

Informe País
Estado del medio ambiente
y del patrimonio natural:
**ECOSISTEMAS
MARINOS Y
ZONA COSTERA**

EN



FACULTAD DE
GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANALISIS
DE POLÍTICAS
PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

Informe País
Estado del medio ambiente
y del patrimonio natural:
**ECOSISTEMAS
MARINOS Y
ZONA COSTERA**

Autores:

Ricardo Bravo Méndez (1)
Humberto Díaz (2)
Mario Herrera (2)
Erika López Soto (2)

(1) Decano, Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales,
Universidad de Valparaíso.

(2) Investigador, Universidad de Valparaíso.



FACULTAD DE
GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANALISIS
DE POLÍTICAS
PÚBLICAS

Santiago de Chile
Junio 2023

DIRECCIÓN

Director Sergio Galilea O.

Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

EDICIÓN

Gustavo Orrego M.

Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

SEGUNDA PARTE: ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL PATRIMONIO NATURAL

Capítulo 6. ECOSISTEMAS MARINOS Y DEL BORDE COSTERO

Ricardo Bravo, Humberto Díaz, Mario Herrera, y Erika López, Universidad de Valparaíso-Facultad de Ciencias del Mar y Recursos Naturales

Coordinación: Francisco Brzović (Q.E.P.D.) y Gustavo Orrego, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Diseño y Diagramación: Alejandro Peredo, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

ÍNDICE

ÍNDICE	4
PREFACIO	5
AGRADECIMIENTOS	7
6. ECOSISTEMAS MARINOS Y ZONA COSTERA	9
<i>6.1. ESTADO DE LA ZONA COSTERA Y DE SUS ECOSISTEMAS MARINOS</i>	<i>9</i>
6.1.1 Del concepto de borde costero al de zona costera	9
6.1.2. Caracterización de los distintos hábitats de la zona costera marina	15
6.1.3. Estado de la biota de los ecosistemas terrestres y marinos de la zona costera	21
6.1.4. Estado de la contaminación de los ecosistemas marinos y del borde costero	40
6.1.5. Las alteraciones de la zona costera y de sus ecosistemas marinos, y su relación con el cambio climático	76
<i>6.2. CAUSAS Y DETERMINANTES DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS DEL BORDE COSTERO</i>	<i>85</i>
6.2.1. Los desequilibrios de las actividades productivas derivados de la explotación del mar	85
6.2.2. Contaminación del mar y del borde costero debido a actividades terrestres residenciales, productivas y de consumo por grupo de regiones	88
<i>6.3. INICIATIVAS LEGALES PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS ZONAS COSTERAS Y DE SUS ECOSISTEMAS MARINOS Y TERRESTRES</i>	<i>109</i>
6.3.1. Aspectos jurídicos que participan en el ordenamiento territorial de las zonas costeras	116
6.3.2. Marco normativo relativo a la protección de los recursos y la contaminación del medio marino	141
6.3.3. Conclusiones	152

PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el “Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999”. A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del “Panorama Global del Medio Ambiente” (Global Environmental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos, Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre “Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad”, la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)- Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES:

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

Carlos Moreno, Aldo Fedele, René Saa, Ricardo Bravo, Humberto Díaz, Manuel Herrera, y Erika López

AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS:

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del “Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile” destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales,

y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

6. ECOSISTEMAS MARINOS Y ZONA COSTERA

Autores: Ricardo Bravo¹, Humberto Díaz², Mario Herrera³, Erika López⁴.

El presente capítulo revisa el estado de situación de la zona costera de Chile y las alteraciones que ha sufrido a causa de la acción antrópica y del cambio climático. También se presentan antecedentes biológico-pesqueros que categorizan el estado en que se encuentran los principales recursos pesqueros y los factores legales que inciden en la gestión ambiental de la zona costera. Lo anterior se aborda considerando el estudio previo que contempla el análisis comparativo entre los años 1999 y 2015, y tomando como referencia la información recopilada entre el 2016 y el 2018, y la recopilada entre 2019 y 2021 para el presente Informe, lo que permite realizar un seguimiento entre mediano y largo plazo del estado de las especies que conforman los principales recursos biológico pesqueros nacionales.

6.1. ESTADO DE LA ZONA COSTERA Y DE SUS ECOSISTEMAS MARINOS

6.1.1 Del concepto de borde costero al de zona costera

En Chile, el concepto borde costero está arraigado a la Política Nacional de Uso del Borde Costero de 1994 que lo define como aquella franja del territorio que comprende los terrenos de playa fiscales, la playa, las bahías, golfos, estrechos y canales interiores, y el mar territorial de la República (D.S. 475 1994⁵). A partir de esta descripción, se delimita un perímetro en que se excluye de la legislación, y de la protección que esta provee a zonas como humedales costeros, campos dunares, y también a la parte trasera de la playa. Así, se prescinde de ecosistemas que cumplen funciones relevantes como la protección del oleaje de tormentas, de la erosión y de tsunamis (Martínez et al. 2019⁶). Por otra parte, esta normativa conlleva el riesgo de generar una planificación dispar e incongruente de la zona costera chilena, ya que produce discrepancias entre los distintos órganos y

¹ Decano, Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, Universidad de Valparaíso.

² Investigador, Universidad de Valparaíso.

³ Investigador, Universidad de Valparaíso.

⁴ Investigadora, Universidad de Valparaíso.

⁵ Decreto Supremo N° 475. 1996. Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República. Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría para las Fuerzas Armadas.

⁶ Martínez C., F. Arenas, K. Bergamini & J. Urrea. 2019. Hacia una ley de costas en Chile: criterios y desafíos en un contexto de cambio climático. Policy Papers CIGIDEN.

autoridades que ejercen la vigilancia, la fiscalización y el control territorial sobre la zona costera (Andersen & Balbontín 2021⁷).

En cambio, de acuerdo con el programa europeo de manejo integrado de la zona costera, el concepto zona costera se ha descrito como una franja terrestre y marítima de un ancho que varía de acuerdo con la naturaleza del ambiente o según sus necesidades de gestión. Rara vez corresponde a unidades administrativas o de planificación existentes. Por lo tanto, los sistemas naturales costeros y las zonas en que las actividades humanas involucran el uso de recursos costeros pueden extenderse mucho más allá del límite de las aguas territoriales y por muchos kilómetros tierra adentro (Lavalle et al. 2011⁸). Esta definición permite relevar la funcionalidad única que cada zona costera puede representar y otorga la flexibilidad requerida para abarcar la extensión que esta posea.

Esto es de especial relevancia para Chile, dado que corresponde a un país eminentemente marítimo, con una gran extensión latitudinal que va desde los 17° 30' hasta 56° 30' Sur. La zona costera continental representa una gran extensión litoral, alcanzando los 4.200 km y llegando a los 83.850 km, si se consideran las innumerables islas ubicadas desde Chiloé al Sur (Castro y Alvarado 2009⁹). A lo anterior se le debe sumar la zona costera insular de los Archipiélagos de Juan Fernández y de Isla de Pascua.

Por otra parte, la topografía de la costa nacional puede dividirse en dos regiones principales a lo largo del continente (Guiler 1959¹⁰, Castilla 1976¹¹, Santelices 1980¹²). Una zona costera más extensa, ubicada entre Arica y Puerto Montt, con pocos accidentes geográficos, expuesta a viento y oleaje, con bordes rocosos en la mayor parte y pocas playas de arena, con escasas bahías protegidas. La segunda región costera continental se establece al sur de Chiloé, es una zona fragmentada, con sectores escarpados de montañas que se levantan en la costa, cayendo de forma abrupta al mar y provista de numerosas islas que protegen la línea costera

⁷ Andersen K. & C. Balbontín. 2021. La planificación del borde costero chileno. Una normativa deficiente. *Revista de geografía Norte Grande* 80: 227-247. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022021000300227>

⁸ Lavalle C., C. Rocha, C. Baranzelli & F. Batista. 2011. Coastal Zones Policy alternatives impacts on European Coastal Zones 2000 – 2050. JCR Technical Notes.

⁹ Castro C, Alvarado C. 2009. La Gestión del Litoral Chileno: un Diagnóstico. Red IBERMAR, U. C. Chile. Instituto de Geografía. 2-11 pp.

¹⁰ Guiler E. 1959. The intertidal ecology of the Montemar área, Chile. *Papers and Proceedings Royal Society of Tasmania* 93: 33-58.

¹¹ Castilla J.C. 1976. Ecosistemas marinos de Chile: principios generales y proposición de clasificación. En: "Preservación del Medio Ambiente Marino", F. Orrego (ed.). Instituto de Estudios Internacionales, Universidad de Chile, Santiago 22-37 pp.

¹² Santelices B. 1980. Muestreo cuantitativo de comunidades intermareales de Chile Central. *Arch. Biol. Med. Exp.* 13: 413-424.

de tormentas oceánicas. Además, es una zona que presenta una de las regiones de fiordos más extensas del planeta, que se ha formado producto de la erosión asociada al avance y retroceso de glaciares (Pantoja et al. 2010¹³).

Debido a los antecedentes anteriormente mencionados, que contemplan aspectos de ordenanza territorial, normativos, ecosistémicos y la heterogeneidad geográfica que posee Chile, se considera en el presente trabajo, la adopción del concepto de zona costera. Pues parece ser más adecuado al compararlo con el de borde costero, dado que este último determinaría de manera más rígida la extensión y el tipo de hábitats que contempla en su aplicación en la política nacional.

6.1.1.1. Importancia de la zona costera para el ser humano hoy

La zona costera constituye uno de los ambientes más dinámicos del planeta, con fuerte influencia de agentes meteorológicos, geológicos y oceánicos que interactúan entre sí. Se trata de un sistema natural y altamente complejo, que da soporte a algunos de los hábitats de mayor productividad y biodiversidad a nivel global (McLean et al. 2001¹⁴).

El ser humano ha habitado los sistemas costeros naturalmente desde milenios, pero hoy la situación dista mucho de ser natural y está generando desequilibrios importantes, debido a factores como la mayor ocupación humana y a la creciente dependencia de los recursos costeros.

Históricamente, los ecosistemas marinos han experimentado alteraciones importantes debido a presiones humanas de diversa índole. Entre ellas se encuentran el cambio climático, la contaminación, la destrucción de hábitats, las invasiones biológicas y la sobreexplotación (Halpern et al. 2015¹⁵, Mc Cauley et al. 2015¹⁶, IPCC 2022¹⁷). Por otra parte, la pandemia asociada a la enfermedad

¹³ Pantoja S., J.L. Iriarte & G. Daneri. 2010. Oceanography of the Chilean Patagonia. *Continental Shelf Research* 31: 149–153.

¹⁴ McLean R.F., A. Tsyban, V. Burkett, J.O. Codignott, D.L. Forbes, N. Mimura, R.J. Beamish & V. Ittekkot. 2001. Coastal Zones and Marine Ecosystems. In *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

¹⁵ Halpern B., M. Frazier, J. Potapenko, S. Casey, K. Koenig, C. Longo, ... & S. Walbridge. 2015. Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature Communications* 6: 7615. <https://doi.org/10.1038/ncomms8615>

¹⁶ Mc Cauley D.J., M.L. Pinsky, S.R. Palumbi, J.A. Estes, F.H. Joyce & R.R. Warner. 2015. Marine defaunation: Animal loss in the global ocean. *Science* 347: 6219.

¹⁷ Intergovernmental Panel on Climate Change. 2022: Summary for Policymakers. H.O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, ... & A. Okem (eds.). In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. doi:10.1017/9781009325844.001.

causada por el coronavirus ha tenido importantes efectos en muchas de las actividades humanas desarrolladas en el océano. Al respecto, aún deben evaluarse las implicaciones totales derivadas de esta crisis sanitaria, en términos de la interacción humana con los océanos (UN 2021¹⁸).

Particularmente los ecosistemas costeros están dentro de los más perjudicados. En el ámbito científico existe consenso de que esta demanda creciente por el uso de la zona costera es insostenible (Inniss *et al.* 2016¹⁹). En la misma línea, variados estudios recientes indican que los ambientes costeros son especialmente vulnerables debido a una urbanización más densa, a cambios en el nivel del mar y a una mayor densidad poblacional, lo que necesariamente involucra mayor actividad económica, turismo, industrias, comercios, transporte, etc. (Paula 2016²⁰, Sahoo 2018²¹, Kantamaneni 2019²², El Habti *et al.* 2022²³).

Otro aspecto a considerar es que las principales ciudades del mundo se encuentran en zonas costeras, se estima que un 23% de la población mundial habita a menos de 100 km de regiones costeras (Small & Nicholls 2003²⁴). El crecimiento en esas ciudades desde 1960 ha sido significativamente mayor en comparación con ciudades del interior y del mismo tamaño (Kjerfve *et al.* 2002²⁵). Se proyecta que para el 2025 la tendencia de crecimiento de las principales ciudades continuará en aumento, esperándose que la población en las zonas costeras se incremente desde 220,7 millones en 2009 a 301,7 millones de personas (UN 2010²⁶).

¹⁸ United Nations. 2021. The Second World Ocean Assessment Volume I (World Ocean Assessment II). Environmental Programme, United Nations, New York.

¹⁹ Inniss L., A. Simcock, A. Yoanes, A.C. Alcala, P. Bernal, H.P. Calumpang, ... & J. Marcin. 2016. The First Global Integrated Marine Assessment (World Ocean Assessment I). Report United Nations Environment Programme.

²⁰ Paula J. 2016. Overall assessment of the state of the coast in the Western Indian. Ocean Reg. State Coast Rep.: 500–527.

²¹ Sahoo B. & P.K. Bhaskaran. 2018. Multi-hazard risk assessment of coastal vulnerability from tropical cyclones. A GIS based approach for the Odisha coast. J. Environ. Manag. 206: 1166–1178.

²² Kantamaneni K., A. Gallagher & X. Du. 2019. Assessing and mapping regional coastal vulnerability for port environments and coastal cities. J. Coast. Conserv. 23: 59–70.

²³ El Habti M.Y., A. Zayoun, S.F. Zahra, A. Raissouni, A. & A. El Arrim. 2022. Shoreline change analysis along the Tahaddart Coast (NW Morocco): A remote sensing and statistics-based approach. Journal of Coastal Research 38(6): 1116–1127.

²⁴ Small C. & R.J. Nicholls. 2003. A Global Analysis of Human Settlement in Coastal Zones. Journal of Coastal Research 19: 584–599.

²⁵ Kjerfve B., W.J. Wiebe, H.H. Kremer, W. Salomons, J.I.C., ... & J. Marshall. 2002. Caribbean Basins: LOICZ Global Change Assessment and Synthesis of River Catchment/ Island-Coastal Sea Interactions and Human Dimensions; with a desktop study of Oceania Basins. LOICZ-IPO, 174 pp.

²⁶ United Nations. 2010. World urbanization prospects: The 2009 Revision. Technical Report, United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division.

Actualmente, esta situación continúa siendo un problema sin clara solución, dado que la urbanización humana masiva es una constante en el deterioro del funcionamiento de los ecosistemas de zonas costeras (Cabrera & Lee 2022²⁷). Además, muchas de las áreas costeras en donde hoy se sigue construyendo de modo masivo, podrían verse inundadas en pocos años más debido al ascenso del nivel del mar (Bai *et al.* 2015²⁸).

De esta forma, urge contar con una planificación diligente del desarrollo y urbanización costera que sea sostenible y que vele por la seguridad de las poblaciones humanas, así como también por la viabilidad de los ecosistemas costeros. Es necesario desarrollar y aplicar medidas que frenen la degradación y permitan restaurar estos ecosistemas, para lo cual es primordial que haya cooperación internacional que de soporte a la creación e implementación de políticas pertinentes (Petrișor *et al.* 2020²⁹). Contar con un planeamiento de enfoque holístico de fuerte base científica, y que sea determinado de acuerdo a los requerimientos específicos de cada ciudad, puede mejorar la calidad de vida humana y la salud de los ecosistemas costeros (Glasow *et al.* 2012³⁰, Cabrera & Lee 2022 id.)

6.1.1.2. Caracterización de los ecosistemas terrestres de la zona costera

Entre los ecosistemas terrestres de la zona costera, los humedales destacan por su importancia. Son sitios que componen escenarios únicos, en los que se fusiona la tierra y el mar, dando lugar a la presencia de lagunas y humedales de un gran valor ecológico, donde se promueve la supervivencia y la reproducción de diversas especies (Walls 2022³¹). Se caracterizan por estar entre las áreas más productivas del mundo, desde el punto de vista biológico, y también desde los servicios ecosistémicos que entregan, es decir, el bienestar y los recursos que otorgan estos ecosistemas a la especie humana (Marquet *et al.* 2012³²). Algunos de los servicios ecosistémicos que proveen son la capacidad de retener carbono

²⁷ Cabrera J.S. & H.S. Lee. 2022. Coastal Zone Environment Integrity Assessment for Sustainable Management: Part 1. Development of Adaptive Expert-Driven Coastal Zone Health Index Framework. *Journal of Marine Science Engineering* 10: 1183. <https://doi.org/10.3390/jmse10091183>

²⁸ Bai X., C. Corrie, H. Hartwig, A. Lampis, D. Mcevoy, R. Nichols, ... & S. Zelaya. 2015. Coastal Zones and Urbanization. Summary for Decision-makers International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change.

²⁹ Petrișor A-I, W. Hama, H.D. Nguyen, G. Randazzo, A. Muzirafuti, M-I Stan, ... & I. Ianoș. 2020. Degradation of Coastlines under the Pressure of Urbanization and Tourism: Evidence on the Change of Land Systems from Europe, Asia and Africa. *Land* 9(8):275. <https://doi.org/10.3390/land9080275>

³⁰ Glasow R., T. Jickells, A. Baklanov, G. Carmichael, T. Church, T. L. Gallardo, & T. Zhu. 2012. Megacities in the Coastal Zone. *AMBIO* 42: 13–28. doi 10.1007/s13280-012-0343-9

³¹ Walls I. 2022. La fauna como parte del paisaje costero. *Plantae y Fauna*, Landuum.

³² Marquet P.A., S. Abades & I. Barriá. 2012. Distribución y conservación de humedales costeros: una perspectiva geográfica. *Humedales costeros de Chile. Aportes científicos a su gestión sustentable*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile 2-19 pp.

(dos veces más que los bosques), de purificar el agua, de servir de fuente de alimento y de hábitat para una gran multiplicidad de especies. También son centros productores de oxígeno, de polinización, de formación de suelos, dentro de otros muchos servicios más, incluyendo la dimensión paisajística natural que aportan. Además, son espacios que concentran un alto nivel de endemismo (Figuroa *et al.* 2016³³). Existen variados tipos de humedales a lo largo del territorio nacional; los hay andinos y alto-andinos, turberas en la Patagonia, humedales costeros y boscosos, entre otros. En la **Figura 6.1** se observa un humedal costero de Chile central, el Humedal de Mantagua, que forma parte de los 36 *hotspots* de biodiversidad reconocidos a nivel mundial (Arenas *et al.* 2022³⁴).

Figura 6.1. Humedal de Mantagua, Región de Valparaíso.



(Fotografía: Tamara Rojas Urrutia)

³³ Figuroa A., M. Contreras, B. Saavedra & C. Espoz .2016. Wetlands of Chile: Biodiversity, Endemism and Conservation Challenges. The Wetland Book 1–17. doi:10.1007/978-94-007-6173-5_247-2

³⁴ Arenas A., W. Breuer, M. Contreras-López, S. Elórtegui, R. Figuroa, L. Flores, ... & C. Zuleta. 2022. Humedal costero de Mantagua, Un lugar para la conservación de la biodiversidad en Chile Central. Ediciones Universitarias de Valparaíso.

En las últimas décadas, Chile ha aumentado el interés por los ecosistemas de humedales, lo que puede verse reflejado en la inclusión de este tópico en el Informe País a partir del año 2012. Hasta el 2019, Chile tendría unos 40.000 humedales, siendo 13 de ellos catalogados de Importancia Internacional (Sitios Ramsar), los cuales comprenden una superficie total aproximada de unas 360.000 hectáreas aproximadamente (WCS Chile, 2018³⁵).

Se han desarrollado distintas iniciativas estatales que buscan mejorar el estado ecológico y de conservación de los ecosistemas costeros. Así, se cuenta con un Plan Nacional de Protección de Humedales 2018 – 2022, con una Guía de buenas prácticas ambientales en humedales costeros (2021) y con una Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile (MMA – ONU 2022³⁶). Además, el 2020 se promulgó la Ley 21.202 y el Reglamento de la ley de humedales urbanos, normativas desarrolladas con el fin de proteger la figura de humedales urbanos (BCN³⁷).

