Evaluar las características de cada especie para aportar al carbono azul, por ejemplo, su capacidad de fragmentación, flotabilidad, etc. Que pueden afectar su aporte en términos de carbono azul.
Se desconoce la magnitud del aporte del alga varada en playa al enterramiento de carbono.	Evaluar el potencial aporte de carbono azul en términos de carbono enterrado en zonas de varamiento de algas pardas.
Existe un desconocimiento acerca del efecto de variables oceanográficas que pudieran afectar las estimaciones de carbono azul.	Evaluar el impacto de fenómenos oceanográficos a distintas escalas espaciales que afecten la disponibilidad de COP y COD susceptible de ser enterrado o secuestrado.

4.7.3 Taller de validación de áreas seleccionadas y medidas y líneas de acción propuestas

En este taller se presentó la propuesta de zonas de protección a nivel nacional de bosques de algas pardas, en base a los resultados generados en la ejecución de la presente consultoría, la cual fue discutida y validada con los participantes al taller, que incluía investigadores especialistas en algas pardas y representantes institucionales de la Subpesca y el MMA. Luego, una vez validadas las zonas propuestas se presentaron las acciones propuestas, las cuales fueron discutidas, completadas y validadas con los asistentes al taller. Las presentaciones realizadas en este taller se incluyen en el Anexo 13.

En este taller participaron las siguientes personas expertas y representantes institucionales:

Expertas y expertos:

- Dra. Fadia Tala
- Dra. Marcelo Olivares
- Dr. Erasmo Macaya

Ministerio del medio ambiente:

- Kathya Rodríguez

Subsecretaría de pesca y acuicultura:

- Mario Acevedo
- Nicole Maturana
- Gustavo San Martín
- Lorena Burotto
- Javier Rivera
- Martina Delgado
- Yasna Mattos
- Alejandra Pinto

Las áreas propuestas correspondieron a:

- 1) ZONA 1: Región de Magallanes y Antártica chilena: propuesta de protección de los bosques de *Macrocystis pyrifera* en toda la región, dada su contribución de un 35% al carbono azul nacional, considerando la decisión de la región de no explotar esta alga. Además, se sugiere sumar la protección de *Durvillaea antarctica*, ya que también habría interés de no explotar esta alga por parte de los pescadores artesanales de la región.

También se propone evaluar la inclusión de la región de Aysén (toda o parte de ella) en la protección de los bosques de *M. pyrifera*; no obstante, es necesario disponer de recursos que permitan levantar información, ya que actualmente no existen estudios en la zona.

La protección de los bosques de *M. pyrifera* en la región de Magallanes, además de contribuir con la mitigación al cambio climático, también contribuiría a la adaptación, dado que resguardaría la funcionalidad y servicios ecosistémicos de estos bosques, en relación con su efecto en la mantención de pesquerías de importancia económica para la región, tales como la centolla, centollón y erizo.

- 2) ZONA 2: regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo, ya que en conjunto contribuyen con el 44% del carbono azul estimado a nivel nacional. En estas regiones, además existe la mayor actividad extractiva (remoción activa y recolección) de algas pardas (*Lessonia berterroana*, *L. spicata*, *L. trabeculata* y *M. pyrifera*), por lo que se propone fortalecer los actuales planes de manejo de algas pardas.
- 3) ZONA 3: regiones desde Valparaíso a Los lagos, donde existe explotación de algas pardas, con un desarrollo de AMERB que suman 81 de un total de 217 a nivel nacional, sin planes de manejo para algas pardas; aunque está en proceso de formación el Comité de Manejo de recursos bentónicos³² en la región del Libertador Bernardo O´Higgins (R.Ex. 2961, 2021). Las regiones de Valparaíso y del Biobío, en conjunto aportan con un 15% del carbono azul, principalmente por la presencia de *Durvillaea incurvata*.

Esta propuesta de zonas fue validada por los asistentes al taller.

³² La especie objetivo establecida en este futuro plan de manejo es el cochayuyo (*Durvillaea incurvata*).

4.7.4 Medidas propuestas para cada una de las áreas seleccionadas

Las propuestas de acción para cada una de las 3 Zonas identificadas se describen a continuación, donde se incorporan las observaciones y recomendaciones generadas en el taller del 10 de noviembre de 2021.

ZONA 1: Bosques de *Macrocystis pyrifera* de la región de Magallanes y Antártica chilena

Para fortalecer las decisiones tomadas en la región, que incluyeron la decisión de excluir a *Macrocystis pyrifera* de la Res. 3115 que fija la nómina de pesquerías artesanales, lo cual impide nuevas inscripciones, pero no limita la operación de quienes tengan la especie inscrita en fecha previa a dicha resolución, agentes que suman 2.124 (CM RRBB Magallanes, 2021), se sugirió la posibilidad de implementar alguna figura de AMP o veda extractiva, informando desde la Subpesca que el CM de recursos bentónicos de la región de Magallanes en sesión del CM había decidido proponer una veda extractiva del recursos huiro flotador por un periodo de 2 años (CM RRBB Magallanes, 2021), lo cual está en trámite actualmente. En relación con la posibilidad de implementar un AMP, aun cuando la Subpesca no percibe esta medida como una alternativa viable por los tiempos que demora su promulgación y también porque existe desconfianza por parte de los usuarios (principalmente los pescadores artesanales), respecto de los efectos que podría tener para la operación pesquera; es necesario avanzar en medidas que den garantía para la protección de estos bosques de algas pardas, sin excluir *a priori* la posibilidad de implementar alguna figura de AMP, que podrían incluir un mix de AMP *no take* y AMP con mayor flexibilidad, como las AMCP-MU.

ZONA 2: Bosques de *L. trabeculata*, *L. berteroana*, *L. spicata* y *M. pyrifera* de las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo

Considerando que los principales riesgos detectados en estas regiones son la pesca ilegal, la dificultad de fiscalización y el débil resguardo del rol ecológico de las algas pardas, se propone la implementación de una red de AMP. No obstante, similar a lo señalado para la región de Magallanes, las AMP generan desconfianza entre los pescadores artesanales, porque existe el temor de que restrinjan la operación pesquera, por lo tanto, la Subpesca sugiere esperar que esté disponible la medida denominada "zonas de resguardo temporal" incluidas en el proyecto de ley

conocido como Ley bentónica (Boletín 12.535-21, 2019). Sin embargo, es recomendable considerar la futura implementación de una red de AMP que proteja los servicios ecosistémicos prestados por estos ecosistemas de algas pardas (adaptación); así como también, proteger los sectores donde se produzcan los mayores secuestros de carbono (mitigación). No obstante, tanto para la adaptación como para la mitigación, es necesario conocer cuáles son los sectores apropiados para implementar dichas AMP, situación que en lo inmediato no es posible definir, ya que no existe información suficiente.

Además, se propone promover el desarrollo de AMERB, sobre todo en la región de Antofagasta, y continuar con el aumento de los periodos de veda de *L. trabeculata* y la disminución del barroteo o segado de algas; fortaleciendo las acciones de fiscalización.

Para aumentar la cobertura de las algas pardas en estas regiones se recomienda realizar programas de repoblación, contribuyendo así tanto con el carbono azul, como con la actividad pesquera.

ZONA 3: Bosques de *L. trabeculata*, *L. spicata*, *M. pyrifera* y *Durvillaea incurvata* de las regiones de Valparaíso a Los lagos

En estas regiones, los principales problemas detectados corresponden a la pesca ilegal y la insuficiencia de las medidas de administración vigentes, principalmente debido a la falta de recursos en la Subpesca para cubrir todas las regiones. En este contexto, la propuesta original era promover la implementación de planes de manejo de algas pardas; no obstante, dada las condiciones de restricción presupuestaria, la limitada disponibilidad de recursos y la carga laboral actual en la Unidad de Recursos Bentónicos, se planteó en una primera etapa implementar medidas de administración, tales como vedas extractivas, a través de instancias de coordinación locales, tales como diversas mesas de trabajo existentes en regiones. No obstante, se deberían implementar planes de manejo en toda la zona 3. En este sentido, en la región del Libertador General Bernardo O´Higgins, el año 2021, se ha iniciado el proceso de conformación del CM de recursos bentónicos para elaborar el plan de manejo de cochayuyo (R.Ex. 2961, 2021).

A partir de la experiencia de la implementación de los planes de manejo de algas pardas en la zona norte (i.e. regiones de Arica y Parinacota a Coquimbo) y los objetivos de esta consultoría,

se identifican los siguientes aspectos a ser considerados en la formulación de nuevos planes de manejo de algas pardas:

- a) Realizar una descripción detallada de la pesquería, incluyendo un levantamiento de información desde los propios usuarios, a través de talleres participativos,
- b) Incluir un plan de capacitación para los integrantes del comité de manejo, tanto públicos como privados, antes de iniciar el proceso de formulación del plan de manejo, en temas atinentes al plan (e.g. qué es un plan de manejo pesquero, cuáles son las etapas para su formulación, identificación de problemas, definición de objetivos, metas e indicadores, aspectos normativos (LGPA y reglamentos), etc.),
- c) Realizar un análisis de riesgo de la pesquería en base al diagnóstico realizado,
- d) Incorporar explícitamente el rol ecológico de las algas pardas en el plan de manejo,
- e) Incorporar explícitamente el cambio climático: medidas de adaptación y de mitigación, en los planes de manejo, incluido el concepto de carbono azul,
- f) Coordinar investigaciones con universidades locales para generar información relevante para el plan de manejo y
- g) Gestionar financiamiento local para ejecutar el programa de investigación, y realizar las coordinaciones con nivel central de Subpesca para que dicha información cumpla con los estándares técnicos para ser utilizada en los procesos de toma de decisiones.

5 Insumos para la actualización del PACCPA³³ en relación con la medida N°3: Proteger y manejar en forma sustentable los bosques submarinos³⁴

5.1 Antecedentes

El PACCPA actualmente se encuentra en proceso de actualización³⁵, y en este contexto, se incluye la sistematización de los resultados de la presente consultoría, con el fin de contribuir en este proceso.

El PACCPA fue elaborado por la Subsecretaría de pesca y acuicultura (Ministerio de economía, fomento y turismo) y el Departamento de cambio climático (Ministerio del medio ambiente), y forma parte de los compromisos del Estado de Chile y define el marco general para implementar la estrategia de política pública en materia de adaptación al cambio climático en el ámbito de la pesca y la acuicultura, con el fin de promover la participación y coordinación de los grupos de interés (Subpesca & MMA, 2015), siendo un instrumento articulador que delinea acciones y medidas relativas a políticas públicas y gestión pesquera y acuícola, con el objetivo de fortalecer la capacidad de adaptación del sector al cambio climático (Farías, et al., 2019a).

El objetivo principal del PACCPA es "Fortalecer la capacidad de adaptación del sector Pesca y Acuicultura a los desafíos y oportunidades del cambio climático, considerando un enfoque precautorio y ecosistémico."; y cuenta con 5 objetivos específicos:

- 1) Promover la implementación del enfoque precautorio y ecosistémico en la pesca y acuicultura como una forma de mejorar la resiliencia de los ecosistemas marinos y de las comunidades costeras, que hacen uso de los recursos hidrobiológicos y del sector en general.
- 2) Desarrollar la investigación necesaria para mejorar el conocimiento sobre el impacto y escenarios de cambio climático sobre las condiciones y servicios ecosistémicos en los cuales se sustenta la actividad de la pesca y de la acuicultura.

³³ Plan de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura (Subpesca & MMA, 2015).

³⁴ Medida incluida en documento desarrollado en la Mesa Océanos (Farias, et al., 2019b).

³⁵ Proyecto 2021-5-DAP-5: Asesoría para la implementación y actualización del Plan de adaptación al cambio climático en pesca y acuicultura (PACCPA) 2021. Proyecto actualmente en ejecución.

- 3) Difundir e informar sobre los impactos del cambio climático con el propósito de educar y capacitar en estas materias a usuarios y actores relevantes del sector pesca y acuicultura.
- 4) Mejorar el marco normativo, político y administrativo para abordar eficaz y eficientemente los desafíos y oportunidades del cambio climático.
- 5) Desarrollar medidas de adaptación directas tendientes a reducir la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático en las actividades de pesca y acuicultura.

Para cada objetivo específico, en el PACCPA se incluyen medidas de adaptación, que en total suman 29 medidas (Tabla 44), las que se presentan en formato de fichas que incluyen el título de la medida, objetivo específico (asociado), objetivo de la medida, cobertura, plazos, resultados, posibles fuentes de financiamiento, instituciones responsables y socios colaboradores.

Tabla 44. Cuadro resumen de objetivos y medidas incluidas en el PACCPA (Subpesca & MMA, 2015).

Objetivo principal		Fortalecer la capacidad de adaptación del sector Pesca y Acuicultura a los desafíos y oportunidades del cambio climático, considerando un enfoque precautorio y ecosistémico.				
Objetivo específico		Medidas de adaptación (fichas)				
OE1	Promover la implementación del enfoque precautorio y ecosistémico en la pesca y acuicultura como una forma de mejorar la resiliencia de los ecosistemas marinos y de las comunidades costeras, que hacen uso de los recursos hidrobiológicos y del sector en general.	1. Apoyar la implementación de Planes de manejo en pesquerías locales, nacionales y regionales.	2. Fortalecer el programa de observadores científicos a bordo de las flotas pesqueras nacionales.	3. Fortalecer el Programa de Reducción del Descarte y la Pesca incidental en las pesquerías nacionales.	4. Promover el desarrollo de la Planificación Espacial Marina (MSP, por sus siglas en inglés) como una herramienta de gestión para el uso de los recursos y ecosistemas marinos.	5. Guía para la certificación de pesquerías
OE2	Desarrollar la investigación necesaria para mejorar el conocimiento sobre el impacto y escenarios de cambio climático sobre las condiciones y servicios ecosistémicos en los cuales se sustenta la actividad de la pesca y de la acuicultura.	6. Red nacional de monitoreo y análisis de biodiversidad marina y de aguas continentales.	7. Modelos de pronósticos de pesquerías pelágicas chilenas frente a diversos escenarios del cambio climático.	8. Estudios oceanográficos de biodiversidad marina.	9. Programa de prevención, control y/o erradicación de especies exóticas invasoras (EEI).	10. Determinación de las Áreas Aptas para Acuicultura (AAA) de acuerdo con los posibles futuros escenarios climáticos-oceanográficos.

Objetivo principal		Fortalecer la capacidad de adaptación del sector Pesca y Acuicultura a los desafíos y oportunidades del cambio climático, considerando un enfoque precautorio y ecosistémico.				
Objetivo específico		Medidas de adaptación (fichas)				
		11. Análisis de variables ambientales y oceanográficas que afectan la producción de semillas de mitílidos.	12. Impacto del cambio climático en la distribución de mamíferos marinos, pingüinos y tortugas marinas.	13. Estudios sobre el impacto del cambio climático sobre recursos marinos en la antártica chilena.	14. Estudio de vulnerabilidad al cambio climático para recursos hidrobiológicos importantes para pesca y acuicultura.	15. Sistema de predicción de condiciones climáticas para la Pesquería Artesanal y la Acuicultura.
		16. Evaluación de especies de interés para la acuicultura bajo diferentes escenarios climáticos.	17. Estudio del cambio en la distribución geográfica de <i>Alexandrium catenella</i> en los fiordos y canales del sur de Chile.	18. Efectos del cambio climático en las actividades de acuicultura desarrollada en espacios fluviales y lacustres.		
OE3	Difundir e informar sobre los impactos del cambio climático con el propósito de educar y capacitar en estas materias a usuarios y actores relevantes del sector pesca y acuicultura.	19. Capacitación local a través de proyectos pilotos.	20. Información sobre cambio climático en Pesca y acuicultura.	21. Sistema pronóstico de futuros desembarques bajo diferentes escenarios climáticos.		

Objetivo principal		Fortalecer la capacidad de adaptación del sector Pesca y Acuicultura a los desafíos y oportunidades del cambio climático, considerando un enfoque precautorio y ecosistémico.				
Objetivo específico		Medidas de adaptación (fichas)				
OE4	Mejorar el marco normativo, político y administrativo para abordar eficaz y eficientemente los desafíos y oportunidades del cambio climático.	22. Inclusión de áreas acuáticas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado.	23. Adaptación normativa para respuestas inmediatas ante variabilidad climática y eventos extremos.	24. Grupo Técnico Asesor de Cambio Climático (GTA CC) para la SUBPESCA.		
OE5	Desarrollar medidas de adaptación directas tendientes a reducir la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático en las actividades de pesca y acuicultura.	25. Adaptación de la infraestructura portuaria de la pesca artesanal a los posibles impactos del cambio climático.	26. Sistema de seguros para acuicultores de pequeña escala y pescadores artesanales ante eventos climáticos extremos.	27. Implementación de técnicas de recirculación de agua en acuicultura dulceacuícola.	28. Fomento del consumo humano directo de la anchoveta y sardina.	29. Promover el consumo y valor agregado en los recursos de la pesca artesanal.

En relación con la medida 3, referida a “Proteger y manejar en forma sustentable los bosques submarinos”, define específicamente la medida como: “Proteger los bosques de algas pardas, para preservar el stock de carbono y su enterramiento, y la biodiversidad, como elementos claves para Adaptar y Mitigar frente al cambio climático y la resiliencia”, estableciendo como objetivo “Valorizar la importancia de los ecosistemas de macroalgas a lo largo de la costa de Chile como una medida de mitigación, debido a sus capacidades de: Capturar cantidades significativas de dióxido de carbono (CO₂); Amortiguar eventos de desoxigenación y acidificación del océano; y Proveer de efectos paliativos y ayuda a la adaptación frente a eventos climáticos extremos como marejadas y oleaje (Farias, et al., 2019b).

En este sentido, se propone el establecimiento de medidas de conservación y manejo en todo el territorio nacional, con el propósito de asegurar la implementación de “AMP emblemáticas en distintas macrozonas o provincias biogeográficas (...) que ofrezcan mayores niveles de protección”; y planes y medidas de manejo eficaces para los restantes bosques marinos sujetos a explotación (Farias, et al., 2019b).

5.2 Resultados de la consultoría y contribución a la actualización del PACCPA

En nuestra visión, los resultados y elementos puestos en discusión en este Informe Final contribuyen a la adecuación del Plan de Adaptación en Pesca y Acuicultura y a las soluciones basadas en la naturaleza frente al cambio climático, tal como se establece en el Objetivo general del Proyecto.

La principal contribución ha sido reunir información dispersa para ponerla en contexto del concepto de Carbono Azul. Esta información se refiere tanto a aspectos de investigación e institucionales conocidos, así como a las grandes brechas identificadas en estos ámbitos y que requieren, en una etapa posterior basada en estos hallazgos, de la adecuación del PACCPA.

En primer lugar, se requiere la incorporación explícita del concepto de carbono azul como parte de una declaración estratégica que permita encauzar las acciones futuras en la adecuación del PACCPA. La definición del concepto, esto es retirar CO₂ atmosférico por un periodo de tiempo medido en décadas mediante mecanismos de enterramiento y secuestro, implica que necesariamente y previo a la aplicación de herramientas de administración, se debe tener conocimiento lo más preciso y exacto posible de dónde, cuánto y a qué tasas se genera carbono

azul en nuestro territorio marítimo. Este conocimiento en nuestro país, hoy se puede decir que, de una forma optimista, es incompleto. A nivel nacional, se tiene una cuantificación temporal y espacialmente fragmentada acerca de dónde ocurren las mayores biomásas de algas pardas. Sin embargo, este conocimiento no indica necesariamente dónde se produce mayor cantidad de carbono azul, de manera de proteger bajo la forma de alguna medida de administración esas biomásas. Las biomásas indican solamente que cantidad de CO₂ equivalente se encuentra fijada en forma de tejido vivo (*standing stock* de carbono), lo que usualmente es confundido con el carbono azul. De acuerdo con la evidencia la generación de carbono azul en el océano no solo es un evento posible, sino que además es muy probable que así sea (Krause-Jensen, et al., 2018), pero en Chile, basados en estudios locales, aún se desconoce dónde y en qué cantidades en el tiempo se produce y acumula carbono azul.

En segundo lugar, se requiere evitar la tentación de aplicar herramientas de administración, como por ejemplo áreas marinas protegidas (AMP) sin haber alcanzado el nivel de conocimiento descrito en el párrafo anterior. Sin este paso previo el AMP, puesta como ejemplo, podrá proteger de una manera efectiva el *standing stock* de carbono, pero se desconocerá si logra lo mismo con el carbono azul, de tal modo que puede ser una herramienta efectiva en un caso y de eficacia desconocida para el segundo. Para dar más claridad a este punto supongamos la siguiente situación. Para el recurso *L. berteriana* Vásquez (2018) usando evaluaciones fotogramétricas registró que Caleta Urco representa el principal foco de abundancia (~ 29 mil t), aunque se puede tener una aproximación a cuánto CO₂ equivalente corresponde esta biomasa, no se disponen de estudios acerca de productividad primaria en el bosque presente en Caleta Urco ni tampoco cuánto carbono azul se genera ni dónde se almacena este potencial carbono azul. Así, la protección de este bosque puede ser efectiva como medida de conservación, pero se desconoce si esta protección del *standing stock* es efectiva en términos del carbono azul. Es posible y también probable que fenómenos de surgencia puedan alterar las tasas a las cuales el carbono azul se va generando. Esta situación se repite para los principales focos de abundancia de algas pardas a lo largo de la costa chilena. Si bien la conservación del *standing stock* de biomasa es una condición necesaria no es suficiente si se piensa en la contribución al carbono azul. En este sentido, puede darse la paradoja que una especie menos abundante, con mayor productividad primaria sea más relevante que un recurso más abundante pero menos productivo en términos de contribución al carbono azul.

5.3 Objetivo específico y medidas propuestas para la actualización del PACCPA

OE6: Objetivo específico: Proteger los bosques de algas pardas, para preservar el stock de carbono y su enterramiento, y la biodiversidad, como elementos claves para Adaptar y Mitigar frente al cambio climático y la resiliencia³⁶.

Para este objetivo se proponen 5 medidas que se describen en las siguientes fichas:

Título de la medida	Programa de investigación integral de la contribución de los bosques de algas pardas al carbono azul ³⁷ .
Objetivo específico	OE6
Objetivo de la medida	Generar la información necesaria para resolver las brechas identificadas para conocer la contribución de las algas pardas al carbono azul.
Cobertura	Nacional
Plazos	2021 - 2025
Resultados	PPN para las diversas especies de algas pardas, a nivel latitudinal; aporte al carbono azul por especie y latitud (dónde, cuánto y a qué tasas se genera el secuestro de carbono).
Posibles fuentes de financiamiento	Fondecyt (ANID), agencias de cooperación internacional
Instituciones responsables	MMA, Subpesca
Socios colaboradores	Ministerio de ciencia, tecnología, conocimiento e innovación

Título de la medida	Protección de los bosques de <i>Macrocystis pyrifera</i> de la región de Magallanes.
Objetivo específico	OE6

³⁶ Objetivo asociado a la definición específica de la medida 3 "Proteger y manejar en forma sustentable los bosques submarinos" (Farias, et al., 2019b).

³⁷ Debe incluir todos los ámbitos de conocimiento donde existen brechas, tal como se reporta en este informe.

Objetivo de la medida	Garantizar que los bosques de <i>M. pyrifera</i> de la región de Magallanes no sean explotados.
Cobertura	regional
Plazos	2021 - 2022
Resultados	Protección efectiva y permanente de los bosques de <i>Macrocystis pyrifera</i> en la región de Magallanes.
Posibles fuentes de financiamiento	Fondos regionales (Fondema/GORE), MMA, Subpesca
Instituciones responsables	Subpesca, Dirección zonal de pesca y acuicultura de la región de Magallanes, MMA
Socios colaboradores	Universidades, centros de investigación, ONG

Título de la medida	Mantener y aumentar la cobertura de los bosques de <i>Macrocystis pyrifera</i> en la región de Magallanes
Objetivo específico	OE6
Objetivo de la medida	Aumentar el secuestro de carbono (carbono azul) y la contribución a la mitigación al CC
Cobertura	Región de Magallanes
Plazos	2021 - 2025
Resultados	Aumento de cobertura de bosques de <i>Macrocystis pyrifera</i> en la región de Magallanes
Posibles fuentes de financiamiento	Indespa, Fondos regionales (Fondema/GORE)
Instituciones responsables	Subpesca, Dirección zonal de pesca y acuicultura de la región de Magallanes, MMA
Socios colaboradores	Universidades, centros de investigación, ONG

Título de la medida	Levantar información de distribución, cobertura, abundancia y biomasa de algas pardas en la región de Aysén (con énfasis en <i>Macrocystis pyrifera</i>).
Objetivo específico	OE6

Objetivo de la medida	Identificar zonas potenciales de protección por su contribución al carbono azul
Cobertura	Región de Aysén
Plazos	2021 - 2025
Resultados	Identificación de zonas con bosques de algas pardas a ser protegidas por su contribución al carbono azul
Posibles fuentes de financiamiento	GORE Aysén, MMA, Subpesca
Instituciones responsables	MMA, Subpesca
Socios colaboradores	Universidades, centros de investigación, ONG

Título de la medida	Resguardar los servicios ecosistémicos de soporte provistos por las algas pardas (e.g. hábitats con alta biodiversidad/especies de interés comercial, complejas estructuras tróficas).
Objetivo específico	OE6
Objetivo de la medida	
Cobertura	nacional
Plazos	2021 – 2022 (planes de manejo de la zona norte: AyP a COQ) 2021 – 2025 regiones de VALPO a LAGOS
Resultados	Incorporar el resguardo de los servicios ecosistémicos provistos por los bosques de algas pardas en los planes de manejo de algas pardas. Proteger la biodiversidad asociadas a los bosques de algas pardas. Mantener y mejorar los stocks de especies de interés comercial que habitan en los bosques de algas pardas.
Posibles fuentes de financiamiento	Subpesca, MMA, Gobiernos regionales
Instituciones responsables	Subpesca, Direcciones zonales de pesca y acuicultura, MMA
Socios colaboradores	Universidades, centros de investigación, ONG

6 Discusión

La discusión se estructura sobre la base de los siguientes tópicos:

Objetivo a:

- a) Recopilación y análisis de estudios disponibles respecto de abundancia, biomasa y cobertura de praderas de algas pardas en Chile (Actividad 1),
- b) Recopilación y análisis de la información de estadísticas pesqueras, a fin de establecer el estado general de los ecosistemas de macroalgas pardas, considerando variaciones naturales, así como a la influencia de la pesquería (Actividad 2.1),
- c) Análisis de metodologías de evaluación de praderas de macroalgas desarrollados en otras latitudes para especies similares (Actividad 2.2),
- d) Estimación de variables de desempeño CA, PPN, COP, COD y CSC (actividad 2.5),

Objetivo b:

- e) Identificación de zonas relevantes para la mitigación/adaptación al cambio climático,

Objetivo c:

- f) Manejo integral de algas pardas: recurso pesquero y ecosistema de carbono azul y
- g) Iniciativas de proyectos de ley relacionadas con algas pardas.
- h) Determinación de brechas.

Objetivo d:

- i) Propuestas para la reducción de brechas y
- j) Zonas propuestas para la protección de los bosques de algas pardas.

6.1 Recopilación y análisis de estudios disponibles respecto de abundancia, biomasa y cobertura de praderas de algas pardas en Chile (Actividad 1).

En esta sección se hará un análisis acerca de la naturaleza de los datos de abundancia, biomasa y cobertura de las praderas más que un análisis de las estimaciones que se desprenden de tales

datos que serán abordados en una sección específica acerca de la estimación de las variables de desempeño de interés de esta Consultoría.

El creciente interés por el aporte de los ecosistemas marinos al problema del cambio climático global ha sido plasmado en una serie de trabajos cuyo foco central es el aporte del llamado carbono azul (Krause - Jensen & Duarte, 2016), (Krause-Jensen, et al., 2018), (Macreadie, et al., 2019), (Saderne, et al., 2019), (Filbee- Dexter & Wernberg, 2020), entre otros. Este concepto de carbono azul se refiere al secuestro de carbono global bajo la modalidad de carbono orgánico que es retirado (secuestrado) por un tiempo prolongado del sistema y que potencialmente podría ser tanto o más importante que el aporte realizado por ecosistemas terrestres.

Aunque el concepto de carbono azul es un tema controversial (Krause-Jensen, et al., 2018), (Macreadie, et al., 2019) es un tema en revisión y se reconoce el eventual valor que pueden tener los ecosistemas dominadas por grandes algas pardas, las que presentarían un elevado potencial en términos de producción primaria neta. En el marco de Tratados Internacionales del Estado de Chile se han propuesto una serie de acciones orientadas a la contribución nacional en términos de mitigación y adaptación al cambio climático global (Gobierno de Chile, 2020), particularmente en la línea de tender a la carbono-neutralidad al 2050. En este sentido, la contribución de los océanos y particularmente en cuanto a la preservación del stock y el secuestro de carbono en ecosistemas marinos y costeros aparecen como medidas a aplicar en el corto y mediano plazo (Farias, et al., 2019b).

En línea con lo señalado en el párrafo anterior, en esa consultoría se hizo una revisión del conocimiento actual de los niveles de abundancia en términos de biomasa de algas pardas, de manera de tener un estimado histórico del standing de tejido vivo y poder disponer de un estimado del standing de CO₂ equivalente. El análisis de la información disponible sugiere que a nivel nacional existe una discontinuidad espacial y temporal en cuanto a conocer el tamaño de los efectivos (biomasa). En efecto, los datos muestran que la mayor densidad de datos ocurre desde la región de Coquimbo la norte, concentrados principalmente en las regiones de Atacama y Coquimbo. desde la región de Valparaíso al sur los datos disponibles se limitan a un solo registro anual (dos en el caso de Magallanes). Esta asimetría en la información hace difícil poder establecer una línea base histórica para evaluar el desempeño de la variable biomasa y saber si los efectivos nacionales llevan alguna tendencia histórica.

6.1.1 Fuentes de Incertidumbre en las estimaciones

Del análisis de los datos de biomasa levantadas mediante evaluaciones directas, también emergen aspectos que de alguna forma pueden estar relacionados con la incertidumbre asociada a los métodos a través de los cuales se realizan las evaluaciones. **(a)** La época del año en la cual se realizan las evaluaciones directas puede tener impacto en la estimación del *standing stock*. Existen datos de biomasa estimada de distintas estaciones del año que indican que las máximas biomásas tienden a ocurrir en verano. Así, posibles variaciones en el valor más confiable de los estimados pueden estar relacionados a la época del año en el cual se hicieron las evaluaciones en terreno y los resultados de estas quizás obedezcan a diferencias entre fases del ciclo de vida del alga. De esta manera la ocurrencia estacional de distintas fases en el ciclo de vida de las especies es un factor para tomar en cuenta; **(b)** En pocos casos se han utilizado áreas de cobertura regional calculados a otros estudios en años anteriores. En este caso el resultado reportado pudiera no dar cuenta de cambios inter temporales en la distribución del recurso, de manera que la biomasa estimada no necesariamente representa la biomasa actual; **(c)** existe, sobre todo en los informes más antiguos, la aplicación de un juicio de experto, principalmente relativo al ancho del cinturón de macroalgas. El ancho de la pradera es variable (Vásquez, et al., 2008) y depende, según este autor, entre otros factores de la presencia/ausencia de huirales y de la batimetría de la costa. Esto hace que la estimación del área de distribución del huiral pueda ser muy variable y esto se transforma en un factor crítico ya que la densidad (biomasa m^{-2}) es extrapolada a esta área total que ya posee una incertidumbre desconocida, afectando la exactitud y la precisión de los estimados; **(d)** respecto de las estimaciones de las áreas de cobertura de las praderas de macroalgas es importante destacar que existe un alto grado de incertidumbre en ellas, las que terminan impactando sobre las estimaciones de biomasa y posteriormente sobre las estimaciones de PPN y carbono azul, que son objeto de interés en este Informe. En las evaluaciones más recientes se ha tendido a usar métodos geoestadísticos para el tratamiento de los datos de densidad (biomasa m^{-2}) y para la estimación de los polígonos de distribución. Si bien la metodología corrige de mejor forma la incertidumbre en la introducción del juicio experto no está exenta de dificultades. Por lo general en la fuente de datos recopilada se utiliza el método Kriging para la estimación de la superficie efectiva de distribución. En el ajuste del variograma pueden usarse distintas funciones para modelar el sistema: circular, esférico, exponencial, gaussiano y lineal. Cada opción posee su propio conjunto de supuestos y responden a distintos tipos de situaciones. Así, la selección de uno u otro afecta la predicción de los valores usados en la

estimación. Sin embargo, rara vez se explicita el método seleccionado y la revisión de sus supuestos y su potencial efecto en las estimaciones de área de distribución y biomasa regional estimada; **(e)** utilización de una medida de tendencia central que puede tener sesgos. Lo norma general en las evaluaciones directas ha sido expandir al área de distribución el resultado de la media normal, obtenido a partir de las muestras de densidad (biomasa m^{-2}). Ocurre con frecuencia que la distribución normal no representa adecuadamente la distribución de probabilidades de los datos colectados en terreno (ECOS, 2016), siendo más frecuente una distribución del tipo binomial negativa o similares. Los datos extremos, mayores o menores, hacen que la media gaussiana sea sensible a estos datos generando varianzas muy superiores al valor de la media. Como consecuencia de este error de estimación son valores sesgados de la biomasa; **(f)** fuentes de incertidumbre desconocidas o una combinación de fuentes conocidas.

Con relación a los resultados de biomasa proveniente de evaluaciones indirectas hay que destacar que, al igual que los métodos de evaluación directas, estos también poseen supuestos que cada vez que no se cumplen representan violaciones a la validez del método y pueden generar estimaciones sesgadas de biomasa. Hay una tendencia casi natural a ver estas estimaciones con cautela y dar mayores probabilidades de certeza a las evaluaciones directas. Recientemente, un panel de expertos (UACH, 2019) sugirió que, para el caso de macroalgas, las evaluaciones directas representan una mejor aproximación que los métodos indirectos. No obstante, como se mostró anteriormente los métodos directos también requieren la validez de ciertos supuestos, cuya violación pueden sesgar las estimaciones. El mismo informe de (UACH, 2019) sugiere no descartar el uso de métodos indirectos para evaluar el *standing stock* de las poblaciones de macroalgas a nivel regional. En este sentido son importantes los resultados mostrados por ECOS (2020) que muestran que el método de evaluación indirecto utilizado en la región de Atacama mostró diferencias de 4% en los estimados de Huiro macro obtenidos mediante evaluaciones directas en la misma región y año (2017). Esta diferencia alcanzó el 23% para el recurso Huiro negro. Algo similar fue encontrado para la región de Coquimbo. Aquí se encontró una diferencia de 6% entre evaluaciones directas e indirectas de Huiro palo y de 14% en Huiro negro. En cambio, para Huiro macro esta diferencia fue de 99% entre ambas técnicas de evaluación. Esta diferencia se explica básicamente por la abrupta caída en la biomasa estimada por el método directo en el año 2017 - 2018 (ECOS, 2020). Como se puede apreciar la diferencia entre ambos métodos de evaluación puede no ser tan diferente como para justificar la aplicación de un método sobre otro.

Tal como se pueden encontrar diferencias en los resultados obtenidos usando evaluaciones directas, en las indirectas también se puede hallar esta misma situación. Ejemplo de esto son los reportes de Canales et al. (2018) y ECOS (2020) para el recurso Huiro negro en la región de Atacama y que son representados en los resultados que muestra la Figura 14. Ambos reportes difieren en los valores estimados. Sin embargo, los estimados de ECOS (2020) parecen estar más cercanos a las estimaciones directas, si estas pueden ser usadas como un valor de referencia, por lo cual se podría asignar una mayor probabilidad de certeza en los estimados indirectos del método empleado por ECOS (2020). Esto difiere de la conclusión de UACH (UACH, 2019) que plantea que no es recomendable emplear las metodologías más simples, como las de ECOS (ECOS, 2016), (ECOS, 2020) por tener demasiados supuestos de dudosa validez. El reporte de ECOS (2020) muestra precisamente lo contrario, toda vez que un método más sencillo pareciera entregar resultados más robustos que un método más complejo (Canales, et al., 2018). Si bien cumplir con los supuestos de los métodos es importante, el tratamiento de los datos de entrada para verificar la validez de estos. En este sentido Pérez (2014) y ECOS (2016) llaman la atención sobre la necesidad de un riguroso análisis de los datos e entrada a los modelos, precisamente con el fin de evitar incluir datos erróneos que lleven a que el modelo se comporte de una manera poco estable. Similares diferencias se detectaron entre los resultados de evaluaciones indirectas en la región de Coquimbo, entre dos modelos que UACH (2019) consideraría como simples. En este caso los resultados mostrados por ABIMAR (2017) y ECOS (2020) pueden diferir entre sí, pero ambos pueden reproducir relativamente bien resultados obtenidos por métodos de evaluación directo. Con base a estas experiencias sería recomendable no excluir métodos indirectos en la evaluación de los *standing stocks* regionales de macroalgas, los que obviamente poseen ventajas sobre los métodos directos: i) son económicos, pueden trabajar con situaciones donde ii) la disponibilidad de datos de desembarque están disponibles históricamente previo análisis y corrección de datos anómalos, cuyo tratamiento ha sido descrito por Pérez (2014) y ECOS (2016) (2020); permiten obtener una línea base adecuada para ir midiendo las tendencias en las biomazas y de ahí pasar a determinar niveles de carbono fijado en tejido vivo y en CO₂ equivalente, que es el gran déficit detectado a nivel nacional.

6.2 Recopilación y análisis de la información de estadísticas pesqueras, a fin de establecer el estado general de los ecosistemas de macroalgas pardas, considerando variaciones naturales, así como a la influencia de la pesquería (Actividad 2.1).

En general, es posible visualizar una marcada zonación del desembarque producto de las operaciones de pesca en el territorio nacional. *Lessonia berteriana/spicata/nigrescens* y *Lessonia trabeculata* son recursos altamente explotados entre las regiones de Antofagasta y Coquimbo constituyendo una actividad de alta importancia económica y social dentro del subsector pesquero artesanal, la cual se caracteriza por el uso intensivo de mano de obra de baja calificación (IFOP, 2002), mientras que *Macrocystis pyrifera/integrifolia*, presenta un comportamiento similar al género *Lessonia*, pero teniendo a la región de Los Lagos como la principal zona de operación sobre esta especie. Por su parte *Durvillaea antarctica/incurvata* presentan los mayores niveles de desembarque en la zona centro sur y sur, destacando la región del Biobío, como la principal zona de extracción.

Respecto del estado actual de estas especies, si bien es cierto se encuentran en régimen general de acceso, todas se encuentran asimiladas a plena explotación (Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, 2021), elemento que permite mantener cerrados los registros para el ingreso de nuevos usuarios o, como el caso de *Durvillaea* spp., asociada las restricciones de la Resolución N° 3115 de 2013. Una excepción a lo anterior corresponde a *Macrocystis pyrifera/integrifolia* en la región de Los Lagos, especie que no posee medidas de administración similares a la del resto de laminariales del presente estudio y solo presenta criterios de extracción que en la realidad son de difícil control a pesar de poseer los mayores niveles de desembarque para esta especie en Chile.

6.3 Análisis de metodologías de evaluación de praderas de macroalgas desarrollados en otras latitudes para especies similares (Actividad 2.2)

Respecto de los métodos directos de evaluación de stock a nivel internacional, es posible distinguir cuatro tipos, los que corresponden a dos tipos de sensores: ópticos y acústicos. Estos últimos corresponden a herramientas de sonar, en tanto que los ópticos incluyen sensores satelitales, fotografías e imágenes aéreas, imágenes submarinas y LiDAR. A esta batería de herramientas se

suma el método basado en cuadratas y transectos, que es el que más se ha usado en nuestro país.

El hecho de que el método de cuadratas y transectos sea el más usado en nuestro país, probablemente se deba por la facilidad aparente en su aplicación y porque los otros requieren de medios tecnológicos de difícil acceso para quienes, en el pasado reciente, se han dedicado a hacer las evaluaciones.

A nivel internacional las tecnologías ópticas y acústicas han sido intensamente usadas (ver revisión de Bennion et al., (2018) y otros en la sección de resultados) por sus ventajas prácticas al disminuir el tiempo de procesamiento y análisis de la información y por proporcionar datos cuantitativos más exactos y precisos relacionados con el área de cobertura espacial de los recursos a evaluar, que constituye la gran debilidad del método basado en transectos y cuadratas. El tipo de herramienta de percepción remota puede adaptarse también a los requerimientos del evaluador en términos del tipo de ambientes donde se emplazan las praderas de macroalgas, submareal o intermareal, las facilidades/dificultades de acceder a estos y los requerimientos de resolución en términos de píxeles, dependiendo de la extensión de las praderas y de la complejidad en términos de número de especies de algas en cada ecosistema.

En términos de recomendaciones sobre cuál o cuáles de estas tecnologías se pueden aplicar en Chile, naturalmente la respuesta dependerá de los objetivos y situaciones locales particulares. La Figura 36 proporciona un buen punto de partida ya que conjuga variables tales como dónde está el recurso a evaluar (inter o submareal), visibilidad, área a cubrir, etc. A modo de ejemplo, en el caso del huiro negro, cuya distribución es intermareal los sensores adecuados son los ópticos montados sobre vehículos aéreos, ya sea tripulados o con drones o VAN's. Dado que el cinturón intermareal de huiro negro es estrecho probablemente sea necesario el empleo de fotografía RGB e infrarrojo cercano que permiten una resolución espacial fina. Ambos permiten no solo tener resultados de biomasa mediante los orto mosaicos obtenidos y los algoritmos adecuados, sino que también proporcionan la alternativa de tener antecedentes acerca del estado fisiológico de las plantas y quizás detectar juveniles u otros estadios del ciclo de vida usando los NDVI desarrollados ad hoc. Producto que si bien el ancho del cinturón intermareal es acotado no lo es la distribución a lo largo de la costa. En este caso el uso de varios VAN's sería recomendable. A modo de ejemplo, en el norte de Chile un VAN, bajo buenas condiciones climáticas, puede cubrir unos 10 km lineales de costa en un ciclo de marea baja (A. Pacheco com. pers.). Probablemente

en el sur de Chile, donde las condiciones ambientales (fundamentalmente vientos) el uso de VAN's sea más restringido, pero pueden usarse vehículos tripulados que sirven de plataforma a los sensores.

El caso de bosques de macroalgas pardas submareales es más complejo y puede requerir incluso el concurso simultáneo de distintas aproximaciones. Debido a la poca transparencia del agua en nuestras costas, en este caso métodos basados en sensores activos serían los más recomendables (LiDAR, o batimetría a través de teledetección satelital con ICESat-2 y ATLAS) solventarían la dificultad de usar sensores ópticos pasivos y podrían cubrir grandes áreas de distribución para ir generando una contabilidad nacional en cuanto a cobertura y biomasa a nivel nacional, sobre todo en la zona austral. Métodos acústicos son más recomendables para áreas relativamente acotadas, lo que dificulta su aplicación en el levantamiento de un inventario nacional y además requeriría de otro sistema de monitoreo ya que es inaplicable a profundidades menores a 2 m.

Tanto en la evaluación de algas pardas intermareales como submareales sería aconsejable el uso de metodologías basadas en teledetección y la aplicación de geomática por sobre la evaluación directa tradicional por el método de transecto y cuadrata debido a la incerteza que se introduce en la estimación del área total de distribución del recurso, sobre todo cuando esta es a gran escala espacial.

Aunque la tecnología ha avanzado y cada vez está más disponible a bajos costos habría que hacer una inversión inicial (probablemente privada) para disponer de proveedores de tales servicios de teledetección pasiva y activa. En algunos casos una alianza estratégica público – privada sería como es el caso en Canadá (Ugarte & Sharp, 2001). Un detalle no menor es la evaluación de la disponibilidad nacional de profesionales con experiencia en la aplicación de esta tecnología en ambientes marinos. La adaptación y creación de algoritmos específicos es un desafío para poder utilizar la tecnología internacional más moderna para su uso sobre todo aplicado a traducir la información de sensores a situaciones específicas en la interfase aire – agua y en la columna de agua (Parrish, et al., 2019; Jue, 2021).

En cuanto a la aplicación de métodos de evaluación indirectos, la experiencia chilena ha mostrado que son aproximaciones útiles de bajo costo y que ponen en valor extensas bases de datos históricas, las que si bien pueden presentar anomalías son factibles de depurar para su mejor aprovechamiento (Pérez, 2014; ECOS, 2016; Canales, et al., 2018; ECOS, 2020). Actualmente los

modelos dinámicos y estáticos basados en modelos globales o analíticos han mostrado resultados promisorios, sobre todo aquellos basados en modelos globales. La evidencia hasta el momento indica que dicha aproximación genera menores errores que modelos analíticos más complejo, a pesar de la opinión del panel de expertos reflejados en el reporte de la UACH (2019), de manera tal que pueden ser usados a nivel nacional de una manera más intensiva.

6.4 Estimación de variables de desempeño CA, PPN, COP, COD y CSC (actividad 2.5)

6.4.1 Estimaciones del *standing stock* de carbono y CO₂ equivalente

A nivel espacial, y con la información disponible actualmente, las regiones más importantes en términos del *standing stock* de carbono son las regiones de la zona norte del país (Figura 58), particularmente la región de Antofagasta (39% del total), seguida de Atacama (21%) y Coquimbo (17%).

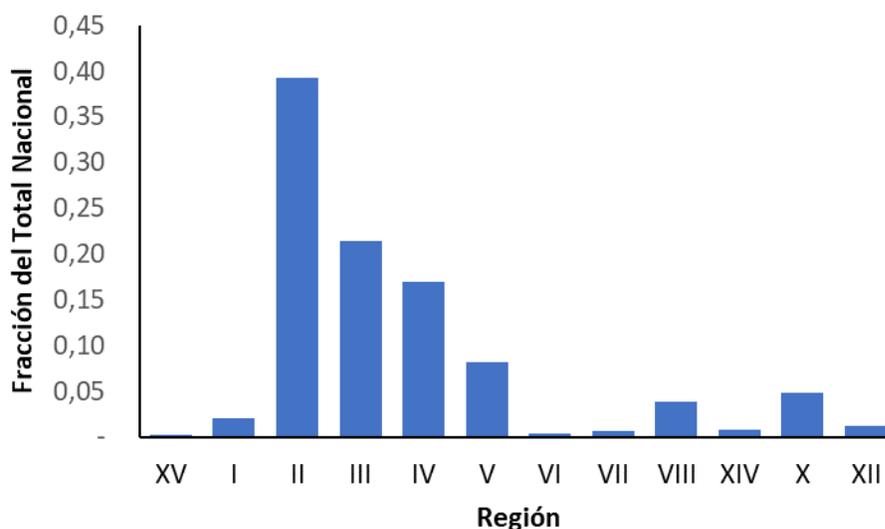


Figura 58. Distribución del *standing stock* de carbono a nivel nacional por región.

De los resultados llama la atención el bajo aporte de la región de Magallanes (880 t, 0,01%), sobre todo pensando en la superficie de cobertura de algas pardas reportada para esta región

que fue de 51,5 km² (Mansilla, et al., 2007), aunque el estudio posterior (UMA, 2009) redujo esta superficie casi cuatro veces. Un estudio desarrollado en 2017 en las Islas Falkland se reportó 90,35 t km⁻² (Bayley, et al., 2017). Esta relación, llevada a la superficie de la región de Magallanes, equivaldría a aprox. 4.653 t de carbono. Dado que es el único estudio disponible para dicha región no hay otro punto comparativo para confirmar el orden de magnitud encontrado por Mansilla y colaboradores (2007). También es probable que no toda el área de cobertura haya sido evaluada y de ahí su bajo nivel de abundancia regional reportada. A misma situación puede ser válida para la región de Los Lagos, la cual, dada su complejidad geográfica también es posible que los niveles de biomasa reportados por IFOP (2016) representen un piso si es que extensas áreas no hayan sido incluidas en el estudio.

Por otra parte, y asumiendo que:

- Las estimaciones de biomasa reportadas en la literatura revisada son las correctas,
- Las biomásas a nivel nacional indicadas para el periodo 2017 – 2019 son representativas de la situación global para el año 2019 y
- Debido a que las macroalgas pardas no son explotadas comercialmente en la región de Magallanes, las biomásas reportadas para el año 2007 se han mantenido en los mismos rangos, entonces:

El *standing stock* de carbono a nivel nacional para el año 2019 habría sido del orden de las 72.410 t. Considerando que al año 2017 el *standing stock* de carbono a nivel global se encontraba entre 7,5 y 20 TgC (Bayley, et al., 2017) la cantidad a nivel nacional representa entre el 0,36 y 0,97% del *standing stock* global. En términos de CO₂ equivalente esta cantidad se traduce en 265.743 t.

Estimaciones recientes cifran las reservas de carbono orgánico almacenado en praderas marinas alrededor del mundo en 3.724 millones de toneladas (UNESCO, 2020). Considerando esas estimaciones la contribución nacional en carbono orgánico almacenado sería de $1,9 \times 10^{-7}$ % del total mundial comparado con dichos ecosistemas. Comparado con las reservas de carbono presentes en marismas bajo la protección de la UNESCO (UNESCO, 2020), otro de los sistemas más productivos del planeta en términos de la acumulación de carbono, la reserva nacional equivale al $8,1 \times 10^{-7}$ % del total mundial y comparado con los ecosistemas de manglares equivalen al $1,4 \times 10^{-7}$ %. Visto en este sentido la contribución nacional podría catalogarse como marginal.

Comparado con otros ecosistemas de macroalgas pardas (*kelps*) la contribución nacional en términos de carbono retenido es similar a lo reportado para las islas Falkland (Bayley, et al., 2017), pero sería entre bastante menor a las 10,3 – 22,7 millones de toneladas que aportan los bosques de macroalgas en Australia (Filbee- Dexter & Wernberg, 2020). Es interesante apuntar que en la comparación con las Islas Falkland estas poseen una superficie muy inferior a la superficie de distribución de las algas pardas en nuestro país, mientras que en el caso australiano esta superficie es considerablemente mayor (aprox. 8.000 km lineales de costa sur donde predominan los bosques de *kelps*).

6.4.2 Estimación de CA, PPN, COP, COD y CSC

La falta de densidad de datos tanto temporal como espacialmente no permitió desarrollar la idea de una línea base histórica para las estimaciones de carbono azul a nivel nacional. Dado lo anterior se propone utilizar el periodo 2017 – 2019 como una línea base a nivel nacional ya que en este periodo se tienen datos de cobertura de algas pardas en la mayoría de las regiones³⁸ (Tabla 45).

En términos del *standing stock* nacional de carbono fijado en macroalgas pardas se mencionó que la región de Magallanes aportaba marginalmente. Sin embargo, visto desde la contribución al *standing* de carbono azul esta región da cuenta de aproximadamente el 35% del aporte nacional de carbono azul que se estimó en este Informe entre 10.390 y 21.445 t, con un valor central de aproximadamente 610.923 t³⁹. La región de Antofagasta, aunque en términos de cobertura espacial posee mayor área que la de Magallanes da cuenta solo de un 13% del carbono azul. Esto se da así producto de la alta tasa de productividad primaria neta para las principales algas presentes en Magallanes. En la zona norte, aunque hay extensas zonas con algas pardas, la productividad primaria neta de las algas predominantes en esas regiones es menor (ver Tabla 4). En términos de CO₂ equivalente estas cantidades de carbono azul corresponden a 116.036 t de CO₂. Valorizadas estas toneladas como un servicio ecosistémico corresponden a un valor promedio de € 5.8 millones año⁻¹. En términos de superficie lo anterior equivale a decir que cada metro

³⁸ A excepción de Los Lagos y Magallanes donde los años de datos disponibles son 2007 y 2015, respectivamente.

³⁹ Ver nota anterior y las fuentes de incertidumbre descritas sobre cómo se llegan a determinar las áreas de cobertura.

cuadrado que se protege a nivel nacional equivale a € 0,040 m², donde la región de Magallanes tiene una especial relevancia.

Tabla 45. Valores propuestos como línea base a nivel nacional para las estimaciones de carbono azul y CO₂ equivalente.

Región	Cobertura algas pardas (m ²)	Carbono Azul (t)			CO ₂ eq. (t)	Año	Especies no contabilizadas
		LI	Valor Central	LS			
AyP	118.364	6	18	30	66	2017	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
TPCA	1.684.288	77	253	429	929	2017	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
ANTOF	56.141.592	2.830	4.114	5.399	15.099	2017	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
ATCMA	30.421.796	1.962	3.259	4.556	11.962	2019	<i>D. antarctica/incurvata</i>
COQ	16.600.910	1.614	6.406	11.197	23.509	2019	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
VALPO	9.119.081	1.174	2.470	3.765	9.064	2018	
LGBO	786.393	116	175	233	641	2018	<i>M. trabeculata</i>
MAULE	1.502.372	309	464	618	1.701	2018	
BBIO	7.457.586	1.437	2.211	2.985	8.114	2018	
RIOS	1.367.588	289	564	839	2.070	2018	
LAGOS	2.908.893	173	761	1.349	2.793	2015	
MAG	15.548.450	401	10.923	21.445	40.087	2008	<i>L. trabeculata</i> ; <i>L. berteroana/spicata</i>
Total	143.657.313	10.390	31.618	52.845	116.036		

La región de Coquimbo es, a nivel nacional, la segunda más importante en términos de aporte de carbono azul, seguida de la región de Antofagasta y Atacama. Estas tres regiones en conjunto aportan el 44% de carbono azul a nivel nacional. De estas regiones, la región de Coquimbo muestra más estabilidad en la biomasa de las macroalgas pardas presentes, sobre todo basados en los resultados de las evaluaciones directas que tienden a incorporar una mayor cantidad de variables del ciclo de vida del alga junto con la dinámica de la extracción pesquera. En la región de Atacama esta tendencia a la estabilización es menos evidente, lo que sugiere que los criterios de ordenación pesquera generan distintos escenarios en términos de *standing stock* de carbono y del potencial resguardo de la cobertura espacial y su impacto en el aporte de esas regiones al carbono azul nacional.

En términos comparativos, el carbono azul estimado a nivel nacional representa un tercio del carbono azul aportado anualmente por los sitios de praderas marinas considerados patrimonios mundiales por la UNESCO. Mientras estos sitios producen un equivalente de $12 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ el carbono azul aportado por cada hectárea a nivel nacional corresponde a $4 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Sin embargo, considerando solo la región de Magallanes los datos disponibles sugieren que el aporte anual de carbono azul sería del orden de las $9 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Aunque dista del aporte de marismas ($155 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y manglares es un aporte importante dentro del potencial nacional en carbono azul. Dentro de los lugares del patrimonio mundial marino de la UNESCO en Sudamérica solo se reconoce la Península de Valdés (UNESCO, 2020) por poseer un máximo de 999 ha de marismas, y un área desconocida de praderas marinas. La región de Magallanes, de acuerdo con los datos disponibles, poseería 1.555 ha de praderas de macroalgas pardas. Estos valores estimados sugieren la importancia de considerar un lugar importante de conservación la región de Magallanes y en este sentido un monitoreo actualizado y frecuente sería deseable en dicha región.

Comparado con ecosistemas terrestres los ecosistemas dominados por algas pardas de Chile poseerían un nivel de productividad más alto que ecosistemas terrestres (Huston & Wolverton, 2009), donde destacan los bosques tropicales ($1.251 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$) y humedales ($1.229 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$) como los más productivos. Estos valores, en general, son superados por la productividad primaria neta de las algas pardas, particularmente *M. integrifolia/pyrifera*. En algunos casos, por ejemplo, Huiro negro se ha reportado una PPN de $4.183 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ para el área de Coquimbo, valores más altos que los resumidos por Huston y Wolverton (2009) también son superados por

algas tales como Cochayuyo y Huiro macro, aunque no son registros en costas chilenas (Tait, et al., 2015; Rassweiler, et al., 2018).

Precisamente el bajo grado de conocimiento respecto de valores de PPN en Chile hace que los valores estimados por especie y región deban ser vistos con cautela. De la revisión bibliográfica hecha se detectó solo un registro de estimación de PPN que incluye a dos especies chilenas: Huiro palo y Huiro negro (Tala & Edding, 2007). Otros estudios generados en otros países han sido un subsidio a estas estimaciones nacionales. Es bien sabido (Edding, et al., 2006) que la PPN puede variar localmente, dependiendo de un conjunto de variables.

Dentro de estas variables las surgencias costeras son especialmente importantes en las estimaciones hechas en este Informe. La variabilidad espacial y temporal (Tesla, et al., 2019) pueden modificar no solo a la PPN sino también puede modificar la dinámica teórica propuesta en la Figura 2 y Figura 3. En efecto, los fenómenos locales y estacionales de surgencia pueden alterar el ciclo del carbono orgánico disuelto por efecto de la alteración en la capa de mezcla y por el arrastre de aguas profundas de carbono orgánico particulado que vuelve hacia la costa producto precisamente de la surgencia. Esto podría hacer disminuir el aporte en carbono azul en aquellas zonas con ocurrencia de surgencia, particularmente desde Chiloé hacia el norte. Estas debilidades en las estimaciones realizadas están en línea con lo señalado por Krause – Jensen et al. (2018) en el sentido de documentar de mejor manera y hacer un mejor rastreo del carbono azul desde los bosques de macroalgas hacia los hábitats donde el carbono finalmente es enterrado y secuestrado. En este sentido se requieren métodos y protocolos son necesarios para una mejor cuantificación del real aporte de los ecosistemas dominados por algas pardas a lo largo del territorio nacional.