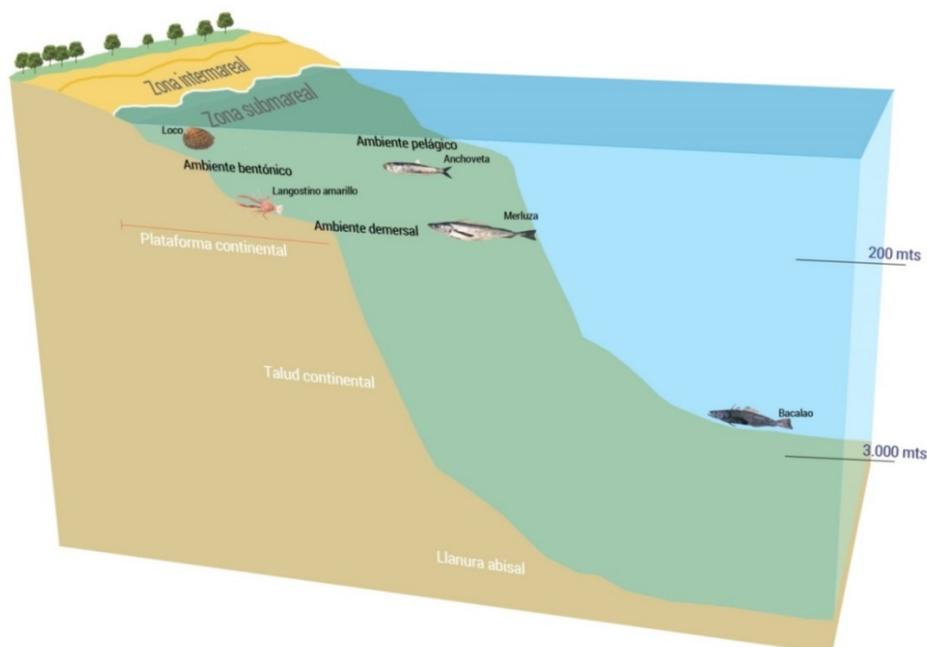
6.1.2. Caracterización de los distintos hábitats de la zona costera marina

En la **Figura 6.2** se representan los distintos hábitats que conforman la zona costera, distinguiéndose la zona que se ubica inmediatamente por sobre el nivel máximo de marea, la zona entre mareas y la submareal. También se grafican las estructuras geomorfológicas que se presentan progresivamente a medida que aumenta la profundidad de la columna de agua, y se ilustra el hábitat de algunas especies marinas presentes en Chile.

³⁵ WCS Chile. 2018. Humedales de Chile, 40 mil reservas de vida. 194 pág.

³⁶ Ministerio de Medio Ambiente – ONU Medio Ambiente. 2022. Guía de Delimitación y Caracterización de Humedales Urbanos de Chile. Elaborada mediante consultoría Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centrosur de Chile” por EDÁFICA Suelos y Medio Ambiente. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile 200 p.

³⁷ Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://bcn.cl/2fff9>

Figura 6.2. Esquema generalizado de hábitat en la zona costera de Chile.

6.1.2.1. El Hábitat intermareal y submareal

Intermareal

Es aquella zona de transición entre el ambiente terrestre y marino, y se encuentra afectada por el régimen de mareas, quedando cubierta o descubierta por el agua en forma sucesiva de acuerdo sus ciclos (Fig. 6.2). Debido a esto, es un ambiente que presenta un enorme dinamismo y complejidad. Los organismos (animales y vegetales) que habitan este ambiente deben presentar adaptaciones que les permitan enfrentar condiciones extremas ante factores tales como la falta de oxígeno, el aumento de las temperaturas, la exposición al oleaje y a la intervención humana, entre otros.

Es una zona extremadamente importante, por cuanto es el hábitat y lugar de alimento de diversos organismos invertebrados y vertebrados, y presenta mayor diversidad animal que vegetal. Entre los principales organismos animales que viven en el intermareal se encuentran los crustáceos cirripedios, variados tipos de jaibas, caracoles, machas, choritos, estrellas y anémonas, entre otros. La extracción de algunos de estos recursos (machas, choritos, jaibas), como ha sido el caso de casi todos los recursos naturales en general durante la época reciente, se ha realizado en forma desmesurada, sin tomar en consideración efectos a largo plazo ni la alteración del ecosistema involucrado.

Submareal

Los ambientes submareales costeros se extienden entre 30 a 200 m de profundidad (Fig. 6.2). Se caracterizan por estar asociados a la influencia de aguas de surgencia en la zona norte y central de Chile y por presentar una alta heterogeneidad de hábitat en la zona sur. Entre Arica y Chiloé la taxonomía básica de grupos dominantes de macroinvertebrados es bien conocida, siendo el grupo de los invertebrados el foco de estudio al ser más difícil su identificación (Bustamante, 2006³⁸).

Los patrones de biodiversidad y la organización de esta zona del ecosistema litoral dentro del norte de Chile dependen de tres factores: de las características de los procesos oceanográficos, del sustrato disponible y de la presencia de especies estructurales (algas pardas). Estos últimos dos factores proveen un territorio de alimentación y de albergue para una gran variedad de organismos marinos (Reñones *et al.*, 1997³⁹).

En esta zona es posible encontrar grandes comunidades de moluscos bivalvos que habitan sus fondos, tales como almejas y navajuelas, además de otros moluscos como el “loco” y algunos peces que se desarrollan en estrecha relación con el fondo, siendo uno de los más característicos el lenguado.

Actualmente, el molusco denominado “loco” (*Concholepas concholepas*) se extrae de forma principal a través de la producción controlada en Áreas de Manejo y Explotación de los Recursos Bentónicos (AMERB).

También se presentan en forma abundante dentro del hábitat submareal, variadas especies de algas que ofrecen alimento y abrigo a las otras especies residentes, siendo una parte importante dentro de la estructura de las comunidades bentónicas, favoreciendo la heterogeneidad ambiental y con ello aportando hábitat para otras especies. En Chile, las algas pardas (*Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis pyrifera*) conforman un recurso que se presenta a lo largo del país y su extracción conforma una actividad económica de importancia en la zona sur. Estas algas son utilizadas como alimento en el cultivo de abalones y en la producción de alginatos (Saavedra *et al.*

³⁸ Bustamante C. 2006. Caracterización ecológica del ecosistema bentónico submareal en las áreas costeras de la VIII Región, Chile, Criterios de manejo y legislación para la conservación marina. Tesis, Escuela de Biología Marina Facultad de Ciencias Universidad Austral de Chile.

³⁹ Reñones O., J. Moranta, J. Coll, & B. Morales-Nin. 1997. Rocky bottom fish communities of Cabrera Archipelago National Park (Mallorca, Western Mediterranean). *Scientia Marina* 61: 495-506.

2019⁴⁰). Para proteger al recurso y favorecer la sustentabilidad de su extracción, esta actividad presenta varias medidas de regulación como vedas, la definición de una talla mínima de extracción y el establecimiento de cuotas extractivas (Subpesca 2022⁴¹).

6.1.2.2. Hábitat Demersal y bentónico

La zona de Demersal corresponde al área oceánica formada por la columna de agua que está cerca del fondo del mar y del bentos, y se ve afectada por el fondo marino (Fig. 6.2). Ejemplo de recursos demersales son las distintas especies de merluzas, de congrios, ciertos tiburones y rayas, algunos crustáceos, entre otros. Todos ellos viven en o cerca del fondo, llegando hasta profundidades de más o menos 500 metros.

La gran mayoría de las especies marinas vive sobre o bajo el fondo marino (arena, limo) (Valiela 1995⁴²), a estos organismos se les llama bentónicos. A los organismos que viven bajo arena o bajo otros fondos blandos se les denomina organismos de la infauna. Aquellos organismos que viven adheridos a fondos duros como rocas o corales, se les conoce como organismos de la epifauna. Dado que la energía luminosa no penetra muy profundamente en el océano, la fuente de energía para gran parte de los organismos bénticos es la materia orgánica que precipita desde la columna superior de agua. Alrededor de un 40% de las pesquerías globales y muchos de los ecosistemas costeros (peces, animales suspensívoros, detritívoros) son dependientes del acoplamiento existente entre al ambiente bentónico y el pelágico.

6.1.2.3. Plataforma continental

La plataforma continental corresponde al perímetro extendido de cada continente, está cubierto por mares con poca profundidad (unos 200 m) y posee un ancho variable, de decenas de metros a 90 km (**Ver Figura 6.2**). Generalmente es una de las áreas más productivas de los océanos, la que presenta mayor cantidad de vida animal y vegetal. En esta zona se encuentran además varios recursos no orgánicos, como depósitos petrolíferos, hidratos de gas y minerales. También se caracteriza por presentar una gran abundancia de materia orgánica proveniente de la zona terrestre, la que aporta nutrientes para el fitoplancton.

⁴⁰ Saavedra S., L. Henríquez, P. Leal, F. Galleguillos, S. Cook & F. Cárcamo. 2019. Cultivo de Macroalgas: Diversificación de la Acuicultura de Pequeña Escala en Chile. Convenio de Desempeño, Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño. Instituto de Fomento Pesquero 106 pp.

⁴¹ Subpesca.2022. Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas, año 2021.

⁴² Valiela I. 1995. Marine ecological processes. Springer-Verlag New York, 686 pp.

Como se ha mencionado con anterioridad, la costa de Chile se puede dividir topográficamente en dos zonas principales: al norte y al sur de la isla grande de Chiloé (41°29' L.S.). En la región norte se presentan grandes profundidades, cañones submarinos y escasas islas, así como pocas bahías protegidas. En la zona sur, en cambio, la plataforma continental es relativamente somera y de mayor amplitud en comparación con la zona norte, formando bahías protegidas (CONAMA 2008⁴³). Esta última zona es de extrema complejidad, y se caracteriza por la presencia de fiordos, estrechos, canales e islas que definen una región con un ecosistema único, con alta diversidad y productividad. Además, se le reconoce por ser una zona de reproducción y alimentación de aves y mamíferos marinos. También se desarrolla en esta zona gran parte de la acuicultura nacional (Subpesca-MMA 2015⁴⁴).

En conjunto, la plataforma continental y la zona submareal, generan una importante trama trófica, que sostiene a varias pesquerías de vertebrados e invertebrados (**Ver Figura 6.3**). Así, la plataforma continental alberga gran parte de los recursos pesqueros, con una producción primaria que puede alcanzar hasta el 30% de todo el océano, aunque solo comprende alrededor de un 7% del área oceánica mundial (Yool & Fashman 2001⁴⁵).

El desarrollo de la actividad extractiva manifestada en faenas de la flota industrial, comienza a operar en la zona central con la extracción de merluza común (*Merluccius gayi gayi*), utilizando redes de arrastre. Luego, esta actividad se extendió a la explotación de otras especies de peces y crustáceos bento-demersales, siendo ampliamente desarrollada entre Antofagasta y Cabo de Hornos. En estas zonas se estructuraron pesquerías orientadas a diversos recursos como el camarón nailón (*Heterocarpus reed*), el langostino amarillo (*Cervimunida johni*) y langostino colorado (*Pleurocondes monodon*), la gamba (*Haliporoides diomedea*), el besugo (*Epigonus crassicaudus*) y la raya volantín (*Raja flavirrostris*), entre otros (Arana 2012⁴⁶).

Dada la importancia productiva de estos hábitats, el manejo pesquero debe tomar en consideración el rol ecológico de las especies capturadas y la influencia

⁴³ CONAMA. 2008. Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos, Ocho Libros Editores (Santiago de Chile), 640 pp.

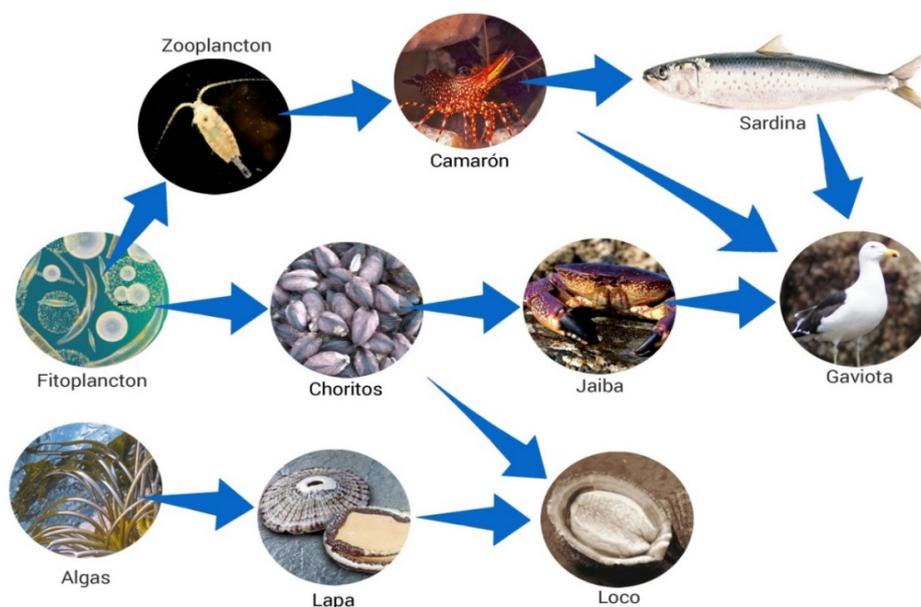
⁴⁴ Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y Ministerio del Medio Ambiente. 2015. Plan de adaptación al cambio climático Pesca y Acuicultura. Propuesta Gobierno de Chile.

⁴⁵ Yool A. & M. Fashman. 2001. An examination of the 'continental shelf pump' in an open ocean general circulation model. *Global Biogeochemical Cycles* 15(4):831-844.

⁴⁶ Arana P.M. (ed.). 2012. Recursos pesqueros del mar de Chile. Escuela de Ciencias del Mar, PUCV, Valparaíso 308 pp.

ambiental que puede tener un recurso sobre otro, dentro del equilibrio de la trama trófica (Ver Figura 6.3).

Figura 6.3. Esquema generalizado de una trama trófica de la zona litoral marina de Chile.



6.1.2.4. Hábitat Pelágico (Nerítico y Oceánico)

La región oceánica ubicada fuera de la zona litoral es la que corresponde al ambiente pelágico. En este lugar habitan organismos que desarrollan su ciclo de vida sin relación con el fondo de los océanos.

Esta zona se caracteriza por su dinamismo. Esto se manifiesta en la alternancia de especies que presentan marcadas fluctuaciones en su abundancia, las que son provocadas por efectos ambientales y por la intervención antropogénica. Con ello se generan diversos impactos, que afectan tanto la dinámica, como la estructura de las pesquerías.

Gran parte de este sistema forma parte del ecosistema marino de la Corriente de Humboldt, que se caracteriza por sus zonas de surgencia costera de agua fría, cuya alta concentración de nutrientes genera una alta productividad primaria y secundaria. Frente a Chile existen dos zonas diferenciadas de esta corriente: una entre Arica y Coquimbo, donde se dan condiciones de surgencia moderada y más susceptible a perturbaciones como el evento ENSO. La otra zona es frente a Chile

Central (30°S-42°S), donde existe un ciclo estacional de surgencia con convergencias costeras en invierno y surgencia moderada en la época estival. Al sur de estas dos zonas, separada por la Corriente de Deriva Oeste, se encuentra un ecosistema de canales y fiordos, a esta altura y circundante de la zona austral hasta las Islas Malvinas por el Mediterráneo Sur se forma la Corriente del Cabo de Hornos (Subpesca-MMA 2015 op. cit.).

6.1.3. Estado de la biota de los ecosistemas terrestres y marinos de la zona costera

6.1.3.1. Estado de la biota del hábitat terrestre de la zona costera

Además de la rica heterogeneidad de hábitats que aportan los humedales, la riqueza de especies es muy alta, aportando valiosamente a la biodiversidad; desde una alta variedad de microorganismos, de invertebrados y de vertebrados, como de anfibios y aves.

Habida cuenta de estos altos servicios ecosistémicos que brindan los humedales, se tornan aún más importantes en la actualidad, dada la existencia de un creciente déficit hídrico provocado por las prolongadas sequías que han afectado la zona centro sur del país, y por su aporte en la batalla contra el calentamiento global al secuestrar altos contenidos de carbono. También debido a la pérdida constante de especies en el planeta por destrucción y alteración de hábitat.

En la actualidad, estos valiosos ecosistemas se encuentran fuertemente amenazados por la acción antrópica y por variadas alteraciones ambientales debidas al cambio climático. Así, se ha reportado una disminución progresiva de humedales a escala mundial. La pérdida de humedales continentales naturales ha sido mayor y de modo más acelerado, en comparación con la de los humedales costeros naturales. La baja de los humedales continentales se estima entre un 69% y un 75 %, mientras que los humedales costeros se habrían reducido alrededor de un 62% (Morales *et al.* 2019⁴⁷).

No existe un catastro comparativo de pérdida de especies asociada a esta disminución, pero es evidente que los invertebrados y vertebrados presentes en los humedales se verán afectados en tanto el humedal disminuya en cantidad (área) y calidad (pérdida de hábitat). Asimismo, se han visto perjudicadas las aves migratorias que utilizan a los humedales costeros como estación de paso.

⁴⁷ Morales E., P. Winckler & M. Herrera. 2019. Costas de Chile. Publicaciones Universidad de Valparaíso 206 pp.

Para asegurar la protección y conservación de los humedales de nuestro país, por una parte es necesario mantener y reforzar los lazos con las estrategias integradas a nivel mundial y, por otra, continuar fomentando políticas de educación, de gestión ambiental y de investigación científica a nivel nacional, éstas últimas basadas en inventarios que se actualicen periódicamente (Zedler & Kercher 2005⁴⁸), con un enfoque de sustentabilidad mediante sistemas integrados de protección.

Diversas iniciativas se han desarrollado, a nivel global, con el fin de promover medidas que velen por la conservación y el uso racional de los humedales (Convención Ramsar 2010⁴⁹). De acuerdo con la obtención de una cartografía general de humedales para el territorio nacional, se estima en cifras globales, que la superficie de humedales alcanza los 5.589.633 de ha (Edáfica-MMA 2020⁵⁰). El propósito de este tipo de iniciativas es contar con información actualizada y validada que permita generar instancias de protección como áreas protegidas para apoyar su conservación, el establecimiento de parques nacionales, de santuarios de la naturaleza o para acogerse a lo establecido por la Ley 21.202 en los términos que corresponda (MMA 2018⁵¹, MMA – ONU 2022 op. cit.).

6.1.3.2. Estado de los recursos biológicos de los ecosistemas marinos

Eventos de diversa índole han impactado el estado de situación de los recursos marinos durante los últimos tres años (2019-2022). A nivel mundial, el desarrollo de la pandemia y los persistentes desafíos derivados del cambio climático y de la contaminación por plástico, han sido factores que continúan afectando de manera relevante la salud de los ecosistemas marinos y acuáticos (IPCC 2022 op. cit., Tekman *et al.* 2022⁵²). En el panorama nacional, tanto el ámbito normativo, como el político, han destacado especialmente durante el presente año, involucrando la problemática relacionada con la “Ley de Pesca” (Senado 2022⁵³).

⁴⁸ Zedler J.B. & S. Kercher. 2005. Wetland Resources: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability. Annual Review of Environmental Resources 30: 39-74. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144248>

⁴⁹ Secretaría de la Convención de Ramsar. 2010. Inventario de humedales: Marco de Ramsar para el inventario y la descripción de las características ecológicas de los humedales.

⁵⁰ Edáfica - Ministerio del Medio Ambiente. Inventario de Humedales Urbanos y Actualización del Catastro Nacional de Humedales. Informe Etapa III 205 pp + Cuadros y Figuras.

⁵¹ Ministerio del Medio Ambiente. 2018. Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022, Ministerio del Medio Ambiente.

⁵² Tekman M.B., B.A. Walther, C. Peter, L. Gutow, & M. Bergmann. 2022. Impacts of plastic pollution in the oceans on marine species, biodiversity and ecosystems, 1–221, WWF Germany, Berlin. Doi: 10.5281/zenodo.5898684

⁵³ Senado. 2022, 17 10. Nulidad de Ley de Pesca: inician análisis técnico jurídico. Nota de prensa. <https://www.senado.cl/nulidad-de-ley-de-pesca-inician-analisis-tecnico-juridico>

La pandemia global COVID-19, aún impacta en términos económicos, sanitarios y plantea desafíos alimentarios. En cuanto a los recursos marinos, la generación de monitoreos y las evaluaciones de stocks de las pesquerías se pausaron o fueron limitados en distinta medida dependiendo de cada nación (Love *et al.* 2022⁵⁴). En Chile, hubo pausas y una disminución en la cobertura de algunos de los estudios que se realizan de forma regular para contar con datos biológico-pesqueros que den soporte al manejo de la pesquería y acuicultura. En términos globales, producto de las medidas de confinamiento, se han observado efectos positivos y también dañinos en los ambientes acuáticos y en los organismos que los habitan. Así, las pausas en las actividades antropogénicas permitieron reducir fuentes de contaminación y la actividad pesquera en algunas localidades. Por el contrario, se incrementó la generación de residuos sanitarios y el uso de los plásticos. Así, se ha concluido que aún es pronto para establecer los reales efectos asociados a la pandemia y que se requiere de más estudios que aborden la temática (UN 2021 *op. cit.*, Love *et al.* 2022 *id.*).

A nivel nacional, destacan cuatro eventos que interpelan el funcionamiento de la actividad pesquera. En primer lugar, el año 2019, se adoptó una ley para fortalecer el Servicio Nacional de Pesca. Ello permite, entre otros aspectos, la adición de más de 200 nuevos inspectores, lo que aumentará la efectividad de las supervisiones de la actividad extractiva. Un segundo aspecto corresponde a la creación del Instituto Nacional de Desarrollo Sustentable de la Pesca Artesanal y de la Acuicultura de Pequeña Escala o INDESPA. Esta institución se establece como un organismo público descentralizado, de personalidad jurídica y patrimonio propio, y busca promover el desarrollo de las pesquerías artesanales y de la acuicultura en pequeña escala. El tercer factor, también involucra a las pesquerías artesanales, ya que bajo el alero de la Ley 21.027, se faculta a las organizaciones artesanales a administrar de forma directa y regulada el espacio de las caletas y permite el desarrollo de actividades que no estén directamente relacionadas con la extracción pesquera, como aquellas asociadas al turismo y a la gastronomía. A partir de ello, se promueve la autogestión y el crecimiento de las comunidades asociadas a la pesquería artesanal (OECD 2021⁵⁵).

Finalmente, es importante mencionar que mientras se tramita la nulidad de la “Ley de Pesca”, se están realizando actividades territoriales que buscan avanzar

⁵⁴ Love D.C., L.M. Weltzien, N.S. Armstrong, D. Zayas-Toro, A.L. Thorne-Lyman & E.M. Nussbaumer. 2022. Global Assessment of COVID-19 on Fisheries and Aquaculture. Committee on Fisheries, 35 Session, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

⁵⁵ Organisation for Economic Cooperation and Development. 2021. Fisheries and Aquaculture in Chile. Review of Fisheries Country Notes.

en la elaboración de una “Nueva Ley de Pesca”. Este es un proyecto que busca integrar al mundo académico, a la industria, a las organizaciones de pesca artesanal y a trabajadores de plantas procesadoras y empresas, en la elaboración del nuevo cuerpo normativo (Gobierno de Chile 2022⁵⁶).