Finalmente, se pueden apuntar las siguientes brechas en el conocimiento que son importantes de abordar,

- Existen una serie de fuentes de incertidumbre en el conocimiento a nivel nacional, las que incluyen:
 - ✓ Las superficies de cobertura efectiva de macroalgas pardas en tiempo y espacio. Esto tiene un impacto importante en términos de estimaciones de los efectivos (standing stock) tanto de biomasa y

de carbono fijado. Además, impacta en los estimados de PPN a nivel geográfico.

- ✓ No existe un conocimiento geográfico de grano fino respecto de la PPN. Así, a modo de ejemplo, para las estimaciones de carbono azul se emplearon valores de PPN de otras latitudes y los valores de PPN de la región de Coquimbo extrapolados a todo el país.
- ✓ No se conoce el destino de la PPN a nivel nacional, esto es no se sabe si efectivamente los ecosistemas de Chile se comportan cualitativa y cuantitativamente como lo sugiere la Figura 3. En este sentido, se requiere de conocimiento generado localmente que se enfoque en la trazabilidad del carbono fijado a través de PPN hasta su hundimiento en la plataforma continental y su secuestro en aguas profundas. Esto es crítico para poder validar el grado de importancia de los bosques de macroalgas pardas en Chile.
- El grado de esfuerzo en realizar evaluaciones de biomasa, ya sea directas o indirectas, es **geográficamente** heterogéneo. Esto, sumado a la incertidumbre en las coberturas hace que los estimados de carbono y CO₂ equivalente no permiten disponer de un valor estimado actualizado ya que no existe para todas las regiones datos que permitan hacer una sumatoria de los efectivos a nivel nacional. Para algunas regiones la última estimación data de 2017 y para otras de 2019. Incluso para una misma región no siempre se disponen de evaluaciones simultáneas para todas las algas pardas presentes.

El grado de esfuerzo en realizar evaluaciones de biomasa, ya sea directas o indirectas, es **temporalmente** heterogéneo. Aunque en la zona norte hay mayor densidad de datos disponibles, no existe un registro continuo de biomasa. Esto dificulta realizar una línea base que permita evaluar con claridad las tendencias a una escala de tiempo mayor. Probablemente la aplicación de métodos de evaluación indirectos, que en algunos casos han mostrado niveles de biomasa cercanos a evaluaciones directas puedan ser útiles a nivel nacional.

Nuestro país ha venido aumentando sostenidamente las emisiones de CO₂ desde 1989 a 2019 periodo en el cual estas emisiones pasaron de los 33 millones de toneladas a casi 90 millones⁴⁰. Esto es, considerando sólo el volumen de emisiones de CO₂ este valor se ha casi triplicado en tres décadas (Figura 59). De acuerdo con las cifras oficiales para Chile en 2018 (MMA, 2020) considerando las emisiones totales de CO₂ equivalente más el resto de los GEI habrían sido del orden de los 112 millones de t.

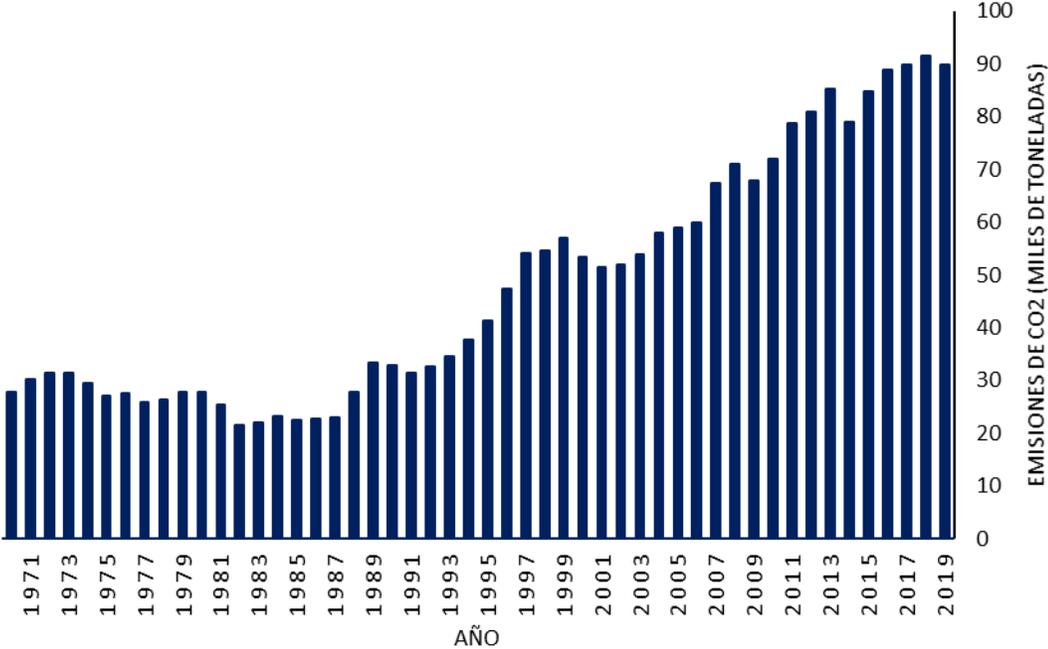


Figura 59. Dinámica histórica de las emisiones de CO₂ a nivel nacional (fuente: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/chile>)

En 2019 las emisiones de CO₂ a nivel nacional alcanzaron 89.889 kilotoneladas, ubicando a Chile en el puesto 139 de un total de 184 países ordenados desde el que menos emisiones posee al año 2019. Estandarizado según el PIB de cada nación nuestro país se ubica en el puesto 112

⁴⁰ Según <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/chile>

ordenados de menor a mayor por cada US\$1.000 del PIB nacional ($0,20 \text{ t US\$ } 1.000^{-1}$) y de acuerdo con las toneladas *per cápita* Chile se ubica en el puesto 127 con $4,9 \text{ t per cápita}$.

Según los compromisos internacionales adoptados por Chile, nuestro país se compromete a un presupuesto de emisiones de GEI que no superará las $1.100 \text{ MtCO}_{2\text{eq}}$, entre el 2020 y 2030, con un máximo de emisiones (*peak*) de GEI al 2025, y a alcanzar un nivel de emisiones de GEI de $95 \text{ MtCO}_{2\text{eq}}$ al 2030 (Gobierno de Chile, 2020). En este sentido, por cada hectárea de bosque de macroalga parda recuperada en Chile dicha hectárea aportaría con $8,1 \text{ tCO}_2 \text{ ha}^{-1}$, lo que equivale a un total de $29,6 \text{ tCOeq}_2\text{ha}^{-1}$.

En términos de carbono azul, esto es carbono que es secuestrado y enterrado por estos ecosistemas, serían 116.036 de CO_2 que son retirados del sistema, lo que equivale al $0,24\%$ de las emisiones anuales netas de CO_2 .

Para poder tener una idea acerca de la magnitud del aporte de los ecosistemas de algas pardas es útil compararlo con lo reportado para los sistemas de bosques esclerófilos en ambientes terrestres de nuestro país. De acuerdo con Trujillo & Montaner (2019) a principios de la década de 2010 la cantidad de $\text{t CO}_2 \text{ eq año}^{-1}$ retenida en bosques entre la región del Maule y de Los Lagos fue de $12.442.451$ toneladas. Frente a esta cantidad, que no incluye las absorciones de plantaciones forestales y el crecimiento del bosque nativo, las existencias nacionales de $\text{t CO}_2 \text{ eq año}^{-1}$ fijados en los bosques de macroalgas pardas analizadas ($265.743 \text{ t año}^{-1}$) representarían el $2,14\%$. En términos de secuestro de carbono, medidos a partir de la PPN y no de las existencias, a nivel nacional los bosques de macroalgas representarían el secuestro de $1,96\%$ del CO_2 , esto considerando solo lo fijado por los bosques esclerófilos entre las regiones del Maule y de Los Lagos.

Si se estandariza la cantidad de $\text{t CO}_2 \text{ eq año}^{-1}$ por unidad de superficie se encuentra que los bosques esclerófilos presentan una mayor cantidad de $\text{t CO}_2 \text{ eq año}^{-1}$ por hectárea. En efecto, Garfías et al. (2019) reportaron que en las regiones de O'Higgins y del Maule las existencias aéreas y subterráneas pueden variar dependiendo de la situación del bosque. Así, en bosques de cobertura abierta las existencias de $\text{t CO}_2 \text{ eq año}^{-1}$ alcanzan las $35,4 \text{ tCO}_2 \text{ ha}^{-1}$; en bosques semidensos $85,3 \text{ tCO}_2 \text{ ha}^{-1}$ y en bosques densos puede alcanzar $113,0 \text{ tCO}_2 \text{ ha}^{-1}$. Comparado con las existencias de $\text{t CO}_2 \text{ eq año}^{-1}$ en los bosques de macroalgas pardas analizadas presentan un

equivalente a $8,08 \text{ tCO}_2 \text{ ha}^{-1}$, esto es aproximadamente un cuarto de las existencias reportadas para bosques abiertos.

Comparado con los ecosistemas de humedales los bosques de macroalgas pardas acumulan 8,4 veces menos de carbono por hectárea, teniendo como base las biomásas evaluadas en los últimos años a nivel nacional. De acuerdo con Huston & Wolverton (2009) los humedales pueden llegar a contener 43 t ha^{-1} versus $5,1 \text{ t C ha}^{-1}$ promedio de algas pardas en Chile, aunque en términos de productividad la situación puede ser inversa. En efecto, mientras los humedales pueden generar una PPN de $1.229 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ las macroalgas pardas podrían llegar a generar sustantivamente más, en particular *M. pyrifera* (ver Tabla 4). Un tipo particular de ecosistema de humedal presente en la Patagonia, las turberas, pueden llegar a acumular en promedio 168 kg C m^{-2} (Loisel & Yu, 2013), es decir, 1.680 t ha^{-1} , lo que lo hace un ecosistema sustantivamente mayor en términos de densidad de carbono. Estimaciones similares para turberas en Chiloé (Leon, et al., 2018) indican cantidades del orden de 120 t ha^{-1} , lo que supera largamente la densidad de carbono reportadas para algas pardas a nivel nacional. En términos de PPN los valores de productividad de turberas son menores a las señaladas en la Tabla 4, ya que su rango ha sido medido entre $78 - 107 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ (Leon, et al., 2018), pero que dada su superficie lo hacen ecosistemas importantes en términos de acumulación de carbono. Se estima que las turberas alcanzan los 3,2 millones de hectáreas, 63% en áreas de conservación. Sin embargo, en otro tipo de humedales (Arellano, et al., 2013) se estimó que en la Ciénaga del Name en la región del Maule este tipo de humedal, caracterizado por totorales, junquillares y sauces el sistema se comportó como una fuente de emisiones de CO_2 hacia la atmósfera; esto debido principalmente a que los flujos del ciclo de respiración nocturna superan la captura de CO_2 debido a fotosíntesis.

Los bosques de macroalgas pardas en Chile, así como otros ecosistemas como manglares, pueden presentar una mayor intensidad en el secuestro de carbono (carbono azul). Por ejemplo, recientemente en el Golfo de Mosquito, Colombia, un proyecto de conservación y manejo de 7.561 ha de manglar⁴¹ estima que se podrá secuestrar casi 33 mil $\text{tCO}_2 \text{ año}^{-1}$ durante los próximos 30 años. Esto equivale a un secuestro de $4,4 \text{ tCO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, mientras que la estimación de secuestro de carbono en Chile, facilitado por las macroalgas pardas es del orden de $8,08 \text{ tCO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

⁴¹ <https://verra.org/press-release-verra-has-registered-its-first-blue-carbon-conservation-project/>

Tal como se ha señalado en otras secciones del informe, las estimaciones anteriores referidas a los bosques de macroalgas pardas están sujetas a muchas fuentes de incertidumbre. Por ejemplo, no existen estimaciones de PPN locales que puedan una mayor solidez a los estimados de carbono fijado sobre una base anual. Por lo mismo, en nuestro conocimiento, tampoco existen estimaciones reales sobre cuánto de la PPN es transformada en carbono azul, las que pudieran dar estimados más confiables.

La experiencia nacional en la evaluación del carbono verde muestra aspectos metodológicos interesantes de analizar y eventualmente internalizar en las estimaciones de carbono azul. Dada la facilidad para acceder al bosque las imágenes aéreas (Garfias, et al., 2019) y las imágenes satelitales (Trujillo & Montaner, 2019) contribuyen mucho a determinar con mayor precisión el área que ocupa el bosque, apoyado por trabajo de campo para definir a un nivel de grano fino las estructura que Garfias et al. (2019) define como análisis a nivel de situación del bosque. Con relación a los bosques de macroalgas a nivel nacional ha habido intentos de aplicar fotografía aérea, sin embargo, el análisis cuantitativo posterior de dichas tomas aéreas guarda aun un alto grado de subjetividad. En nuestro conocimiento no hay reportes acerca del uso de imágenes satelitales. Otro aspecto interesante lo constituye lo que Trujillo & Montaner (2019) definen como “(...) *al número de actividades incluidas, las metodologías aplicadas, la transparencia de los datos y procesos y la completitud y coherencia general (...)*”. En este sentido, en ambientes terrestres pareciera existir un mejor desarrollo de las evaluaciones y la posterior revisión técnica ya que, por ejemplo, los trabajos de CONAF son sometido a revisiones tanto por parte de equipos de expertos internacionales de Naciones Unidas y por un segundo equipo de especialistas del Fondo de Carbono Cooperativo de los Bosques (Trujillo & Montaner, 2019). Este esquema de validación metodológica sin duda sería interesante de transitar en el caso de los ambientes marinos.

6.5 Identificación de zonas relevantes de algas pardas para la mitigación/adaptación al cambio climático

En Chile, una de las medidas propuestas para neutralizar las consecuencias del cambio climático es proteger los bosques de algas pardas preservando los servicios ecosistémicos que nos ofrecen, entre los que destaca la captura de carbono azul (Farias, et al., 2019b). Los bosques de algas pardas absorben el CO₂ del agua, que proviene de la atmósfera, y almacenan una fracción de lo capturado en los fondos sedimentarios del océano. En teoría, este sistema de secuestro de carbono es eficiente porque permanece enterrado en los sedimentos por mucho tiempo, debido

a que las condiciones mínimas de oxígeno en los sedimentos marinos facilitarían el proceso de retención de carbono.

Los bosques de algas pardas, junto con los manglares y las marismas, son considerados “pozos de carbono azul” debido a la capacidad para secuestrar carbono atmosférico con mayor rapidez que los bosques terrestres. Sin embargo, cuando estos sumideros submarinos naturales de carbono son alterados o dañados, gran parte del dióxido de carbono que tienen almacenado es nuevamente reintegrado a la atmósfera, adicionándose a las emisiones normales. Por lo tanto, establecer acciones de protección y/o restauración de los bosques de algas pardas chilenos es una estrategia adecuada para la mitigación y adaptación al cambio climático. En particular, identificando acciones enfocadas a mantener la función de absorción y almacenaje de carbono azul que cumple este ecosistema costero.

En la literatura especializada, se indica que los bosques de algas pardas cubren una fracción mínima del fondo del océano, pero podrían almacenar una fracción importante de carbono enterrado en los océanos cada año (Krause - Jensen & Duarte, 2016). Sin embargo, también cada año lentamente se reduce el área efectiva que abarcan estos ecosistemas, perturbando los servicios ecosistémicos que históricamente nos han entregado. Los bosques de algas pardas, además de retener el carbono azul, proporcionan distintos bienes y servicios relacionados con la mitigación y adaptación al cambio climático, tales como: proteger el borde costero de marejadas y del aumento del nivel del mar, prevenir los procesos erosivos costeros, regular la calidad del agua, proveer de hábitat a muchas especies marinas, incluidas algunas en peligro de extinción y otras de interés económico, y entregar un espacio para la seguridad alimentaria de muchas comunidades costeras (Farias, et al., 2019b).

Las algas pardas chilenas están constituidas por un conjunto de especies conspicuas de la costa del Pacífico sur oriental, que forman cinturones intermareales y bosques submareales a lo largo de todo el litoral del país. Las poblaciones intermareales de huiros (*Lessonia berteriana/spicata*) y cochayuyos (*Durvillaea incurvata/antarctica*), forman un cinturón de algas pardas a lo largo de la costa rocosa expuesta de Chile continental. En cambio, desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Los Lagos, los bosques de huiro palo *Lessonia trabeculata* son representativos de los ambientes submareales rocosos expuestos al oleaje. En esta extensión, también hay bosques de huiro *Macrocystis pyrifera*, pero tienen una distribución fragmentada debido a que

están restringidas a los ambientes más protegidos al oleaje. En cambio, los bosques de *Macrocystis pyrifera* son parte importante del paisaje costero de la zona austral de Chile.

A nivel país, los bosques de algas pardas que más contribuyen al carbono azul están en la región de Magallanes, donde no hay desembarque ni pescadores operando sobre el recurso algas pardas. La ausencia de pesquería genera un escenario propicio para desarrollar medidas de protección de los bosques de algas pardas, salvaguardando los bienes y servicios ecosistémicos que estos ofrecen. En este contexto, también son de interés los bosques de algas pardas de la región de Aysén, porque tienen una pesquería mínima y son ecológicamente íntegros, pero requieren urgentemente de estudios poblacionales.

Los bosques de algas pardas de las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo también son importantes en la contribución del carbono azul nacional, y la pesquería de estos recursos cuentan con todas las medidas de administración pesquera (e.g., planes de manejo, áreas de manejo, áreas marinas protegidas), disponibles para la protección de la integridad ecológica de sus poblaciones. Sin embargo, las acciones implementadas en los planes de manejo deberían ser fortalecidas, incorporando otras complementarias (e.g., restauración de ecosistemas), para mantener la integridad ecológica de los bosques de algas pardas y los bienes y servicios que estos ofrecen, así como la sustentabilidad de la pesquería de algas pardas.

En las otras regiones del país es urgente implementar planes de manejo regionales, además de fomentar la instauración de áreas de manejo y áreas marinas protegidas. Cabe destacar que, durante la elaboración de los planes de manejo regionales o locales, sería conveniente considerar el aprendizaje y las experiencias obtenidas en la zona norte. Por ejemplo, reconociendo las particularidades territoriales de cada región. En este contexto, el manejo sustentable de los bosques de algas pardas permitiría mantener los bienes y servicios que estos ecosistemas ofrecen, por lo tanto, se estaría contribuyendo de una manera importante a la mitigación/adaptación al cambio climático.

6.6 Manejo integral de algas pardas: recurso pesquero y ecosistema de carbono azul

La complejidad del manejo de las algas pardas está dada por que son una pesquería de alta importancia social y económica; y, por otro lado, conforman ecosistemas de alto interés para la

conservación del ambiente marino, a lo cual se suma ahora la consideración como ecosistema de carbono azul.

En este escenario, a veces se enfrentan posiciones contrapuestas, una de ellas que pretende la eliminación de la pesquería o una fuerte reducción de la misma, prohibiendo el barreteo – tal como lo postulan los senadores que han levantado la iniciativa legal descrita en este informe – sin considerar la componente socioeconómica.

El uso de las AMP como medidas de manejo o administración asociada a una pesquería, es una opción que genera desconfianzas, porque hay experiencias que dan forma a un imaginario donde se termina excluyendo a pescadores. El alto apoyo de la creación de una red de AMP de algas pardas, donde se prohíba su extracción debe ser visto con cautela, ya que hubo una baja participación de pescadores artesanales, debido al ambiente generado por las iniciativas legales que están en discusión que prohíben el barreteo.

Un aspecto relevante que se da en el contexto de los comités de manejo es la participación en la formulación de los planes de manejo, lo cual ha sido posible por los cambios introducidos a la LGPA (Ley 20.657), en lo referido al modelo de toma de decisiones que integró a los usuarios en este proceso. La generación de esta instancia de co-manejo (los comités de manejo), con participación de los usuarios, es un cambio relevante en cuanto permite relevar la importancia del diálogo de saberes para incidir en las políticas públicas y contribuir con el uso sustentable de los recursos hidrobiológicos (Ceballos & Ther, 2011), reconociendo un avance cualitativo en términos de gobernanza, al posibilitar la participación de los pescadores en la formulación de dichos los planes de manejo (Palta, et al., 2019).

En este contexto se debe destacar el avance logrado en los planes de manejo y el funcionamiento de los comités de manejo de algas pardas de la zona norte de Chile (regiones de Arica y Parinacota a Coquimbo), que dista de regiones sin plan de manejo de algas pardas, ya que se han implementado vedas extractivas para huiro negro, huiro palo y huiro flotador; límites máximos de extracción (diarios o mensuales); cuotas de extracción, separadas especial y temporalmente, distinguiendo además entre alga varada y barreteada o segada; y días de operación.

Finalmente, desde una perspectiva institucional, también es necesario avanzar hacia un manejo integral de la pesquería, considerando el espacio y medidas en su conjunto, es decir mirando las

áreas de libre acceso administradas con planes de manejo, las AMERB, las AMP (e.g. AMCP-MU, Reservas Marinas, u otros).

6.7 Iniciativas de proyectos ley relacionadas con algas pardas

La iniciativa de ley asociada con las algas pardas, que establece normas medioambientales y de adaptación al cambio climático para la industria alguera (Boletín 21.758-12, 2019), incorpora un ruido innecesario en el sistema, ya que muchos de los diversos aspectos considerados en los 18 artículos de esta iniciativa legal están considerados en la Ley bentónica (Boletín 12.535-21, 2019) y otros aspectos han sido analizados y discutidos en el seno de los comités de manejo u otras instancias sectoriales, tales como el Comité científico de recursos bentónicos⁴².

Esta iniciativa legal ha generado la alerta de los pescadores artesanales de las regiones donde la pesquería de algas pardas tiene mayor relevancia (i.e. regiones de Atacama y Coquimbo), más aún cuando el Senador Guirardi – uno de los autores de esta propuesta de ley – ingresó una indicación a la Ley bentónica en los mismos términos.

Sin desconocer que hay muchos aspectos por resolver en la administración, manejo y protección de estos recursos algales y los ecosistemas que conforman, es necesario reconocer los importantes avances alcanzados, sobre todo en aquellas regiones que cuentan con planes de manejo de algas pardas, donde se han ampliado las vedas extractivas, se han limitado las extracciones, se han definido cuotas y se han acotado los días de operación, entre otras acciones. No obstante, la iniciativa legal no contribuye a mejorar los problemas de la pesquería de algas pardas, sino que incorpora más entropía a un sistema ya complejo.

6.8 Determinación de brechas

A partir del análisis estructural del sistema de algas pardas, en el contexto de la presente consultoría, las mayores brechas fueron observadas en la coordinación interinstitucional, principalmente por los bajos niveles de colaboración y de comunicación, lo cual es particularmente relevante, ya que la complejidad que conlleva el desafío de enfrentar la problemática del cambio climático, y la implementación de acciones que contribuyan con su mitigación, hacen de esta

⁴² En este sitio se puede acceder a informes y actas del Comité científico de recursos bentónicos: <https://www.subpesca.cl/portal/616/w3-propertyvalue-51141.html#>

brecha un tema urgente de resolver (o mejorar), aun cuando se reconoce la dificultad que esto implica, sobre todo cuando estas condiciones obedecen a aspectos culturales que afectan el quehacer institucional a nivel organizacional (colectivo) e individual (Delpiano, 2011; Bardach, 1998).

Por otro lado, en el contexto del carbono azul asociado a bosques de macroalgas, las brechas de conocimiento son de gran envergadura, las cuales incluyen aspectos de conocimiento imperfecto o falta de conocimiento en aspectos relevantes del ciclo de aporte al carbono azul a nivel nacional por parte de los bosques de algas pardas.

Las menores brechas se observan en variables asociadas con la administración y manejo pesquero de estos recursos, facilitado por la existencia de instancias de co-manejo (i.e. planes de manejo) de las algas pardas que favorece la coordinación entre actores institucionales de nivel central y regional, así como con los usuarios. No obstante, es necesario reducir la brecha para resguardar la funcionalidad y provisión de servicios ecosistémicos entregados por los bosques de algas pardas.

6.9 Propuestas para la reducción de brechas

A partir de las brechas identificadas se propone una serie de acciones, las cuales tienen diverso nivel de complejidad para su ejecución e implementación. Por un lado, las brechas relacionadas con el ámbito del conocimiento, está limitada por la disponibilidad de recursos económicos considerando la magnitud que debieran tener los estudios para ir disminuyendo dichas brechas. Pero a favor está que en el país existe una buena base de investigadores de alto nivel en el ámbito de las algas pardas y áreas relacionadas con el carbono azul. Para lograr una mayor eficiencia en la investigación es necesario mejorar el nivel de coordinación entre los investigadores y focalizar la investigación en las temáticas de mayor interés. En este sentido, surgió de los propios investigadores recurrir a la Sociedad Chilena de Ficología para coordinar investigaciones a una escala de cobertura nacional.

Otro grupo de brechas se ubica en la dimensión organizacional, referida a la coordinación intra e interinstitucional, con un fuerte efecto en el sistema, pero altamente compleja en su solución, dado que requiere cambios culturales y organizacionales que son de largo aliento. No obstante, se sugieren crear y fortalecer instancias de coordinación específicas para los propósitos de esta consultoría.

6.10 Zonas propuestas para la protección de los bosques de algas pardas

Las 3 zonas propuestas para la protección de los bosques de algas pardas en el país fueron validadas tanto por investigadores como por la institucionalidad, y en la práctica, también por los usuarios, ya que al revisar las acciones que se han generado en regiones como Magallanes o en la zona norte de Chile, estas han contado con el apoyo de los usuarios, en especial de los pescadores artesanales. Si bien, la decisión no surge desde el interés que motiva esta consultoría, sí contribuye a implementar las medidas sugeridas.

La Zona 1, en la región de Magallanes, ha ratificado la decisión de no explotar los bosques de *Macrocystis pyrifera*, lo cual se inició el año 2013 al decidir no incluir a esta especie en la Res. 3115 que fijó la nómina de pesquerías artesanales, lo cual fue ratificado el año 2021 por ambos comités de manejo existentes en la región. A esto se debe sumar la decisión del CM de recursos bentónicos de solicitar una veda extractiva para *M. pyrifera* dando cuenta de una fuerte convicción en la decisión de los actores regionales, lo cual genera un escenario propicio para consolidar la protección del bosque de huiro.

Por su parte, la Zona 2, que incluye las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo, lleva más de 9 años participando en el co-manejo de las algas pardas, mostrando importantes avances en el involucramiento de los usuarios y en las decisiones que se han ido implementando, incrementando los periodos de veda, definiendo límites de extracción diario, disminuyendo progresivamente la extracción activa, y en las regiones donde hay extracción (barroteo o segado) el manejo está basado en cuota de extracción anual. Las áreas donde se debe avanzar son la protección del rol ecológico de las algas pardas y la recuperación de cobertura, a través de redes de AMP o mediante la repoblación. En este sentido, es necesario fortalecer la colaboración entre unidades de recursos bentónicos y la de AMP y cambio climático de la Subpesca e incluir al MMA, para construir soluciones integrales e ir instalando prácticas de trabajo colaborativo.

La Zona 3, es la que está en una condición menos favorable, debido a la limitación de recursos necesarios para implementar planes de manejo de algas pardas en estas regiones; aunque, dada la importancia de la pesquería de *Durvillaea incurvata* de las regiones de Valparaíso y del Biobío, podrían focalizarse los esfuerzos en estas regiones, sumando la región de Los Lagos por los problemas de pesca ilegal que existirían en esta región.

Las acciones propuestas deben ser ejecutadas con una amplia participación de los actores locales, con el fin de que se apropien de las medidas y exista mayor viabilidad. Para ello, se deberá actuar coordinadamente con los comités de manejo, direcciones zonales, seremías del MMA u otras instancias locales. El involucramiento de los diversos actores, a través de las instancias locales, tiene el objetivo de fortalecer estas instancias de toma de decisión, dado que el involucramiento de los actores es un tema central para el éxito de las acciones que se implementen.

7 Bibliografía

- Abbagnano, N., 2010. *Diccionario de filosofía. Actualizado y aumentado por Giovanni Fornero*. Cuarta edición ed. s.l.:Fondo de Cultura Económica.
- ABIMAR, 2012. *Evaluación de Biomasa y Análisis del Estado de Explotación de las Praderas naturales de Algas pardas (Lessonia nigrescens, Lessonia trabeculata y Macrocystis spp.) en las Zonas de Libre Acceso de la III y IV regiones*, s.l.: Informe Final Proy. FAP. 230 pp.
- ABIMAR, 2017. *Evaluación directa de macroalgas / impacto de la extracción sobre la comunidad bentónica IV Región*, Valparaíso, Chile: Informe Final Proy. FIPA 2014 - 18.
- Acevo, R., 2011. *Sistemas de teledetección activos y pasivos embarcados en sistemas aéreos no tripulados para la monitorización de la tierra*, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions. Tesis Doctoral.
- Ambiental SRL, 1996. *Métodos de evaluación de stock en recursos bentónicos de fondos duros*, s.l.: Proyecto FIP 94-22.
- Arellano, E., Meza, F., Miranda, M. & Camaño, A., 2013. El cuidado de los humedales y su rol en el secuestro de carbono. *Agronomía y Forestal*, Volumen 47, pp. 22 - 27.
- Asensi, A. & De Reviere, B., 2009. Illustrated catalogue of types of species historically assigned to *Lessonia* (Laminariales, Phaeophyceae) preserved at PC, including a taxonomic study of three South-American species with a description of *L. searlesiana* sp. nov. and a new lectotypification. *Cryptogamie Algologie*, 30(3), pp. 209-249.
- Bardach, E., 1998. *Getting agencies to work together: the practice and theory of managerial craftsmanship*. Washintong: Brookings Institution.
- Bayley, D., Marengo, I., Baker, H. & Pelembe, T., 2017. *Giant kelp "blue carbon" storage and sequestration value in the Falkland Islands*, s.l.: South Atlantic Environment Research Institute. 2017. 31 pp.