6.1.3.3. Resumen del estado de los recursos biológicos pesqueros de los ecosistemas marinos de Chile

El desembarque de erizo rojo, *Loxechinus albus* presenta una importante disminución al revisar la tasa de variación de dicho parámetro, en la serie histórica que compara los años 1999 y 2021 (**Ver Cuadro 6.1**). El estado de situación de este recurso se asocia a niveles de sobrexplotación que afectan negativamente las poblaciones naturales, llegando a alcanzar los mayores niveles de vulnerabilidad en el periodo que abarca los años 1960 a 2021. Además, el estudio de las tres zonas en que se realiza la evaluación del erizo, dan cuenta de una reducción en los estimados de biomasa en el trienio 2019 – 2021.

⁵⁶ Gobierno de Chile. 2022, 11 10. Hacia una Nueva Ley de Pesca. Nota de prensa. <https://www.gob.cl/noticias/hacia-una-nueva-ley-de-pesca-con-amplia-participacion-del-sector-artesanal-se-desarrollan-los-encuentros-locales-lo-largo-de-chile/>

Cuadro 6.1. Desembarque total por tipo de recurso, años 1999 y 2021.

Recurso	Desembarque 1999 (t)	Desembarque 2021 (t)	Tasa de Variación %
Recursos ícticos pelágicos			
Anchoveta	1.983.040	606.924	-69,39
Jurel	1.219.689	658.726	-45,99
Sardina común	782.142	344.115	-56,00
Sardina española	246.045	1.310	-99,47
Reineta	6.830	43.513	537,09
Pez espada	2.925	3.436	17,47
Total pelágicos	4.240.671	1.658.024	-60,90
Recursos ícticos demersales			
Merluza de cola	309.904	13.305	-95,71
Merluza del sur	24.656	17.947	-27,21
Congrio dorado	5.721	1.293	-77,40
Bacalao de profundidad	12.506	4.056	-67,57
Merluza de tres aletas	36.506	4.494	-87,69
Raya Volantín	3.369	586	-82,61
Merluza común	103.789	29.823	-71,27
Total demersales	496.451	71.504	-85,60
Recursos crustáceos			
Langostino Amarillo	7.263	3.114	-57,13
Camarón Nailon	7.951	4.462	-43,88
Langostino Colorado	12.710	6.176	-51,41
Total crustáceos	27.924	13.752	-50,75
Recursos moluscos			
Loco	2.294	2.353	2,57
Almeja	16.429	12.759	-22,34
Macha	1.728	1.273	-26,33
Pulpo	3.168	2.089	-34,06
Total moluscos	23.619	18.474	-21,78
Otros recursos			
Erizo	55.656	26.517	-52,36

En cuanto a *C. concholepas*, se han reportado mejoras en la obtención de datos que dan cuenta de su estado de explotación, en comparación con la situación que se describía en la publicación del año 2018 del presente informe. Así, se ha establecido, mediante el análisis de información obtenida desde las AMERB, que hay evidencias de sobreexplotación en las unidades poblacionales del “loco”. Asimismo, los estudios realizados han permitido definir cómo se deben abordar diversos aspectos para tener un mejor conocimiento del recurso, para poder contar con medidas de manejo pesquero adecuadas y que permitan avanzar en el desarrollo de la acuicultura comercial de esta especie.

La pesquería de almejas es multiespecífica, *Ameghinomya antiqua* y *Leukoma taca* concentran las mayores capturas, siendo las principales especies extraídas en la zona sur y en el norte respectivamente. El estado de situación de esta pesquería se ha mantenido en condiciones similares desde el año 2016 y hasta el 2021, con estimados de biomasa y del potencial reproductivo del stock por debajo de los niveles de referencia que buscan alcanzar el máximo rendimiento sostenible. Además, persisten las fuentes de incertidumbre que dificultan el análisis de las especies involucradas. Sin embargo, en la actualidad, se están considerando diversas medidas que buscan disminuir dicha brecha de conocimiento, estas buscan integrar nuevos indicadores al análisis del estado del recurso, diversificar las especies que se pueden extraer a partir del desarrollo de acuicultura de pequeña escala y mejorar los canales de información entre la institucionalidad y los usuarios del Plan de Manejo, entre otras.

La evaluación del estado de situación de la macha *Mesodesma donacium*, se realiza mediante observaciones *in situ* en las que se utiliza como indicador el número y la extensión de los bancos productivos presentes localidades de la Comuna de Maullín y de bancos ubicados en AMERB. A partir de dicha evaluación, y al igual que lo reportado en años anteriores para este recurso, se estima que se mantiene un patrón de bajas densidades y escasez de reclutas. Por otra parte, se han realizado importantes avances en la optimización del estudio de la macha mediante la inclusión de los pescadores durante la realización de las evaluaciones y para obtener información que permita desarrollar a futuro actividades de acuicultura. Con ello, se ha logrado reafirmar la validación de los resultados obtenidos por parte de los usuarios de la pesquería.

Respecto a la pesquería del pulpo del norte (*Octopus mimus*), persiste la dificultad de obtener datos confiables sobre el esfuerzo pesquero. Históricamente, este aspecto ha dificultado la evaluación del estado de este recurso. Además, aún hay brechas de conocimiento biológico y no se cuenta con indicadores del estado del stock como las tasas de mortalidad por pesca y los niveles de reclutamiento. En cuanto al pulpo del sur (*Enteroctopus megalocyathus*) se estima que los niveles de desembarque de la isla de Chiloé están por sobre el rendimiento máximo sostenible, a partir de lo que se sugiere considerar como objetivo de manejo la recuperación de la biomasa y disminuir el nivel de esfuerzo pesquero.

Al igual que en la última publicación del presente informe, el congrio dorado (*Genypterus blacodes*) se ubica en la categoría de sobreexplotación sin sobrepesca

en sus dos unidades de pesquería y se advierte la posibilidad de llegar a un colapso en un mediano plazo. La situación actual de este recurso se ha definido como la de un stock desmejorado, con niveles de reducción de biomasa desovante y, en consecuencia, con una extracción que se encuentra sostenida principalmente por ejemplares juveniles, que no han contribuido aún con su potencial reproductivo a la población.

En cuanto a la evaluación de la pesquería de merluza del sur (*Merluccius australis*) también se presenta una situación similar a la registrada en el 2018. Pues persiste la tendencia decreciente en los estimados de biomasa desovante. Además, durante los últimos años, el stock se ha mantenido reducido. A partir de ello, y tomando en cuenta la mortalidad por pesca y los niveles de biomasa desovante, se clasifica al stock como sobreexplotado y con un alto nivel de sobrepesca que sobrepasa en casi un 50% el valor relacionado al rendimiento máximo sostenible.

Otro recurso que ha mantenido un estado de deterioro en los últimos años es la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Se estima que esta especie no presenta señales de recuperación, pese a la reducción en las tasas de explotación y, en consecuencia, se le clasifica en un estado de agotamiento o colapso. Además, el estudio de la estructura de tallas y los registros de los pesos medios, son indicativos de una tendencia que se mantiene desde el 2008 y hasta el 2021, la que se caracteriza por la presencia dominante de ejemplares juveniles, escasez de adultos y una baja importante en el peso promedio de los individuos.

Una situación distinta se presenta en el caso de la merluza común o pescada (*Merluccius gayi gayi*), pues a pesar de que se mantiene el registro de un estado de sobreexplotación, se estima que hay señales de recuperación de este recurso. Esto se sostiene al considerar las tallas medias de las capturas y los rendimientos de pesca, pues ambos habrían presentado mejoras. Además, tras la realización del crucero de evaluación directa en el 2021, se registró una tendencia positiva en los principales indicadores demográficos de la especie. Respecto a la problemática histórica que representan las capturas no reportadas en esta pesquería, se está avanzando en la implementación de un modelo de transición que permita estimar la mortalidad por pesca y por flota no reportada.

La raya volantín (*Zearaja chilensis*) es un recurso que presenta una gran brecha de información, con importantes factores asociados a dicha la incertidumbre, como el grado de resiliencia de la especie, el subreporte, el descarte y la poca

disposición por parte de los usuarios a permitir el embarque de observadores científicos. Con ello, no se puede establecer el estado de situación de este recurso, aunque se estima que se encuentra sobreexplotado o agotado.

El análisis del recurso langostino amarillo (*Cervimunida johni*) lo clasifica en un estado de subexplotación y sin sobrepesca, con una tendencia sostenida al aumento en los estimados de biomasa desovante y total desde el año 2011. El mismo patrón se ha evidenciado en el caso del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) en cuanto a las estimaciones de biomasa. En esta especie, la mortalidad por pesca y el reclutamiento se han mantenido estables con el paso del tiempo. Así, se le categoriza en plena explotación y sin sobrepesca.

De forma similar a la evaluación del estado de situación de los langostinos, el camarón nailon (*Heterocarpus reedi*) presenta estimados de biomasa total estable y un aumento en la biomasa desovante entre los años 2019 – 2021. Además, la mortalidad por pesca se caracteriza por tener niveles reducidos. Con dichos antecedentes se estima que este recurso se encuentra subexplotado en las zonas centro-norte y centro-sur.

El estudio de la pesquería del recurso anchoveta (*Engraulis ringens*) se realiza considerando tres unidades de pesquería (Arica y Parinacota a Antofagasta, Atacama y Coquimbo, Valparaíso a Los Lagos). Tomando en cuenta antecedentes ambientales, evaluaciones de stock, estudios basados en modelación y la estructura de tallas, entre otros, el comité científico técnico a cargo define que el estado de la anchoveta en su unidad de pesquería norte se encuentra subexplotado. En tanto que las unidades centro-norte y centro-sur se califican en un estado de plena explotación.

El recurso sardina española (*Sardinops sagax*) mantiene su presencia representada en la forma de capturas incipientes en los registros de desembarque. Durante los años 2018, 2019 y 2021 dichos valores bordearon las 1.500 toneladas, en tanto que el 2020, se alcanzó un estimado de 3.547 t. Como se ha reportado en años anteriores, no se cuenta con los antecedentes necesarios para poder estimar un marco biológico de referencia, con lo cual no se puede efectuar una evaluación del stock de este recurso. Así, se mantiene el estado de agotamiento o colapso para definir su estado pesquero. Al respecto se postula que la influencia de condiciones ambientales, físicas y biológicas no habrían sido favorables para su desarrollo.

La sardina común (*Strangomera bentincki*) tiene un comportamiento estacional que propicia la formación de agregaciones de alta densidad en zonas costeras. Esta estacionalidad también es influenciada por el proceso de reclutamiento, producto de ambos factores, la pesquería se ha sustentado mayoritariamente por ejemplares juveniles y reclutas. Así, la definición del estado y de las posibilidades de explotación del recurso, le clasifican en sobreexplotación y con una alta probabilidad de estar en sobrepesca en el año biológico 2020-21.

Para el recurso jurel (*Trachurus murphyi*), se confirman los resultados que daban cuenta de niveles de recuperación durante el 2017. Pues se ha estimado un aumento en la biomasa durante los últimos años y una mejora constante en este recurso desde el 2010. Esto es coincidente con las condiciones de mejora establecidas según la evaluación de Stock en marco del Comité Científico de la ORP-PS, la que caracteriza aspectos de crecimiento, biomasa, reclutamientos y de mortalidad por pesca. Así, se ha definido que el jurel se encuentra en un estado de plena explotación y sin riesgo de sobrepesca.

El diagnóstico del estado del pez espada o albacora (*Xiphias gladius*) se define considerando información independiente de la evaluación de stock del Océano Pacífico Sur Oriental, la estructura de longitudes de la captura y la captura por unidad de esfuerzo. Dado que este último parámetro ha presentado una tendencia positiva durante la serie de tiempo 2001 – 2019, y que este valor se mantiene alto en el 2020, se postula que la población de esta especie se encuentra saludable. Así, se clasifica en un estado de plena explotación.

La reineta (*Brama australis*), es uno de los pocos recursos que presenta una tasa positiva de variación en la comparación de los desembarques de los años 1999 y 2021 (**Ver Cuadro 6.1**). Respecto a estos registros, se debe tener en cuenta que se trata de una de las pesquerías que tienen un importante nivel de subreporte asociado a los registros oficiales. Un aspecto positivo de la presente revisión de este recurso, es el avance en el estudio de la especie, el que pasó de ser incipiente a contar con una base de datos más completa y a la inclusión experimental de la modelación en el análisis de su estado. Además, ha habido incrementos en el monitoreo de embarcaciones y en puertos. A pesar de dichos avances, la evaluación del stock se realiza aún bajo un enfoque de pesquería pobre en datos, a partir del cual, se le ha clasificado en sobreexplotación y sometido a un alto nivel de sobrepesca, la que debe ser controlada en forma urgente.

El estado de deterioro que se hace evidente en algunos de los recursos biológicos marinos se puede vincular a diversas problemáticas. En algunos casos, la extracción pesquera excesiva ha sido relacionada a situaciones de colapso o agotamiento de los stocks. En tanto que, si se trata de recursos que presentan vulnerabilidad asociada a sus ciclos de vida o a una fuerte dependencia a los factores ambientales, la situación de desgaste puede permanecer en el tiempo a pesar de los esfuerzos del manejo pesquero por controlar la mortalidad por pesca.

Además, existen otros aspectos que dificultan la gestión sostenible las pesquerías basadas en los recursos nacionales. Así, se ha mencionado a lo largo de la revisión de este capítulo, que el problema del subreporte o la captura no declarada son factores que persisten en el tiempo y que perjudican las evaluaciones del estado de los stocks al añadir incertidumbre a los análisis. Al respecto, se ha avanzado en el trabajo integrativo, que busca hacer los estudios de forma coordinada con pescadores artesanales. A partir de ello, se fomentan las buenas prácticas, se validan los resultados generados por la institucionalidad y se disminuyen brechas en el conocimiento de las especies gracias al conocimiento empírico de los usuarios.

También es importante destacar que la presente edición de este capítulo da cuenta de diferentes enfoques que se han aplicado al momento de hacer los estudios de las especies. En ese sentido, se ha avanzado en la inclusión de variables oceanográficas, las que son de gran importancia al evaluar especies de pequeños pelágicos, como la anchoveta o las sardinas y también en el caso del jurel. En una línea similar, igualmente al estudiar el jurel, se ha aplicado un criterio ecosistémico en el análisis de su estado, lo que permite cumplir con los requerimientos de conservación y de ordenamiento integral adecuado para el manejo de una especie transzonal. Por otra parte, se han realizado estudios de las especies de crustáceos considerando zonas geofísicas, las que se definen de acuerdo con la información biológica, reproductiva y de distribución de dichas especies. De forma análoga, a partir de la evaluación de *C. concholepas*, se ha recomendado realizar los análisis de los recursos bentónicos considerando la conectividad existente entre unidades poblacionales y el ambiente.

Finalmente, es importante mencionar que el desarrollo de la pandemia tuvo efectos sobre la actividad pesquera, pausando temporalmente la extracción de erizo y de especies de pulpo. Además, hubo un impacto sobre los estudios

causado por las limitaciones para el desplazamiento, generándose disminuciones en la cobertura espacial del área de estudio, ejemplo de ello es la evaluación del jurel en el año 2021.

6.1.3.4. Estado de áreas marinas protegidas y su funcionamiento

La designación de Áreas Marinas Protegidas (AMP) es un elemento ampliamente reconocido como una herramienta de protección para los ecosistemas marinos. El establecimiento de las AMP involucra, entre otros aspectos favorables, la protección tanto de la biodiversidad marina, como de los procesos relacionados al ciclo de vida de las especies. Las reservas y los parques marinos nacionales son áreas que resguardan ecosistemas y biodiversidad únicos, son semilleros de recursos hidrobiológicos de interés comercial y suelen presentar especies marinas protegidas (Lester *et al.* 2009⁵⁷, Sala & Giakoumi 2018⁵⁸, Buschmann *et al.* 2019⁵⁹).

Además, estas áreas fomentan la permanencia de espacios de valor paisajístico y de riqueza ecosistémica. La ONU destaca también los beneficios sociales y económicos asociados, pues garantizan el uso sostenible de los recursos naturales y el desarrollo de actividades como el turismo, involucrando a distintos actores y a la comunidad local en la planificación y distribución de los beneficios que proveen los océanos (Bennett & Dearden 2014⁶⁰, Hayes *et al.* 2019⁶¹). Asimismo, se favorece el rol regulador de los océanos, con respecto a la disminución de los efectos del calentamiento global y a la amortiguación de los impactos que produce su acidificación (Laffoley *et al.* 2016⁶², PNUMA 2017⁶³).

Es importante considerar que la efectividad, en términos de los beneficios que puede generar el establecimiento de una AMP, depende de que se cuente con una sólida base científica y política para la gestión y conservación de los recursos

⁵⁷ Lester S.E., B.S. Halpern, K. Grorud-Colvert, J. Lubchenco, B.I. Ruttenberg, S.D. Gaines, S. Airamé & R.R. Warner. 2009. Biological effects within no-take marine reserves: A global synthesis. *Marine Ecology Progress Series* 384:33–46.

⁵⁸ Sala E. & S. Giakoumi. 2018. No-take marine reserves are the most effective protected areas in the ocean, *ICES Journal of Marine Science* 75(3): 1166–1168. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx059>

⁵⁹ Buschmann, A.H, S. Gelcich, P. Díaz, R. Estévez, M.C. Hernández González, N. Lagos, M. Lardies, M.J. Martínez-Harms, S.V. Pereda & J. Pulgar. 2019. Acuicultura, pesca y biodiversidad en ecosistemas costeros de Chile. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

⁶⁰ Bennett N.J. & P. Dearden. 2014. From measuring outcomes to providing inputs: Governance, management, and local development for more effective marine protected areas. *Marine Policy* 50: 96–110.

⁶¹ Hayes K.R., G.R. Hosack, E. Lawrence, P. Hedge, N.S. Barrett, R. Przeslawski, M. Caley & S.D. Foster. 2019. Designing Monitoring Programs for Marine Protected Areas Within an Evidence Based Decision Making Paradigm. *Frontiers in Marine Science* 6 doi:10.3389/fmars.2019.00746

⁶² Laffoley D. & J.M. Baxter. 2016. Explaining ocean warming: Causes, scale, effects and consequences. Full report. Gland, Switzerland: IUCN 456 pp.

⁶³ PNUMA. 2017. Fronteras 2017, Nuevos temas de interés ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi.

hidrobiológicos (Addison *et al.* 2017⁶⁴). Es por ello que, desde un punto de vista normativo, se encuentran reguladas tanto las actividades que pueden desarrollarse en las AMP, como los organismos institucionales responsables de su gestión y fiscalización. Por otra parte, la gobernanza de estas áreas se reconoce en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 14 de la ONU y en la Meta Aichi 11 para la Diversidad Biológica. Lo anterior se define según el tipo de área en cuestión, existiendo en Chile cuatro clasificaciones de acuerdo con lo estipulado por la Subpesca: las reservas marinas, los parques marinos, los santuarios de la naturaleza y las áreas marinas y costeras protegidas de múltiples usos.

El organismo encargado de la tuición de los parques y reservas marinas es Sernapesca. Este ente define el Programa de Investigación del Plan General de Administración (PGA) de cada una de estas áreas protegidas. Dicho programa provee el marco que faculta la realización de actividades de investigación y de monitoreo en las AMP. Es así que el PGA constituye un instrumento de gobernanza que contiene los fundamentos del establecimiento del área protegida, el marco conceptual y operativo y los programas de administración, investigación, manejo, extensión, monitoreo y fiscalización (Sernapesca 2015⁶⁵).

Para alcanzar los objetivos a los que apunta este instrumento, se requiere contar con una administración participativa y con un sistema de vigilancia y de fiscalización permanente. Este último factor toma especial relevancia al considerar que Chile aún se mantiene en una etapa más bien inicial en cuanto a la gestión de estas áreas, ya que aún existen falencias en cuanto al establecimiento de planes de administración y monitoreo o fiscalización de las AMP ya establecidas. En cuanto a la administración de los parques y reservas marinas, mediante el PGA, se busca fomentar acciones de investigación orientadas a determinar el estado de los objetos de conservación y/o de preservación definidos para cada AMP, aunque dichas actividades están supeditadas a contar con los financiamientos requeridos y se gestionan de acuerdo con las necesidades de cada área. Por otra parte, la evaluación del cumplimiento de los objetivos de creación de una AMP y la necesidad de adaptar su estrategia de gestión, se determinan con base en el estudio del desempeño de estas áreas protegidas. Para

⁶⁴ Addison P.F., D.J. Collins, R. Trebilco, S. Howe, N. Bax, P. Hedge, ... & A. McQuatters-Gollop. 2017. A new wave of marine evidence-based management: emerging challenges and solutions to transform monitoring, evaluating, and reporting, *ICES Journal of Marine Science* 75(3): 941-952. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx216>

⁶⁵ Sernapesca. 2015. Tríptico: Red de Reservas Marinas bajo tuición de Sernapesca.

ello, se definen un conjunto de indicadores en los ámbitos biológico, socio-económico y de gobernabilidad (Sernapesca 2021⁶⁶).

En la última edición del presente informe, se destacaba la creación de dos parques marinos, el Parque Marino Archipiélago de Juan Fernández y el Parque Marino Mar de Cabo de Hornos. A partir de su establecimiento se concretó, de forma normativa, el cierre del acceso de la pesca industrial en más de 420 mil km². Con ello, se busca proteger zonas de gran biodiversidad, con un alto nivel de endemismo y preservar los ecosistemas de canales y fiordos asociados al Archipiélago Diego Ramírez, los montes submarinos del Paso Drake y los ecosistemas costeros aledaños.

Actualmente, se cuenta con un sistema de áreas marinas y costeras bajo protección oficial que en total abarcan alrededor de 1.500.000 km², representando más del 40% de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) nacional (Sernapesca 2022b⁶⁷). Los tipos de AMP que existen en Chile son nueve parques marinos, cinco reservas marinas (**Ver Cuadro 6.2**), diez áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos (AMCP-MU) y no se han designado santuarios de la naturaleza costeros (Foro para la Conservación del Mar Patagónico y Áreas de Influencia 2019⁶⁸).

⁶⁶ Sernapesca. 2021. Lineamientos de investigación en parques marinos y reservas marinas, y programa de monitoreo de biodiversidad priorizado. Informe Sernapesca, Unidad de Conservación y Biodiversidad.

⁶⁷ Sernapesca. 2022b. Guía de parques y Reservas Marinas.

⁶⁸ Foro para la Conservación del Mar Patagónico y Áreas de Influencia. 2019. Informe técnico sobre el desarrollo de directrices para la creación y gestión efectiva de Áreas Marinas Protegidas en Chile.

Cuadro 6.2. Parques y Reservas Marinas bajo la tuición de Sernapesca.

Tipo AMP	Nombre AMP	Localidad	Región	Decreto Supremo de creación
Reserva Marina	La Rinconada	La Rinconada	Antofagasta	522/1997
	Isla Chañaral	Isla Chañaral	Atacama	150/2005
	Islas Choros y Damas	Islas Choros y Damas	Coquimbo	151/2005
	Pullinque	Estero de Quetalmahue	Los Lagos	133/2003
	Putemún	Estero de Castro	Los Lagos	134/2003
Parque Marino	Motu Motiro Hiva	Islas Salas y Gómez	Valparaíso	235/2010
	Nazca-Desventuradas	Islas San Ambrosio y San Félix	Valparaíso	5/2016
	Montes Submarinos Crusoe y Selkirk	Archipiélago de Juan Fernández	Valparaíso	10/2016
	Red de Parques Marinos: "Lobería Selkirk", "El Arenal", "Tierra Blanca" y "El Palillo"			
	Mar de Juan Fernández			
	Francisco Coloane	Isla Carlos III	Magallanes	276/2003
	Islas Diego Ramírez y Paso Drake	Archipiélago Diego Ramírez y el Paso Drake	Magallanes	9/2018

Fuente: Sernapesca

Además de las tipificaciones mencionadas, existen también las figuras de Ecosistemas Marinos Vulnerables y los Espacios Costeros Marinos Pueblos Originarios (ECMPO). Los primeros se definen, de acuerdo con estipulado en la Ley 20.657, como unidades naturales conformadas por estructuras geológicas frágiles y poblaciones o comunidades de invertebrados de baja productividad biológica, que ante perturbaciones antrópicas tienen escasa recuperación, pueden ser montes submarinos, fuentes hidrotermales, formaciones coralinas de agua fría o cañones submarinos (SEA 2022⁶⁹). En estos espacios está prohibida la realización de actividades pesqueras con artes, aparejos y otros implementos de pesca que afecten el fondo marino.

En tanto que los ECMPO, corresponden a una figura jurídica creada por la Ley 20.249, en la que se los define como espacios marinos delimitados que buscan preservar el uso consuetudinario de dichos espacios y de los recursos naturales ahí presentes, por parte de las comunidades indígenas vinculadas al borde costero. Los ECMPO son representativos de un importante avance en materia de política indígena a nivel nacional y se les describe como componentes esenciales para el bienestar humano al ser zonas en que se promueve la conservación de la

⁶⁹ Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2022. Guía metodológica para la descripción de ecosistemas marinos.

biodiversidad y el resguardo de la calidad ambiental de los ecosistemas marino-costeros (Carrasco-Bahamonde 2022⁷⁰, Cid & Araos 2022⁷¹).

En la última edición de este informe, se destacaba el trabajo conjunto desarrollado por Argentina y Chile en la propuesta para la creación de una nueva AMP en la Antártica. Actualmente, y a pesar del liderazgo y de la fuerte colaboración científica de ambas naciones, aún el proceso se encuentra sometido a discusión y no se ha logrado llegar a un consenso para adoptar la propuesta (Cárdenas 2020⁷²). Al respecto se menciona la problemática derivada de la existencia de barreras políticas que son capaces de interferir en estos procesos, a pesar de contar con buenas prácticas de trabajo científico. En ese sentido, se requiere contar con mayor voluntad política en la designación de las AMP en el Océano Austral (Sylvester & Brooks 2020⁷³).

Como se ha mencionado anteriormente, existen diversas las problemáticas derivadas de la gestión de las AMP. Por ejemplo, destacan aspectos como la ubicación geográfica y la extensión de estas áreas como elementos que dificultan su fiscalización y monitoreo (Terram 2018⁷⁴). Con el fin de avanzar en la correcta administración de estas zonas, se ha trabajado en la definición de líneas de investigación y en el establecimiento de un programa de manejo y monitoreo priorizado en función de las necesidades específicas identificadas para cada AMP (Sernapesca 2021 op. cit.).

También existen desafíos que involucran los impactos que pueden generar distintos sectores productivos cuando hay interacción con las AMP. La WWF Chile (2022⁷⁵) realizó un estudio dedicado a evaluar dichas interacciones entre las AMP de la Patagonia chilena y las actividades de minería, pesca industrial y de salmonicultura, dejando en evidencia los efectos negativos que tienen dichas actividades. En el caso de la minería se pueden producir daños sociales y ambientales irreversibles que, tratándose de la Patagonia, pueden surgir a causa

⁷⁰ Carrasco-Bahamonde D. 2022. Espacios Costeros Marinos de los Pueblos Originarios y salmonicultura en Chile. Dilemas en perspectiva histórica. *Revista De Historia* 1(29): 15-45. <https://doi.org/10.29393/RH29-2ECDC10002>

⁷¹ Cid D. & F. Araos. 2021. Las contribuciones del Espacio Costero Marino para Pueblos Originarios (ECMPO) al bienestar humano de las comunidades indígenas de Carelmapu, Sur de Chile. *CUHSO* 31: 250-275. doi: 10.7770/cuhso-v31n2-art2258

⁷² Cárdenas C. 2020. La importancia de la protección en la península Antártica: desarrollo y estado de la propuesta de AMP. Nota de prensa: <https://www.inach.cl/inach/?p=28980>

⁷³ Sylvester Z.T. & C.M. Brooks. 2020. Protecting Antarctica through Co-production of actionable science: Lessons from the CCAMLR marine protected area process. *Marine Policy* 111: 103720. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103720>

⁷⁴ Fundación Terram. 2018. Cartilla: Las Áreas Protegidas de Chile - Estado actual 2018.

⁷⁵ WWF Chile. 2022. Interacciones y efectos de principales actividades Industriales en Áreas Marinas Protegidas de la Patagonia Chilena. WWF Chile.

del proyecto a cielo abierto de gran escala Mina Invierno, emplazado en Isla Riesco, en la Región de Magallanes (Armendáriz 2016⁷⁶). En cuanto a la pesca industrial, se ha mencionado la importancia del rol de la fiscalización en prevenir el desarrollo de faenas extractivas dentro de las AMP. En una línea similar, la actividad de salmonicultura genera preocupación ante la cantidad de concesiones que están vigentes y en vías de ser aprobadas dentro de áreas que cuentan con protección oficial, debido a los impactos negativos que ha demostrado tener dicha actividad (Buschmann *et al.* 2006⁷⁷, Quiñones *et al.* 2019⁷⁸).

Otro aspecto mencionado en la versión del 2018 del presente capítulo, hacía referencia a la importancia de aprobar la ley para crear el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (OCDE 2016⁷⁹). Pues uno de los beneficios principales de contar con dicho organismo recae en que todas las áreas protegidas marinas y terrestres contarían con la administración directa del Ministerio del Medio Ambiente. Con ello, se busca fortalecer el instrumento de conservación que constituyen estas áreas. Aunque aún no se cuenta con esta ley, ha habido importantes avances en el proceso que permitirá formalizar dicha iniciativa (MMA 2022⁸⁰).

También en la edición anterior del presente informe, se hacía mención a la sugerencia de establecer una AMP que promueva la conservación de los ecosistemas asociados al Sistema de la Corriente de Humboldt. Esta propuesta nace del valor que contiene este sistema en términos de productividad, de complejidad y de las interconexiones que se presentan a lo largo del área de influencia de esta corriente. La creación de un área de protección permitirá preservar el funcionamiento y la integridad de los servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas costeros asociados a este gran sistema (Aguilera *et al.* 2019⁸¹).

⁷⁶ Armendáriz E.J. 2016. Áreas Naturales Protegidas y Minería en México: Perspectivas y Recomendaciones. Tesis de Doctorado en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. <http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/50>

⁷⁷ Buschmann A.H., V.A. Riquelme, M.C. Hernández-González, D. Varela, J.E. Jiménez, L.A. Henríquez, ... & L. Filún. 2006. A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific, *ICES Journal of Marine Science* 63(7): 1338–1345. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2006.04.021>

⁷⁸ Quiñones R.A., M. Fuentes, R.M. Montes, D. Soto, D. & J. León-Muñoz. 2019. Environmental issues in Chilean salmon farming: a review. *Reviews in Aquaculture* 11: 375-402. <https://doi.org/10.1111/raq.12337>

⁷⁹ ODCE. 2016. Evaluaciones de desempeño ambiental: Chile, aspectos destacados.

⁸⁰ Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2022. Tras once años de tramitación, Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP) finalmente será ley. Nota de prensa: <https://mma.gob.cl/tras-once-anos-de-tramitacion-servicio-de-biodiversidad-y-areas-protegidas-sbap-finalmente-sera-ley/>

⁸¹ Aguilera M., J. Aburto, L. Bravo, B. Broitman, R. García, C. Gaymer, ... & M. Thiel. 2019. Chapter 29 – Chile: Environmental Status and Future Perspectives, *World Seas: An Environmental Evaluation* (2° Edition). Vol I: Europe, the Americas and West Africa, 673 – 702.

Al respecto, en la actualidad se trabaja de manera articulada, mediante la formulación de un proyecto desarrollado de forma conjunta entre Chile y Perú, con ejecución a cargo de Subpesca y del Viceministerio de Pesca y Acuicultura del Ministerio de la Producción del Perú (PRODUCE). Este proyecto tiene por objeto lograr la provisión sostenible y resiliente de los bienes y servicios de los recursos marinos vivos presentes en el Sistema de la Corriente de Humboldt. Se ha formulado con una duración de cinco años y se focaliza en la zona sur del Perú y norte de Chile. Su implementación será realizada por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con cofinanciamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) y con apoyo económico de los Estados de ambas naciones (Prensa Subpesca 2022⁸²).

6.1.3.5. Comentario sobre libro de Pablo Marquet relativo a “límites de la pesquería”

En el estudio realizado por Marquet *et al.* (2021⁸³) se toma como referencia el trabajo de Cole *et al.* (2014⁸⁴) con el fin de establecer un límite global definido para las pesquerías. Los autores definieron a la categoría de clasificación de las pesquerías establecido por la Subpesca entre los años 2012 y 2021, como la variable operacional del límite de las pesquerías nacionales. El límite fijado fue de cero pesquerías nacionales en estado de colapso. A partir de ello, los autores del estudio estiman que Chile ha transgredido ampliamente dicho límite en todos los años analizados, agregando que “la brecha ambiental del país es profunda y demanda urgentemente un replanteamiento del modelo de desarrollo imperante”.

Estando de acuerdo en líneas generales con lo propuesto por Marquet y colaboradores, en el sentido de que la base del problema radicaría en parte en el modelo de desarrollo, también existen otras variables, internacionalmente estudiadas, en zonas geográficas con distintos modelos de desarrollo, y sin embargo también participan en el problema que se describe, generando finamente resultados parecidos a la experiencia chilena.

⁸² Prensa Subpesca. 2022. Chile y Perú inician acciones conjuntas para una gestión sostenible del Gran Ecosistema Marino de la Corriente Humboldt. Nota de prensa: <https://www.subpesca.cl/sitioprensa/614/w3-article-114803.html>

⁸³ Marquet P.A., A. Gaxiola, M.I. Ávila-Thieme, A. Pica-Téllez, S. Vicuña, A. Alaniz, ... & L. Menares. 2022. Las tres brechas del desarrollo sostenible y el cierre de la brecha ambiental en Chile, Oportunidades para una recuperación pospandemia más sostenible y con bajas emisiones de carbono en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 109 pp.

⁸⁴ Cole M.J., R.M. Bailey & M.G. New. 2014. Tracking sustainable development with a national barometer for South Africa using a downscaled “safe and just space” framework. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) 111: E4399–E4408. <https://doi.org/10.1073/pnas.1400985111>

Ateniéndonos a muchos estudios científicos que vienen abordando este tema de la sobreexplotación y agotamiento de los recursos pesqueros desde hace varias décadas, se sabe que la recuperación de las poblaciones marinas sobreexplotadas ha sido lenta, y la mayoría permanecen por debajo de los niveles de biomasa objetivo. Es conocido el hecho de que la resiliencia de las poblaciones sometidas a niveles moderados de sobrepesca ve mejorada su opción de recuperación. Sin embargo, la intensa sobreexplotación prolongada, de un recurso aumenta notablemente la incertidumbre respecto a una posible recuperación. Un ejemplo claro de esto es el colapso de la merluza común en la zona central de Chile en 2004, producto por una parte a la sobreexplotación, pero también al aumento de un depredador natural conocido como calamar (o jibia) (*Dosidicus gigas*).

A pesar de los esfuerzos de las autoridades pesqueras, este recurso después de casi 20 años, no ha mostrado una recuperación saludable, sino solo una muy leve mejora, que lo mantiene en categoría de sobreexplotación, al límite del colapso. Es indudable que aquí hay otra variable que juega fuertemente en contra de la recuperación de la merluza común, y es la captura no reportada, unido a la pesca ilegal (no la de un pescador artesanal determinado sino a organizaciones ilegales bien estructuradas).

Ésta sería la principal fuente de distorsión de los datos de captura de la merluza, y de muchos otros recursos, lo que afecta la estimación de la mortalidad natural, y con ello, las recomendaciones y medidas impuestas para la gestión de la sustentabilidad de las pesquerías.

Es claro que cuando las pesquerías están sujetas a una ordenación adecuada, las poblaciones superan sistemáticamente los niveles objetivo o inician su recuperación. Sin embargo, ello está asociado a reducciones oportunas y decisivas en las tasas de captura, lo que no es fácil establecer por la autoridad política de turno, debido a la fuerte presión de pesca por diferentes sectores. La realidad de las capturas actuales y los bajos niveles de biomasa hacen que la recuperación sea poco probable para la mayoría de las poblaciones agotadas de Chile y del mundo.

Es indudable que la sobreexplotación ha provocado el colapso de muchas de las pesquerías del mundo (Pedersen *et al.* 2017⁸⁵), en donde la mayoría de ellas no se

⁸⁵ Pedersen E; P. Thompson; R. Ball, et al. 2017. Signatures of the collapse and incipient recovery of an overexploited marine ecosystem. R. Soc. open sci. 4: 170215. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.170215>.

ha logrado recuperar, y aquellas que lo han conseguido, ha sido principalmente debido a fuertes reducciones en la presión de pesca Neubauer 2014⁸⁶).

6.1.3.6. Conclusiones

A nivel planetario, el estudio del estado de las pesquerías da cuenta de que estos recursos mantienen la disminución observada en años previos. Esta baja se relaciona a factores tales como: la pesca excesiva, el manejo pesquero deficiente, la contaminación, entre otros. Sin embargo, a partir del análisis de la composición de los desembarques, se concluye que la proporción de poblaciones de peces que se encuentran en niveles biológicamente sostenibles ha aumentado entre los años 2017 y 2019 (FAO 2022⁸⁷).

En Chile, la definición del estado de situación de 28 unidades de pesquería, establecido por la Subpesca (2022 Op. cit), establece que hay 3 subexplotadas, 9 en Plena Explotación, 10 Sobreexplotadas y 6 en un estado de Agotamiento o de Colapso. Ello implica que hasta el año 2021, el 57% de los recursos pesqueros nacionales presentan una situación muy delicada, pues se los ha asociado a un estado de Agotamiento o de Sobreexplotación, los cuales son indicativos de que sus niveles de biomasa son menores al valor correspondiente al RMS y que dichas pesquerías han dejado de ser sustentables.

Además, hay 17 recursos que conforman pesquerías de acceso cerrado, en las que no se tiene la información necesaria para determinar su situación, pues no se han podido establecer los puntos biológicos de referencia, por ello, a estos recursos se les ha incluido en la categoría de Plena Explotación, medida que es más bien de corte administrativo que científica. Sin embargo, es probable que varios de estos 17 recursos se encuentren ya, al menos, en la categoría de Sobreexplotados.

Por otra parte, es importante destacar que los recursos anchoveta, camarón nailon y langostino amarillo, cuentan con un estado más favorable en comparación con la situación presentada en años anteriores. Además, la Subpesca señala que hay indicadores de desempeño de las pesquerías que manifiestan signos de recuperación.

⁸⁶ Neubauer et al. 2013. Resilience and Recovery of Overexploited Marine Populations. Science VOL 340. Págs. 347-349.

⁸⁷ Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

Tanto la FAO, como la Subpesca (2022 Op. cit.) asocian la ocurrencia de estos cambios favorables a la gestión del manejo pesquero. Así, se señala que la ordenación pesquera eficaz tiene la capacidad de recuperar satisfactoriamente las poblaciones de los recursos pesqueros y es esencial para restaurar los ecosistemas y velar por que el estado de estos sea saludable y productivo.

En los últimos años de registro de datos (2020 a 2021), se aprecia un leve aumento en los desembarques de algunas especies, influido probablemente por la pausa de extracción pesquera debida a la pandemia, lo que habría permitido una recuperación parcial del recurso. El leve ascenso de la curva es claro en recursos tales como “loco”, “macha” y “Bacalao”. Esta pausa pesquera obligada, durante casi 20 meses en Chile, resultó como un experimento soñado, que posibilita conocer la resiliencia de estos recursos cuando no hay presión de pesca sobre ellos. Esta positiva resiliencia observada en algunos recursos, permite abrigar ciertas esperanzas de que podemos recuperar algunos de ellos, si somos rigurosos en no permitir sobreexplotación, en respetar las vedas biológicas reproductivas, y en fiscalizar adecuadamente la pesca ilegal organizada.

6.1.4. Estado de la contaminación de los ecosistemas marinos y del borde costero

6.1.4.1. Normativa Nacional e Internacional Aplicable a la Realidad Nacional

De acuerdo a la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente de Chile, modificada por la Ley 21455 del 13 de junio de 2022, se define “contaminación”, como *la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones o concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente*. Adicionalmente, el D.S. Nº 40/2013 “Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental”, en su Artículo 11, se hace cargo de la posible falta de normas de referencia nacional, y establece que en su ausencia, se podrán utilizar como referencia normas de calidad ambiental y de emisión vigentes en otros estados, como la República Federal de Alemania, República Argentina, Australia, República Federativa del Brasil, Canadá, Reino de España, Estados Unidos Mexicanos, Estados Unidos de América, Nueva Zelandia, Reino de los Países Bajos, República Italiana, Japón, Reino de Suecia y Confederación Suiza. No obstante, debe hacerse hincapié que el mismo D.S. Nº 40/2013 establece que *“Para la utilización de las normas de referencia, se priorizará aquel Estado que posea **similitud en sus componentes ambientales**, con la situación nacional y/o local, lo que será justificado razonablemente por el proponente”*.

Se deduce de lo anterior, que para determinar si una sustancia es o no contaminante en Chile, debemos contar con alguna legislación vigente, nacional o internacional. Por tanto, para determinar el estado de la calidad de las distintas matrices ambientales marinas respecto a los metales pesados y a otros parámetros adicionales, es necesario considerar qué normativas vigentes nacionales o internacionales se encuentran disponibles para aguas y sedimentos marinos, o determinar qué criterios se aplican en distintos países desarrollados, ya sea a través de directrices o en su defecto, en normas de calidad para un determinado indicador ambiental.

En nuestro país, la calidad ambiental primaria o secundaria que poseen los cuerpos de agua marinos no se encuentra regulada en algún instrumento reglamentario oficial. Sólo se cuenta con el D.S. N° 144/2009 “Normas de Calidad Primaria para la Protección de las Aguas Marinas y Estuarinas Aptas para Actividades de Recreación con Contacto Directo”, promulgado por el Ministerio Secretaría General de la Presidencia el 30 de diciembre del 2008 y publicado en el Diario Oficial el 07 de abril del 2009 (D.S. (MINSEGPRES) N° 144/2009). Éste dirige sus objetivos a establecer la calidad de un cuerpo de agua cuando ha sido monitoreado en varias ocasiones. Su propósito general es la protección de la calidad de las aguas marinas y estuarinas, de manera de salvaguardar la salud de las personas. Las normas primarias “anuales” de calidad ambiental para cada uno de los compuestos o elementos presentes en aguas marinas y estuarinas que se utilicen para actividades de recreación con contacto directo se indican en el **Cuadro 6.3.**

Cuadro 6.3. Valores anuales de calidad primaria para aguas destinada a uso recreativo con contacto directo.

Indicador	Unidad	Percentil	Estándar
Color	Escala Pt-Co	80	100
pH	Unidad de pH	95	6,0 – 8,5 ⁽¹⁾
Cianuro	mg/L	95	0,77
Arsénico	mg/L	95	0,11
Cadmio	mg/L	95	0,033
Cromo	mg/L	95	0,55
Mercurio	mg/L	95	0,011
Plomo	mg/L	95	0,11
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	100	1.000

Fuente: D.S. (SEGPRES) N° 144/2009. El pH está expresado en términos de valor mínimo y máximo.