- BCI, 2014. Coastal blue carbon: methods for assessing carbon stocks and emission factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows. En: J. Howard, y otros edits. s.l.:The Blue carbon Initiative, p. 186.
- Bell, T., Cavanaugh, K. & Siegel, D., 2015. Remote monitoring of giant kelp biomass and physiological condition: an evaluation of the potential for the Hyperspectral Infrared Imager. *Remote Sens. Environ.*, Volumen 167, pp. 218 - 228.
- Bennion, M., Fisher, J., Yesson, C. & Brodie, J., 2018. *Remote sensing of kelps (Laminariales, Ochrophyta): monitoring tools and implications for wild harvesting*. [En línea] Available at: <https://doi.org/10.1080/23308249.2018.1509056> [Último acceso: 30 Julio 2021].
- Berkes, F., 2007. Community-based conservation in a globalized world. *PNAS*, 104(39), pp. 15188-15193.
- Berkes, F., Colding, J. & Folke, C., 2003. *Navigating social-ecological systems. Building resilience for complexity and change*. New York: Cambridge University Press.
- Bernal, B., Sidman, G., Casarim, F. & Pearson, T., 2017. *Herramientas de apoyo a la toma de decisiones en las acciones nacionalmente apropiadas de mitigación (NAMA) del sector forestal de Colombia*, Bogotá, Colombia: Winrock International. 23 pp.
- Bitecma, 2018. *Diagnóstico de la situación de la pesquería de algas pardas y propuesta de manejo en la V y VI Región*, s.l.: Informe final. Proyecto FIPA N° 2016-45.
- BITECMA, 2018. *Diagnóstico de la situación de la pesquería de algas pardas y propuesta de manejo en la V y VI regiones*, Valparaíso, Chile: Informe Final Proy. FIPA 2017 - 45. 262 pp.
- Blight, A. y otros, 2011. *Development of a methodology for the quantitative assessment of Ireland's inshore kelp resource*, Belfast: Queen's University. Final Report 69 pp.
- Boletín 12.535-21, 2019. *Proyecto de ley, iniciado en mensaje de S.E. el presidente de la república, que modifica la Ley General de Pesca y Acuicultura en el ámbito de los recursos bentónicos*, Santiago: s.n.

- Boletín 13.191-12, 2020. *Proyecto de ley, iniciado en mensaje de S.E. el Presidente de la República, que fija Ley Marco de Cambio Climático*, Santiago: Gobierno de Chile - todos los Ministerios.
- Boletín 21.758-12, 2019. *Proyecto de ley que establece normas medioambientales y de adaptación al cambio climático para la industria alguera*, Valparaíso: s.n.
- Bryson, M., Roberson, M. J. -, Murphy, R. & Bongiorno, D., 2013. Kite aerial photography for low - cost, ultra - high spatial resolution multispectral mapping of intertidal landscapes. *Plos One*, 8(doi:10.1371/journal.pone.0073550).
- Burgos, A. & Fernández, D., 2014. Áreas marinas protegidas: contexto español y el caso de "Os Miñarzos". *Letras Verdes. revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, Issue 15, pp. 30-54.
- Buschmann, A. H., Hernández-González, M. D. & Varela, D., 2008. Seaweed future cultivation in Chile: perspectives and challenges. *International Journal of Environment and Pollution*, 33(4), pp. 432-456.
- Buschmann, A. H. y otros, 2004. The effect of water movement, temperature and salinity on abundance and reproductive patterns of *Macrocystis* spp.(Phaeophyta) at different latitudes in Chile. *Marine Biology*, 145(5), pp. 849-862.
- Campalans, M. y otros, 2005. *Desarrollo de una metodología de análisis de riesgos para evaluar la importancia de especies exóticas. Informe final proyecto FIP 2004-25*, Valparaíso: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Campos, L. y otros, 2021. Unravelling *Lessonia trabeculata* management in coastal areas of the Atacama region of northern Chile through a DPSIR approach: Insights for sustainable plans. *Marine Policy*, Issue 133, p. 104737.
- Camus, P., 2001. . Biogeografía marina de Chile continental. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, Volumen 74, pp. 587 - 617.
- Canales, C., Hurtado, C. & Techeira, C., 2018. Implementing a model for data-poor fisheries based on steepness of the stock-recruitment relationship, natural mortality and local

perception of population depletion. the case of the kelp *Lessonia berteroa* on coasts of north-central Chile. *Fisheries Research*, Issue 198, pp. 31-42.

Canales, C., Hurtado, C. & Teixeira, C., 2018. Implementing a Model for data-poor fisheries based on steepness of the stock-recruitment relationship, natural mortality and local perception of population depletion. The case of the kelp *Lessonia berteroa* on coasts of North-Central Chile. *Fish. Res.*, Volumen 198, pp. 31 - 42.

Ceballos, M. & Ther, F., 2011. Transformaciones en las economías pesquero-artesanales contemporáneas: el caso de las localidades de Cucaco y Tenaún, (provincia de Chiloé, región de Los Lagos, Chile). *Revista Colombiana de Geografía*, 20(2), pp. 61-75.

CEPAL y OCDE, 2016. *Evaluaciones del desempeño ambiental Chile 2016*, Santiago: s.n.

CEPAL, 2015. *La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe*, Santiago: Comisión económica para América Latina y el Caribe.

CEPAL, 2018. *La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe (LC/PUB.2018/13-P)*, Santiago: CEPAL.

CGR, 2013. *Dictamen 038429N13*, Chile: Contraloría General de la República.

CGR, 2014. *Dictamen 041121N14*, Santiago: Contraloría General de la República.

CGR, 2016. *Dictamen 083278N16*, Santiago: Contraloría General de la República.

Chevalier, J. & Buckles, D., 2011a. *Guía para la investigación, la evaluación y planificación participativa. Módulo 4: Para conocer a los actores*. [En línea] Available at: http://www.cesso.cl/site/images/descargas/Modulo_4.pdf

Chopin, T. & Ugarte, R., 2006. En: *The seaweed resources of eastern canada*. s.l.:s.n., p. 46.

CM centolla y centollón, 2021. *Acta sintética sesión N°1-2021 Comité de manejo de centolla y centollón de la región de Magallanes y Antártica chilena*, Punta Arenas: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura - Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura región de Magallanes.

CM RRBB Magallanes, 2021. *Acta extendida sesión N°10-2021 Comité de Manejo de recursos bentónicos de la región de Magallanes y Antártica chilena*. [En línea] Available at: https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-112768_documento.pdf [Último acceso: 15 noviembre 2021].

CMAF Atacama, 2020. *Acta sesión ordinaria N°06/2020 Comité de manejo de algas pardas de Atacama*. [En línea] Available at: https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-109873_documento.pdf [Último acceso: 16 junio 2021].

Coaguila, D., Tangerino, F., De Freitas, Y. & Goncalves, D., 2013. *Análisis comparativo de métodos de interpolación espacial utilizando datos de evotranspiración*, s.l.: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguacu, PR, Brasi.

D. 11, 2018. *Crea área marina costera protegida de múltiples usos Seno Almirantazgo*, Santiago: Ministerio del medio ambiente.

D. 18, 2048. *Crea área marina costera protegida de múltiples usos Tortel*, Santiago: Ministerio del medio ambiente.

D. 360, 2004. *Declara área marina y costera protegida "Punta Morro-desembocadura río Copiapó" entre Punta morro y la desembocadura del río Copiapó y terrenos de playa fiscales de la Isla Chata Chica e Isla Grande*, Santiago: Ministerio de defensa nacional - Subsecretaría de marina.

D.Ex. 32, 2020. *Renueva veda extractiva para los recursos hidrobiológicos que indica*, Valparaíso: Ministerio de Economía, Fomento y Turismo - Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

D.Ex. 437, 2018. *Renueva veda extractiva para los recursos huiro negro, huiro palo y huiro flotador en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta en periodo que señala*, Valparaíso: Ministerio de Economía, Fomento y Turismo - Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

D.Ex. 543, 2018. *Establce veda extractiva para los recursos huiro negro y huiro flotador en la región de Coquimbo en periodo que señala*, Valparaíso: Ministerio de Economía, Fomento y Turismo - Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

- D.Ex. 62, 2019. *Modifica decreto exento N° 826 de 2017, de este ministerio, que estableció veda extractiva para los recursos huiro negro y huiro flotador en la región de Atacama*, Valparaíso: Ministerio de Economía, Fomento y Turismo - Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- Delpiano, C., 2011. *Desafíos de la coordinación interinstitucional del Ministerio del Interior y Seguridad Pública. Tesis para optar al grado de Magíster en gestión y políticas públicas*, Santiago: Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas. departamento de ingeniería industrial.
- DEXE202000043, 2020. *Establece veda extractiva para el recurso huiro flotador, sector bahía Chasco en la región de Atacama en periodo que señala*, Valparaíso: Ministerio de Economía, Fomento y Turismo - Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- DEXE202000079, 2020. *Establece veda extractiva para el recurso huiro palo en la región de Atacama en periodo que señala*, Valparaíso: Ministerio de Economía, Fomento y Turismo - Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- DEXE202000109, 2020. *Suspende temporalmente veda extractiva del recurso huiro palo en área y periodo que indica*, Valparaíso: Ministerio de Economía, Fomento y Turismo - Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- Dto. 430, 1992. *Fija texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.892, de 1989 y sus modificaciones, Ley General de Pesca y Acuicultura. Decreto 430. Versión actualizada al 12 de julio de 2021*, Valparaíso: Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.
- Duarte, C. M., Middelburg, J. J. & Caraco, N., 2005. Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences*, Volumen 2, pp. 1-8.
- Echeverría, R., 1995. *Ontología del lenguaje*. s.l.:Ediciones Pedagógicas Chilenas S.A..
- Ecolmar, s.f. *Propuesta de plan de manejo para la pesca artesanal en el área marina y costera protegida de múltiples usos (AMCP-MU) Isla Grande de Atacama*, Coquimbo: Universidad Católica del Norte. Facultad de ciencias del mar. Grupo de ecología y manejo de recursos.

- ECOS, 2016. *Evaluación directa de macroalgas/impacto de la extracción sobre la comunidad bentónica, III Región, Valparaíso, Chile: Informe Final Proy. FIPA. 248 pp.*
- ECOS, 2020. *Evaluación de biomasa y análisis del estado de explotación de las praderas naturales de algas pardas (Huiro palo, Huiro negro y Macrocystis pyrifera) en las zonas de libre acceso de la III Región de Atacama y IV Región de Coquimbo, s.l.: Informe Final Proy FIPA 2017 - 53. 274 pp.*
- Edding, M., Fonck, E. & Macchiavello, J., 1994. Lessonia. En: I. Akatsuka, ed. *Biology of economic algae*. s.l.:SPB Publishing, The Hague, pp. 407-446.
- Edding, M., Fonck, E. & Macchiavello, J., 1994. Lessonia. En: I. Akatzuka, ed. *Biology of economic algae*. Netherlands: SPB Academic Publishing, pp. 407-446.
- Edding, M., Tala, F. & Vásquez, J., 2006. Fotosíntesis, productividad y algas marinas. En: F. S. y. L. Cardemil, ed. *Fisiología Vegetal*. La Serena, Chile: Ediciones de la Universidad de La Serena, p. 11.
- Edding, M., Tala, F., Vega, J. A. & Smith, A., 1998. *Investigación y manejo para la extracción de huiros, III Región. Proyecto FNDR, código BIP 20109880, Coquimbo: Universidad Católica del Norte.*
- Elliot, E. A. & Fox, M. D., 2021. Characterizing energy flow in kelp forest food webs: a geochemical review and call for additional research. *Ecography*.
- Elliot, J., 1977. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. *Freshwater Biol. Assoc. Sci.* , Volumen Publ. 25.
- FAO, 2012. *La ordenación pesquera. 4-. Las áreas marinas protegidas y la pesca. FAO Orientaciones técnicas para la pesca responsable. No.4, Supl. 4, Roma: FAO.*
- Farías, L. y otros, 2019a. *Propuestas para la actualización del Plan de Adaptación en Pesca y Acuicultura. Informe de la mesa Océanos.*, Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

- Farias, L., Ubilla, K., Aguirre, C. & otros, y., 2019b. *Nueve medidas basadas en el océano para las contribuciones determinadas a nivel nacional de Chile*, s.l.: Comité Científico COP25, Mesa Océanos. 93 pp.
- Filbee- Dexter, K. & Wernberg, T., 2020. *Nature Research*. [En línea] Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69258-7> [Último acceso: 30 Julio 2021].
- Flores, D., 2019. *Avances en la implementación de las áreas marinas costeras de múltiples usos (AMCPMU) y oportunidades de trabajar en red. Presentación en seminario: Las áreas marinas protegidas de la Patagonia*. [En línea] Available at: https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/07/2_DFlores_MMA_Avances_AMCP-MU.pdf [Último acceso: 03 agosto 2021].
- Fraser, C. I. y otros, 2019. The biogeographic importance of buoyancy in macroalgae: a case study of the southern bull-kelp genus *Durvillaea* (Phaeophyceae), including descriptions of two new species. *Journal of Phycology*.
- Fraser, C. I., Winter, D. J., Spencer, H. G. & Waters, J. M., 2010. Multigene phylogeny of the southern bull-kelp genus *Durvillaea* (Phaeophyceae: Fucales). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 2010, 57(3), pp. 1301-1311.
- Gallucci, V.F.; S.B. Saila; D.J. Gustafson; B.J. Rothschild, 1996. *Stock assessment: quantitative methods and applications for small - scale fisheries*. New York: Lewis Publishers, CRC Press Inc..
- Garfias, R. y otros, 2019. *Funciones de biomasa y estimación de carbono fijado por las principales especies del bosque esclerófito de las regiones de O'Higgins y del Maule*, Santiago, Chile: Informe Final Fondo de Investigación del Bosque Nativo (FIBN). 71 pp..
- Gaymer, C. F. y otros, 2008. Capítulo 12. AMCP-MU Isla Grande de Atacama: flora y fauna marina y terrestre. En: F. A. Squeo, G. Arancio & J. R. Gutiérrez, edits. *Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: región de Atacama*. La Serena: Ediciones Universidad de La Serena, pp. 223-249.

- Gobierno de Chile, 2020. *Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC). Actualización 2020*, Santiago, Chile: Gobierno de Chile.
- Godet, M., 1994. *From anticipation to action. A handbook of stratégie prospective*. Dunod, París: UNESCO.
- Godet, M., 2000. *La Caja de Herramientas de la Prospectiva Estratégica*. Cuarta Edición Actualizada ed. París: Librairie des Arts et Metiers.
- Godet, M., 2007. *Prospectiva Estratégica: problemas y métodos*. Segunda Edición ed. París: PROSPEKTIKER.
- Goldhaber, G., 2007. *Comunicación organizacional*. s.l.:Pablo de la Torriente.
- González, A. y otros, 2012. Identification of cryptic species in the *Lessonia nigrescens* complex (Phaeophyceae, Laminariales). *Journal of Phycology*, 48(5), pp. 1153-1165.
- González, J. y otros, 2002. *Estrategias de explotación sustentable algas pardas en la zona norte de Chile. Informe final. FIP 2000-19*, Coquimbo - Valparaíso: Instituto de Fomento Pesquero - Fondo de Investigación Pesquera.
- González-Roca, F. y otros, 2021. Exploring the role of access regimes over an economically important intertidal kelp species. *Ocean & Coastal Management*, 212(105811).
- Gouraguine, A. y otros, 2021. The intensity of kelp harvesting shapes the population structure of the foundation species *Lessonia trabeculata* along the Chilean coastline. *Marine Biology*, 168(5), pp. 1-9.
- Graham, M. H., Vásquez, J. A. & Buschmann, A. H., 2007. Global ecology of the giant kelp *Macrocystis*: from ecotypes to ecosystems. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.*, Volumen 45, pp. 39-88.
- Gurney, W. & Nisbet, R., 1998. *Ecological Dynamics*. New York: Oxford University Press.
- Haddon, M., 2001. *Modelling and quantitative methods in fisheries*. Boca raton, Florida: Chapman & Hall.

- Hamilton, S. y otros, 2020. Remote sensing: generation of long - term kelp bed data sets for evaluation of impacts of climate variation. *Ecology*, Volumen <https://doi.org/10.1002/ecy.3031>.
- Häussermann, V., Försterra, G. & Laudien, J., 2021. Macrobentos de fondos duros de la patagonia chilena: énfasis en la conservación de bosques sublitorales de invertebrados y algas. En: J. C. Castilla, J. J. Armesto & M. J. Martínez-Harms, edits. *Conservación en la patagonia chilena: Evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, pp. 321-344.
- Hay, C., 1994. Durvillaea. En: I. Akatzuka, ed. *Biology of economic algae*. Netherlands: SPB Academic Publishing, pp. 353-384.
- Hernández, A. y otros, 2019. *Potencial productivo y comercialización en base a la agregación de valor*, Valdivia, Chile: Informe Final FIC - R. 323 pp.
- Hilborn, R. & Walters, C., 1992. *Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty*. New York: Chapman & Hall.
- Hindson, J. y otros, 2005. *¿Cómo manejar una pesquería? Una guía sencilla para elaborar un plan de manejo pesquero*. Londres: s.n.
- Hoffmann, A. J. & Santelices, B., 1997. *MArine flora of central Chile*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Hoffmann, A. & Santelices, B., 1991. Banks of algal microscopic forms: hypotheses on their functioning and comparisons with seed banks. *Marine Ecology Progress Series*, 79(1), pp. 185-194.
- Houskeeper, H. y otros, 2021. Automated satellite remote sensing of giant kelp at the Falkland Islands (Islas Malvinas). *bioRxiv*, Volumen doi: <https://doi.org/10.1101/2021.09.14.460404>.
- Huston, M. & Wolverton, S., 2009. The global distribution of the net primary production: resolving the paradox. *Ecol. Monogr.*, Volumen 79, pp. 343 - 377.

- IFOP, 2002. *Estrategias de explotación sustentables de algas pardas en la zona norte de Chile*, s.l.: s.n.
- IFOP, 2016. *Evaluación de bosques de macroalgas pardas en la X región y formulación bases para su manejo y explotación sustentable*, Valparaíso, Chile: Pre Informe Final Proy. FIPA 2013 - 14. 431 pp.
- IFOP, 2017. *Evaluación directa de macroalgas / impacto de la extracción sobre la comunidad bentónica I Región*, s.l.: Informe Final Proy. FIPA 2014 - 15. 434 pp.
- IMARPE, 2010. *Evaluación porblacional de Lessonia trabeculata Villouta & Santelices 1986, entre El Basural y Yanyarina, San Juan de Marcona*, s.l.: s.n.
- IUCN, 2012a. *IUCN Habitats Classifications Scheme. Version: 3.1*. [En línea] Available at: https://nc.iucnredlist.org/redlist/content/attachment_files/dec_2012_guidance_habitats_classification_scheme.pdf [Último acceso: 02 marzo 2021].
- IUCN, 2012b. *IUCN-CMP Unified Classification of Direct Threats. Version: 3.2*. [En línea] Available at: https://nc.iucnredlist.org/redlist/content/attachment_files/dec_2012_guidance_threats_classification_scheme.pdf [Último acceso: 02 marzo 2021].
- Jue, M., 2021. "Pixel may lose kelp canopy": the photomosaic as epistemic figure for the satellite mapping and modelling of seaweeds. *Media + Environment*, 3(2), p. <https://doi.org/10.1525/001c.21261..>
- Keith, D., Holmes, G., Angelo, D. S. & Hiedel, K., 2018. . *A Process for Capturing CO2 from the Atmosphere*. [En línea] Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.05.006> [Último acceso: 30 Julio 2021].

- Koch, K. y otros, 2015. Species separation within the *Lessonia nigrescens* complex (Phaeophyceae, Laminariales) is mirrored by ecophysiological traits. *Botánica Marina*, 58(2), pp. 81-92.
- Krause - Jensen, D. & Duarte, C., 2016. *Nature Geoscience*. [En línea] Available at: www.nature.com/naturegeoscience [Último acceso: 30 Julio 2021].
- Krause-Jensen, D. y otros, 2018. *Biology Letters*. [En línea] Available at: <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2018.0236> [Último acceso: 30 Julio 2021].
- Lachkar, Z. & Gruber, N., 2012. A comparative study of biological production in eastern boundary upwelling system using an artificial neural network. *Biogeosciences*, Volumen 9, pp. 293 - 308.
- Lancellotti, D. A. & Vásquez, J. A., 1999. Biogeographical patterns of benthic macroinvertebrates in the south-eastern Pacific littoral. *Journal of Biogeography*, Volumen 26, pp. 1001-1006.
- Leon, C., Benitez-Mora, A. & Oliván, G., 2018. Update of recent rates of carbon accumulation in bogs of Northern Patagonia - Chile. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, Volumen 18, pp. 977 - 988.
- Ley 18.392, 1985. *Establece un régimen preferencial aduanero y tributario para el territorio de la XII región de Magallanes y de la Antártica chilena, por un plazo de 25 años. Actualizada al 24 de febrero de 2020*, Santiago de Chile: Ministerio de Hacienda.
- Ley 21.073, 2018. *Regula la elección de gobernadores regionales y realiza adecuaciones a diversos cuerpos legales*, s.l.: s.n.
- Loisel, J. & Yu, Z., 2013. Holocene peatland carbon dynamics in Patagonia. *Quatern. Sci. Rev.*, Volumen 69, pp. 125 - 141.
- López-Cristoffanini, C. y otros, 2013. Tolerance to air exposure: a feature driving the latitudinal distribution of two sibling kelp species. *Botánica Marina*, 56(5-6), pp. 431-440.

- LyD, 2019. Inversión en I+D en Chile: en qué estamos y cómo potenciarla. *Temas Públicos*, Issue 1396-2.
- Macaya, E., Boltaña, S., Hinojosa, I. A. & Macchiavello, J. E., 2005. Presence of sporophylls in floating kelp rafts of *Macrocystis* spp. (Phaeophyceae) along the Chilean Pacific coast. *Journal of Phycology*, Volumen 41, pp. 913-922.
- Macaya, E. C. & Zuccarello, G. C., 2010a. Genetic structure of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* along the southeastern Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, Volumen 420, pp. 103-112.
- Macreadie, P., Anton, A., Raven, J. & otros, y., 2019. *Nature Communications*. [En línea] Available at: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11693-w> | www.nature.com/naturecommunications [Último acceso: 30 Julio 2021].
- Mansilla, A. y otros, 2007. *Bases biológicas para el manejo de macroalgas pardas en la XII región*, Valparaíso, Chile: Informe Final Proy. FIPA 2005 - 44. 352 pp.
- Mardones, G., 2018. El aislamiento social de la conservación de la naturaleza en el bosque templado del sur de Chile. caso de estudio: Parque Nacional Alerce Andino y Reserva Nacional Llanquihue. *CUHSO*, pp. 1-29.
- Márquez, R. & Vásquez, J. A., 2020. El extractivismo de las algas pardas en el norte de Chile. *European Review of Latin American and Caribbean Studies*, Volumen 110, pp. 101-121.
- Martella, M. y otros, 2012. Manual de Ecología. Poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de poblaciones silvestres. *Reduca (Biología). Serie Ecología. 5 (1): 1-31*.
- Medina, J. & Ortegón, E., 2006. *Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe. Manuales series: 51*, Santiago de Chile: CEPAL.
- Meneses, I. & Santelices, B., 2000. Patterns and breaking points in the distribution of benthic algae along the temperate Pacific coast of South America. *Revista Chilena de Historia Natural*, Volumen 73, pp. 615-623.

- MMA, 2017. *Plan de acción nacional de cambio climático 2017-2022*, Santiago: Ministerio del medio ambiente.
- MMA, 2020. *4to Informe Bienal de actualización de Chile sobre Cambio Climático*, Santiago, Chile: Ministerio de Medio Ambiente.
- MMA, s.f. *Cambio climático. Organismos colaboradores*. [En línea] Available at: <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/organismos-colaboradores/descripcion/> [Último acceso: 26 noviembre 2021].
- Mora-Soto, A. y otros, 2021. One of the least disturbed marine coastal ecosystems on Earth: Spatial and temporal persistence of Darwin's sub-Antarctic giant kelp forests. *Journal of Biogeography*, Volumen 48, pp. 2562-2577.
- Murfitt, S. y otros, 2017. Application of unmanned aerial vehicles in intertidal reef monitoring. *Nature Scientific Reports*, Volumen DOI:10.1038/s41598-017-10818-9.
- Oppliger, L. V. y otros, 2012. Temperature effects on gametophyte life-history traits and geographic distribution of two cryptic kelp species. *PLoS ONE*, 7(6), p. e39289.
- Oppliger, L. V. y otros, 2011. Sex ratio variation in the *Lessonia nigrescens* complex (Laminariales, Phaeophyceae): effect of latitude, temperature, and marginality. *Journal of Phycology*, 47(1), pp. 5-12.
- Ortiz, M., 2020. *Evaluación del estado de la pesquería del recurso algas pardas en la III Región de Atacama: estimación de desembarque / cosechas sustentables para el sector pesquero artesanal*, Copiapó, Chile: Informe Final FIC - Atacama. 110 pp.
- Palta, E., Araya, A., Rojas, J. & Miranda, D., 2019. *Illuminating hidden harvest: Case study on small-scale fisheries in Chile (IHH)*, Valparaíso: IFOP.
- Parrish, C. y otros, 2019. Validation of ICESat-2 ATLAS bathymetry and analysis of ATLAS's bathymetric mapping performance. *Remote Sensing*, Volumen doi:10.3390/rs11141634.

- Patrama, W. y otros, 2015. Distribution and abundance of macroalgae in intertidal zone of Drini Beach, Gunungkidul, Diy. *Kne Life Sciences*, Volumen 2, pp. 514-517.
- Pérez-Araneda, K. y otros, 2020. *Lessonia berteroa* en Perú: comprobación de la identidad de la especie y diversidad genética en el borde norte de distribución. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 55(3), pp. 270-276.
- Pérez, E., 2014. *Análisis de los desembarques del recurso huiro negro en la región de Atacama*, s.l.: Asesoría Comité de Manejo de Algas Pardas de la Región de Atacama. Noviembre de 2014. Informe Final 10 pp..
- Perez, E., 2014. *Asesoría Comité de Manejo de Algas Pardas IV Región (2014)*, Coquimbo, Chile: Informe Final 9 pp.
- Pérez-Matus, A. y otros, 2017. Temperate rocky subtidal reef community reveals human impacts across the entire food web. *Marine Progress Series*, Volumen 567, pp. 1-16.
- Plaza, J., 2005. Ley Navarino. Una promesa para Magallanes. *Revista del Abogado*, Issue 35.
- Porras, S. T., 2003. De la competencia a la colaboración: hacia nuevas formas de organización. *Denarius. revista de economía y administración*, Volumen 08, pp. 99-124.
- Porras, S. T. & Morales, J. R., 2008. *Colaboración organizacional: experiencia desde Iztapalapa. Presentación en XII Congreso de Investigación en Ciencias Administrativas*, Tijuana: Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.
- Prathep, A., 2005. Spatial and temporal variations in diversity and porcentage cover of macroalgae at sirinart marine national park, Phuket Province, Thailand. *ScienceAsia*. 31. 225-223.
- R.Ex. 0430, 2019. *Constituye el equipo técnico interministerial de cambio climático "ETICC"*, Santiago: Ministerio del medio ambiente.
- R.Ex. 1249, 2015. *Modifica resoluciones exentas N°2187 de 2010, que aprobó el plan de manejo para bahía Chasco, III Región de Atacama*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

- R.Ex. 1391, 2016. *Modifica resoluciones exentas N° 2187 de 2010, que aprobó el plan de manejo para bahía Chasco, III Región de Atacama*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- R.Ex. 1700, 2020. *Establece límite de extracción en el marco del plan de manejo de algas pardas, de la región de Atacama*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- R.Ex. 2187, 2010. *Aprueba plan de manejo para bahía Chasco, III Región*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- R.Ex. 226, 2021. *Dispone medida de recolección, captura, eliminación y destrucción, de la macroalga Saccharina japonica, conforme resolución exenta N° DN-718/2021 de fecha 27 de abril de 2021. de este Servicio, en los términos que indica*, Valparaíso: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.
- R.Ex. 2448, 2020. *Establece límite de extracción en el marco del plan de manejo de algas pardas, de la región de Coquimbo*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- R.Ex. 2672, 2013. *Aprueba plan de manejo para los recursos huiro negro, huiro palo y huiro canutillo en la III Región de Atacama*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- R.Ex. 2673, 2013. *Aprueba plan de manejo para los recursos huiro negro, huiro palo y huiro canutillo en la IV Región de Coquimbo*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- R.Ex. 2889, 2013. *Modifica resolución exenta N° 2187 de 2010 que aprobó plan de manejo para bahía Chasco, III Región de Atacama*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- R.Ex. 2961, 2021. *Inicia proceso de designación de miembros titulares y suplentes del comité de manejo de recursos bentónicos de la región del Libertador General Bernardo O´Higgins*, Valparaíso: Ministerio de economía, fomento y turismo - Subsecretaría de pesca y acuicultura.
- R.Ex. 3115, 2013. *Establece nómina nacional de pesquerías artesanales de conformidad con los dispuesto en el artículo 50 A de la Ley General de Pesca y Acuicultura, deja sin efecto resolución que indica*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

- R.Ex. 3320, 2013. *Aprueba plan de manejo para los recursos huiro negro, juiro palo y huiro canutillo, I Región de Tarapacá*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- R.Ex. 3320, 2018. *Modifica resolución exenta N° 2187 de 2010, que aprobó el plan de manejo para bahía Chasco, región de Atacama*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- R.Ex. 3344, 2013. *Aprueba plan de manejo para los recursos huiro negro, huiro palo y huiro canutillo en la II Región de Antofagasta*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- R.Ex. 3375, 2013. *Aprueba plan de manejo para los recursos huiro negro, huiro palo y huiro canutillo, XV Región de Arica y Parinacota*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- R.Ex. 3790, 2019. *Establece nómina provincial de participamntes para el plan de manejo de algas pardas de la región de Atacama*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- R.Ex. 440, 2020. *Establece distribución cuota de los recursos huiro negro, huiro palo y huiro flotador en la región de Atacama, año 2020*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- R.Ex. 951, 2020. *Modifica resolución exenta N°439 de 2020 de esta Subsecretaría que estableció la distribución cuota de captura de algas pardas en la región de Coquimbo, año 2020*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- R.Ex. N° DN-00718/2021, 2021. *Declara emergencia de plga por presencia de especie exótica invasiva correspondiente a la microalga Saccharina japonica, conforme lo que indica*, Valparaíso: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.
- Ragsdate, C., 2007. *Spreadsheet modelling and decision analysis*. Mason, Ohio: Thompson Higher Education. 820 pp.
- Ramos-Esplá, A., Valle-Pérez, C., Bayle-Sempere, J. T. & Sánchez-Lizaso, J. L., 2004. *Áreas marinas protegidas como herramientas de gestión pesquera en el Medkiterráneo (Áea*

COPEMED). *Serie de informes y estudios (COPEMED No.11*, Madrid: Proyecto FAO-COPEMED.