Es necesario aclarar que, en muchas ocasiones, estudios de línea de base ambiental marina o programas de vigilancia ambiental, comparan los resultados obtenidos en las aguas con el NCh1333. Of78 modificada en 1987 “Requisitos de calidad del agua para diferentes usos”; no obstante, esta aplica, tal cual se indica

en capítulo 8. Requisitos para aguas destinadas a vida acuática, acápite 8.1, solo para aguas dulces.

Otro aspecto puntual que los últimos años ha tomado gran relevancia en Chile, se relaciona con el funcionamiento de las plantas desalinizadoras. Debido a que la gran mayoría de las plantas desalinizadoras en Chile funcionan haciendo uso del proceso de osmosis inversa, lo que se genera finalmente de dicho tratamiento de las aguas, es una salmuera, que contiene, aproximadamente, entre un 45-50% más de sales que las aguas catadas para desalinizar. En dicho contexto, el actual D.S. N° 90/2001 “Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. 2001. Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República”, no considera dentro de los parámetros de descarga la salinidad. A falta de normativa específica nacional, en noviembre de 2021 la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante de la Armada de Chile (DIRECTEMAR) elaboró una “Guía para la Evaluación Ambiental de Proyectos Industriales de Desalación en Jurisdicción de la Autoridad Marítima”. Si bien esta Guía establece qué parámetros deben ser analizados en aguas, sedimentos y tejidos de organismos vivos, no establece límites máximos o mínimos a cumplir. No obstante, en el contexto de los modelamientos de la descarga de salmuera al mar, cita algunas guías o normativas internacionales a considerar, siendo la más referenciada en estudios de línea de base marina de los estudios o declaraciones de impacto ambiental nacional, la “Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters” (ANZECC 1992), de Australia, que establece como estándar ambiental aceptable un incremento no mayor al 5% de la salinidad base en el medio marino receptor. Cabe mencionar, sin embargo, que en la actualidad esta normativa australiana de 1992, ha sido reemplazada por una del año 2000, pero la autoridad chilena no la ha actualizado y sigue recomendando la versión más antigua.

En tanto, actualmente nuestro país no dispone de regulaciones ambientales que establezcan límites mínimos y/o máximos de concentración para sustancias químicas en sedimentos marinos. Considerando lo estipulado en el D.S. N° 40/2013 en su Artículo 11, existe una variada gama de directrices o regulaciones ambientales extranjeras aplicables a la calidad secundaria de sedimentos marinos (y aguas, la mayoría de ellas basadas en niveles o contenidos de sustancias químicas (criterio de concentración). Asimismo, se han generado criterios de calidad en base a estudios de ecotoxicidad (bioensayos) en la biota marina

(criterio de exposición). Dichos criterios no representan una norma primaria de valores máximos permitidos para los sedimentos marinos, si no que se utilizan como guía para las autoridades que deben tomar decisiones en cuanto a la remoción, dispersión o disposición de dichos sedimentos, ya que indican la posible toxicidad para los organismos marinos bentónicos.

Para esta revisión, se han considerado guías internacionales para los metales pesados y para los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) y los Bifenilos Policlorados (PCB). Los valores considerados han sido los TEL y PEL de la normativa de Canadá. El valor TEL (*Threshold Effect Level*) o Nivel de Efecto Umbral, representa la concentración por debajo de la cual no se espera que ocurran efectos biológicos adversos. También estos valores se conocen como valores ISQG (por sus siglas en inglés, *Interim Sediment Quality Guideline*) o Guía Provisional de Calidad del Sedimento de Canadá. En tanto, el Nivel de Efecto Probable (PEL, por sus siglas en inglés, *Probable Effect Level*), es la concentración sobre la cual aparecen con frecuencia efectos biológicos adversos. Buchman (2008) recopiló estas guías en el *Screening Quick Reference Tables* de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

En el **Cuadro 6.4** se indican los límites mínimos (TEL) y máximo (PEL) del criterio ambiental aplicado. Adicionalmente, de modo comparativo se han adicionado también los criterios para los contenidos de Fósforo Total, Nitrógeno Total y Materia Orgánica Total en sedimentos marinos, de acuerdo a Persaud *et al.* (1993⁸⁸).

Para los fines comparativos de la evolución de los niveles de metales traza en sedimentos que se discutirán en los siguientes párrafos, se considera el valor PEL dado que refleja la concentración sobre la cual aparecen frecuentemente efectos biológicos adversos.

También, a modo comparativo, complementariamente en el **Cuadro 6.5**, se entregan los valores referenciales de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA, por sus siglas en inglés *United States Environmental Protection Agency*), para aguas marinas, actualizados al 2016, de acuerdo a la National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table (<https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water->

⁸⁸ Persaud, D. Jaagumagi, R. & A. Hayton. 1993. Guidelines for the Protection and Management of Aquatic sediment quality in Ontario. Ontario ministry of Environment and Energy Report.

quality-criteria-aquatic-life-criteria-table). La USEPA considera los valores CMC ("Criterion Maximum Concentration") y CCC ("Criterion Continuous Concentration"). El primer valor correspondería a la toxicidad aguda (CMC) y el segundo a la crónica (CCC).

Cuadro 6.4. Criterios utilizados para la evaluación de calidad ambiental de sedimentos marinos. Concentraciones en mg/kg.

Parámetros	TEL	PEL
Cadmio (1)	0,68	4,21
Cromo Total (1)	52,3	160
Cobre (1)	18,7	108
Mercurio (1)	0,13	0,7
Plomo (1)	30,24	112
Zinc (1)	124	271
HAP (1) (2)	1,684	16,77
PCB	0,0216	0,189
Fósforo Total (3)		600
Nitrógeno Total (3)		550
Materia Orgánica Total (MOT) (3) (4)		1,724

(1) Buchman MF. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pp.

(2) Suma de HAP (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos) de alto y bajo peso molecular.

(3) Persaud, D. Jaagumagi, R. & A. Hayton. 1993. Guidelines for the Protection and Management of Aquatic sediment quality in Ontario. Ontario ministry of Environment and Energy Report.

(4) El valor de MOT es expresado en la normativa canadiense en forma de Carbono Orgánico Total (%). Considerando la conversión de %MOT = %C*1,724 (Hernández *et al.*, 2008), se obtuvo el valor referencial de MOT.

Cuadro 6.5. Criterios utilizados para la evaluación de calidad ambiental de aguas marinas. Concentraciones en µg/L (ppb) (1).

Parámetros	CMC	CCC
Cadmio	40	8,8
Cromo Total ($Cr^{+3} + Cr^{+6}$)	11.400	77,4
Cobre	4,8	3,1
Mercurio	1,8	0,94
Plomo	210	8,1
Zinc	90	81
HAP (1)	300	-
PCB (1)	0,033	0,03

(1) Buchman MF. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pp.

Para los fines comparativos de la evolución de los niveles de metales traza en aguas en el litoral nacional, se utilizará el valor CMC, pues constituye un reflejo de la toxicidad crónica a la que se verían sometidos los organismos marinos. Debe recordarse que la toxicidad "crónica" se refiere a los efectos producidos por una exposición prolongada (semanas a meses) a una sustancia, generalmente a dosis inferiores a las necesarias para causar una intoxicación aguda.

Finalmente, cabe mencionar, por una parte, la Autoridad Marítima ha publicado el 09 de noviembre de 2021, la "Guía Metodológica de Revisión Técnica Sectorial de Lineamientos Oceanográficos para Estudio de Impacto Ambiental de Proyectos que contemplen Descargas de Residuos Líquidos Industriales en Jurisdicción de la

autoridad Marítima”, mientras que en el mismo mes el Departamento de Protección del Medio Ambiente Acuático, Respuesta a la Contaminación y Cambio Climático de la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático de DIRECTEMAR sacó a la luz la “Guía para el Modelado de la Hidrodinámica y del Proceso de Mezcla de Descargas Salinas y Térmicas Asociadas a Proyectos de Plantas Termoeléctricas y Desalinizadoras”. Finalmente, en agosto de 2002, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) de Chile ha publicado la “Guía Metodológica para la Descripción de Ecosistemas Marinos”. Ninguna de las Guías antes mencionadas hace mención a límites de descarga de parámetros físico-químicos o microbiológicos, a excepción de la Guía para el Modelado de la Hidrodinámica, que cita también la normativa australiana.

6.1.4.2. Contaminación por metales traza

Los **metales pesados conforman** un grupo de elementos no muy bien definido que exhibe propiedades metálicas. Todos ellos, en general, exhiben características químicas semejantes: un mismo estado de oxidación (generalmente cationes bivalentes), igual distribución electrónica de las capas externas (metales de transición) y pesos atómicos comprendidos entre 63,55 y 200,59 g mol⁻¹ (Ahumada 1994⁸⁹). Estos elementos son constituyentes naturales del agua de mar y se encuentran en bajas concentraciones por lo que son conocidos como oligoelementos o **elementos traza**, concentraciones de µg L⁻¹, esto es 10⁻⁹ o partes por billón en la nomenclatura anglosajona (Paredes, 1998⁹⁰; Harrison *et al.*, 1980⁹¹; Quilodrán, 2002). Como ocurre con muchos otros elementos químicos, se hallan presentes bajo formas químicas diversas, resultantes de los equilibrios entre los mismos iones metálicos y los aniones, los cationes y las moléculas orgánicas presentes en el agua de mar. De acuerdo a Ahumada *et al.* (2006), el ingreso de metales al mar se establece vía aguas fluviales, atmósfera o transporte advectivo de las aguas y alcanza un equilibrio entre los procesos de sedimentación, incorporación a los organismos y advección/difusión. La dinámica de los metales en las aguas, en términos de advección/difusión y transferencia de metales disueltos o particulados a diferentes matrices es rápida, lo que hace difícil pesquisar problemas de contaminación en el agua y sólo es posible apreciar cambios en pequeñas escalas espaciales con algún tipo de gradiente.

⁸⁹ Ahumada, R. 1994. Nivel de concentración y bioacumulación de metales pesados (Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Pb y Zn) en tejidos de organismos benthicos de bahía San Vicente. *Revista de Biología Marina*. Valparaíso. 29(1): 2-18.

⁹⁰ Paredes, M. T. 1998. Determinación de metales pesados en dos especies de Bivalvos del estuario de Valdivia y la Bahía de Corral (X región) mediante análisis electrotérmico. Tesis, Escuela de Biología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, 52 pp.

⁹¹ Harrison, P. & R. Hoare. 1980. *Metals in Biochemistry*, Chapman and Hall, London, Chap. 1.

No obstante, dada la relación entre los metales traza y los sedimentos, estos últimos pueden usarse como registro de la evolución histórica de la contaminación de un sistema dado, ya que los sedimentos reflejan las condiciones químicas de las masas de agua sobre ellos (Ryan & Windom 1988⁹², Valette-Silver 1993⁹³).

Muchas resultan ser las posibles fuentes de metales pesados a las aguas y sedimentos marinos, siendo una de ellas de origen litogénico o geoquímico a partir de los minerales que, por causas de erosión, lluvias, etc. son arrastradas al agua. No obstante, actualmente la mayor concentración es de origen antropogénico, es decir, debido a la actividad humana. La minería, los procesos industriales, los residuos domésticos son fuente importante de contaminación, que aportan metales al aire, a las aguas marinas y finalmente a los sedimentos marinos, que se constituyen en el depósito final de las sustancias introducidas al mar por procesos naturales y antrópicos.

Los metales pesados pueden dividirse, desde el punto de vista cualitativo, en **esenciales** y **no esenciales**. Los primeros comprenden el hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), cromo [®], manganeso (Mn), níquel (Ni) y cobalto (Co); los organismos los necesitan en cantidades mínimas y se hallan implicados en múltiples funciones biológicas como constituyentes esenciales de muchas enzimas. Existen valores de concentración intracelular óptimos por debajo de los cuales los organismos mueren; no obstante, una concentración excesiva de dichos iones puede llegar a ser tóxico (Cognetti *et al.* 2001⁹⁴). Elementos como Hg, Cd y Pb no presentan ninguna función biológica que hasta el presente se haya identificado y, por lo tanto, se definen como no esenciales. Pueden ser tolerados por los organismos en determinadas concentraciones, por encima de las cuales se tornan tóxicos.

En dicho contexto, resulta esencial determinar cómo ha evolucionado en el tiempo la condición de las aguas y sedimentos marino respecto a los metales pesados a nivel nacional, se ha considerado la información entregada por el Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL), que lleva a cabo la Dirección del Territorio y Marina Mercante (DIRECTEMAR,). La información

⁹² Ryan, J. & Windom, H. 1988. A geochemical and statistical approach for assessing metal pollution in coastal sediments. *In* V. Seeliger, L. de Lacerda & S. Patchinellam (Eds.). *Metals in Coastal Environments of Latin America*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 567 pp.

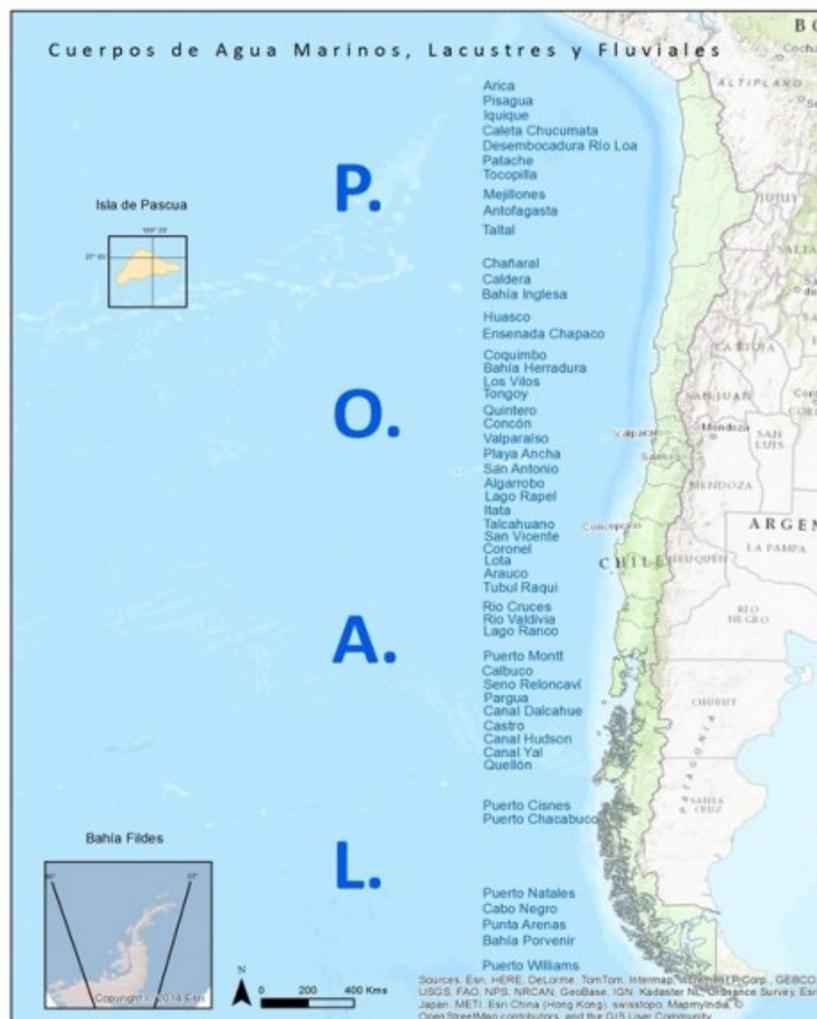
⁹³ Valette-Silver, N. 1993. The use of sediment cores to reconstruct historical trends in contamination of estuarine and coastal sediments. *Estuaries* 16: 577-588.

⁹⁴ Cognetti, G, M. Sarà & G Magazzú G. 2001. *Biología Marina*. 1^{era} Ed. Editorial Ariel S.A. Barcelona, España. 619 p.

disponible en la actualidad considera hasta el año 2021. Debe hacerse notar que desde el año 2015, el POAL eliminó dentro de los parámetros de seguimiento en aguas y sedimentos marinos, el cromo y el zinc, por lo que han sido omitidos en esta recopilación. Por otra parte, para el caso de los sedimentos, no se reportan datos para los años 2018 y 2020, y en algunos casos, para período 2017 a 2021, solo se cuenta con información para los años 2017 y 2021 (Arica), 2017 y 2019 (Iquique) y 2019 y 2021 (Valparaíso).

El POAL fue elaborado para monitorear las fluctuaciones anuales de los niveles de concentración de los principales componentes de desechos domésticos, industriales, de hidrocarburos de petróleo y compuestos orgánicos persistentes (COP's) en las bahías, lagos y ríos sometidos a la jurisdicción de la DIRECTEMAR (Ver Figura 6.4).

Figura 6.4. Cuerpos de agua monitoreados en POAL.



Este programa se focaliza principalmente en aquellos cuerpos de agua más usados o intervenidos en Chile considerando los efectos potenciales de dos grandes factores: las descargas de las actividades que se desarrollan en el entorno terrestre del cuerpo de agua (industrias, establecimientos de servicios sanitarios, etc.) y en los impactos producidos por las principales actividades que se llevan a cabo en el cuerpo de agua mismo (tales como pesca, acuicultura, balneario, navegación, etc.).

En las **Figuras 6.5 y 6.6** se puede observar cómo han evolucionado las concentraciones de cadmio en las aguas y sedimentos marinos a nivel nacional, respectivamente. Claramente la situación se ha mantenido en los últimos años (período 2018-2021). En todas las regiones en este último período los contenidos de cadmio se hallan bajo el límite de detección (LD) analítico (0,5 µg/L), valor menor al límite de calidad ambiental del **Cuadro 6.5** (valor crónico de 8,8 µg/L). La condición de los sedimentos también muestra una mejor condición. Sólo a modo comparativo, el promedio de todo el país en el período 2011-2014 fue de 1,06 mg/kg, en el período 2011-2014 fue de sólo 0,690 mg/kg y entre el 2018-2021 fue de 0,420 mg/kg, disminución de alrededor de un 39,13 %, y que se encuentra muy por debajo del límite establecido en el **Cuadro 6.4** (valor PEL 4,21 mg/kg). Esta situación se repite en cada una de las regiones del país.

Figura 6.5. Concentraciones de cadmio en las aguas marinas.

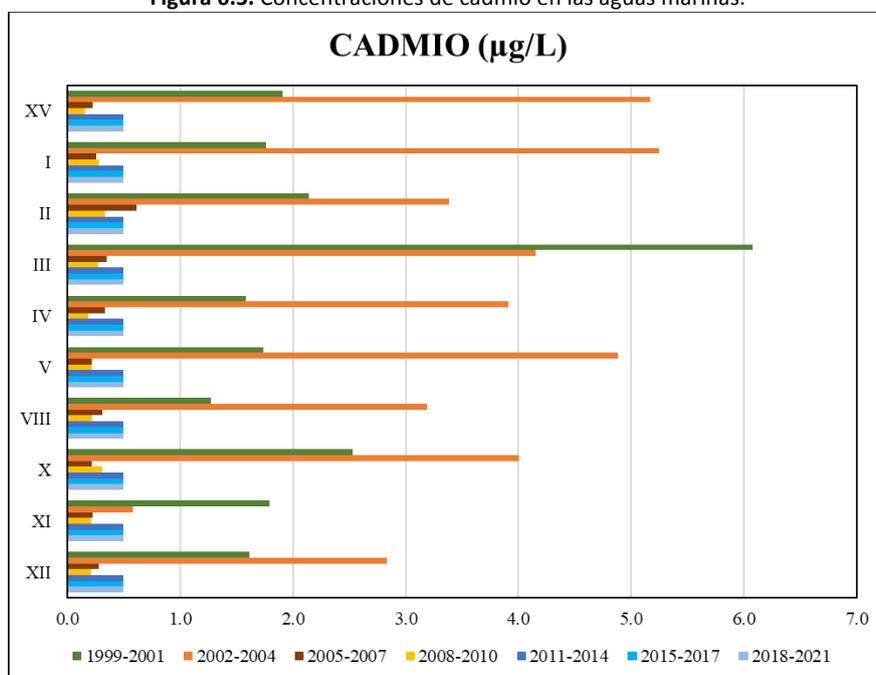
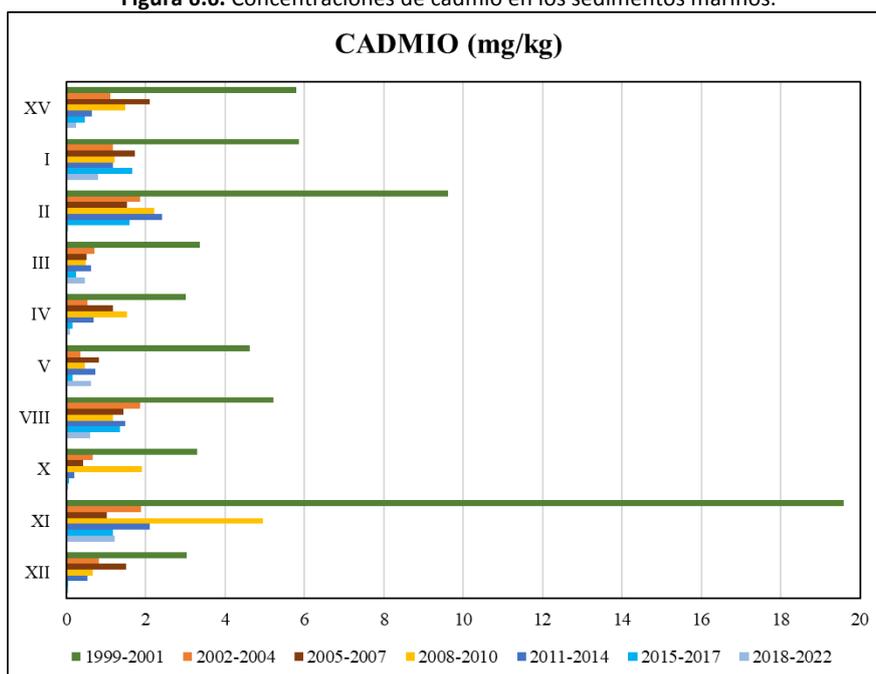


Figura 6.6. Concentraciones de cadmio en los sedimentos marinos.

El cobre, en tanto, ha presentado durante todos los períodos analizados, contenidos por sobre el límite de detección a nivel nacional, tanto en las aguas (**Ver Figura 6.7**) como en los sedimentos (**Ver Figura 6.8**). Esto no es de extrañar, dada la naturaleza eminentemente cuprífera del país. Específicamente en las aguas los niveles de cobre promedio del período 2018-2021 es el menor registrado desde que se lleva a cabo el POAL, alcanzado los 1,43 $\mu\text{g/L}$. Nótese que en los últimos 4 períodos los valores promedio nacionales fueron de: 1999-2001: 38,03 $\mu\text{g/L}$, 2008-2010: 2,28 $\mu\text{g/L}$, 2011-2014: 3,84 $\mu\text{g/L}$ y 2005-2017: 1,70 $\mu\text{g/L}$. El valor promedio nacional actual es menor al criterio ambiental sugerido (3,1 $\mu\text{g/L}$), valor que sólo se supera en la Región de Arica y Parinacota (XV Región, 5,00 $\mu\text{g/L}$). Los esfuerzos nacionales en la gestión ambiental para disminuir estos contenidos de cobre, por tanto, han surtido efecto. Probablemente, arte de ellos son reflejo de las condiciones orográficas propias del norte de Chile (Rumea & Didar-UI Islamb, 2020⁹⁵).

Los contenidos de cobre en los sedimentos presentaron una situación distinta a la descrita para las aguas. El valor promedio nacional de cobre en los sedimentos del actual período 2018-2021 alcanzó los 80,5 mg/kg, un 23,31 % más de lo registrado en el lapso 2015-2017 65,2 mg/kg. No obstante, sigue estando muy lejos de los 130,1 mg/kg informados entre 2011-2014, o de los 10.179 mg/kg registrados

⁹⁵ Tanjena R. & S.M. Didar-UI Islamb. 2020. Environmental effects of COVID-19 pandemic and potential strategies of sustainability. Heliyon 6(9): e04965. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04965.

entre 1999-2001, o los informados entre 2005-2007: 9.577 mg/kg promedio nacional. La distribución de los contenidos de cobre en los sedimentos, en tanto, da cuenta del efecto acumulativo de las actividades de las mineras en el norte de Chile: la Región de Antofagasta presentó uno de los valores promedio más altos con 157,43 mg/kg, aunque esta concentración resultó similar a la registrada entre los años 2015-2017: 158,67 mg/kg. Otro aspecto relevante a destacar es que el contenido promedio para la V Región de Valparaíso aumentó un 193,8 %, alcanzando los 194,98 mg/kg en los sedimentos, respecto a los 66,36 mg/kg del período 2015-2017. Este valor de la Región de Valparaíso superaría el criterio ambiental recomendado (108 mg/kg), situación que también se repetía en la Región de Antofagasta (157,43 mg/kg) y en la Región de Coquimbo (138,49 mg/kg).

Figura 6.7. Concentraciones de cobre en las aguas marinas.

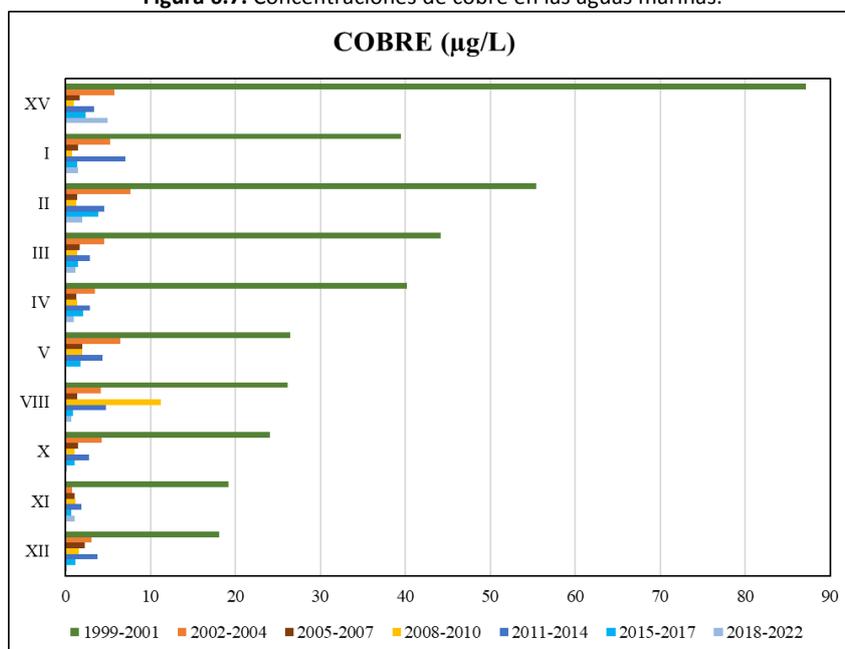
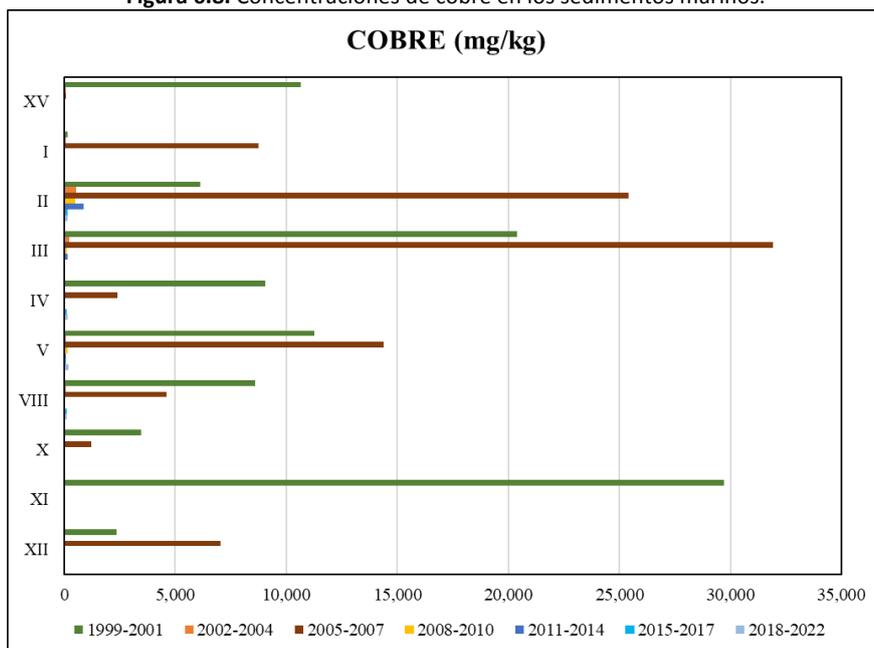


Figura 6.8. Concentraciones de cobre en los sedimentos marinos.



Respecto a los contenidos de mercurio en las aguas marinas, se han mantenido bajos en los últimos años, hallándose inferiores el límite de detección (LD) en el período 2018-2021 (0,00025 µg/L), situación que se han mantenido respecto a los períodos 2015-2017, 2011-2014 y 2002-2010 (**Ver Figura 6.9**). El único período en que se registraron valores por sobre el LD fue el de 1999-2001, 0,391 µg/L en la XII Región a 0,855 µg/L en la V Región. En la actualidad todos los valores registrados por el POAL en las aguas marinas nacionales dan cuenta de contenidos inferiores a 0,00025 µg/L (límite de detección analítica). Por lo anterior, claramente las concentraciones de mercurio en las aguas a nivel nacional se hallan bajo el criterio de calidad establecido a nivel internacional (0,94 µg/L).

En los sedimentos el mercurio (**Ver Figura 6.10**) ha fluctuado a través de los años, registrándose en algunos períodos anteriores contenidos superiores al criterio ambiental propuesto (0,94 mg/kg). Es el caso de los períodos 1999-2001, 2008-2010 y 2015-2017 en la II Región (1,58 mg/kg, 1,69 mg/kg y 1,210 mg/kg, respectivamente), y la XV Región en el período 2005-2007: 1,58 mg/kg. En los últimos 4 años (2018-2021) el promedio nacional fue de 0,269 mg/kg, mayor a los 0,189 mg/kg registrado entre los años 2015-2017 (0,116 mg/kg); no obstante, se encuentra bajo el criterio ambiental internacional, lo que da cuenta de la mantención de la condición de los sedimentos marinos para el mercurio, situación que se reitera en todas las regiones, a excepción de la Región de Arica y Parinacota (XV Región), donde se alcanzó un valor promedio entre 2018-2021, de 1,679 mg/kg, un 78,6 % superior al criterio ambiental propuesto (0,94 mg/kg).

Figura 6.9. Concentraciones de mercurio en las aguas marinas.

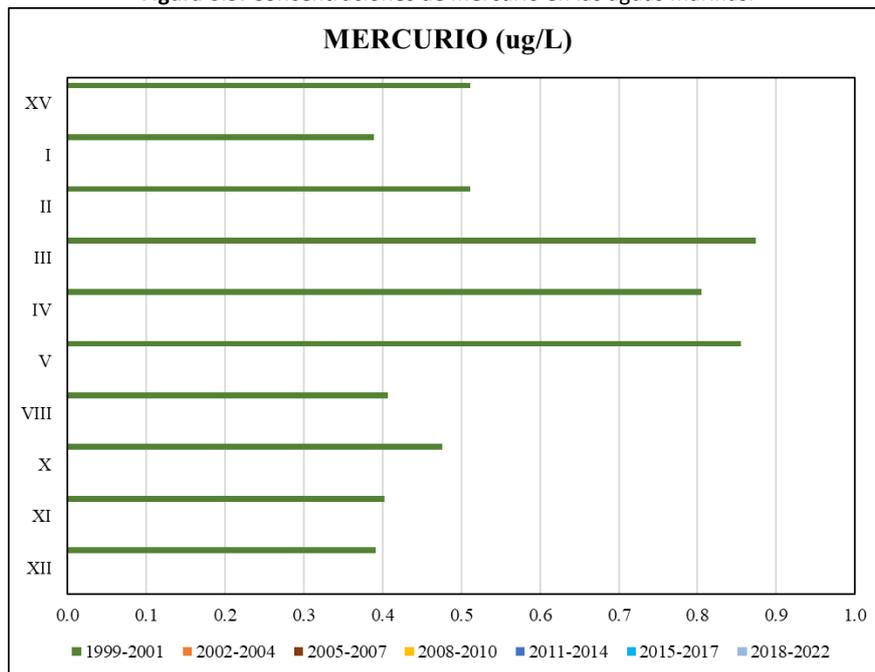
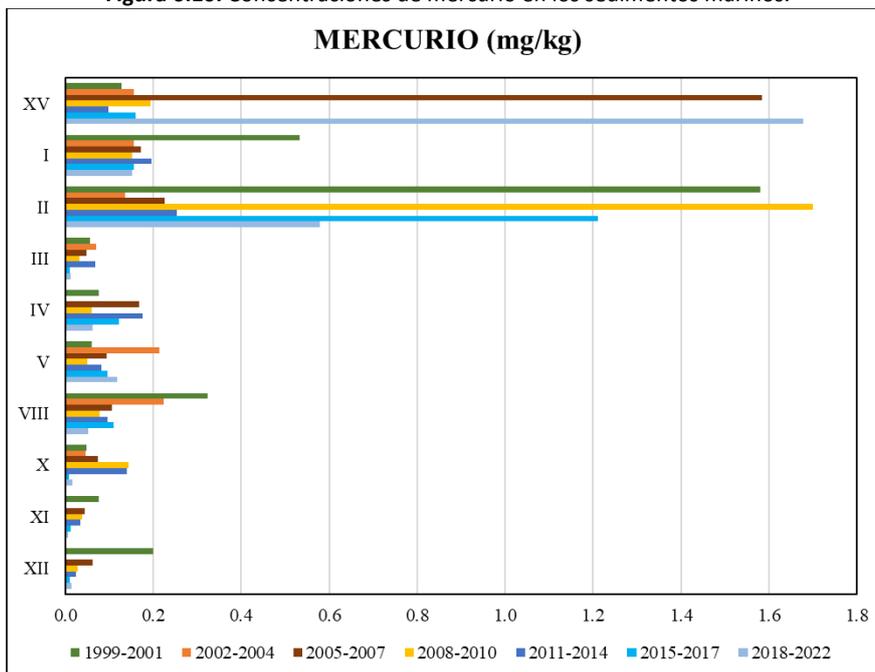


Figura 6.10. Concentraciones de mercurio en los sedimentos marinos.



Los contenidos de plomo en las aguas marinas, en tanto, han mostrada una clara disminución a través de los años (**Ver Figura 6.11**). En la actualidad, el límite de detección analítica ha bajado, por lo que el promedio de plomo en las aguas marinas de los años 2018-2021 (0,566 $\mu\text{g/L}$) es menor al límite de detección analítico de los períodos anteriores (1,25 $\mu\text{g/L}$). No obstante, los valores han bajado en el transcurso de los años: nótese, por ejemplo, que en el período 1999-

2001, el contenido promedio nacional fue de 4,27 µg/L, mientras que en el período 2008-2010 fue de 0,67 µg/L, disminuyendo en los períodos posteriores. Esto último indica que en la actualidad las aguas marinas del litoral nacional presentan contenidos de plomo bajo el criterio ambiental propuesto (**Cuadro 6.5**).

La situación de los sedimentos resulta, por su parte, también mostró una disminución del promedio entre los años 2018-2021 (**Ver Figura 6.12**). En la actualidad la concentración promedio nacional se halló en 19,58 mg/kg, un 12,4 % menor al registrado entre 2015-2017. 22,36 mg/kg. Esta mejora se aprecia en todas las regiones, donde los promedios regionales (y por tanto el promedio nacional) de plomo en sedimentos, se encuentran por debajo del límite ambiental internacional sugerido (**Cuadro 6.4**, PEL: 112 mg/kg), por lo que no revestirían peligro para los organismos marinos que habitan esos fondos oceánicos.

Figura 6.11. Concentraciones de plomo en las aguas marinas.

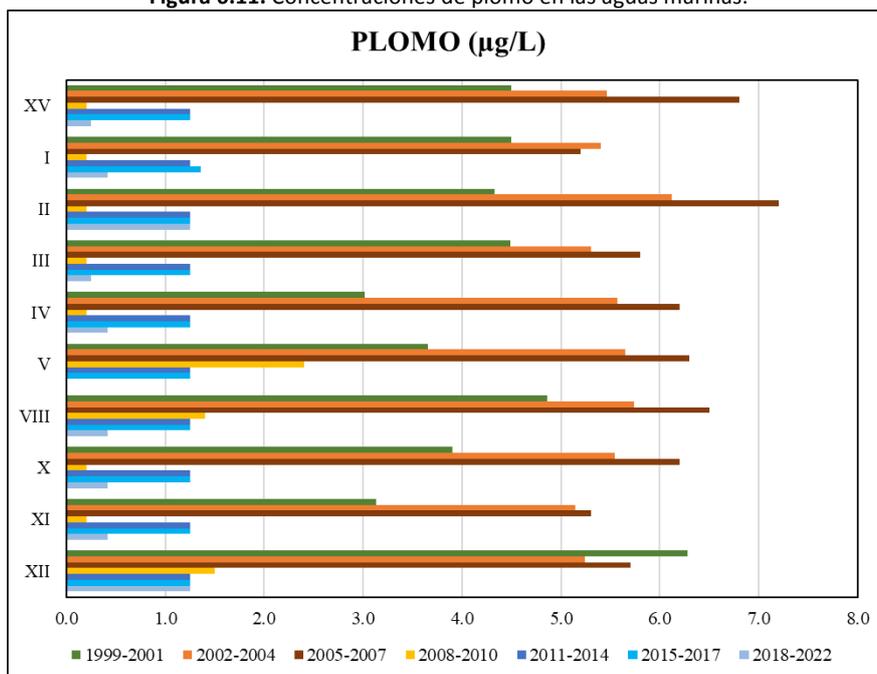
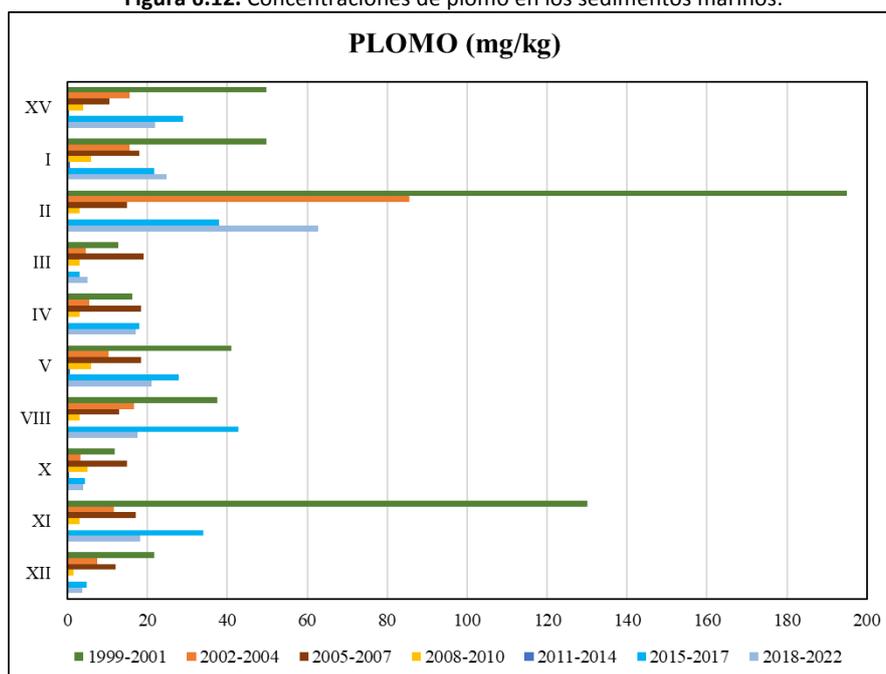


Figura 6.12. Concentraciones de plomo en los sedimentos marinos.

6.1.4.3. Contaminación por materia orgánica, nitrógeno y fósforo total

La materia orgánica es aquella que se encuentra conformada por moléculas orgánicas resultantes de los seres vivos y la podemos hallar en los animales y vegetales, en los organismos muertos y en los restos de alimentos. En su generalidad, la molécula orgánica está compuesta de carbono y forma enlaces carbono-carbono y carbono-hidrógeno; en algunos casos también pueden contener nitrógeno, azufre, fósforo, oxígeno, entre otros. La distribución de la materia orgánica en el mar es la resultante del gradiente de productividad biológica existente en la columna de agua, y de un ambiente de fondo que puede favorecer la preservación de sustancias orgánicas, debido a su baja concentración de oxígeno disuelto. Adicionalmente, como consecuencia secundaria, la actividad antrópica puede generar aportes de materia orgánica, y de los nutrientes fósforo y nitrógeno. De especial relevancia resulta esto en las regiones del sur de Chile donde la actividad de la acuicultura es muy importante. Aquí, esta actividad puede conllevar un incremento en el ingreso de materia orgánica al sedimento, debido principalmente al alimento no consumido y fecas que ella produce. En tanto, en regiones con alta actividad pesquera y mal sistema de tratamiento de aguas residuales, puede igualmente generar un aumento de nutrientes y materia orgánica a los sedimentos.

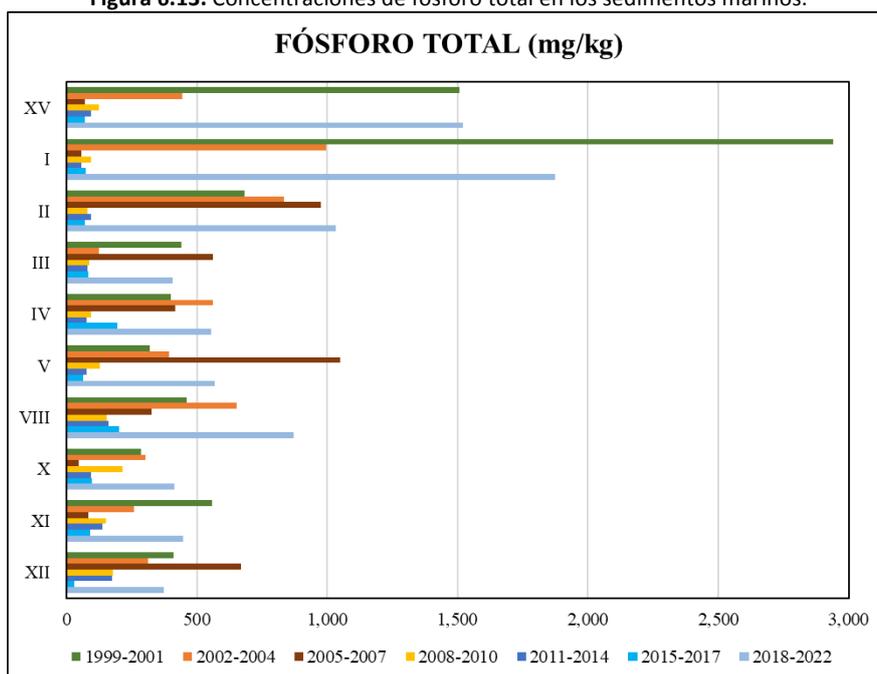
En este contexto, en la **Figura 6.13** pueden visualizarse los contenidos de fósforo total en los sedimentos marinos a nivel nacional. Se puede apreciar que desde el

período 1999-2001 al período 2015-2017, los niveles de este nutriente habían disminuido fuertemente. Así, el promedio nacional de fósforo total en los sedimentos marinos entre los años 1999-2001 fue de 800,8 mg/kg, mientras que entre 2015-2017 fue de 97,89 mg/kg, una disminución de más de 8 veces. Sin embargo, en el actual período 2018-2022, se produjo un alza de los contenidos promedio regionales de fósforo total, alcanzado a nivel nacional un promedio de 806,14 mg/kg, el más alto verificado históricamente. Las mayores alzas se registraron en las regiones del norte de Chile: Región de Arica y Parinacota (XV Región): 1.520,5 mg/kg; Región de Tarapacá (I Región): 1872,8 mg/kg; y Región de Antofagasta (II Región) (II Región): 1.034,3 mg/kg. Un aspecto comparativamente interesante se puede desprender al calcular el promedio de fósforo total en los sedimentos marinos a nivel nacional (800,8 mg/kg), con el mismo de las regiones X, XI y XII, que en conjunto representaron el 99,7 % de la cosecha de centros de acuicultura del año 2021 de salmónidos (salmón del Atlántico, salmón plateado o coho, salmón rey y trucha arcoíris (SERNAPESCA 2021⁹⁶), cuyos cultivos se asocian a aportes de fósforo y nitrógeno a los sedimentos marinos (Buschmann *et al.* 2019⁹⁷). La comparación indica que al igual que para el período 2015-2017, entre los años 2018-2021 la concentración promedio de fósforo total en los sedimentos marinos, fue inferior (411,243 mg/kg) al promedio nacional (806,14 mg/kg), reflejando una mejora y disminución del enriquecimiento orgánico de la zona de acuicultura. Sin embargo, como se indicó anteriormente, las regiones del norte de Chile (Región de Arica y Parinacota, Tarapacá y Región de Antofagasta, aumentaron abruptamente los contenidos promedio de fósforo total en los sedimentos marinos, siendo en los 3 casos mayores al criterio ambiental internacional sugerido (600 mg/kg, **Cuadro 6.4**).