Rassweiler, A., Reed, D., Harrer, S. & Nelson, J., 2018. Improved estimates of net primary production, growth, and standing crop of *Macrocystis pyrifera* in Southern California. *Ecology*, Volumen 99, pp. 2132 - 2132.

Ríos, M. & Gelcich, S., 2017. *Los derechos de la pesca en Chile: Asimetría entre armadores industriales y artesanales*. [En línea] Available at: https://www.sociedadpoliticaspublicas.cl/archivos/noveno/Energia_Rios_Monica.pdf [Último acceso: 28 julio 2021].

Rodríguez, D., Oróstica, M. H. & Vásquez, J. A., 2014. Coalescence in wild organisms of the intertidal population of *Lessonia berteroana* in northern Chile: management and sustainability effects. *Journal of Applied Phycology*, 26(2), pp. 1115-1122.

Rojas, A. -, O., B. M., Aponte, H. & Zavala, J., 2020. Carbon storage of *Lessonia trabeculata* kelp beds in Southern Peru: an analysis from the San Juan de Marcona region. *Carbon Management*, 30 Julio.p. DOI: 10.1080.17583004.2020.1808765.

Romo, H. y otros, 2018. *Diagnóstico de las pesquerías de macroalgas pardas en la VII y VIII regiones, con fines de establecer medidas administrativas y de manejo, para la sustentabilidad de la actividad pesquera*, Vaplaráiso, Chile: Informe Final Proy. FIPA 2017 - 56.

Rosenfeld, S. y otros, 2019. A new record of kelp *Lessonia spicara* (Suhr) Santelices in the Sub-Antarctic Channels: implications for the conservation of the "huirón negro" in the Chilean coast. *PeerJ*, Volumen 7, p. e7610.

Rovira, J. & Herreros, J., 2016. *Clasificación de ecosistemas marinos chilenos de la zona económica exclusiva*. [En línea] Available at: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Clasificacion-ecosistemas-marinos-de-Chile.pdf> [Último acceso: 17 junio 2021].

- Saderne, V., Geraldi, N., Macreadie, P. & otros, y., 2019. *Nature Communications*. [En línea] Available at: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08842-6> | www.nature.com/naturecommunications [Último acceso: 30 Julio 2021].
- Salafsky, N. y otros, 2007. A standar lexicon for biodiversity conservation: unified classifications of threats and actions. *Conservation Biology*, 22(4), pp. 897-911.
- Sandoval-Manquian, C. A., 2017. *Flora marina de Isla de Pascua. Diversidad y efecto de la exposición al oleaje como factor determinante de sus comunidades. Tesis para optar el título de biólogo marino*, Concepción: Universidad de Concepción.
- Sangüesa, S., Rivera, J., Saavedra, M. S. & Llanca, L. E., 2015. *Evaluación praderas de algas, sector Los Molles. Informe Seafood Resources Chile S.A. - South Pacific Abalone S.A.*, Los Molles: s.n.
- Santelices, B., 1980. Phytogeographic characterization of the temperate coast of Pacific South America. *Phycologia*, Volumen 19, pp. 1-12.
- Santelices, B., 1989. *Algas marinas de Chile. Distribución, ecología, utilización y diversidad*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Santelices, B. & Meneses, I., 2000. A reassessment of the phytogeographic characterization of temperate Pacific south America. *Revista Chilena de Historia Natural*, Volumen 73, pp. 605-614.
- Schiel, D. & Foster, M., 2015. *The biology and ecology of giant kelp forests*. Oakland, California: University of California Press. 415 pp.
- Seijo, J., Caddy, J. & Euan, J., 1994. *SPATIAL: space - time dynamics in marine fisheries: a software package for sedentary species*. Rome: FAO Comp. Inf. Ser. Fish. (6). 116 pp.
- Seijo, J., Perez, E. & Caddy, J., 2004. A simple approach for dealing with dynamics and uncertainty in fisheries with heterogeneous resource and effort distribution. *Mar. Fresh. Res.*, Volumen 55, pp. 1 - 8.

- Sernapesca, 2018. *Fiscalización en pesca y acuicultura. Informe de actividades 2017*, Valparaíso: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.
- Sernapesca, 2019. *Fiscalización en pesca y acuicultura. Informe de actividades del 2018*, Valparaíso: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.
- Sernapesca, 2020a. *Fiscalización en pesca y acuicultura. Informe de actividades del 2019*, Valparaíso: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.
- Sernapesca, 2020b. *Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura año 2020*, Valparaíso: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.
- Sernapesca, 2021. *Fiscalización en pesca y acuicultura. Informe de actividades 2020*, Valparaíso: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.
- Shepherd, J., 1991. Simple method for short-term forecasting of catch and biomass. *ICES J. Mar. Sci.*, Volumen 48, pp. 67 - 78.
- Spalding, M. D. y otros, 2007. Marine ecoregions of the world: a biorregionalization of coastal and shelf areas. *Bioscience*, Volumen 57, pp. 573-583.
- Spector, M. & Edwards, M., 2020. Species – specific biomass drives macroalgal benthic primary production on temperate rocky reefs. *Algae*, Volumen 35, pp. 237 - 252.
- Steneck, R. S. y otros, 2002. Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. *Environmental Conservation*, 29(4), pp. 436-459.
- Stotz, W. B., Aburto, J. & Caillaux, L. M., 2016. Vertical distribution of rocky subtidal assemblages along the exposed coast of north-central Chile. *J. Sea Res.*, Volumen 107, pp. 34-47.
- Subpesca & MMA, 2015. *Plan de adaptación al cambio climático para pesca y acuicultura*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura - Ministerio del medio ambiente.
- Subpesca, 2004. *Informe Técnico (R.Pesq.) N° 67. Reserva marina Isla Chañaral (III Región). Reserva Marina Isla Choros-Isla Damas (IV Región)*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

- Subpesca, 2019. *Noticias. Cambio climático: grupo de trabajo interinstitucional fija acciones para su fortalecimiento.* [En línea] Available at: <https://www.subpesca.gov.cl/portal/617/w3-article-104646.html> [Último acceso: 30 noviembre 2021].
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, 2021. *Estado de situación de las principales pesquerías Chilenas, año 2020*, Valparaíso: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- Tait, L. y otros, 2015. Assemblage and understory carbon production of native and invasive canopy - forming macroalgae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, Volumen 469, pp. 10 - 17.
- Tala, F. y otros, 2019. Long-term persistence of the floating bull kelp *Durvillaea antarctica* from the South-East Pacific: Potential contribution to local and transoceanic connectivity. *Mar. Env. res.*, Volumen 149, pp. 67 - 79.
- Tala, F. & Edding, M., 2007. First estimates of productivity in *Lessonia trabeculata* and *Lessonia nigrescens* (Phaeophyceae, Laminariales) from the Southeast Pacific. *Phyc. Res.*, Volumen 55, pp. 66 - 79.
- Tapia, C., Durán, S., Rodríguez, R. & Díaz, M., 2016. *Propuesta de política nacional de algas*, Coquimbo: CESSO.
- Techeira, C. y otros, 2020. *Programa de seguimiento de pesquerías bentónicas bajo planes de manejo, año 2019*, Valparaíso: Instituto de fomento pesquero.
- Tellier, F. y otros, 2009. Phylogeographic analyses of the 30°S south-east Pacific biogeographic transition zone establish the occurrence of a sharp genetic discontinuity in the kelp *Lessonia nigrescens*: vicariance or parapatry?. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 53(3), pp. 679-693.
- Tellier, F. y otros, 2011a. The *Lessonia nigrescens* species complex (Laminariales, Phaeophyceae) shows strict parapatry and complete reproductive isolation in a secondary contact zone. *Journal of Phycology*, Volumen 47, pp. 894-903.

- Tesla, G., Masotti, I. & Farías, L., 2019. Temporal variability in net primary production in an upwelling area off Central Chile (36°). *Frontiers in Marine Science*. doi: 10.3389/fmars.2018.00179, Volumen 5, p. 179.
- Theil, M. & Gutow, 2005a. The ecology of rafting in the marine environment. I. The floating substrata. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.*, Volumen 42, pp. 181 - 263.
- Theil, M. & Gutow, L., 2005b. The ecology of rafting in the marine environment. II. The rafting organisms and community. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.*, Volumen 43, pp. 279 - 418.
- Theil, M., Macaya, M. & otros, E. A. y., 2007. The Humboldt Current System of Northern and Central Chile: oceanographic processes, ecological interactions and socioeconomic feedback. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.*, Volumen 45, pp. 195 - 344.
- Tol, R., 2008. The Social Cost of Carbon: Trends, Outliers and Catastrophes.. *Economics: The Open Access*, Volumen 2, p. 1.
- Trujillo, G. & Montaner, D., 2019. ¿Cuánto carbono capturan los bosques de Chile?. *Chile Forestal*, Volumen 390, pp. 12 - 14.
- UACH, 2019. *Evaluación de la aplicación de metodologías de evaluación indirecta de stock de pesquerías bentónicas como insumo para el manejo pesquero*, Valparaíso, Chile: Informe Final Proy. FIPA 2017 - 55. 352 pp..
- UCN, 1998. *Investigación y manejo para la extracción de huiros, III región*, Coquimbo, Chile: Informe Final Proy. BIP 20109880. .
- UCN, 2014. *Evaluación de las poblaciones de macroalgas (Lessonia nigrescens. Lessonia trabeculata y Macrocystis integrifolia) existentes en las reservas marinas Chañaral, Comuna de Freirina, Región de Atacama, e Islas Choros y Damas, Comuna de La Higuera*, Coquimbo: Universidad Católica del Norte.
- Ugarte, R. & Sharp, G., 2001. A new approach to seaweed management in Eastern Canada: the case of Ascophyllum nodosum. *Cah. Biol. Mar.*, Volumen 42, pp. 63 - 70.

- Uhl, F., Barstch, I. & Oppelt, N., 2016. Submerged kelp detection with hyperspectral data. *Remote Sens.*, Volumen doi:10.3390/rs8060487.
- UMA, 2009. *Diagnóstico bases biológicas explotación sustentable Macrocystis pyrifera, (Huiero), XII región*, Punta Arenas: Informe Final Estudio FONDEMA BIP 30060262-0. 354 pp.
- UNESCO, 2020. *UNESCO marine world heritage: custodians of the globes blue carbon assets*, Paris, France: UNESCO.
- Vahtmäe, E. & Kutser, T., 2007. Mapping bottom type and water depth in shallow coastal waters with satellite remote sensing. *J. Coast. Res.*, Volumen 50, pp. 185 - 189.
- Valliant, D., 2016. Trabajo colaborativo y nuevos escenarios para el desarrollo profesional docente. *Revista hacia un movimiento pedagógico nacional*, Issue 60, pp. 7-13.
- Vásquez, J., 2004. *Pesca de evaluación de la biomasa de algas pardas ("huiros") en la costa de la III y IV región, norte de Chile.*, s.l.: Informe Final. 33 pp.
- Vásquez, J., 2018. *Evaluación de biomasa y análisis del estado de explotación de las praderas naturales de algas pardas (huiro negro, huiro palo y huiro flotador) en las áreas de libre acceso de la XV región de Arica y Parinacota, I región de Tarapacá y II región de Antofag*, s.l.: Informe Final Proy. FIPA 2017 - 52. 251 pp.
- Vásquez, J. A., 1992. *Lessonia trabeculata*, a subtidal bottom kelp in northern Chile: a case of study for a structural and geographical comparison. En: U. Seeliger, ed. *Coastal plant communities of latin america*. San Diego: Academic Press, pp. 77-89.
- Vásquez, J. A., Piaget, N. & Vega, J. A., 2012. Chilean *Lessonia nigrescens* fishery in northern Chile: how do you harvest is more important than how much do you harvest. *J. Appl. Phycol.*, Volumen 24, pp. 417-426.
- Vásquez, J. A. & Santelices, B., 1990. Ecological effects of harvesting *Lessonia* (Laminariales, Phaeophyta) in central Chile. *Hydrobiologia*, Volumen 204/205, pp. 41-47.

- Vásquez, J. A. y otros, 2008. *Bases ecológicas y evaluación de usos alternativos para el manejo de praderas de algas pardas de la III y IV regiones. Informe final proyecto FIP 2005-32*, Coquimbo: Universidad Católica del Norte.
- Vásquez, J., Piaget, N., Tala, F. & Vega, A., 2010. *Evaluación de la biomasa de praderas naturales y prospección de potenciales lugares de repoblamiento de algas pardas en la costa de la XV, I y II regiones*, s.l.: Informe Final Proy. FIPA 2008 - 34. 174 pp.
- Vásquez, J. y otros, 2008. *Bases ecológicas y evaluación de usos alternativos para el manejo de praderas de algas pardas de la III y IV regiones*, s.l.: Informe Final Proy. FIPA 2005 - 22. 283 pp.
- Vega, J. A. y otros, 2014. *Seguimiento biológico pesquero y evaluación económica, como insumo para plan de manejo de la pesquería de algas pardas III Región, 2013-2014*, Coquimbo: CESSO.
- Vega, J. A., Vásquez, J. A. & Buschmann, A. H., 2005. Population biology of the subtidal kelps *Macrocystis integrifolia* and *Lessonia trabeculata* (Laminariales, Phaeophyceae) in an upwelling ecosystem of northern Chile: interannual variability and El Niño 1997-1998. *Revista Chilena de Historia Natural*, 78(1), pp. 33-50.
- Vega, J. M., Asorey, C. M. & Piaget, N., 2016. Asociación *Scurria-Lessonia*, indicador de integridad ecológica en praderas explotadas de huiro negro *Lessonia berteroa* (ex *L. nigrescens*) en el norte de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 51(2), pp. 337-345.
- Venegas, M., Tala, F., Fonck, E. & Vásquez, J. A., 1992. Sporangial sori on stipes of *Lessonia nigrescens* Bory (Laminariaceae, Phaeophyta): a high frequency phenomenon in intertidal populations of northern Chile. *Botanica Marina*, Volumen 35, pp. 573-578.
- Villouta, E. & Santelices, B., 1984. Estructura de la comunidad submareal de *Lessonia* (Phaeophyta, Laminariales) en Chile norte y central. *Revista Chilena de Historia Natural*, Volumen 57, pp. 111-122.
- Wang, C. & Philpot, W., 2007. Using airborne bathymetric lidar to detect bottom type variation in shallow waters. *Remote Sensing of Environment*, Volumen 106, pp. 123 - 135.

- Watanabe, K. y otros, 2020. Macroalgal metabolism and lateral carbon flows can create significant carbon sinks. *Biogeosciences*, 17(9), pp. 2425-2440.
- Watzlawick, P., Helmick, J. & Jackson, D., 1985. *Teoría de la comunicación humana*. Cuarta edición ed. Barcelona: Editorial Herder.
- WCS, 2018. *Pasos para la sustentabilidad financiera de las Áreas Marinas Protegidas de Chile*, s.l.: Wildlife Conservation Society-Chile.
- Webster, T. y otros, 2019. Calculating macroalgal height and biomass using bathymetric LIDAR and comparison with surface area derived from satellite data in Nova Scotia, Canada. *Botánica Marina*, p. 18.
- Webster, T. y otros, 2016. Optimization of data collection and refinement of post-processing techniques for Maritime Canada's first shallow water topographic-bathymetric lidar survey. *J. Coastal Res.*, Volumen 76, pp. 31 - 43.
- Westermeier, R. y otros, 2014. Giant kelp (*Macrocystis*) fishery in Atacama (Northern Chile): biological basis for management of the integrifolia morph. *Journal of Applied Phycology*, 26(2), pp. 1071-1079.
- Wiga, P. y otros, 2015. Distribution and abundance of macroalgae in intertidal zone of drini beach. *kne life Sciences*, pp. Volumen (2) 514-517.
- Wouthuyzen, s., Herandarudeni, S. & Komatsu, T., 2016. Stock assessment of brown seaweeds (Phaeophyceae) along the Bitung-Bentena Coast. North Sulawesi Province. Indonesia for alginate product using satellite remote sensig. *Elsevier (33)* 553 - 561.
- Ysebaert, T., Meire, P., P, M. J. H. & Verbeek, H., 2002. Macrobenthic species response surfaces along estuarine gradients: prediction by logistic regression. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Volumen 225, pp. 79 - 95.
- Zubia, M., Andréfouet, S. & Payri, C., 2014. Distribution amd biomass evalutaion of drifting brown algae from moorea lagoon (French Polynesia) for eco-friendly agricultural use. *J Appl Phycol*, p. 11.

8 Anexos

Anexo 1. Cuestionario aplicado a actores relacionados con la administración y uso de los recursos algas pardas a nivel nacional.



Al servicio
de las personas
y las naciones



Proyecto: Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul

Cuestionario: Macroalgas pardas - Ecosistemas de

1. Nombre

2. Seleccione la región de residencia(*)

1. Región de Arica y Parinacota
2. Región de Tarapacá
3. Región de Antofagasta
4. Región de Atacama
5. Región de Coquimbo
6. Región de Valparaíso
7. Región Metropolitana
8. Región del Libertador Bernardo O'Higgins
9. Región del Maule
10. Región del Biobío
11. Región del Ñuble
12. Región de La Araucanía
13. Región de Los Ríos
14. Región de Los Lagos
15. Región de Aysén
16. Región de Magallanes

3. Seleccione el sector o Institución al que pertenece(*)

1. Pesca Artesanal
2. Plantas de Proceso de Algas
3. Subpesca
4. Semapesca
5. IFOP
6. Ministerio del medio ambiente
7. ONG
8. Universidad
9. Consultor / Empresa consultora
10. Otra

4. ¿A qué institución pertenece?(*)

5. Como titular o como suplente, ¿participa en algún comité de manejo?(*)

Sí. No.

6. ¿En cuáles participa?(*)

1. Comité de manejo de algas pardas de Arica y Parinacota.
2. Comité de manejo de algas pardas de Tarapacá.
3. Comité de manejo de algas pardas de Antofagasta.
4. Comité de manejo de algas pardas de Atacama.
5. Comité de manejo de algas pardas de Coquimbo.
6. Comité de manejo de huiro flotador de Bahía Chasco.
7. Comité de manejo de recursos bentónicos de zona común de extracción de la Bahía de Ancud.
8. Comité de manejo de recursos bentónicos de la Región de Magallanes y Antártica Chilena.
9. Otro.

7. ¿En cuál?(*)

8. ¿Participa en el Comité Científico de Recursos Bentónicos?(*)

Sí. No.

9. ¿Los planes de manejo están resguardando el rol ecológico de algas pardas?(*)

1. Sí.
2. No.
3. No sabe/No responde.

10. Argumente su respuesta.(*)

11. Considerando áreas de libre acceso, AMERB y áreas marinas protegidas ¿considera que se protegen adecuadamente las praderas de algas pardas, reconociendo el rol ecológico que cumplen?(*)

1. Sí.
2. No.
3. No sabe/No responde.

12. ¿Qué medidas hoy están contribuyendo a resguardar el rol ecológico de las algas pardas?(*)

13. ¿Qué medidas podrían adicionarse para resguardar el rol ecológico de las algas pardas?(*)

14. Describa los problemas que afectan a las praderas de algas pardas e indique la región en la que ubica el problema.

	Región(es)	Problema
Huiro negro (<i>Lessonia berteroa</i>/L. <i>spicata</i>: ex <i>Lessonia nigrescens</i>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Huiro palo (<i>Lessonia trabeculata</i>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Huiro flotador o macro (<i>Macrocystis pyrifera</i>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cochayuyo (<i>Durvillaea antarctica</i> / <i>D. incurvata</i>)	<input type="text"/>	<input type="text"/>

15. Marque todas las alternativas que cree que se deberían implementar en el manejo de algas pardas, considerando su rol ecológico y su contribución en mitigación y adaptación al cambio climático.(*)

1. Una red de áreas protegidas con prohibición de extracción donde se resguarden las praderas de algas pardas.
2. La pesquería solo debería estar sustentada en el alga varada.
3. Promover el cultivo de algas pardas, de tal modo de reemplazar la extracción desde praderas naturales.
4. Otra.

16. ¿Qué otra medida sugiere? Descríbala.(*)

17. Si se avanzara en la incorporación de valor agregado a las algas pardas, seleccione todos los efectos que podrían ocurrir(*)

1. Disminución de los volúmenes extraídos.
2. Mejoramiento de los precios pagados a los algueros (precio playa o de primera transacción)
3. Menor presión extractiva sobre las praderas naturales
4. Mayor presión extractiva sobre las praderas naturales
5. Otro efecto.
6. No sabe / No responde

18. ¿Qué otro efecto podría ocurrir?(*)

19. ¿Conoce los compromisos asumidos por Chile en el marco del cambio climático en relación con las algas pardas?(*)

1. Sí.
2. No.
3. No sabe/No responde.

20. ¿Cuál es su opinión respecto de estos compromisos y las medidas sugeridas por los expertos?(*)

21. Comentario final:

Anexo 2. Cuestionario aplicado a científicos relacionados con las algas pardas, áreas marinas protegidas y profesionales de ONG.



Al servicio
de las personas
y las naciones



Proyecto: Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul

Cuestionario: Macroalgas pardas - Ecosistemas de

1. Nombre

2. Entre sus líneas de investigación, ¿qué lugar ocupan los ecosistemas de Carbono Azul? (*)

1. Línea principal.
2. Línea secundaria.
3. Línea de investigación incipiente.
4. No forma parte de mis áreas de investigación.

3. ¿Cree que los bosques de macroalgas pardas conforman ecosistemas de carbono azul? (*)

1. Sí.
2. Solo algunas especies en algunas regiones de Chile.
3. No.
4. No sé, ya que no forma parte de mi área de investigación.

4. Argumente su respuesta anterior. (*)

5. Ordene por prioridad, los siguientes servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques de macroalgas pardas.(*)

	Aprovisionamiento (seguridad alimentaria).	Mitigación del cambio climático (captura de CO2).	Protección de la costa ante eventos extremos.	Regulación (amortiguación de eventos de desoxigenación, acidificación, remediación).	Soporte cultural (actividad pesquera artesanal, turismo).
1 - Más prioridad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 - Menos prioridad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Qué prioridad estima que debería darse a cada una de estas líneas de investigación en relación con los bosques de macroalgas pardas.

Prioridad	No es prioritario	Prioridad baja	Prioridad media	Prioridad alta	Imprescindible
Aporte a la mitigación del cambio climático producto de la captura de CO2 de los bosques de macroalgas pardas.	<input type="checkbox"/>				
Aporte de los bosques de macroalgas pardas a mitigar procesos de desoxigenación.	<input type="checkbox"/>				
Aporte de los bosques de macroalgas pardas a mitigar procesos de acidificación de los océanos.	<input type="checkbox"/>				
Contribución de los bosques de macroalgas pardas a la protección de la costa ante eventos extremos.	<input type="checkbox"/>				
Desarrollo de acuicultura de macroalgas pardas a escala comercial para reemplazar la explotación de praderas naturales.	<input type="checkbox"/>				
Metodologías de restauración de ecosistemas de ?Carbono Azul? conformados por praderas de macroalgas pardas.	<input type="checkbox"/>				
Estudios de productividad primaria neta de macroalgas pardas.	<input type="checkbox"/>				

7. Además de las líneas de investigación mencionadas en la pregunta anterior, ¿hay otras líneas que considere prioritarias?

8. En relación con las líneas de investigación en macroalgas pardas ¿De qué depende qué se investiga? Seleccione la alternativa más importante(*)

1. De la disponibilidad de fondos
2. De los temas impuestos por cada fondo
3. De los requerimientos del administrador
4. La decisión es del investigador o equipo de investigación
5. No sabe / No responde

9. La recolección de algas pardas varadas o algas desprendidas acumulada en pozones, ¿En qué nivel podría estar afectando el secuestro de carbono?

Muy poco o nada Medianamente Mucho No sabe / No responde

-

10. Por favor argumente su respuesta anterior(*)

11. ¿Recomienda crear zonas de protección de praderas de macroalgas pardas en la zona norte (desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Coquimbo)?(*)

1. Sí.
2. No.

12. En el caso de responder sí, especifique en qué lugar se deberían generar y argumente su respuesta. En caso de responder que no, de todas formas argumente.(*)

13. ¿Recomienda crear zonas de protección de praderas de macroalgas pardas en la zona centro (desde la región de Valparaíso hasta la región del Biobío)?(*)

1. Sí.
2. No.

14. En el caso de responder sí, especifique en qué lugar se deberían generar y argumente su respuesta. En caso de responder que no, de todas formas argumente.(*)

15. ¿Recomienda crear zonas de protección de praderas de macroalgas pardas en la zona sur (desde la región de La Araucanía hasta la región de Los Lagos)?(*)

1. Sí.
2. No.

16. En el caso de responder sí, especifique en qué lugar se deberían generar y argumente su respuesta. En caso de responder que no, de todas formas argumente.(*)

17. ¿Recomienda crear zonas de protección de praderas de macroalgas pardas en la zona sur austral (regiones de Aysén y Magallanes)?(*)

1. Sí.
2. No.

18. En el caso de responder sí, especifique en qué lugar se deberían generar y argumente su respuesta. En caso de responder que no, de todas formas argumente.(*)

19. Considerando la contribución de las praderas de algas pardas a la mitigación y adaptación al cambio climático, ¿Qué medidas recomendaría para su protección y para su manejo pesquero?(*)

20. ¿Conoce los compromisos asumidos por Chile en el marco del cambio climático en relación con las algas pardas?(*)

Sí. No. No sabe/No responde.

21. ¿Cuál es su opinión respecto de estos compromisos, las medidas sugeridas por los expertos y los principales desafíos para el país?(*)

22. Si desea hacer un comentario en relación con los ecosistemas de algas pardas, expláyese

Anexo 3. Entrevistas semiestructuradas aplicadas a representantes del MMA, Subpesca y MINREL.

La complejidad de los ecosistemas de algas pardas, ecosistemas de carbono azul, desde el punto de vista de la administración y el manejo pesquero, y la protección del ambiente, está dada por conformar un ecosistema de gran relevancia por su relación con la biodiversidad, la mitigación y adaptación al cambio climático, así como para contribuir a la resiliencia de las comunidades costeras, y al mismo tiempo ser una pesquería importante en términos sociales y económicos, por lo cual las entrevistas se focalizaron en indagar en cómo se logra la integración de todos estos usos, objetivos y servicios que nos proveen estas algas, cómo se incorpora el cambio climático en el manejo de la pesquería de algas pardas y como se coordinan las diversas instancias que participan en este sistema.