⁹⁶ <http://www.sernapesca.cl/informacion-utilidad/anuarios-estadisticos-de-pesca-y-acuicultura>.

⁹⁷ Buschmann, A.H., S. Gelcich, P. Díaz, R. Estévez, M. C. Hernández González, N. Lagos, M. Lardies, M. J. Martínez-Harms, S. V. Pereda & J. Pulgar. 2019. Acuicultura, pesca y biodiversidad en ecosistemas costeros de Chile. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

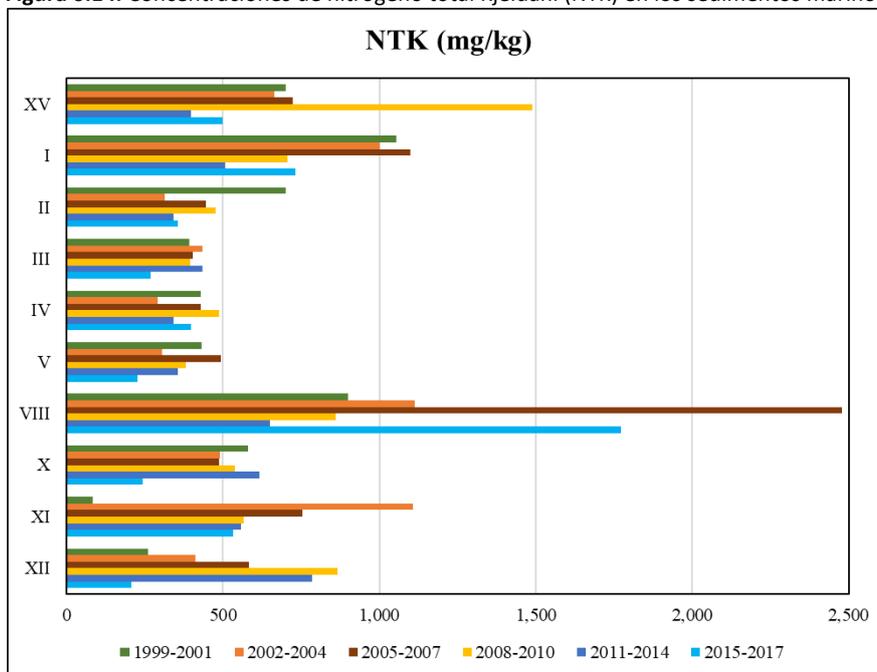
Figura 6.13. Concentraciones de fósforo total en los sedimentos marinos.



Por su parte, las concentraciones promedio de nitrógeno total Kjeldahl (NTK) en los sedimentos marinos se detallan en la **Figura 6.14**. Debe hacerse hincapié que el nitrógeno total Kjeldahl refleja la cantidad total de nitrógeno en los sedimentos, suma del nitrógeno orgánico en sus diversas formas (proteínas y ácidos nucleicos en diversos estados de degradación, urea, aminas, etc.). Los valores de NTK variaron de manera importante en el período 2018-2021, aumentando el promedio nacional a 890,8 mg/kg, superior a lo informado en anteriores años: 499,5 mg/kg en el período 2011-2014, 676,8 mg/kg en el período 2008-2010 y 524,1 mg/kg para 2015-2017). No obstante, el análisis por región muestra como la VIII Región ha sido históricamente la que ha presentado los mayores niveles de NTK, alcanzando en esta oportunidad el mayor promedio nacional: 2.130,0 mg/kg. Esto se vincula, probablemente, con los graves problemas de contaminación marina por riles en Talcahuano y San Vicente, que como se mencionó anteriormente, alcanzaron sus niveles críticos con las industrias pesqueras que operaron en Canal El Morro o Rocuant y Bahía de San Vicente, vertiendo sus riles al medio marino (a veces directamente sobre las playas) (EULA, 2014). Si bien hoy en día la situación ha cambiado, los contenidos de NTK en la VIII Región siguen siendo altos respecto al promedio nacional (2.130,0 mg/kg), un 139 % superior al promedio nacional (890,8 mg/kg). Lo anterior se refleja igualmente en el estado ambiental de los sedimentos respecto a este parámetro: al comparar los niveles de NTK con la guía internacional, se aprecia que tanto el promedio nacional como el de todas las regiones (excepto IV y XII Regiones), es superior a esta guía. Debe

considerarse que la situación de la XII Región se aleja de las restantes, pues el contenido de nitrógeno se vincularía a aportes naturales, más que antrópicos (por ejemplo, la acuicultura), alcanzado un promedio regional de sólo 296,5 mg/kg.

Figura 6.14. Concentraciones de nitrógeno total Kjeldahl (NTK) en los sedimentos marinos.

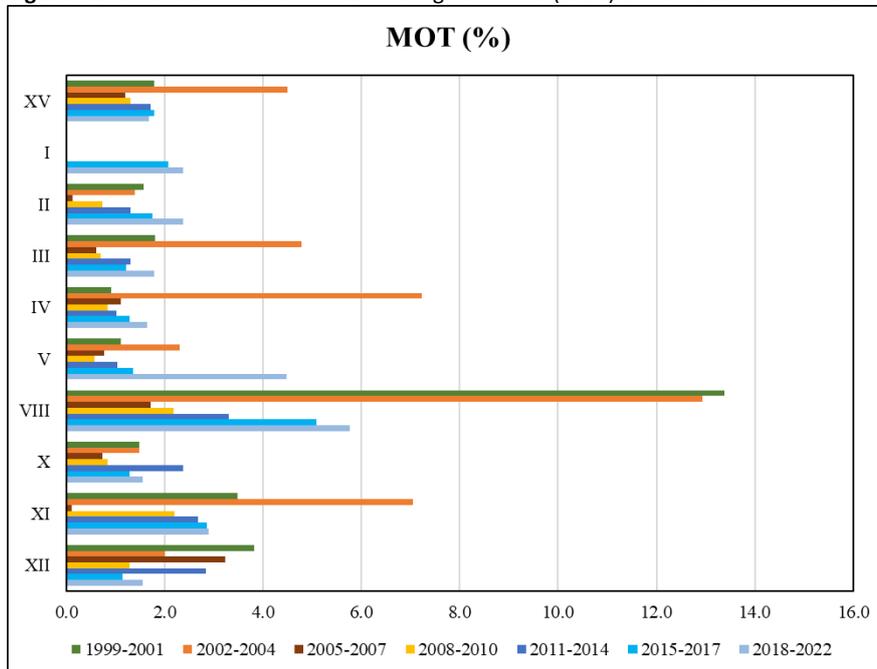


Finalmente, en la **Figura 6.15** es posible observar la evolución en el tiempo por región, de los contenidos de materia orgánica total (MOT) en los sedimentos. Se aprecia un alza del 39,9 % del contenido promedio nacional entre los años 2015-2017 (1,99 %) y los años 2018-2021 (2,76 %). En tanto, a nivel regional, si bien se aprecian fluctuaciones, en todos los casos, a excepción de la Región de Arica y Parinacota, los contenidos promedios de MOT aumentaron desde el período 2015-2017 y 2018-2021. Destaca, en esta oportunidad, que el promedio de las regiones eminentemente acuicultoras de Chile (X, XI y XII Regiones) en conjunto (1,99 %) se encuentra por debajo del promedio nacional de MOT sedimentario (2,76 %), lo que da cuenta de una mejoría de los sedimentos marinos respecto a los contenidos de MOT de las 3 regiones en donde se concentra la acuicultura en Chile. Al contrario de esta situación, la VIII Región registró un aumento de la MOT desde 5,08% (2015-2017) a 5,77% (2018-2021); no obstante, estos promedios distan mucho de los 13,38% y 12,94% registrados en los períodos 1999-2001 y 2002-2004, respectivamente.

En síntesis, en general, se aprecia un aumento de los contenidos promedio nacional y regionales de MOT sedimentario, encontrándose 6 de las 10 regiones

para las cuales se cuenta con información, con una concentración promedio de MOT que supera los 1,724% establecidos como referencia.

Figura 6.15. Concentraciones de materia orgánica total (MOT) en los sedimentos marinos.



6.1.4.4. Contaminación por PCB e hidrocarburos aromáticos y totales

Los bifenilos policlorados, conocidos por las siglas PCB (en inglés) o BPC (en español, aunque menos extendida), son un grupo de sustancias químicas sintéticas. Todos los PCB son sustancias sintéticas con una estructura básica similar. Contienen átomos de carbono, hidrógeno y cloro. El gran número de combinaciones posibles de estos átomos permite formar 209 tipos diferentes de PCB, algunos más perjudiciales que otros.

Los PCB se utilizan en una amplia gama de productos, como aparatos eléctricos, revestimientos de superficies, tintas, adhesivos, pirorretardantes y pinturas. Los PCB pueden liberarse al medio ambiente, por ejemplo, al incinerar o almacenar en vertederos residuos que los contienen. Cerca del 10% de los PCB fabricados desde 1929 siguen presentes en el medio ambiente. Hoy en día, la fabricación y utilización de PCB está prohibida o sometida a restricciones importantes en muchos países, debido a su posible impacto sobre la salud y el medio ambiente. Los PCB son, por lo general, muy estables, lo que explica su persistencia en el medio ambiente. A temperaturas altas, los PCB pueden arder y generar subproductos peligrosos como las dioxinas. Los PCB no suelen evaporarse o disolverse en el agua con facilidad. Sin embargo, son muy solubles en grasas y

sustancias análogas, lo que explica su capacidad para acumularse en la grasa animal y a lo largo de la cadena alimentaria (ATSDR, 1995⁹⁸).

Por su parte, los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), también conocidos como polinucleares aromáticos, son un grupo de más de 100 sustancias químicas diferentes persistentes, constituidas por dos o más anillos bencénicos, de baja solubilidad en agua, baja presión de vapor y con afinidad por la fracción húmica del detritus (Kim *et al.* 1999⁹⁹). Proviene tanto de fuentes naturales como antrópicas. Como fuentes naturales de HAP se cuenta, por ejemplo: biosíntesis y diagénesis de detritus (Kennish 1992¹⁰⁰) y como fuentes antrópicas: quema de combustibles, incendios forestales y desechos municipales. Su acumulación en los sedimentos representa un riesgo para la salud y los ecosistemas acuáticos, dado que han sido definidos como tóxicos, mutagénicos y/o cancerígenos (Rudolph *et al.* 2001¹⁰¹).

La información con que se cuenta para evaluar la evolución de los hidrocarburos en el contexto del POAL, corresponde a los Bifenilos Policlorados (PCB), los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) y Totales (HCT). Las concentraciones de HAP en las aguas marinas se han mantenido bajo el límite de detección analítico (0,1 µg/L) en el período 20187-2021, conservando así la buena condición ambiental destacada para este parámetro, si se le compara con la guía internacional para HAP que considera un valor de toxicidad aguda de 300 µg/L (**Cuadro 6.5**). Sólo una excepción se produjo el año 2012 en el que sólo una muestra registro una concentración de 0,65 ppb en bahía San Vicente (VIII región). Por su parte, los datos del POAL muestran ausencia de PCB en sedimentos para el período 2018-2021.

Por otro lado, los Hidrocarburos Totales (HCT) en sedimento (**Ver Figura 6.16**) muestran claros indicios de alzas en 8 de las 9 regiones para las cuales se cuenta con información en el período 2018-2021 (no se cuenta con información para la Región de Valparaíso). Esto se reflejó en el promedio nacional, el cual aumentó desde 86,67 mg/kg para 2015-2017 a 135,97 mg/kg en el período 2018-2021

⁹⁸ Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). 1995. Reseña Toxicológica de los Hidrocarburos aromáticos policíclicos (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública.

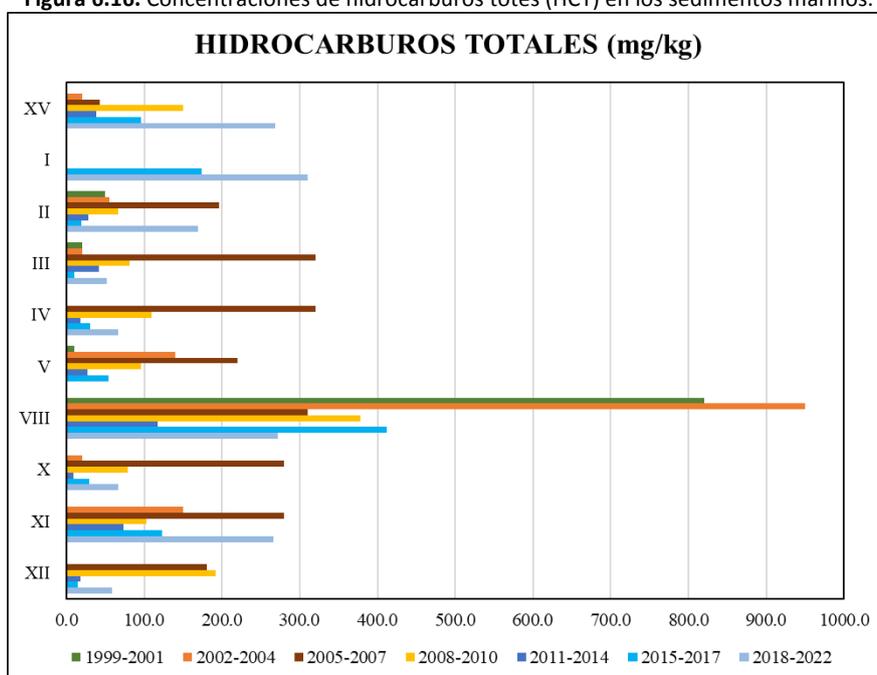
⁹⁹ Kim, G.B., K.A. Maruya, R.F. Lee, J.H. Lee, C.H. Koh & S. Tanabe. Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from Kyeonggi Bay, Korea. *Mar. Pollut. Bull.* 38: 7-15.

¹⁰⁰ Kennish. M.J. 1992. *Ecology of Estuaries: Anthropogenic Effects*. Marine Science Series CRC Press, Florida: 494 pp.

¹⁰¹ Rudolph, A., R. Yañez & L. Troncoso. 2001. Effects of exposure of *Oncorhynchus mykiss* to the water-accommodated fraction of petroleum hydrocarbons. *Bull. Environ. Contam. Toxicol* 66:400-406.

(aumento del 56,9 %). Las mayores alzas regionales las presentaron la II y III Regiones, que aumentaron un 9,0 y 5,2 veces, respectivamente, respecto del período anterior. También resultó relevante que la Región XII aumentó en 4,0 su contenido promedio de hidrocarburos en los sedimentos entre el período 2015-2017 al 2018-2021. Si bien a nivel mundial ha habido una disminución de derrames al medio marino, de acuerdo a lo señalado por la International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF, 2018¹⁰²), eventos puntuales de vertidos o derrames, informados o no por las diversas actividades que hacen uso del borde costero, puede que estén influyendo en las alzas de las concentraciones de hidrocarburos presentes en los sedimentos verificados en el último periodo 2018-2021 revisado en este informe.

Figura 6.16. Concentraciones de hidrocarburos totales (HCT) en los sedimentos marinos.



6.1.4.5. Contaminación por macroplásticos y microplásticos

Conceptos generales

De acuerdo con el Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP en sus siglas en inglés) la “basura marina” engloba cualquier material manufacturado o procesado sólido y persistente, eliminado o abandonado en la costa o en el mar. Esta misma institución estima que entran en el océano cada año entre 6, 4 y 8 millones de toneladas de basuras marinas (UNEP 2006, Jambeck

¹⁰² International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF). 2018. Oil Tanker Spill Statistics 2018. <http://www.itopf.com/knowledge-resources/data-statistics/statistics/>. Visitado el 05 de agosto de 2019.

et al. 2015). Los desechos antropogénicos se están acumulando en los ecosistemas marinos de todo el mundo. Se encuentra en la superficie del mar (Pichel *et al.* 2007¹⁰³), en playas de arena (Santos *et al.* 2009¹⁰⁴) y en las profundidades del mar (Lee *et al.* 2006¹⁰⁵).

A pesar de que existen diversos tipos de basuras marinas, tales como vidrio, papel, cartón, metal, tela, residuos relacionados con la pesca, municiones, madera, filtros de cigarrillos, residuos sanitarios provenientes de aguas residuales, cuerdas, juguetes (UNEP 2011¹⁰⁶), múltiples estudios han constatado que entre el 60 y el 80% de los desechos antropogénicos marinos está compuesto por artículos de plástico (Derraik 2002¹⁰⁷).

Los residuos de plástico (principal componente de las basuras marinas) se pueden diferenciar en macroplásticos y microplásticos. Estos últimos derivan de la fragmentación gradual de objetos más grandes, principalmente por la acción de la radiación solar intensa (Andrady 2011¹⁰⁸), aunque también pueden aportar otros mecanismos físicos como mecanización de las olas o efectos de temperatura; y degradaciones químicas (oxidación, hidrólisis) y reducir el plástico a partículas y fibras más pequeñas, muchas veces indetectables para el ojo humano (Barnes 2002¹⁰⁹). También hay una contribución considerable de pequeños desechos plásticos de fuentes primarias, como pellets industriales (Takada 2006¹¹⁰) y pequeñas piezas de plástico utilizadas en cosméticos (Fendall & Sewell 2009¹¹¹). Recientemente se ha comenzado a hacer referencia a las partículas inferiores a 1 micrómetro, que conforman el nanoplástico.

Actualmente, no hay consenso sobre el rango de tamaños para la definición de microplásticos (Thompson 2015¹¹²). De manera general, los microplásticos

¹⁰³ Pichel, W.G., Churnside, J.H., Veenstra, T.S., Foley, D.G., Friedman, K.S., Brainard, R.E., Nicoll, J.B., Zheng, Q., Clemente-Colón, P., 2007. Marine debris collects within the North Pacific subtropical convergence zone. *Marine Pollution Bulletin* 54, 1207-1211.

¹⁰⁴ Santos, I.R., Friedrich, A.C. & J.A. Ivar do Sul. 2009. Marine debris contamination along undeveloped tropical beaches from northeast Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment* 148, 455-462.

¹⁰⁵ Lee, D.I., Cho, H.S., Jeong, S.H., 2006. Distribution characteristics of marine litter on the sea bed of the East China Sea and the South Sea of Korea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 70, 187-194.

¹⁰⁶ UNEP, 2011. *Assessment of the Status of Marine Litter, in the Mediterranean*. United Nations Environmental Program, Athens.

¹⁰⁷ Derraik, J.G.B. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin* 44, 842-852.

¹⁰⁸ Andrady, A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 62, 1596-1605.

¹⁰⁹ Barnes, D.K.A. 2002. Biodiversity: invasions by marine life on plastic debris. *Nature* 416:808-809.

¹¹⁰ Takada H. 2006. Call for pellets! International pellet watch global monitoring of POPs using beached plastic resin pellets. *Marine Pollution Bulletin*, 52(12), 1547-1548.

¹¹¹ Fendall, L.S. & M.A. Sewell. 2009. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin* 58, 1225-1228.

¹¹² Thompson, R. C. 2015. Microplastics in the marine environment: Sources, consequences and solutions. In M. Bergmann, L. Gutow & M. Klages (Eds.), *Marine anthropogenic litter* (pp. 185-200). Berlin: Springer.

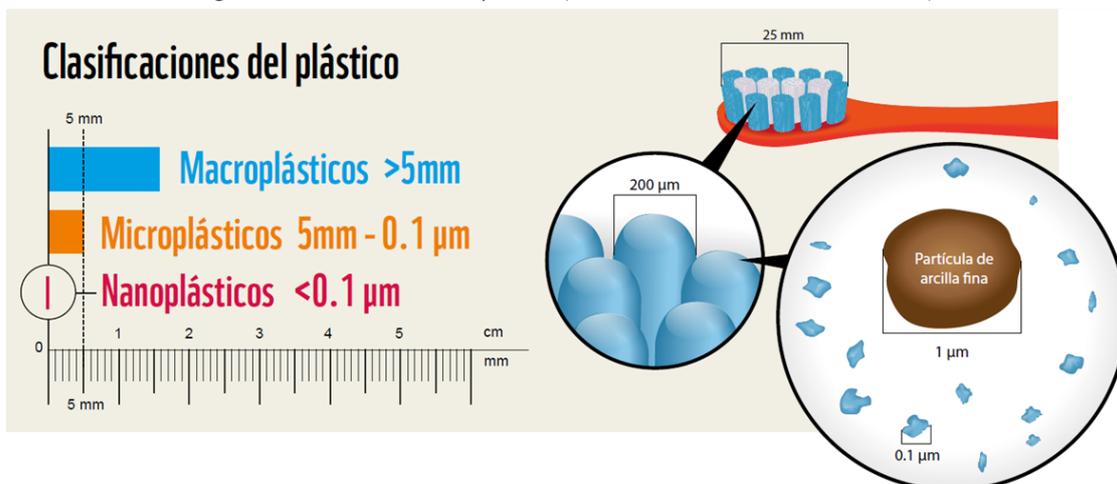
comprenden todas aquellas partículas de plástico con un tamaño inferior a 5 mm (Arthur *et al.* 2009, GESAMP 2015¹¹³), si bien hay autores que aplican la misma norma a partículas <2 mm, de <1 mm, o incluso de <500 µm (Claessens *et al.* 2011¹¹⁴). Andrady (2011) sugiere emplear tres términos diferentes para tres rangos de tamaño por debajo de los 5 mm en función de las distintas características físicas y los impactos biológicos que éstos ocasionan: mesoplásticos (500 µm – 5 mm), microplásticos (50-500 µm) y nanoplásticos (<50 µm) (Ver Figura 6.17).

Algunas son capaces de penetrar en las células, donde podrían alterar la actividad interna. Pero la mayoría son demasiado pequeñas para ser visibles. Existe una preocupación generalizada sobre los peligros potenciales de los nanoplásticos, de los cuales se conoce poco hasta la fecha. La tasa de sobrevivencia de la pulga de agua *Daphnia magna* se redujo dramáticamente al ser expuesta a nanoplásticos y en algunos casos la población estudiada alcanzó tasas de mortalidad del 100%. En el estudio se evidenció que dichos nanoplásticos atravesaron la barrera hematoencefálica de los peces que consumieron estas pulgas de agua, causando cambios de conducta como reducciones en las tasas de alimentación y movilidad (Mattsson *et al.* 2017¹¹⁵).

¹¹³ GESAMP. 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. (Kershaw, P.J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC-UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Groups of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep Stud. GESAMP No. 90, 96 p.

¹¹⁴ Claessens, M., Meester, S.D., Landuyt, L.V., Clerck, K.D. & C.R. Janssen. 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. Mar. Pollut. Bull. 62, 2199–2204.

¹¹⁵ Mattsson, K., Johnson, E. V., Malmendal, A., Linse, S., Hansson, L. A., Cedervall, T., 2017. Brain damage and behavioural disorders in fish induced by plastic nanoparticles delivered through the food chain. Sci Rep 7 (1), 11452.

Figura 6.17. Clasificación del plástico (modificado de Tekman *et al.* 2022¹¹⁶).

Independiente de las denominaciones por tamaño, se ha planteado además una clasificación adicional de los microplásticos, dividiéndolos en microplásticos primarios y secundarios. Los microplásticos primarios corresponderían a aquellos que ya son manufacturados con un tamaño microscópico (Cole *et al.* 2011¹¹⁷, Zitko & Hanlon 1991¹¹⁸). Rojo-Nieto & Montoto (2017) destacan dentro de estos las microesferas (<500 µm) contenidas en algunos productos de cosmética, las mezclas utilizadas para el arenado/granallado (Zitko & Hanlon 1991, Gregory 1996¹¹⁹), y los microplásticos empleados como vectores de medicamentos (Patel *et al.* 2009¹²⁰), así como los empleados para la impresión en 3D.

Por otro lado, los microplásticos secundarios son aquellos productos de plástico de mayor tamaño que, una vez manufacturados, bien en la superficie del mar, en las playas o en otros ambientes, están expuestos a condiciones externas como la radiación solar (UV), entre otras, que causarán la degradación de los mismos (Andrady 2011). Esta degradación lleva asociada la decoloración de los plásticos, el desarrollo de erosiones varias en su superficie y un aumento de su fragilidad. Forma parte de este tipo de la fragmentación de las fibras sintéticas al lavar la ropa, o y la degradación de macroplásticos por diferentes procesos químicos,

¹¹⁶ Tekman, M. B. , Walther, B. A. , Peter, C. , Gutow, L. & M. Bergmann. 2022: Impacts of plastic pollution in the oceans on marine species, biodiversity and ecosystems, 1–221, WWF Germany, Berlin. Doi: 10.5281/zenodo.5898684.

¹¹⁷ Cole M., Lindeque P., Halsband C. & T.S. Galloway. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin* 62, 2588–2597.

¹¹⁸ Zitko, V. & Hanlon, M. 1991. Another source of pollution by plastics—skin cleaners with plastic scrubbers. *Marine Pollution Bulletin*, 22, 41–42.

¹¹⁹ Gregory, M. R. 1996. Plastic ‘scrubbers’ in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified. *Marine Pollution Bulletin*, 32, 867–871.

¹²⁰ Patel, M.M., Goyal, B.R., Bhadada, S.V., Bhatt, J.S. & A.F. Amin. 2009. Getting into the Brain. Approaches to enhance Brain Drug Delivery. *CNS Drugs*; 23, 1; Health & Medical Collection pp 35.

biológicos y físicos. De acuerdo a Browne *et al.* (2011¹²¹) en un solo lavado de prendas sintéticas se pueden liberar más de 1900 fibras de microplásticos, que llegarían a los océanos a través de los efluentes de aguas residuales.

Efectos en los organismos marinos y el ser humano

De acuerdo con Deudero & Alomar (2015¹²²), los organismos marinos se han adaptado a las fluctuaciones de las condiciones ambientales (temperatura, pH, salinidad, CO₂, carbonatos, etc.) y sus mecanismos fisiológicos han evolucionado para hacer frente a los cambios que se producen a través del tiempo geológico. Sin embargo, los desechos marinos, especialmente los plásticos, son sustancias nuevas, duraderas en la naturaleza, que sólo han estado presentes durante menos de 100 años. Por lo tanto, aún no se ha producido la adaptación de los organismos a estos materiales, si bien los utilizan como hábitat permanente. En dicho contexto, Zettler *et al.* (2013¹²³) han comenzado a utilizar el término “plastisfera” para referirse a los ecosistemas que han evolucionado para vivir en entornos plásticos hechos por el hombre. Sobre estos materiales, generalmente constituidos por plástico de polietileno y polipropileno, se desarrollan diversas comunidades microbianas de heterótrofos, autótrofos, depredadores y simbioses. Reisser *et al.* (2014¹²⁴) lista un conjunto de diatomeas epiplásticas presentes en restos de plásticos analizados por microscopía electrónica, mencionando géneros como *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Cocconeis* sp., *Achnanthes* sp. y *Thalassiosira* sp., entre otros, así como un conjunto diverso de invertebrados epiplásticos, incluyendo colonias de briozoos, isópodo como *Asellota*, huevos del insecto marino *Halobates* sp., gusanos marinos, entre otros.

No obstante lo anterior, la literatura científica es extensa en mencionar los efectos que pueden o ya están produciendo los macro y microplásticos en los organismos marinos. Los macroplásticos se asocian generalmente a animales muertos, debilitados o varados como consecuencia de enmallamientos y atrapamientos, sofocación, o ingestión de estos materiales no biodegradables (Gregory 2009). Laist (1997) publicó una revisión global de los enmallamientos de

¹²¹ Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. & R. Thompson. 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ. Sci. Technol.* 45, 9175–9179.

¹²² Deudero, S. & C Alomar C. 2015. Mediterranean marine biodiversity under threat: Reviewing influence of marine litter on species. *Marine Pollution Bulletin*, 98, 58-68.

¹²³ Zettler, E., T. Mincer & L. Amaral-Zettler. 2013, Life in the “Plastisphere”: Microbial Communities on Plastic Marine Debris. *Env.Sci.&Tech.*: DOI: 10.1021/es401288x.

¹²⁴ Reisser, J., Shaw, J., Hallegraeff, G., Proietti, M., Barnes, D.K., Thums, M., *et al.* 2014. Millimeter-sized marine plastics: a new pelagic habitat for microorganism sand invertebrates. *PLoS ONE* 9:e100289. doi:10.1371/journal.pone.0100289.

especies marinas con basuras. En su estudio identificó 136 especies afectadas en todo el mundo, si bien desde entonces la cifra no ha parado de crecer. La última revisión de Gall & Thompson (2015¹²⁵) aumentó la cifra a 693 especies afectadas, de las cuales el 17% están incluidas como amenazadas o casi amenazadas en la lista roja de la IUCN (<https://www.iucnredlist.org/>). Sin embargo, los organismos marinos se ven afectados de distintas formas. Así, por ejemplo, las tortugas marinas son susceptibles de enredos en aparejos, tanto en su fase adulta como en las playas al salir de los nidos, en su trayecto hacia el mar (Bugoni *et al.* 2001¹²⁶, Kasperek, 1995¹²⁷). En el caso de las aves marinas, los enredos se suelen dar alrededor del propio pico, o las alas y las patas, con lo cual dificulta o imposibilita su alimentación o desplazamiento (Buxton *et al.* 2013¹²⁸, Rodríguez *et al.* 2013¹²⁹). Las ballenas y delfines, en tanto, suelen quedar atrapados alrededor de la cabeza y las aletas, mientras que las focas se ven afectadas generalmente por enredo con redes abandonadas, a menudo alrededor de la cabeza y las patas delanteras (Moore *et al.* 2013¹³⁰, Van der Hoop *et al.* 2013¹³¹, Waluda 2013¹³², Raum-Suryam *et al.* 2009¹³³, Hanni & Pyle 2000¹³⁴, Page *et al.* 2004¹³⁵, Boren *et al.* 2006¹³⁶, Allen *et al.* 2012¹³⁷). Finalmente, los organismos bentónicos móviles suelen caer en trampas abandonadas en los fondos marinos (Bilkovic *et al.* 2014¹³⁸, Anderson & Alford 2014¹³⁹, Adey *et al.* 2008¹⁴⁰, Erzini *et al.* 2008¹⁴¹, Antonelis *et al.* 2011¹⁴²,

¹²⁵ Gall, S.C. & R.C. Thompson. 2015. The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin* 92, 170-179.

¹²⁶ Bugoni, L., Krause, L., & M.V. Petry. 2001. Marine debris and human impact on sea turtles in southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 42(12), 1330-1334.

¹²⁷ Kasperek, M. 1995. The nesting of marine turtles on the coast of Syria. *Zoology in the Middle East*, 11, 51-62.

¹²⁸ Buxton, R.T.; Currey, C.A.; O'B Lyver, P. & C.J Jones. 2013. Incidence of plastic fragments among burrow-nesting seabird colonies on offshore islands in northern New Zealand. *Marine Pollution Bulletin*, 74, 420-424.

¹²⁹ Rodríguez, B., Bécarea, J., Rodríguez, A., & J.M. Arcos. 2013. Incidence of entanglement with marine debris by northern gannets (*Morus bassanus*) in the non-breeding grounds. *Marine Pollution Bulletin*, 75, 259-263

¹³⁰ Moore, M., Andrews, R., Austin, T., Bailey, J., Costidis, A., George, C., Jackson, K., Pitchford, T., Landry, S., Ligon, A., McLellan, W., Morin, D., Smith, J., Rotstein, D., Rowles, T., Slay, C. & M Walsh. 2013. Rope trauma, sedation, disentanglement, and monitoring-tag associated lesions in a terminally entangled North Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*). *Marine Mammal Science*, 29, E98-E113.

¹³¹ Van der Hoop, J., Moore, M., Fahlman, A., Bocconcelli, A., George, C., *et al.* 2013. Behavioural impact of disentanglement of a right whale under sedation and the energetic costs of entanglement. *Marine Mammal Science*, 30, 282-307.

¹³² Waluda, C. M., & Staniland, I. J., 2013. Entanglement of Antarctic fur seals at Bird Island, South Georgia. *Marine Pollution Bulletin*, 74, 244-252.

¹³³ Raum-Suryam, K.L.; Jemison, L.A.; Pitcher, K.W., 2009. Entanglement of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in marine debris: Identifying causes and finding solutions. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1487-1495.

¹³⁴ Hanni, K. D., & Pyle, P., 2000. Entanglement of pinnipeds in synthetic materials at South-east Farallon Island, California, 1976-1998. *Marine Pollution Bulletin*, 40, 1076-1081.

¹³⁵ Page, B., McKenzie, J., McIntosh, R., Baylis, A., Morrissey, A., Calvert, N., Haase, T., Berris, M., Dowie, D., Shaughnessy, P.D. & S.D. Goldsworthy. 2004. Entanglement of Australian sea lions and New Zealand fur seals in lost fishing gear and other marine debris before and after government and industry attempts to reduce the problem. *Marine Pollution Bulletin*, 49, 33-42.

¹³⁶ Boren, L. J., Morrissey, M., Muller, C. G., & Gemmill, N. J., 2006. Entanglement of New Zealand fur seals in manmade debris at Kaikoura, New Zealand. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 442-446.

¹³⁷ Allen, R., Jarvis, D., Sayer, S., & Mills, C., 2012. Entanglement of grey seals, *Halichoerus grypus*, at a haul out site in Cornwall, UK. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 2815-2819.

¹³⁸ Bilkovic, D. M., Havens, K., Stanhope, D., & K. Angstadt. 2014. Derelict fishing gear in Chesapeake Bay, Virginia: Spatial patterns and implications for marine fauna. *Marine Pollution Bulletin*, 80, 114-123.

¹³⁹ Anderson, J. A., & A.B. Alford. 2014. Ghost fishing activity in derelict blue crab traps in Louisiana. *Marine Pollution Bulletin*, 79, 261-267.

Kim *et al.* 2014¹⁴³, Uhrin *et al.* 2014¹⁴⁴). Asimismo, los invertebrados pueden ingerir pequeños desechos plásticos, como gusanos, percebes y mejillones (por ejemplo, Thompson *et al.* 2004, Browne *et al.* 2008, Ward & Kach 2009¹⁴⁵, Von Moos *et al.* 2012¹⁴⁶), así como vertebrados grandes, como peces, pájaros y mamíferos (por ejemplo, Jacobsen *et al.*, 2010¹⁴⁷, Provencher *et al.* 2010¹⁴⁸, Davison & Asch 2011¹⁴⁹).

Respecto a los arrecifes de coral, el plástico representa una amenaza inminente. Se estima que en 2010 había 11,1 mil millones de piezas de plástico enredadas en los arrecifes de coral de la región Asia-Pacífico (Lamb *et al.* 2018¹⁵⁰) y que este tipo de contaminación crecerá 40% hacia 2025. Es particularmente preocupante que los corales enredados tenían una probabilidad de enfermarse 20 a 89 veces mayor. Se ha demostrado que los corales acumulan microplásticos dentro y sobre sus pólipos, lo cual impacta a los corales en sí y a las algas con las que tienen relaciones simbióticas. Además, puede alterar las estructuras comunitarias de los arrecifes (Tang *et al.* 2021¹⁵¹).

¹⁴⁰ Adey, J., Smith, I., Atkinson, R. J. A., Tuck, I. & A. Taylor. 2008. Ghost fishing of target and non-target species by Norway lobster, *Nephrops norvegicus*, creels. *Marine Ecology Progress Series*, 366, 119–127.

¹⁴¹ Erzini, K., Bentes, L., Coelho, R., Lino, P. G., Monteiro, P., Ribeiro, J. & J.M.S Gonçalves. 2008. Catches in ghost-fishing octopus and fish traps in the northeastern Atlantic Ocean (Algarve, Portugal). *Fishery Bulletin*, 106, 321–327.

¹⁴² Antonelis, K., Huppert, D., Velasquez, D., & J. June. 2011. Dungeness crab mortality due to lost traps and a costbenefit analysis of trap removal in Washington state waters of the Salish Sea. *North American Journal of Fisheries Management*, 31, 880–893.

¹⁴³ Kim, S.G., Lee, W.-I. L., & M. Yuseok. 2014. The estimation of derelict fishing gear in the coastal waters of South Korea: Trap and gill-net fisheries. *Marine Policy*, 46, 119–122.

¹⁴⁴ Uhrin, A. V., Matthews, T. & C. Lewis., 2014. Lobster trap debris in the Florida Keys National Marine Sanctuary: Distribution, abundance, density and patterns of accumulation. *Management and Ecosystem Science*, 6, 20–32.

¹⁴⁵ Ward, J.E., Kach, D.J., 2009. Marine aggregates facilitate ingestion of nanoparticles by suspension-feeding bivalves. *Marine Environmental Research* 68, 137-142. Laist, D. W. 1997. Impacts of marine debris: Entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. In J. M. Coe, & D. B. Rogers (Eds.), *Marine debris: sources, impacts, and solutions* (pp. 99–139). New York: Springer.

¹⁴⁶ Von Moos, N., Burkhardt-Holm, P., Köhler, A., 2012. Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environmental Science and Technology* 46, 11327-11335.

¹⁴⁷ Jacobsen, J.K., Massey, L. & F. Gulland. 2010. Fatal ingestion of floating net debris by two sperm whales (*Physeter macrocephalus*). *Marine Pollution Bulletin* 60, 765-767.

¹⁴⁸ Provencher, J.F., Gaston, A.J., Mallory, M.L., O'hara, P.D., Gilchrist, H.G., 2010. Ingested plastic in a diving seabird, the thick-billed murre (*Uria lomvia*), in the eastern Canadian Arctic. *Marine Pollution Bulletin* 60, 1406e1411.

¹⁴⁹ Davison, P., Asch, R.G., 2011. Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Subtropical Gyre. *Marine Ecology Progress Series* 432, 173-180.

¹⁵⁰ Lamb, J. B., Willis, B. L., Fiorenza, E. A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D. N., True, J. D., Kelly, L. A., Ahmad, A., Jompa, J. & C.D. Harvell. 2018. Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science* 359 (6374), 460–462.

¹⁵¹ Tang, J., Wu, Z., Wan, L., Cai, W., Chen, S., Wang, X., Luo, J., Zhou, Z., Zhao, J. & S Lin. 2021. Differential enrichment and physiological impacts of ingested microplastics in scleractinian corals in situ. *J Hazard Mater* 404 (Pt B), 124205).

Se ha descubierto contaminación por plásticos a más de 10 km de profundidad en la Fosa de las Marianas, el lugar más profundo del planeta (Taylor, 2017¹⁵², Taylor, 2018.¹⁵³). Las condiciones en la fosa son estables y los residuos pueden permanecer intactos durante siglos.

Adicionalmente, se están investigando activamente nuevos efectos ecológicos de estos elementos de plástico en el medio marino. Por ejemplo, los fragmentos de plástico pueden hacer de “transportadores” de otras especies, desplazándolas horizontalmente o verticalmente en la columna de agua y haciéndolas llegar a nuevos ecosistemas (Gregory 2009), facilitando nuevos hábitats para especies donde de otra manera no se desarrollarían (Kiessling *et al.* 2015¹⁵⁴). En tanto, en las zonas intermareales, la acumulación de basuras marinas puede reducir la penetración de la luz afectando a la vegetación que, debajo del agua, la necesita (Viehman *et al.* 2011¹⁵⁵, Uhrin & Schellinger 2011¹⁵⁶). Además, los fragmentos de plástico en las playas arenosas causan cambios en la permeabilidad y la transferencia de calor entre los granos de sedimentos, lo que podría afectar a los organismos de las playas (Carson *et al.* 2011¹⁵⁷). Por otro lado, la acumulación en el fondo puede generar zonas de sedimento anóxicas, sofocando a las algas, fanerógamas y especies marinas que habitan en el fondo, pudiendo producir mortalidad de organismos en grandes zonas del fondo marino (Uhrin *et al.* 2005¹⁵⁸, Moore 2008¹⁵⁹, Gregory 2009, Green *et al.* 2015¹⁶⁰).

Aunque no todos los ingredientes en el plástico son dañinos, algunos sí lo son y pueden filtrarse en el ambiente marino (Rochman, 2015¹⁶¹). Los desechos plásticos también representan fuentes conocidas de contaminantes orgánicos

¹⁵² Taylor, M., 2017. \$180 bn investment in plastic factories feeds global packaging binge. The Guardian

¹⁵³ Taylor, M., Plastic pollution discovered at deepest point of ocean, in The Guardian. 2018.

¹⁵⁴ Kiessling, T., Gutow, L., Thiel, M., 2015. Marine litter as a habitat and dispersal vector. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine anthropogenic litter* (pp. 141–181). Springer, Berlin.

¹⁵⁵ Viehman, S., Vander Pluym, J. L., & Schellinger, J., 2011. Characterization of marine debris in North Carolina salt marshes. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2771–2779.

¹⁵⁶ Uhrin, A. V., & Schellinger, J., 2011. Marine debris impacts to a tidal fringing-marsh in North Carolina. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2605–2610.

¹⁵⁷ Carson, H.S., Colbert, S.L., Kaylor, M.J. & K.J. McDermid. 2011. Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. *Marine Pollution Bulletin* 62, 1708-1713.

¹⁵⁸ Uhrin, A. V., Fonseca, M. S., & G. P. DiDomenico. 2005. Effect of caribbean spiny lobster traps on seagrass beds of the Florida Keys National Marine Sanctuary: Damage assessment and evaluation of recovery. *American Fisheries Society Symposium* (pp. 579–588). American Fisheries Society.

¹