En este contexto, se aplicaron las siguientes entrevistas semi-estructuradas:

I. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca)

- a) **Unidad de Recursos Bentónicos:** Mario Acevedo, Alejandra Pinto, Nicole Maturana.
 - i. ¿Cuál es el estado de avance de la discusión de la Ley bentónica, la prohibición de barroteo incorporada; y la iniciativa generada por senadores respecto de la prohibición de barroteo de algas pardas?
 - ii. ¿Cómo fue el proceso que llevó a la región de Magallanes a no incluir a *Macrocystis pyrifera* en la resolución 3115? (resolución que *Establece Nómina Nacional de Pesquerías Artesanales de conformidad con lo dispuesto en el artículo 50 A, de la Ley General de Pesca y Acuicultura*).
 - iii. A su juicio, ¿Cuán efectivas son las medidas actuales de manejo aplicadas a las algas pardas, tanto con plan o sin plan de manejo, y en AMERB? Y ¿Cuáles son los principales desafíos que existen para una mayor efectividad considerando su rol ecológico y el papel que cumplen en la mitigación y adaptación al cambio climático, considerando los compromisos asumidos por Chile?
 - iv. ¿Cuáles son las instancias, procedimientos y/o mecanismos de coordinación interna entre diversas unidades de la Subpesca, con énfasis entre la URB y la Unidad de Áreas Marinas Protegidas y Cambio Climático?
 - v. ¿Cuáles son las instancias, procedimientos y/o mecanismos de coordinación existentes entre la Subpesca y el MMA, por ejemplo cuando se promueven AMP

donde se incluyen como objetos de conservación a los ecosistemas de algas pardas? En especial, ¿cómo se complementan las medidas de conservación incluidas en estas AMP con las medidas de administración y manejo pesquero?

- vi. ¿Cuál es el estado de avance de los ECMPO y la participación de las algas pardas en estos espacios?

b) Unidad de Áreas Marinas Protegidas (AMP) y Cambio Climático (CC): Gustavo San Martín, Lorena Burotto.

- i. ¿Cuál es el rol de la unidad de AMP y CC de la Subpesca? ¿Está definido por algún acto administrativo?
- ii. ¿Cuáles son los mecanismos de coordinación interna entre diversas unidades de la Subpesca, con énfasis en URB y Unidad de AMP y CC. Procedimientos/Mecanismos de coordinación? ¿Cuál es la participación de esta unidad en espacios de decisión relacionados con el manejo de pesquerías: CM, planes de manejo, otras?
- iii. ¿Cuál es la participación de esta unidad en la creación de AMP? ¿Cuáles son los procedimientos/mecanismos de coordinación existentes entre la Subpesca y el MMA cuando en las áreas marinas protegidas (AMP) se incluyen como objetos de conservación a los ecosistemas de algas pardas, en especial cómo se complementan las medidas de conservación incluidas en estas AMP con las medidas de administración y manejo pesquero? ¿Participa esta unidad, solo la URB, u otras instancias?
- iv. ¿Cuáles son los principales desafíos - ajuicio de esta unidad - en la administración de los recursos algales (algas pardas) considerando su rol ecológico y el papel que cumplen en la mitigación y adaptación al cambio climático, considerando los compromisos asumidos por Chile?
- v. En relación con los ECMPO, ¿están participando? Y ¿cuál es la importancia de las algas pardas en estos espacios?

II. Ministerio del medio ambiente (MMA)

a) Departamento de áreas protegidas: Felipe Paredes.

- i. ¿Cuál es el estado de avance del reglamento de AMCP-MU?
- ii. En relación con aquellas AMCP-MU, u otras figuras de AMP, que incluyen a las algas como objetos de conservación, ¿Cuáles son los procedimientos o mecanismos utilizados para su conservación, considerando que (también) son recursos pesqueros? ¿Cómo se complementan las medidas de conservación de los ecosistemas de algas pardas (ecosistemas de carbono azul) con las medidas de administración y manejo pesquero?
- iii. ¿Cuáles son los mecanismos, procedimientos o instancias de coordinación existentes entre el MMA y la Subpesca cuando en las áreas marinas protegidas (AMP) se incluyen como objetos de conservación a los ecosistemas de algas pardas?, en especial ¿cómo se complementan las medidas de conservación incluidas en estas AMP con las medidas de administración y manejo pesquero?

b) División de Recursos Naturales y Biodiversidad / Cambio climático: Gladys Santis, Daniel Álvarez.

- i. ¿Cuáles son los procedimientos de coordinación interna entre las diversas unidades del MMA, incluidas las Seremías, para implementar acciones en el marco de los compromisos asumidos en relación con el CC y algas pardas?
- ii. ¿Cuáles son los mecanismos de coordinación entre el MMA y Minecon/Subpesca, respecto de los procedimientos de coordinación existentes entre el MMA y la Subpesca en materias donde ambas instituciones tienen algún nivel de atribución (acotado a temáticas atinentes a esta consultoría)?
- iii. Para incorporar las Algas Pardas en los inventarios que lleva el MMA, ¿Cuál es el procedimiento que se debe seguir?

III. Ministerio de Relaciones Exteriores (MINREL)

a) Dirección de Medio Ambiente y Asuntos Oceánicos: Salvador Vega.

- i. En relación con los compromisos de Chile en materia de océanos, referido a la protección de los bosques de macroalgas pardas dada su importancia como ecosistemas de carbono azul, ¿Cómo se tiene diseñada la implementación de estos compromisos considerando que hay involucrados una serie de ministerios y unidades al interior de ellos, que requieren un alto nivel de coordinación?
- ii. En relación con el mismo tema, ¿Cómo se está abordando el financiamiento de estos compromisos, ya que se requieren recursos para su implementación?
- iii. ¿Cuáles son los principales desafíos para dar cumplimiento a los compromisos asumidos por Chile en materia de CC, en el contexto de esta consultoría: Carbono azul y algas pardas (ecosistema marino de carbono azul)?

IV. Dirección zonal de pesca y acuicultura de la región de Magallanes (DZPA Magallanes)

a) Encargado de pesca artesanal: Claudio Vargas.

- i. ¿Cuál es su función actual y durante el periodo en que se tomó la decisión de excluir *Macrocystis* de la R.Ex. 3115?
- ii. ¿Cómo fue el proceso que llevó a proteger los bosques de macroalgas pardas en la región de Magallanes (*Macrocystis pyrifera*)? ¿Cuáles fueron los factores claves o motivaciones?
- iii. ¿Qué dificultades han tenido para mantener esta situación? o ¿qué dificultades identifica que podrían poner en riesgo esta decisión?
- iv. Considerando la importancia de los bosques de macroalgas para la mantención de los recursos de interés de la región de Magallanes (i.e. centolla, centollón y erizo), ¿Cuál es el estado de situación de estos recursos de la región? y ¿Cuál es el avance de la formulación de los respectivos planes de manejo (crustáceos y recursos bentónicos)?
- v. ¿Conocen de la contribución de las algas pardas a la mitigación al cambio climático? ¿Conocen de los ecosistemas de Carbono Azul?
- vi. ¿Conocen los compromisos asumidos por Chile en materia de saluciones basada en los océanos y específicamente en macroalgas pardas?

- vii. ¿Cuál es la percepción de los diversos actores de la región, respecto de la importancia de proteger estos ecosistemas? y ¿Cuál es la disposición a proteger estos ecosistemas?

Anexo 4. Acta de reunión de inicio realizada el 8 de junio de 2021.



Acta

Fecha	08/06/2021	Horario	15:00 - 17:00
Tipo	Presencial	Virtual	X
Lugar	Sesión virtual mediante plataforma Zoom		
Proyecto	Proyecto CHL/SDP/040/2021		

Asistentes

Nombre	Filiación
Gladys Santis García	Ministerio del Medio Ambiente
Kathya Rodríguez Leiva	Ministerio del Medio Ambiente
Gustavo San Martín	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Lorena Burotto	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Alonso Vega Reyes	Centro de Estudios de Sistemas Sociales
Eduardo Pérez Espinoza	Centro de Estudios de Sistemas Sociales
Javier Chávez Vilches	Centro de Estudios de Sistemas Sociales
Carlos Tapia Jopia	Centro de Estudios de Sistemas Sociales

Temas en tabla

- 1) Presentar el equipo de trabajo a la contraparte técnica,
- 2) Resolver aspectos relativos al enfoque metodológico y del plan de trabajo y
- 3) Definir con precisión las instancias de coordinación durante la ejecución de la consultoría.

Desarrollo

- 1) Presentar el equipo de trabajo a la contraparte técnica: al inicio de la reunión se presentó al equipo de trabajo, así como también la contraparte técnica del Ministerio del Medio Ambiente y de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Luego se continuó con una

presentación de los objetivos de la reunión de inicio, que corresponden a los temas en tabla.

- 2) Resolver aspectos relativos al enfoque metodológico y del plan de trabajo: este tema tenía como objetivo recoger las observaciones de la contraparte técnica, respecto de la propuesta presentada por CESSO, considerando que la evaluación indicó que "La metodología propuesta permite el cumplimiento de todos los objetivos específicos en forma media", lo cual corresponde a "El cumplimiento medio se asocia a una propuesta técnica que incorpora todos los componentes solicitados en las bases técnicas y que propone metodologías validadas a nivel nacional y/o internacional pero que posee algunas falencias, omisiones, y/o pocos detalles en la explicación de la metodología en el objetivo específico".

En este sentido, antes de recepcionar las observaciones de la contraparte técnica se presentó con mayor detalle la propuesta metodológica, con el propósito de que todos los asistentes tuvieran conocimiento de esta.

Las observaciones en el ámbito metodológico fueron:

- No limitar la investigación a lo que se enmarca en los planes de manejo de algas pardas y lo que indica el Comité Científico Técnico Bentónico, sino que se debe ampliar la mirada en el desarrollo de la consultoría,
- Se destaca la importancia que debe tener en el estudio la captura de CO₂ atmosférico, lo cual debe ser parte del enfoque para la ejecución de esta consultoría,
- Entre los resultados esperados se explicita la necesidad de incorporar el cambio climático en los planes de manejo de algas pardas y
- En relación con la contribución a la adecuación del Plan de Adaptación al Cambio Climático en Pesca y Acuicultura (PACCPA) se precisó que lo que se espera es un capítulo relacionado con el carbono azul y los bosques de macroalgas pardas.



Acta

Finalmente, en cuanto a la reunión de cierre considerada en los TdR y en la propuesta técnica, para presentar los resultados finales de la consultoría, se aclaró que corresponde a una instancia de presentación a la contraparte técnica de los resultados obtenidos, antes de la entrega del informe final.

En este contexto, CESSO planteó su disposición para apoyar la difusión de los resultados una vez concluida la consultoría en alguna instancia de presentación de los resultados con propósitos de difusión, aun cuando no está considerada en los TdR ni en la propuesta técnica.

Con respecto al plan de acción se verificó y validó las fechas de entrega de los informes, que corresponden a:

- 1er informe de avance: 24 de agosto de 2021
- 2do informe de avance: 5 de octubre de 2021
- Informe final: 16 de noviembre de 2021

3) Definir con precisión las instancias de coordinación durante la ejecución de la consultoría: se acordó realizar reuniones mensuales los primeros martes de cada mes, durante la duración de la consultoría. La convocatoria será realizada por CESSO, por Carlos Tapia.

Compromisos y acuerdos

Compromiso/Acuerdo	Responsable
Se acuerda realizar reuniones los primeros martes de cada mes, durante la ejecución de la consultoría	Carlos Tapia, responsable de convocatorias

Registro de asistencia



Anexo 5. Acta de reunión de coordinación mensual realizada el 6 de julio de 2021.



Acta

Fecha	06/07/2021	Horario	15:00 - 17:25
Tipo	Presencial	Virtual	X
Lugar	Sesión virtual mediante plataforma Zoom		
Proyecto	Proyecto CHL/SDP/040/2021		

Asistentes

Nombre	Filiación
Gustavo San Martín	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Lorena Burotto	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Kathya Rodríguez Leiva	Ministerio del Medio Ambiente
Alonso Vega Reyes	Centro de Estudios de Sistemas Sociales
Eduardo Pérez Espinoza	Centro de Estudios de Sistemas Sociales
Javier Chávez Vilches	Centro de Estudios de Sistemas Sociales
Carlos Tapia Jopia	Centro de Estudios de Sistemas Sociales

Temas en tabla

- 1) Información solicitada respecto de informes FIPA y otros que existan,
- 2) Presentación de avances de objetivo específico a,
- 3) Revisión de cuestionarios asociados con objetivos específicos b y c y
- 4) Mecanismos de coordinación en materias relacionadas con el cambio climático, áreas protegidas y similares en Subpesca y el MMA con énfasis en temas donde se confrontan intereses ambientales y pesqueros.

Desarrollo

- 1) Información solicitada respecto de informes FIPA y otros que existan: se consultó por la posibilidad de acceder a informes de avance o bases de datos obtenidos durante la ejecución del proyecto FIPA 2018-44 (Estudio biológico-pesquero y evaluación del estado de situación de las pesquerías de macroalgas y propuesta de manejo en la IX y XIV Regiones. Actualmente en ejecución); de proyecto FIPA 2017-56, terminado, pero sin

acceso desde el sitio web del FIPA. Durante la ejecución de la reunión, Lorena Burotto entregó link de acceso a este informe. También se informó por parte de Lorena Burotto y Gustavo San Martín sobre el desarrollo de otros estudios y desarrollo de tesis relacionados con el Carbono Azul y algas pardas, liderados por Marcela Ávila, Erasmo Macaya, Andrés Mansilla, Nelson Lagos, entre otros, que están en desarrollo.

- 2) Presentación de avances de objetivo específico a: la presentación la realizó Eduardo Pérez exponiendo los avances obtenidos a la fecha, con énfasis en la métrica y lógica ocupada, mostrando algunos ejemplos. En este sentido se destacó los principales problemas encontrados: discontinuidad de las evaluaciones directas, que no existen para todas las especies de algas pardas; escasa información para las regiones del sur de Chile; y la escasa información sobre la producción primaria neta de las algas pardas.

Gustavo San Martín comenta que sería conveniente definir un rango de secuestro de CO₂ que sea aceptable y en consecuencia debiese ser el objetivo para mantener en las respectivas praderas. Por ejemplo, mantener una biomasa mínima que asegure la captación de una cantidad determinada de CO₂ en el tiempo, lo cual podría ser incorporado en los planes de manejo, dejando de explotar las praderas por un periodo (2 ó 3 años) o hacer rotación de áreas.

Lorena Burotto lamenta la escasa cantidad de evaluaciones directas de algas pardas a nivel nacional, pero también señala que al existir información de la disponibilidad de algas podría generar un efecto no deseado aumentando el interés de explotación, lo cual debe ser considerado al momento de formular las propuestas.

Gustavo San Martín agrega que sería recomendable que el Ministerio del medio ambiente incorporará a las algas pardas en sus inventarios.

- 3) Revisión de cuestionarios asociados con objetivos específicos b y c: Carlos Tapia presentó los cuestionarios que serán aplicados a actores relacionados con la pesquería de algas pardas y otro dirigido a los científicos relacionados con las algas pardas y conservación marina.

Con respecto al cuestionario dirigido a actores relacionados con la pesquería de algas pardas se realizaron las siguientes sugerencias:

- Ampliar la pregunta sobre medidas que contribuyan con resguardar el rol ecológico de las algas pardas, no acotándola a los planes de manejo. Sin embargo, esta pregunta se mantendrá para que sea respondida por quienes participan o tienen conocimiento de los planes de manejo de algas pardas.
- Diseñar un cuestionario específico para ser aplicado en la región de Magallanes, considerando la particularidad de esta región donde se ha decidido no considerar a *Macrocystis* como un recurso pesquero.
- Incorporar una o más preguntas dirigidas a conocer cuánto se sabe en el mundo científico sobre los acuerdos internacionales que ha firmado Chile en el ámbito del Cambio Climático y específicamente en lo relacionado con las algas pardas y el Carbono Azul.

Además, se consultó por el uso de logos en la encuesta, para lo cual se indicó que se hicieran las consultas directamente a Johanna Arriagada, junto con enviar la propuesta a Gustavo San Martín de Subpesca y Gladys Santis del MMA.

El cuestionario en materia pesquera será aplicado a integrantes de los comités de manejo de algas pardas de la zona norte, y aquellos planes que tienen a alguna alga parda entre sus especies objetivo; el comité científico técnico bentónico; direcciones zonales de pesca (Directores y profesionales); Sernapesca (Nacional y regional); MMA (el listado será enviado por Gladys Santis, de acuerdo con conversaciones previas sostenidas con Carlos Tapia); Ifop (nivel central y regiones); ONG's; y empresas consultoras.

El cuestionario dirigido a científicos será aplicado a miembros de la Sociedad Chilena de Ficología, e investigadores relacionados con la conservación marina.

Se acordó enviar los cuestionarios modificados para recibir las últimas observaciones.

Los datos de contacto de los integrantes de los comités de manejo de la Bahía de Ancud y de Recursos bentónicos de la región de Magallanes serán enviados por Lorena Burotto; y en relación con otros contactos para aplicar el cuestionario en la región de Magallanes se sugirió contactar directamente a la Directora Zonal.

- 4) Mecanismos de coordinación en materias relacionadas con el cambio climático, áreas protegidas y similares en Subpesca y el MMA con énfasis en temas donde se confrontan intereses ambientales y pesqueros.

En relación con este punto se consultó por los encargados de Subpesca y del MMA en materias de áreas marinas protegidas, para coordinar entrevistas. En este sentido se informó que los encargados en el MMA son Diego Flores y Felipe Paredes; y en Subpesca, Gustavo San Martín y Lorena Burotto.

Compromisos y acuerdos

Compromiso/Acuerdo	Responsable
Informes y/o bases de datos del proyecto FIPA 2018-44 "Estudio biológico-pesquero y evaluación del estado de situación de las pesquerías de macroalgas y propuesta de manejo en la IX y XIV Regiones", actualmente en ejecución según sitio web del FIPA.	Lorena Burotto
Informe de avance y/o base de datos de proyecto FIPA 2014-14 "Evaluación directa de macroalgas / impacto de la extracción sobre la comunidad bentónica, XV Región", con término anticipado de contrato según sitio web del FIPA.	Lorena Burotto
Modificar los cuestionarios en conformidad con las observaciones realizadas en la reunión y enviarlos para revisión	Carlos Tapia
Generar un nuevo cuestionario específico para la región de Magallanes y enviarlo para revisión.	Carlos Tapia
Enviar información que de cuenta de la historia asociada con las algas pardas en la región de Magallanes (informes proyectos FONDEMA).	Lorena Burotto

Acta

Compromiso/Acuerto	Responsable
Enviar datos de contactos de todos los integrantes de los comités de manejo de la Bahía de Ancud y de Recursos bentónicos de la región de Magallanes.	Lorena Burotto
Enviar contactos del MMA para ser incluidos entre las personas a quienes se enviarán los respectivos cuestionarios	Gladys Santis (acuerdo tomado previo a esta reunión, dado que no fue posible su asistencia)

Registro de asistencia



Anexo 6. Acta de reunión de coordinación mensual realizada el 3 de agosto de 2021.



Acta

Fecha	03/08/2021	Horario	15:00 - 15:50
Tipo	Presencial	Virtual	X
Lugar	Sesión virtual mediante plataforma Zoom		
Proyecto	Proyecto CHL/SDP/040/2021		

Asistentes

Nombre	Filiación
Gladys Santis	Ministerio del medio ambiente
Gustavo San Martín	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Lorena Burotto	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Eduardo Pérez Espinoza	Centro de Estudios de Sistemas Sociales
Javier Chávez Vilches	Centro de Estudios de Sistemas Sociales
Carlos Tapia Jopia	Centro de Estudios de Sistemas Sociales

Temas en tabla

- 1) Reporte de avances a la fecha.
- 2) Coordinación de reuniones con Subpesca y Ministerio del medio ambiente.

Desarrollo

- 1) Se reportó el avance en las diversas actividades, principalmente en el levantamiento de información a través de encuestas aplicadas a personas relacionadas con la administración y manejo de la pesquería de algas pardas (personas del sector público y privado); y a científicos. En este sentido, se informó de reunión de coordinación con la Dirección Zonal de la región de Los Lagos que se realizará el 4 de agosto, la cual fue solicitada como acción previa a la aplicación de la encuesta en línea en la región; y la aplicación de entrevista a profesionales de la Dirección Zonal de la región de Magallanes, que se realizará el 9 de agosto, la cual debió ser solicitada a través de Lobby.
- 2) Se comunicó que se coordinarán entrevistas con profesionales del MMA y de Subpesca. Se acordó realizar la reunión con la Unidad de Biodiversidad de Subpesca el jueves 5 de agosto

a las 15:00 h; y se gestionará entrevistas con la Unidad de Recursos Bentónicos. En relación con la descripción del proceso que llevó a la región de Magallanes a decidir no explotar los bosques de *Macrocystis*, Lorena Burotto recomendó entrevistar a Ricardo Radebach y Gonzalo Garrido, ya que ellos participaron en ese proceso. Las entrevistas con el MMA se coordinarán con Felipe Paredes y Diego Flores en lo referido a AMCP-MU, y con Gladys en relación otros temas atinentes al proyecto. Además, Gustavo San Martín sugiere contactar a Salvador Vega del Ministerio de Relaciones Exteriores.

Compromisos y acuerdos

Compromiso/Acuerdo	Responsable
Coordinar entrevistas con Subpesca y el MMA	Carlos Tapia Jopia

Registro de asistencia



Anexo 7. Acta de reunión de coordinación mensual realizada el 7 de septiembre de 2021.



Acta

Fecha	07/09/2021	Horario	15:00 – 16:25
Tipo	Presencial	Virtual	X
Lugar	Sesión virtual mediante plataforma Zoom		
Proyecto	Proyecto CHL/SDP/040/2021		

Asistentes

Nombre	Filiación
Gladys Santis	Ministerio del medio ambiente
Gustavo San Martín	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Lorena Burotto	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Eduardo Pérez Espinoza	Centro de Estudios de Sistemas Sociales
Javier Chávez Vilches	Centro de Estudios de Sistemas Sociales
Alonso Vega	Centro de Estudios de Sistemas Sociales
Carlos Tapia Jopia	Centro de Estudios de Sistemas Sociales

Temas en tabla

- 1) Presentar resultados reportados en el primer informe de avance.
- 2) Recibir observaciones para ser incorporadas en el segundo informe de avance (si corresponde).

Desarrollo

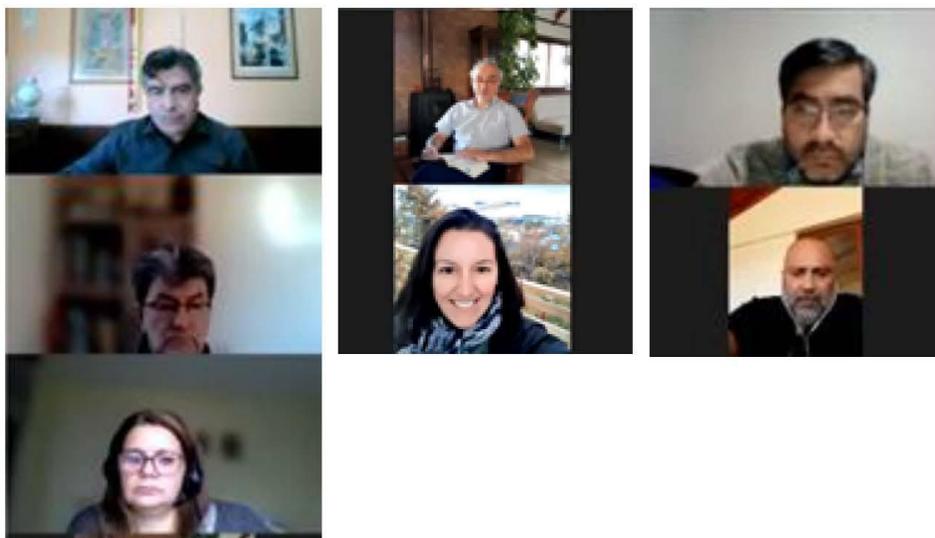
- 1) Se presentaron los resultados de las actividades 1 y 2, referidas al objetivo específico a; y la actividad 5, referida al objetivo específico c. La presentación de los resultados referidos a la actividad 1 la realizó Eduardo Pérez; la actividad 2, Javier Chávez; y la actividad 5, Carlos Tapia. Luego de las presentaciones se genera un diálogo en función de los resultados presentados.
- 2) Habiendo revisado el primer informe de avance entregado el 24 de agosto de 2021, y vista la presentación de resultados, la contraparte técnica del MMA y de Subpesca, presente en esta

sesión, comunica que no existen observaciones al informe de avance, lo cual será comunicado formalmente.

Compromisos y acuerdos

Compromiso/Acuerdo	Responsable
Considerando las temáticas y desarrollo de la sesión no se establecieron nuevos compromisos o acuerdos	

Registro de asistencia



Anexo 8. Acta de reunión de coordinación mensual realizada el 19 de octubre de 2021



Acta

Fecha	19/10/2021	Horario	15:00 – 17:20
Tipo	Presencial	Virtual	X
Lugar	Sesión virtual mediante plataforma Zoom		
Proyecto	Proyecto CHL/SDP/040/2021		

Asistentes

Nombre	Filiación
Gladys Santis	Ministerio del medio ambiente
Gustavo San Martín	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Lorena Burotto	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Eduardo Pérez Espinoza	Centro de Estudios de Sistemas Sociales
Alonso Vega	Centro de Estudios de Sistemas Sociales
Carlos Tapia Jopia	Centro de Estudios de Sistemas Sociales

Temas en tabla

- 1) Presentar resultados reportados en el segundo informe de avance.
- 2) Recibir observaciones para ser incorporadas en el informe de avance (si corresponde).
- 3) Presentar estrategia para los 2 talleres programados, en conformidad con lo reportado en el segundo informe de avance y definir invitados, fechas y horarios.

Desarrollo

- 1) Se presentaron los resultados de las actividades 2, referidas al objetivo específico a; la actividad 3, referida al objetivo específico b; la actividad 4, referida a los objetivos específicos a y b; además, de ajustes a lo reportado en el primer informe de avance, ya que se accedió a nueva información referida a las actividades 1 y 5, reportadas anteriormente. La presentación de los resultados referidos a la actividad 2 la realizó Eduardo Pérez; las actividades 3 y 4, Alonso Vega; y las actividades pendientes (programadas), Carlos Tapia. Luego de las presentaciones se genera un diálogo en función de los resultados presentados.

- 2) Habiendo revisado el segundo informe de avance entregado el 5 de octubre de 2021, y vista la presentación de resultados, la contraparte técnica del MMA y de Subpesca, presente en esta sesión, comunica que no existen observaciones mayores al segundo informe de avance, salvo se solicita considerar los ajustes que están señalados con comentarios en las páginas 194 y 195 del documento adjunto, y reconsiderar en lo posible el nombre del "Índice de integridad ecológica", como fue indicado por la Subpesca en la reunión, lo cual será comunicado formalmente.
- 3) Con respecto a la propuesta de realizar los talleres sin participación de representantes del sector privado, dado que debieran utilizarse las instancias locales, tales como direcciones zonales, comités regionales de cambio climático, comités de manejo u otras instancias, fue aceptada; y se validaron los temas centrales a trabajar en los dos talleres programados, definiendo los invitados y fechas tentativas.

Compromisos y acuerdos

Compromiso/Acuerdo	Responsable
CESSO se compromete a incorporar las observaciones realizadas al segundo informe de avance en el informe final.	Alonso Vega, Jefe de Proyecto
Se acuerda realizar los talleres programados los días 3 y 10 de noviembre, en horario de 09:30 a 12:30 h; e invitar al taller 1 a científicos y representantes del MMA, Subpesca central y FIPA; y al segundo taller, incluir a representantes locales de las instituciones sectoriales.	Carlos Tapia, CESSO



Acta

Registro de asistencia



Anexo 9. Memorandum de la Dirección Zonal de Pesca de la región de Magallanes enviado a la Subpesca central (División de Administración Pesquera) del año 2013 donde las organizaciones de pescadores artesanales de Tierra del Fuego expresan su oposición a la explotación de huiro (*Macrocystis pyrifera*) en la comuna de Porvenir.



MEMORANDUM (DZPAV) N°211/13

A : JEFE DIVISIÓN ADMINISTRACIÓN PESQUERA

DE : DIRECTOR ZONAL DE PESCA Y ACUICULTURA MAGALLANES Y ANTÁRTICA CHILENA

REF. : ADJUNTA CARTA DE ORGANIZACIONES PESCADORES TIERRA DEL FUEGO.

FECHA: 11/06/2013

Junto con saludarle, adjunto para su conocimiento carta elaborada por las 4 organizaciones de pescadores artesanales de Tierra del Fuego, en la que manifiestan su oposición a la iniciativa de explotación del recurso huiro en la comuna de Porvenir.

Esta Dirección Zonal participó de una presentación realizada el día jueves 06 de junio por el profesor Andrés Mancilla en conjunto con el Sr. Patricio Cáceres, en representación de Algina S.A., donde expusieron a los pescadores artesanales una iniciativa de explotación de bosques de huiro con medios mecanizados. Claramente se observó un rechazo mayoritario a la iniciativa por el riesgo que la explotación del alga puede representar para el ecosistema, en particular para el reclutamiento de erizos y centollas, recursos de alta importancia regional.

De todas maneras se planteó que se podría avanzar por la vía de una pesca de investigación (efecto sobre el reclutamiento) y de una experiencia piloto muy local, sin embargo, la postura presentada en la carta adjunta deja claro que no hay intención de acercar posiciones en este tema.



Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura Magallanes y Antártica Chilena - Fonos: (61) 2223658 - (61) 2246380
Dirección: Av. Independencia 464 - Correo electrónico: zonal_magallanes@subpesca.cl



Se concluyó que la empresa seguiría avanzando en iniciativas que despejen las dudas respecto del impacto sobre el ecosistema que pudiese generar la explotación de esta alga. Según los datos de la empresa, con 20.000t año se podría asegurar la rentabilidad de la iniciativa, lo que a las tasas de recuperación del huero en Magallanes, no implicaría explotar grandes extensiones del alga.

Saluda atentamente a Ud.

RICARDO RAEBACH VARAS
Director Zonal de Pesca y Acuicultura
Magallanes y Antártica Chilena

RRV/rrv



Dirección Zonal de Pesca y Acuicultura Magallanes y Antártica Chilena - Fonos: (61) 2223658 - (61) 2246380
Dirección: Av. Independencia 464 - Correo electrónico: zonal_magallanes@subpesca.cl

SEÑORA GOBERNADORA PROVINCIAL DE TIERRA DEL FUEGO Y

SEÑOR GERENTE DE MARINE GEL ANTARTIC S.A.

PRESENTE:

Los Pescadores de Porvenir, organizados en Cuatro Sindicatos con personalidad jurídica vigentes, ante la invitación a participar del taller denominado **"Explotación sustentable de huero con poda mecanizada de dosel, como una alternativa de diversificación de recursos de importancia comercial para la Pesca Artesanal de la Comuna de Porvenir"**, que tendrá como expositor al Dr. Andrés Mansilla de la Universidad de Magallanes,, que se realizará el día 6 de junio del presente año a las 11:00 horas, en los salones del Restaurant de Turismo Patagonia y que finalizará con un almuerzo, al respecto nos permitimos responderles que:

- 1.- Por la unanimidad de nuestras bases, rechazamos terminantemente, la realización de la explotación de nuestro recurso denominado HUIRO, toda vez que es el componente ideal de la biodiversidad de los principales recursos de esta zona pesquera, como por ejemplo, depositario de alimentación para la centolla, erizos, lo que se encuentra fundamentado en las capacitaciones que hemos sido objeto por parte de Sernapesca.
- 2.- Al proceder a la explotación mecanizada de este recurso, el impacto ambiental sería catastrófico para la importante fauna acuática, nuestro sustento; que aun estamos a tiempo de defender.
- 3.- Nos permitimos reproducir la siguiente realidad del norte de Chile, a la que también nos adherimos:

"MODELO PESQUERO SUSTENTABLE

"Además, afirma el investigador Mauricio Oróstica , no debemos olvidar que las algas pardas cumplen un rol ecológico fundamental, ya que por intermedio de ellas ingresa la energía a las comunidades marinas (fotosíntesis) y constituyen la base de las cadenas tróficas en los ecosistemas marinos costeros".

El importante valor ecológico asociado a la formación de hábitat que generan estas especies, muchas veces denominado en la literatura como especies "ingenieras", provoca un alto valor a la biodiversidad marina de Atacama.

Oróstica, afirma que "su distribución en el intermareal y submareal genera refugios (microhábitats) para algunos invertebrados marinos, entre los que destacan: esponjas marinas, anémonas, políquetos, moluscos (loco, lapa y erizo), crustáceos, equinodermos y briozoos; además de ser lugar de desove para muchas especies de peces intermareales y submareales".

Sin duda, enfatiza Mauricio Oróstica, "la fuerte intensidad que presenta cualquier pesquería, afecta indirectamente a toda la fauna asociada y directamente a la sustentabilidad de la especie objetivo en el tiempo". Promoviendo la sustentabilidad del recurso alga parda, que considere líneas bases, monitoreos permanentes, medidas de administración, fiscalización y regulación pesquera, esta actividad prontamente se verá mermada, como otras tantas pesquerías de recursos bentónicos en Atacama".

Saludan atentamente a ustedes

- 1.- SINDICATO TRABAJADORES INDEPENDIENTES PESCADORES ARTESANALES TIERRA DEL FUEGO.
- 2.- SINDICATOS TRABAJADORES INDEPENDIENTES, BUZOS, ARMADORES Y PESCADORES DEL FIN DEL MUNDO.
- 3.- SINDICATO S.T.I.P.A.
- 4.- SINDICATO DE BUZOS PORVENIR.

- 1.- JUAN ALBERTO DELGADO URIBE
- 2.- MANUEL LEVICOY
- 3.- OMAR SILVA
- 4.- GABRIEL ANDUNCE ESPAÑA



SINDICATO TRABAJADORES INDEPENDIENTES
DE BUZOS ASISTENTE BUZO PESCADORES
ARMADORES DEL FIN DEL MUNDO
Rut.: 65.888.010-1
PORVENIR

Argumentan que se trata de un vegetal que da sustento y hábitat a numerosas especies marinas

Pescadores artesanales en alerta por inminente explotación de alga huiro

• Empresa Magelan cree que el temor de los hombres de mar es infundado y se debe al desconocimiento, porque existen estudios científicos que respaldan el proyecto.

Los pescadores artesanales de Tierra del Fuego se manifestaron "en alerta" ante la inminente explotación industrial que la empresa de procesamiento de algas Marine Gel Antarctic (Magelan), instalada en Bahía Chilota, haga del producto "huiro" (*Macrocystis pyrifera*), porque -según argumentan- se trata de un vegetal marino que da sustento y hábitat a numerosas especies marinas, de las cuales viven los hombres de mar. Para tal efecto, el jueves último participaron de un taller de análisis del tema, al que concurren representantes de los cuatro sindicatos de pescadores fueguinos, de la empresa Magelan, la gobernadora Catalina Besnier y el director zonal de Pesca, Ricardo Radebach. "Todos los sindicatos acordamos exigir que no se dé lugar al corte de huiro, porque no es conveniente para las futuras generaciones de pescadores, ya que en los huirales se cría la mayoría de las especies: desovan, aovan, crecen y es el lugar donde inician su vida adulta, como por ejemplo el erizo, la lapa, peces vertebrados como el róbal y el pejerrey, incluso la centolla. Entonces, se produciría un daño ecológico inmenso", hizo ver el presidente del Sindicato de Pescadores Artesanales de Bahía Chilota, Juan Delgado.

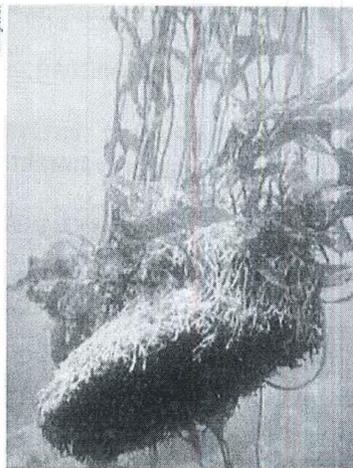
Respaldo de la Ley de Pesca
Las intenciones de Magelan, según el dirigente, son podar el huiro, no hacer



El dirigente pesquero artesanal Juan Delgado Uribe explicó las razones de su sector para oponerse a la explotación del huiro en las costas fueguinas.

un corte total. Pero con ello también se mueven las matas del alga y se afectan las especies, objetó. No obstante, como señaló el director zonal de Pesca, el huiro es un recurso que pertenece sólo a los pescadores artesanales, pues está según la Ley de Pesca, en la primera milla de borde costero destinada a este sector. Por eso se niegan al corte del alga (de la variedad "parda"), salvo que se haga un estudio muy acabado, enfatizó.

"Hace pocos días estuve en una mesa de trabajo en Puerto Natales, donde se mencionó que se espera recuperar áreas para el sector pesquero. Y si es así no se puede pensar en cortar las algas, que son como un bosque para muchas especies que habitan ahí", puntualizó por su parte, el dirigente pesquero Juan Bahamonde. Añadió que todos los sindicatos de la región (Puerto Natales, Puerto Edén, Puerto



El huiro es un alga de la variedad "parda", cuya próxima explotación por parte de una empresa ha movilizó a los pescadores artesanales fueguinos.

Williams, Punta Arenas y Porvenir) se mostraron en desacuerdo con el corte o tala del huiro.

Bahamonde señaló que la Universidad de Magallanes realiza un estudio sobre la explotación del huiro y su potencialidad, del que salió un proyecto muy bueno, pero donde olvidaron mencionar las especies que lo tienen como hábitat. Por eso -recalcó- los pescadores no transan porque además, la primera milla costera donde crece el huiro está protegida por ley a favor de la pesca artesanal.

Una nueva oportunidad para la pesca artesanal
"Esta es una oportunidad de diversificación de la misma pesca artesanal y se haría con ellos. Cualquiera cinturón de macroalgas, como el huiro, pasa por el trabajo conjunto con la pesca artesanal, así que se descarta de plano cualquier actividad industrial por sí misma", aclaró ayer el gerente de Magelan, Patricio Cáceres.

Dijo que la Universidad de Magallanes ya hizo dos estudios sobre bosques de macroalgas, con recursos del Fondema y del Fondo

Un alga abundante y conocida en las costas de Chile

El huiro, sargazo o cochayuyo, llamado científicamente *Macrocystis pyrifera*, es una de las algas más abundantes y conocidas de las costas chilenas. Es común encontrarlo cuando se camina por el litoral. Los grandes tallos del huiro pueden alcanzar un par de decenas de metros y están provistos de frondas (hojas de las plantas inferiores) que salen de los tallos a espacios regulares.

Estas frondas tienen en su base un pequeño flotador relleno con gas, lo que permite que los largos tallos del huiro salgan desde el fondo marino y floten hasta la superficie, donde suelen formar enormes manchas por donde es difícil deslazarse en bote.

El huiro es un alga muy importante en el ecosistema litoral, ya que proporciona refugio a numerosas especies y alimento a otras, destacando los panchotes o jairos del huiro, de largas patas y color café, además de erizas y moluscos, entre otros. Una vez desarraigado y en la playa, el huiro es consumido de preferencia por crustáceos como la pulga saltarina y algunos insectos, en especial dipteros y colepteros.

de Investigación Pesquera, ambos por casi 500 millones de pesos, desde 1994. En ellos se hizo un completo análisis de la biología, ciclo reproductivo, crecimiento y fauna asociada, se efectuó corte del dosel (el primer metro visible, a ras del agua) y se demostró que en 4 meses se recupera toda la biomasa cosechada.

Cáceres cree que el temor de los pescadores es infundado y se debe al desconocimiento, porque hay estudios científicos que respaldan el proyecto e incluso ilustró que en el Hemisferio Norte hay una pesquería intensiva, además de cien años y con buques anivel industrial, que se ha desarrollado ampliamente.

"Está demostrado que el corte se recupera muy rápido, porque no afecta a la planta ni a la parte re-

productiva ni a las especies asociadas, porque están en el fondo, en el disco de fijación. Sólo se corta lo que está flotando en la superficie del mar, a la vista, donde el alga tiene unos "flotadorcitos". Lo que se propone es cortar entre medio y un metro, de modo que el resto de la planta permanece y se recupera rápido, junto al crecimiento de las plantas juveniles", explicó.

El huiro, en su calidad de alga pardá y con un buen plan de manejo -indicó el ejecutivo- se utilizaría en la empresa a su cargo para obtener alginatos, coloides (o gelatinas) que son espesantes para la industria alimentaria y cosmética. En la actualidad dijo que Magelan sólo procesa algas rojas que producen carrageninas, que es otro tipo de espesante.

Escolares ganaron premios en concurso de pintura sobre el agua

Cuatro alumnos de la Escuela Básica Bernardo O'Higgins de Porvenir fueron vencedores del Concurso de Pintura Escolar "Día Mundial del Agua", organizado por la empresa Aguas Magallanes.

Los premios les fueron

entregados en la oficina local de esa distribuidora, por el administrador fueguino Iván Pérez, en presencia de sus padres y la profesora del establecimiento educacional, Rosa Vidal Díaz, recayendo en los siguientes estudiantes: En la categoría

de primer ciclo, el primer lugar fue para Antonia Hernández, del 2° año básico, quien se llevó de premio una bicicleta; el segundo lugar lo obtuvo Gabriel Hernández, de tercer año básico, el que se ganó un reproductor MP4.

En el segundo ciclo, el primer premio se lo adjudicó la viera Ruiz Alvarado, de 7° año básico, quien se ganó un tablet; y el segundo lugar lo logró Darío Sánchez Maldonado, del mismo curso, a quien se premió con un reproductor MP4.



El administrador de Aguas Magallanes en Porvenir, Iván Pérez, entregó los premios ganados por los estudiantes básicos de la Escuela Bernardo O'Higgins en el concurso de pintura.

Anexo 10. Carta enviada el año 2021 por el Comité de manejo de recursos bentónicos de la región de Magallanes y Antártica chilena a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura ratificando acuerdo tomado el año 2013 de no explotar el recurso huiro (*Macrocystis pyrifera*).



(D.Z.P.A. V) Carta N° 16/2021

Punta Arenas, 23 de julio de 2021.

Ref.: Informa acuerdo respecto al recurso huiro en la región de Magallanes.

Señora
Alicia Gallardo Lagno
Subsecretaria de Pesca y Acuicultura
Presente.

Estimada Señora Subsecretaria, por medio de la presente quisiera informar a Ud. que durante la realización de la primera sesión del recientemente conformado Comité de Manejo de Centolla y Centollón de la Región de Magallanes y Antártica Chilena, los representantes presentes acordaron mediante consenso pleno, apoyar lo expresado por sus pares del Comité de Manejo de Recursos Bentónicos de la Región de Magallanes y Antártica Chilena, de mantener el recurso huiro, *Macrocystis pyrifera*, sin extracción, reconociendo explícitamente la relevancia ecológica que presentan los bosques de esta macroalga para otras pesquerías relevantes de nuestra región, como el erizo, la centolla y el ostión del sur.

Este acuerdo viene a ratificar los acuerdos tomados por las organizaciones de la región en las mesas de trabajo desarrolladas por esta Dirección Zonal el año 2013 que recogiendo esta inquietud y transmitiéndola al nivel central, se plasmó en que este recurso no fuera incluido en la R. Ex. N° 3115/2013 como un recurso extractivo disponible para la región de Magallanes.

Sin otro particular y esperando una respuesta favorable, se despide muy cordialmente de Ud.,

PAULINA BARRAZA BARAZA
Presidenta Titular Comité de Manejo de Recursos Bentónicos de la Región de Magallanes y Antártica Chilena

PBB/CVV/cvv

Anexo 11. Acta sintética del Comité de manejo de centolla y centollón de la región de Magallanes y Antártica chilena, donde "Se acuerda enviar una carta a la Sra. Subsecretaria para manifestar que el comité considera que es importante para la sustentabilidad de la pesquería no generar actividades extractivas sobre el recurso Huiro (*Macrocystis pyrifera*) de la Región" (CM centolla y centollón, 2021).



**ACTA SINTÉTICA SESION N° 1-2021
COMITÉ DE MANEJO DE CENTOLLA Y CENTOLLÓN
DE LA REGIÓN DE MAGALLANES Y ANTÁRTICA CHILENA**

Reunión con Contraparte Técnica N°	-	Reunión/Sesión Ordinaria N°	01	Reunión/Sesión Extraordinaria N°	-
--	---	--------------------------------	----	-------------------------------------	---

Fecha	07-07-2021	Lugar	Videoconferencia	Hora Inicio Hora Término	15:10-18:40
-------	------------	-------	------------------	-----------------------------	-------------

PARTICIPANTES	ORGANIZACIÓN O INSTITUCION	Asistencia	Justifica
Marcelo Javier Cadagán Coliboro	Titular S. artesanal. U. Esperanza	Sí	
Germán Ricardo Aguilar Torres	Suplente S. artesanal. U. Esperanza	Sí	
Ottman Eduardo Navarro Messer	Titular S. artesanal. U. Esperanza	No	No
Juan Carlos Muñoz Carcamo	Suplente S. artesanal. U. Esperanza	No	No
Jorge Ariel Oyarzún Mansilla	Titular S. artesanal Magallanes	Sí	
José Rolando Ayancán Huineo	Suplente S. artesanal Magallanes	Sí	
Iván Jaime Navarro Cárcamo	Titular S. artesanal Magallanes	Sí	
José Aladino Parancán Melipillán	Suplente S. artesanal Magallanes	No	No
María Marta Vargas Oyarzo	Titular S. artesanal Magallanes	No	No
Domingo Eric Andrades Rivera	Suplente S. artesanal Magallanes	No	No
Juan Esteban Reyes Basualto	Titular PP. P. Arenas	Sí	
María Bernardita Oval Oval	Suplente PP. P. Arenas	Sí	
Patricio Díaz Oyarzun	Titular Sernapesca	Sí*	
Nicolas Vega Flores	Suplente Sernapesca	No	
Horacio San Martín Reese	Titular Autoridad Marítima	No	
Tte. 1° Alberto Moyano castillo	Suplente Autoridad Marítima	Sí	
Paulina Barraza Barraza	Titular SSPA	Sí	
Claudio Vargas Vargas	Suplente SSPA	Sí	

*Fue reemplazado por el Sr. Julián Gallardo, quien participa como representante *ad hoc*

INVITADOS	ORGANIZACIÓN O INSTITUCION
Aurora Guerrero	SSPA
Valentina Palacios Farías	COLEGAS SpA.
Carolina Troncoso Rivera	COLEGAS SpA.
Sergio Durán Yáñez	COLEGAS SpA.
Reinaldo Rodríguez Guerrero	COLEGAS SpA.

Tabla Reunión
<ul style="list-style-type: none">• TEMAS GENERALES.➤ Bienvenida (15:00-15:05).➤ Presentación miembros (15:05-15:20).➤ Presentación Colegas SpA (15:20-15:25).➤ Funcionamiento Comité (15:25-15:50).<ul style="list-style-type: none">○ Normativa○ Convocatorias y comunicaciones○ Actas○ Sesiones/programa/invitados○ Calendarización (y temas)➤ Taller de Construcción de consenso (15:50-16:00).➤ Pausa (16:00-16:10).➤ Avances comité (16:10-16:30).➤ Tarea actualización problemáticas de la pesquería (16:30-16:40).➤ Varios (16:40-17:00).➤ Acuerdos (17:00-17:20).
Acuerdos
<ol style="list-style-type: none">1. Se acuerda realizar dos reuniones mensuales de 1,5 horas cada una, a desarrollar el primer y tercer miércoles de cada mes.2. Se realizará el Taller "Construcción de consensos" el miércoles 21.07.21 de 15:00 a 18:00 horas-Magallanes.3. Los representantes redactarán una lista con una actualización de los problemas de la pesquería, luego se compararán con los levantados anteriormente para, finalmente, validarlos.4. Se acuerda enviar una carta a la Sra. Subsecretaria para manifestar que el comité considera que es importante para la sustentabilidad de la pesquería no generar actividades extractivas sobre el recurso Huiro (<i>Macrocystis pyrifera</i>) de la Región.5. Se acuerda coordinar un taller conjunto con el Comité de Manejo de Recursos bentónicos para abordar la Ley Lafkenche.6. Se acuerda realizar la próxima sesión ordinaria de comité el miércoles 04 de agosto 2021.



Paulina Barraza Barraza
Presidente Titular

Comité de Manejo de Recursos Bentónicos
de la Región de Magallanes y Antártica Chilena

*El acta corresponde al CM de centolla y centollón de la región de Magallanes y Antártica chilena; por error de construcción del acta aparece mencionado el CM de recursos bentónicos de la misma región.

Anexo 12. Presentaciones realizadas en el taller de validación de brechas identificadas y líneas de acción realizado el 3 de noviembre de 2021.



Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul

Proyecto SdP CHL/SDP/040/2021



Taller de validación de brechas y líneas de acción para la determinación del aporte de Carbono Azul de los bosques de macroalgas pardas

Programa:

09:30 – 09:35	Palabras de bienvenida
09:35 – 09:45	Presentación del proyecto. Carlos Tapia
09:45 – 10:05	Metodología de estimación del secuestro de carbono en bosques de algas pardas. Dr. Eduardo Pérez
10:05 – 10:30	Preguntas
10:30 – 10:50	Brechas identificadas para la estimación de carbono azul en bosques de algas pardas. Dr. Eduardo Pérez
10:50 – 11:20	Trabajo grupal: validación y completitud de brechas identificadas
11:20 – 11:40	Líneas de acción propuestas para disminuir las brechas identificadas. Dr. Eduardo Pérez
11:40 – 12:10	Trabajo grupal: validación y completitud de líneas de acción identificadas.
12:10 – 12:25	Síntesis y conclusiones del taller. Carlos Tapia
12:25 – 12:30	Cierre



Proyecto "Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul".

Proyecto licitado por el Ministerio de Medio Ambiente, a través de su Oficina de cambio Climático, con fondos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD y donde la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura actúa como contraparte técnica.

www.cesso.net



Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul

Proyecto SdP CHL/SDP/040/2021

EQUIPO DEL PROYECTO:

Alonso Vega Reyes – *Jefe de Proyecto*
Eduardo Pérez Espinoza
Carlos Tapia Jopia
Javier Chávez Vilches

www.cesso.net



Objetivo general: Contribuir a la adecuación del Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de macroalgas pardas y el estudio de su aporte al Carbono Azul, como parte de las soluciones basadas en la naturaleza frente al Cambio Climático.

www.cesso.net



Objetivos específicos:

- a) Realizar un diagnóstico cuantitativo del estado de situación de las macroalgas pardas presentes en los ecosistemas costeros de Chile, recopilando información disponible de estudios de abundancia, biomasa y cobertura, realizados tanto en contexto de investigación científica como de monitoreo de actividades extractivas pesqueras.
- b) Seleccionar y caracterizar ecosistemas de macroalgas pardas en las diferentes zonas del país, cuyas características los distingan como relevantes en su posible contribución a los factores de importancia para la mitigación/adaptación del cambio climático, tales como estructura y/o restauración de hábitats, sustentabilidad de las comunidades locales u otros.

www.cesso.net



Objetivos específicos:

- c) Analizar los planes de manejo de algas pardas y medidas de administración pesqueras, implementadas en las distintas regiones del país, evaluando su eficacia en el desarrollo de una actividad extractiva sustentable y proponer medidas alternativas o complementarias para la conservación y uso sustentable de estos recursos.
- d) Proponer zonas de resguardo y/o recuperación de ecosistemas de macroalgas pardas que contribuyan al cumplimiento de la propuesta de preservación del stock de carbono y al cobeneficio, mitigación/adaptación, y resiliencia frente al cambio climático.

www.cesso.net



Los objetivos del taller son:

- 1) Dar a conocer la metodología de estimación del secuestro de carbono en bosques de algas pardas,
- 2) Validar y completar las brechas identificadas y
- 3) Validar y completar las líneas de acción identificadas.

www.cesso.net



Taller de validación de brechas y líneas de acción para la determinación del aporte de Carbono Azul de los bosques de macroalgas pardas

Programa:

09:30 – 09:35	Palabras de bienvenida
09:35 – 09:45	Presentación del proyecto. Carlos Tapia
09:45 – 10:05	Metodología de estimación del secuestro de carbono en bosques de algas pardas. Dr. Eduardo Pérez
10:05 – 10:30	Preguntas
10:30 – 10:50	Brechas identificadas para la estimación de carbono azul en bosques de algas pardas. Dr. Eduardo Pérez
10:50 – 11:20	Trabajo grupal: validación y completitud de brechas identificadas
11:20 – 11:40	Líneas de acción propuestas para disminuir las brechas identificadas. Dr. Eduardo Pérez
11:40 – 12:10	Trabajo grupal: validación y completitud de líneas de acción identificadas.
12:10 – 12:25	Síntesis y conclusiones del taller. Carlos Tapia
12:25 – 12:30	Cierre



Al servicio
de las personas
y las naciones



Gobierno de Chile



Gobierno de Chile

Proyecto “Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul”.

Proyecto Ilcitado por el Ministerio de Medio Ambiente, a través de su Oficina de cambio Climático, con fondos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD y donde la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura actúa como contraparte técnica.

www.cesso.net



Taller de validación de brechas y líneas de acción para la determinación del aporte de Carbono Azul de los bosques de macroalgas pardas

Programa:

09:30 – 09:35	Palabras de bienvenida
09:35 – 09:45	Presentación del proyecto. Carlos Tapia
09:45 – 10:05	Metodología de estimación del secuestro de carbono en bosques de algas pardas. Dr. Eduardo Pérez
10:05 – 10:30	Preguntas
10:30 – 10:50	Brechas identificadas para la estimación de carbono azul en bosques de algas pardas. Dr. Eduardo Pérez
10:50 – 11:20	Trabajo grupal: validación y completitud de brechas identificadas
11:20 – 11:40	Líneas de acción propuestas para disminuir las brechas identificadas. Dr. Eduardo Pérez
11:40 – 12:10	Trabajo grupal: validación y completitud de líneas de acción identificadas.
12:10 – 12:25	Síntesis y conclusiones del taller. Carlos Tapia
12:25 – 12:30	Cierre



Al servicio
de las personas
y las naciones



Proyecto “Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul”.

Proyecto licitado por el Ministerio de Medio Ambiente, a través de su Oficina de cambio Climático, con fondos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD y donde la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura actúa como contraparte técnica.

www.cesso.net



Taller de validación de brechas y líneas de acción para la determinación del aporte de Carbono Azul de los bosques de macroalgas pardas

Programa:

09:30 – 09:35	Palabras de bienvenida
09:35 – 09:45	Presentación del proyecto. Carlos Tapia
09:45 – 10:05	Metodología de estimación del secuestro de carbono en bosques de algas pardas. Dr. Eduardo Pérez
10:05 – 10:30	Preguntas
10:30 – 10:50	Brechas identificadas para la estimación de carbono azul en bosques de algas pardas. Dr. Eduardo Pérez
10:50 – 11:20	Trabajo grupal: validación y completitud de brechas identificadas
11:20 – 11:40	Líneas de acción propuestas para disminuir las brechas identificadas. Dr. Eduardo Pérez
11:40 – 12:10	Trabajo grupal: validación y completitud de líneas de acción identificadas.
12:10 – 12:25	Síntesis y conclusiones del taller. Carlos Tapia
12:25 – 12:30	Cierre



Al servicio
de las personas
y las naciones



Proyecto “Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul”.

Proyecto licitado por el Ministerio de Medio Ambiente, a través de su Oficina de cambio Climático, con fondos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD y donde la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura actúa como contraparte técnica.

www.cesso.net



Taller de validación de brechas y líneas de acción para la determinación del aporte de Carbono Azul de los bosques de macroalgas pardas

Programa:

09:30 – 09:35	Palabras de bienvenida
09:35 – 09:45	Presentación del proyecto. Carlos Tapia
09:45 – 10:05	Metodología de estimación del secuestro de carbono en bosques de algas pardas. Dr. Eduardo Pérez
10:05 – 10:30	Preguntas
10:30 – 10:50	Brechas identificadas para la estimación de carbono azul en bosques de algas pardas. Dr. Eduardo Pérez
10:50 – 11:20	Trabajo grupal: validación y completitud de brechas identificadas
11:20 – 11:40	Líneas de acción propuestas para disminuir las brechas identificadas. Dr. Eduardo Pérez
11:40 – 12:10	Trabajo grupal: validación y completitud de líneas de acción identificadas.
12:10 – 12:25	Síntesis y conclusiones del taller. Carlos Tapia
12:25 – 12:30	Cierre



Al servicio de las personas y las naciones



Proyecto “Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul”.

Proyecto licitado por el Ministerio de Medio Ambiente, a través de su Oficina de cambio Climático, con fondos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD y donde la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura actúa como contraparte técnica.

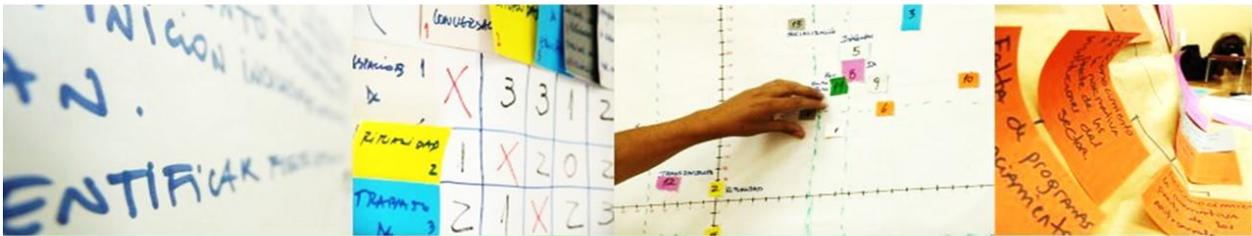
www.cesso.net



Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul

Proyecto SdP CHL/SDP/040/2021

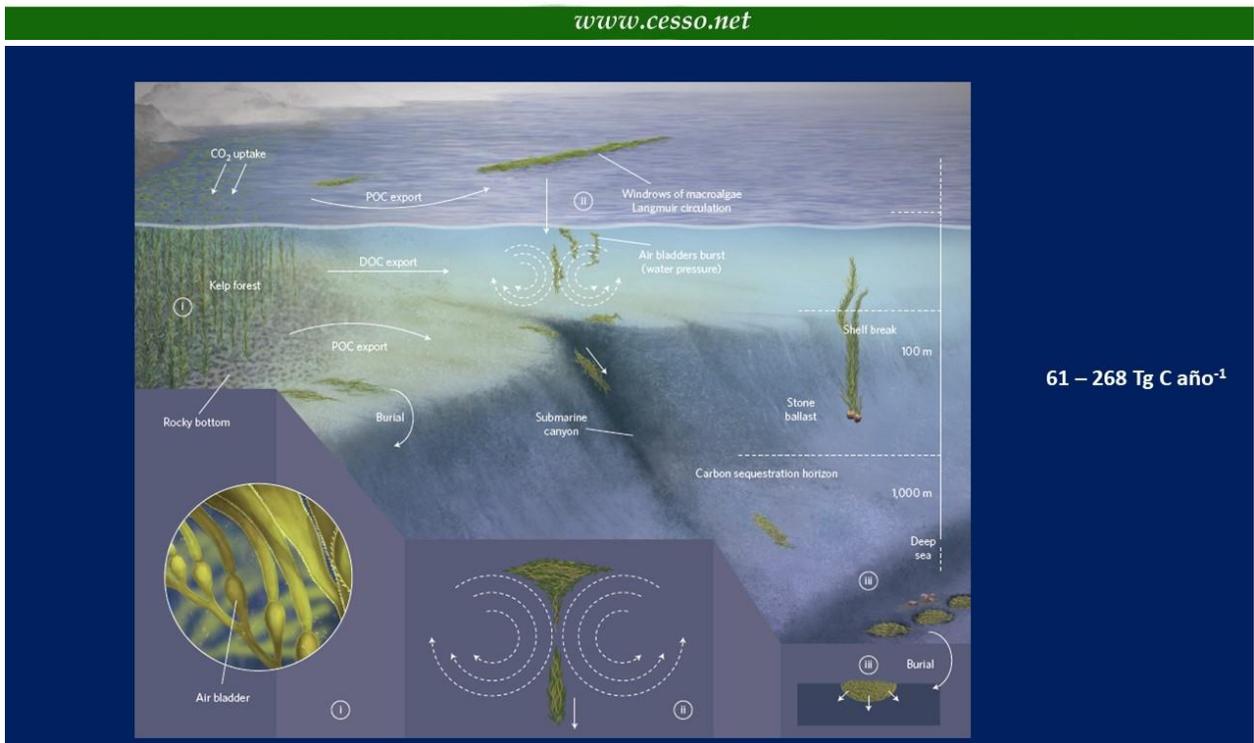
¡Muchas gracias por su participación!



www.cesso.net

Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul

Estimación Nacional de Carbono Azul



Estimaciones de productividad primaria neta (PPN) por especie, ubicación geográfica y fuente de información

Especie	PPN (gC/m ² /año)	Ubicación Geográfica	Fuente
Macrocystis sp.	1.200	Océano Índico	Edding et al. 2006
Macrocystis sp.	2.000	California	Edding et al. 2006
Macrocystis integrifolia	7.227	Aplicada a III y IV región, Chile	Vásquez et al. 2008
Macrocystis pyrifera	1.570	California, USA y Baja California, Mx	Spector y Edwards 2020
Macrocystis pyrifera	17.333	California Sur	Rassweiler et al. (2018)
Macrocystis pyrifera	7.667	California Sur	Reed et al. (2011)
Macrocystis pyrifera	3.929	California Norte	Reed et al. (2011)
Lessonia berteroaana/spicata	4.183	Costa sureste del Pacífico	Edding et al. 2006
Lessonia berteroaana/spicata	1.477	Costa sureste del Pacífico	Edding et al. 2006
Lessonia berteroaana/spicata	488	Costa sureste del Pacífico	Edding et al. 2006
Lessonia berteroaana/spicata	4.183	Coquimbo	Tala y Edding 2007
Lessonia berteroaana/spicata	1.450	Aplicada a III y IV región, Chile	Vásquez et al. 2008
Lessonia trabeculata	898	Coquimbo	Tala y Edding 2007
Lessonia trabeculata	495	Aplicada a III y IV región, Chile	Vásquez et al. 2008
Durvillaeae antarctica/incurvata	3.650	Nueva Zelanda	Tait et al. 2015

www.cesso.net

Estimación de Contribuciones regionales en Carbono Azul y tCO₂ eq., Chile 2017 – 2019*

Región	Cobertura algas pardas (m ²)	LI	Valor Central	LS	CO ₂ eq. (t)	Año	Especies no contabilizadas
AyP	118.364	6	18	30	66	2017	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
TPCA	1.684.288	77	253	429	929	2017	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
ANTOF	56.141.592	2.830	4.114	5.399	15.099	2017	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
ATCMA	30.421.796	1.962	3.259	4.556	11.962	2019	<i>D. antarctica/incurvata</i>
COQ	16.600.910	1.614	6.406	11.197	23.509	2019	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
VALPO	9.119.081	1.174	2.470	3.765	9.064	2018	
LGBO	786.393	116	175	233	641	2018	<i>M. trabeculata</i>
MAULE	1.502.372	309	464	618	1.701	2018	
BBIO	7.457.586	1.437	2.211	2.985	8.114	2018	
RIOS	1.367.588	289	564	839	2.070	2018	
LAGOS	2.908.893	173	761	1.349	2.793	2015	
MAG	15.548.450	401	10.923	21.445	40.087	2008*	<i>L. trabeculata</i> ; <i>L. berteroaana/spicata</i>
Total	143.657.313	10.390	31.618	52.845	116.036		

www.cesso.net



www.cesso.net



**Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura,
mediante la conservación y uso sustentable de los
ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al
Carbono Azul**

Estimación Nacional de Carbono Azul

www.cesso.net



Quiebres o Brechas en el Conocimiento : bases para una agenda científica

- Fuentes de Incertidumbre
 - Variabilidad espacial – temporal PPN por especie (cambios fisiológicos)
 - Área de cobertura de las macroalgas , variabilidad espacio - temporal
 - Localización espacial de zonas de enterramiento y secuestro (*sumideros*)
 - Trazabilidad y cuantificación desde zona fuente a zona *sumidero*
 - Características propias del recurso (comentario de Erasmo), alga varada (consulta de Javier)
 - Efecto de variables oceanográficas físico – químicas (consulta de Práxedes), cambio climático
 - Estandarización de metodologías
 - Otras no conocidas : uso del territorio marítimo análogo al uso de suelo terrestre

www.cesso.net



GRACIAS !!!

www.cesso.net

Región	Biomasa algas pardas (t)	Carbono (t)	CO ₂ eq. (t)	Año	Especies no contabilizadas
XV	3.777	141	519	2017	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
I	38.888	1.457	5.347	2017	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
II	767.890	28.768	105.577	2017	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
III	419.715	15.724	57.707	2019	<i>D. antarctica/incurvata</i>
IV	332.845	12.469	45.763	2019	<i>M. pyrifera/integrifolia</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
V	159.487	5.975	21.928	2018	
VI	8.347	313	1.148	2018	<i>M. trabeculata</i>
VII	13.130	492	1.805	2018	
VIII	76.370	2.861	10.500	2018	
XIV	15.762	591	2.167	2018	
X	9.510	3.563	13.075	2015	
XII	23.502	880	3.231	2007	<i>L. trabeculata</i> ; <i>L. berteroana/spicata</i> ; <i>D. antarctica/incurvata</i>
Total	1.869.223	73.234	268.767		



Anexo 13. Presentaciones realizadas en el taller de validación de zonas de protección y medidas y acciones propuestas, realizado el 10 de noviembre de 2021.



Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul

Proyecto SdP CHL/SDP/040/2021



www.cesso.net



Taller de validación de zonas de protección de bosques de algas pardas a nivel nacional y de medidas de administración y líneas de acción propuestas

Programa:

09:30 – 09:35	Palabras de bienvenida
09:35 – 09:45	Presentación del proyecto. Carlos Tapia
09:45 – 10:05	Propuesta de zonas de protección a nivel nacional de bosques de algas pardas. Dr. Alonso Vega
10:05 – 10:50	Trabajo grupal: validación de zonas identificadas.
10:50 – 11:20	Líneas de acción propuestas para la protección y/o administración de las zonas identificadas. Carlos Tapia
11:20 – 12:00	Trabajo grupal: validación y completitud de líneas de acción propuestas.
12:00 – 12:20	Síntesis y conclusiones del taller. Carlos Tapia
12:20 – 12:30	Cierre



Proyecto "Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul".

Proyecto licitado por el Ministerio de Medio Ambiente, a través de su Oficina de cambio Climático, con fondos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD y donde la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura actúa como contraparte técnica.

www.cesso.net



Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul

Proyecto SdP CHL/SDP/040/2021

EQUIPO DEL PROYECTO:

Alonso Vega Reyes – *Jefe de Proyecto*
Eduardo Pérez Espinoza
Carlos Tapia Jopia
Javier Chávez Vilches

www.cesso.net



Objetivo general: Contribuir a la adecuación del Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de macroalgas pardas y el estudio de su aporte al Carbono Azul, como parte de las soluciones basadas en la naturaleza frente al Cambio Climático.

www.cesso.net



Objetivos específicos:

- a) Realizar un diagnóstico cuantitativo del estado de situación de las macroalgas pardas presentes en los ecosistemas costeros de Chile, recopilando información disponible de estudios de abundancia, biomasa y cobertura, realizados tanto en contexto de investigación científica como de monitoreo de actividades extractivas pesqueras.
- b) Seleccionar y caracterizar ecosistemas de macroalgas pardas en las diferentes zonas del país, cuyas características los distinguen como relevantes en su posible contribución a los factores de importancia para la mitigación/adaptación del cambio climático, tales como estructura y/o restauración de hábitats, sustentabilidad de las comunidades locales u otros.

www.cesso.net



Objetivos específicos:

- c) Analizar los planes de manejo de algas pardas y medidas de administración pesqueras, implementadas en las distintas regiones del país, evaluando su eficacia en el desarrollo de una actividad extractiva sustentable y proponer medidas alternativas o complementarias para la conservación y uso sustentable de estos recursos.
- d) Proponer zonas de resguardo y/o recuperación de ecosistemas de macroalgas pardas que contribuyan al cumplimiento de la propuesta de preservación del stock de carbono y al cobeneficio, mitigación/adaptación, y resiliencia frente al cambio climático.

www.cesso.net

Los objetivos del taller son:

- 1) Presentar los resultados de identificación de zonas de protección de bosques de algas pardas y propuestas de administración y manejo en el contexto del carbono azul y
- 2) Validar e identificar líneas de acción para la protección y administración de las zonas identificadas.

www.cesso.net

Taller de validación de zonas de protección de bosques de algas pardas a nivel nacional y de medidas de administración y líneas de acción propuestas

Programa:

09:30 – 09:35	Palabras de bienvenida
09:35 – 09:45	Presentación del proyecto. Carlos Tapia
09:45 – 10:05	Propuesta de zonas de protección a nivel nacional de bosques de algas pardas. Dr. Alonso Vega
10:05 – 10:50	Trabajo grupal: validación de zonas identificadas.
10:50 – 11:20	Líneas de acción propuestas para la protección y/o administración de las zonas identificadas. Carlos Tapia
11:20 – 12:00	Trabajo grupal: validación y completitud de líneas de acción propuestas.
12:00 – 12:20	Síntesis y conclusiones del taller. Carlos Tapia
12:20 – 12:30	Cierre

www.cesso.net

Propuesta de zonas de protección a nivel nacional de bosques de algas pardas.

J. M. Alonso Vega Reyes

Identificación y selección de zonas con bosques de algas pardas relevantes para la mitigación y adaptación al cambio climático



Proyecto "Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul".

Proyecto financiado por el Ministerio de Medio Ambiente, a través de su Oficina de cambio Climático, con fondos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD y donde la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura actúa como contraparte técnica.

Cuadro resumen de la caracterización de las especies de algas pardas que forman regiones en base al secuestro de carbono por los ecosistemas de algas pardas, desembarque anual, ingreso anual bruto per cápita, número de personas que participan en la pesquería (RPA operativo) e índice de integridad ecológica (Häussermann et al. 2021).

Nombre	Especie bioingeniero ecosistémico	Categoría bioingeniero ecosistémico	Distribución batimétrica de la especie	Distribución geográfica de la especie	Hábitat principal
Bosques de Macroalgas	<i>Durvillaea incurvata</i>	Bioingeniero sin estructuras calcificadas	Intermareal - 15 m	22° - 43° S	Costa expuesta
	<i>Durvillaea antarctica</i>		Intermareal - 15 m	44° - 55° S y subantártica	Costa expuesta
	<i>Lessonia flavicans</i> (syn <i>L. vadosa</i>)		Intermareal hasta 40 m	Magallanes (poco conocida)	Costa expuestas y protegidas
	<i>Lessonia spicata</i>		Intermareal y submareal somero	30° - 48° S	Costa semiexpuestas y expuestas
	<i>Lessonia berteriana</i>		Intermareal y submareal somero	17° - 30° S	Costa semiexpuestas y expuestas
	<i>Lessonia trabeculata</i>		Hasta 40 m	14° - 42° S	Costa expuestas y protegidas
	<i>Macrocystis pyrifera</i>		Hasta 40 m	14° - 56° S y subantártica	Costa expuestas y protegidas

Rango de distribución de las especies de algas pardas presentes en Chile por región geopolítica (En café: regiones donde la especie ha sido registrada; en gris claro: regiones donde la especie no ha sido registrada).

Región	Huíro	Huíro Negro		Huíro Palo	Cochayuyo		
	<i>M pyriferá</i>	<i>L berteroa</i>	<i>L spicata</i>	<i>L. trabeculata</i>	<i>L flavicans</i>	<i>D incurvata</i>	<i>D antarctica</i>
AYP	Ecomorfo <i>integrifolia</i>						
TPCA							
ANTOF							
ATCMA							
COQ							
VALPO	Ecomorfo <i>pyriferá</i>						
LGBO							
MAULE							
NUBLE							
BBIO							
ARAUC							
RIOS							
LAGOS							
AYSEN							
MAG							

Cuadro resumen de los indicadores usados para la identificación y selección de zonas con bosques de algas pardas relevantes para la mitigación y adaptación al cambio climático .

Indicador	Definición
Carbono Azul (t año-1)	Secuestro de carbono por los ecosistemas de algas pardas
Desembarque anual valorizado (M\$/pesch)	Desembarque valorizado de algas pardas
IAB (MM\$/pesch)	Ingreso anual bruto per cápita
RPA operativo	Número de personas que participan en la pesquería (RPA operativo)
IRE	Índice de Restricción de Explotación

Las categorías del IRE corresponden a, 4: región sin explotación de algas pardas, 3: región con plan de manejo de algas pardas y AMERB con algas pardas como especie objetivo; 2: región sin plan de manejo, pero con AMERB que tienen como especie objetivo las algas pardas; 1: región sin plan de manejo ni AMERB ni AMP. Fuente: elaboración propia.

Cuadro resumen de caracterización de las regiones en base al secuestro de carbono por los ecosistemas de algas pardas, desembarque anual, ingreso anual bruto per cápita, número de personas que participan en la pesquería (RPA operativo) e índice de restricción de explotación.

Región	Carbono Azul (t año ⁻¹)	Desembarque anual valorizado (millones de pesos)	IAB (MM\$/pesc)	RPA operativo	IRE
AyP	18	50	35,24	2	3
TPCA	253	5.151	20,82	321	3
ANTOF	4.114	15.272	35,57	660	3
ATCMA	3.259	24.864	51,28	958	3
COQ	6.406	15.017	35,88	635	3
VALPO	2.470	2.255	27,62	135	2
LGBO	175	620	7,01	200	2
MAULE	464	433	10,8	234	2
BBIO	2.211	2.752	23,42	1.125	2
ARAUC	-	17	0,17	102	2
RIOS	564	591	18,01	219	2
LAGOS	761	4.628	54,63	495	2
AYSEN	-	1	0,08	60	4
MAG	10.923				4

¹²³ Las categorías del IRE corresponden a, 4: región sin explotación de algas pardas, 3: región con plan de manejo de algas pardas y AMERB con algas pardas como especie objetivo; 2: región sin plan de manejo, pero con AMERB que tienen como especie objetivo las algas pardas; 1: región sin plan de manejo ni AMERB ni AMP. Fuente: elaboración propia.

Cuadro resumen de caracterización de las regiones en base al secuestro de carbono por los ecosistemas de algas pardas, desembarque anual, ingreso anual bruto per cápita, número de personas que participan en la pesquería (RPA operativo) e índice de restricción de explotación.

Región	Carbono Azul (t año ⁻¹)	Desembarque anual valorizado (millones de pesos)	IAB (MM\$/pesc)	RPA operativo	IRE
AyP	18	50	35,24	2	3
TPCA	253	5.151	20,82	321	3
ANTOF	4.114	15.272	35,57	660	3
ATCMA	3.259	24.864	51,28	958	3
COQ	6.406	15.017	35,88	635	3
VALPO	2.470	2.255	27,62	135	2
LGBO	175	620	7,01	200	2
MAULE	464	433	10,8	234	2
BBIO	2.211	2.752	23,42	1.125	2
ARAUC	-	17	0,17	102	2
RIOS	564	591	18,01	219	2
LAGOS	761	4.628	54,63	495	2
AYSEN	-	1	0,08	60	4
MAG	10.923				4

35%

¹²³ Las categorías del IRE corresponden a, 4: región sin explotación de algas pardas, 3: región con plan de manejo de algas pardas y AMERB con algas pardas como especie objetivo; 2: región sin plan de manejo, pero con AMERB que tienen como especie objetivo las algas pardas; 1: región sin plan de manejo ni AMERB ni AMP. Fuente: elaboración propia.

Cuadro resumen de caracterización de las regiones en base al secuestro de carbono por los ecosistemas de algas pardas, desembarque anual, ingreso anual bruto per cápita, número de personas que participan en la pesquería (RPA operativo) e índice de restricción de explotación.

Región	Carbono Azul (t año ⁻¹)	Desembarque anual valorizado (millones de pesos)	IAB (MM\$/pesc)	RPA operativo	IRE
AyP	18	50	35,24	2	3
TPCA	253	5.151	20,82	321	3
ANTOF	4.114	15.272	35,57	660	3
ATCMA	3.259	24.864	51,28	958	3
COQ	6.406	15.017	35,88	635	3
VALPO	2.470	2.255	27,62	135	2
LGBO	175	620	7,01	200	2
MAULE	464	433	10,8	234	2
BBIO	2.211	2.752	23,42	1.125	2
ARAUC	-	17	0,17	102	2
RIOS	564	591	18,01	219	2
LAGOS	761	4.628	54,63	495	2
AYSEN	-	1	0,08	60	4
MAG	10.923				4

44%

¹²³ Las categorías del IRE corresponden a, 4: región sin explotación de algas pardas, 3: región con plan de manejo de algas pardas y AMERB con algas pardas como especie objetivo; 2: región sin plan de manejo, pero con AMERB que tienen como especie objetivo las algas pardas; 1: región sin plan de manejo ni AMERB ni AMP. Fuente: elaboración propia.

Cuadro resumen de caracterización de las regiones en base al secuestro de carbono por los ecosistemas de algas pardas, desembarque anual, ingreso anual bruto per cápita, número de personas que participan en la pesquería (RPA operativo) e índice de restricción de explotación.

Región	Carbono Azul (t año ⁻¹)	Desembarque anual valorizado (millones de pesos)	IAB (MM\$/pesc)	RPA operativo	IRE
AyP	18	50	35,24	2	3
TPCA	253	5.151	20,82	321	3
ANTOF	4.114	15.272	35,57	660	3
ATCMA	3.259	24.864	51,28	958	3
COQ	6.406	15.017	35,88	635	3
VALPO	2.470	2.255	27,62	135	2
LGBO	175	620	7,01	200	2
MAULE	464	433	10,8	234	2
BBIO	2.211	2.752	23,42	1.125	2
ARAUC	-	17	0,17	102	2
RIOS	564	591	18,01	219	2
LAGOS	761	4.628	54,63	495	2
AYSEN	-	1	0,08	60	4
MAG	10.923				4

15%

¹²³ Las categorías del IRE corresponden a, 4: región sin explotación de algas pardas, 3: región con plan de manejo de algas pardas y AMERB con algas pardas como especie objetivo; 2: región sin plan de manejo, pero con AMERB que tienen como especie objetivo las algas pardas; 1: región sin plan de manejo ni AMERB ni AMP. Fuente: elaboración propia.

Cuadro resumen de caracterización de las regiones en base al secuestro de carbono por los ecosistemas de algas pardas, desembarque anual, ingreso anual bruto per cápita, número de personas que participan en la pesquería (RPA operativo) e índice de restricción de explotación.

Región	Carbono Azul (t año ⁻¹)	Desembarque anual valorizado (millones de pesos)	IAB (MM\$/pesc)	RPA operativo	IRE
AyP	18	50	35,24	2	3
TPCA	253	5.151	20,82	321	3
ANTOF	4.114	15.272	35,57	660	3
ATCMA	3.259	24.864	51,28	958	3
COQ	6.406	15.017	35,88	635	3
VALPO	2.470	2.255	27,62	135	2
LGBO	175	620	7,01	200	2
MAULE	464	433	10,8	234	2
BBIO	2.211	2.752	23,42	1.125	2
ARAUC	-	17	0,17	102	2
RIOS	564	591	18,01	219	2
LAGOS	761	4.628	54,63	495	2
AYSEN	-	1	0,08	60	4
MAG	10.923				4

¹²¹ Las categorías del IRE corresponden a, 4: región sin explotación de algas pardas, 3: región con plan de manejo de algas pardas y AMERB con algas pardas como especie objetivo; 2: región sin plan de manejo, pero con AMERB que tienen como especie objetivo las algas pardas; 1: región sin plan de manejo ni AMERB ni AMP. Fuente: elaboración propia.

Líneas de acción propuestas para la protección y/o administración de las zonas identificadas

Planes de manejo de algas pardas

- 6 PP.MM.
- Vedas extractivas
- Lím. extracción diario o mensual
- Días de operación
- Cuota: varado – barreteado/segado
- Distribución espacio-temporal de las cuotas
- Nóminas de pescadores
- Zonas de extracción (AyP, TPCA, ANTOF)
- 2 CC.MM. la incluyen:
 - CM B. Ancud
 - CM RR.BB. Magallanes

Áreas de libre acceso

VALPO-MAG

AMERB

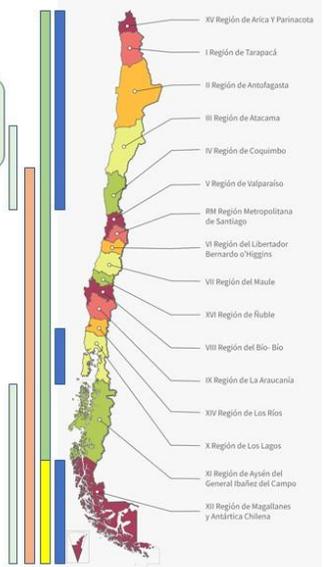
- 217 AMERB
 - AyP - LAGOS
 - 136 zona norte
 - 81 centro-sur
- 167: HN; 151: HP

Macrocytis pyrifera región de Magallanes

- Decisión formalizada el año 2013 (R.Ex. 3115)
- Ratificación de decisión CM RR.BB. región de Magallanes

AMP

- Algas pardas son OdC en algunas AMP
- No se integran a la administración pesquera



Líneas de acción propuestas para la protección y/o administración de las zonas identificadas

Planes de manejo de algas pardas

- CM RR.BB. Magallanes (*Durvillaea antarctica*)

Riesgos: 451 pescadores artesanales con el recurso *Macrocytis pyrifera* inscrito

Alternativas:

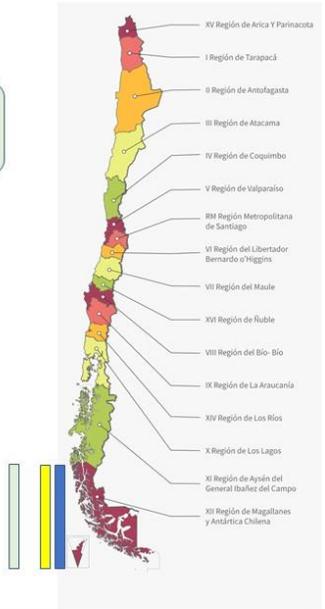
- AMP: AMCP-MU?
- Veda extractiva?
- Otras

Macrocytis pyrifera región de Magallanes

- Decisión formalizada el año 2013 (R.Ex. 3115)
- Ratificación de decisión por CMde RR.BB. y de Crustáceos de la región de Magallanes el año 2021

AMP

- Algas pardas son OdC en algunas AMP
- No se integran a la administración pesquera





Líneas de acción propuestas para la protección y/o administración de las zonas identificadas

Planes de manejo de algas pardas

Áreas de libre acceso

AMERB

AMP

VALPO-MAG

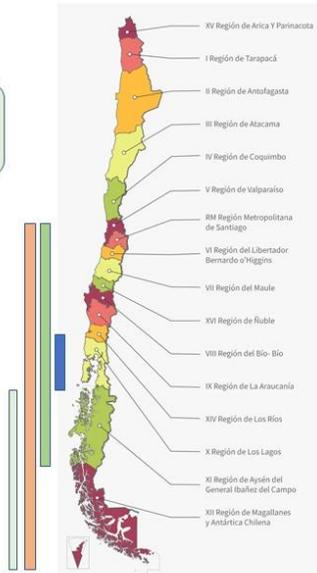
- 217 AMERB
 - AyP - LAGOS
 - 136 zona norte
 - **81 centro-sur**
- 167: HN; 151: HP

Riesgos: medidas de administración insuficientes, pesca ilegal

Alternativas:
- Implementar Planes de Manejo

- CM B. Ancud

- Algas pardas son Od en algunas AMP
- No se integran a la administración pesquera



www.cesso.net



Líneas de acción propuestas para la protección y/o administración de las zonas identificadas

Planes de manejo de algas pardas

AMERB

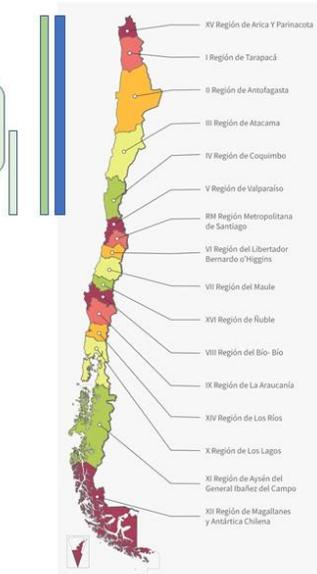
AMP

- 6 PP.MM.
- Vedas extractivas
 - Lím. extracción diario o mensual
 - Días de operación
 - Cuota: varado – barroteado/segado
 - Distribución espacio-temporal de las cuotas
 - Nóminas de pescadores
 - Zonas de extracción (AyP, TPCA, ANTOF)

Riesgos: Pesca ilegal, dificultad de fiscalización, débil resguardo del rol ecológico

Alternativas:
- Red de AMP (zonas de resguardo temporal)
- Promover AMERB en regiones de AyP a Antofagasta
- Repoblación de algas pardas
- Aumentar periodo de veda de *L. trabeculata*
- Disminuir el barroteo o segado

- Algas pardas son Od en algunas AMP
- No se integran a la administración pesquera



www.cesso.net



Contribución al Plan de Adaptación en pesca y acuicultura, mediante la conservación y uso sustentable de los ecosistemas de algas pardas y estudio de su aporte al Carbono Azul

Proyecto SdP CHL/SDP/040/2021

¡Muchas gracias por su participación!



www.cesso.net



CESSO® es un Centro de Estudios creado el año 2009 para contribuir al diálogo entre los diversos actores de los sistemas sociales, promoviendo la colaboración entre los diversos grupos de interés, el desarrollo a escala humana, centrado en el respeto, la responsabilidad y la inclusión social, a partir del desarrollo de investigaciones, conformación de comunidades de aprendizaje y creación de distintas instancias de diálogo abiertas a la comunidad, basadas en la colaboración, los recursos endógenos y la innovación social.

www.cesso.net

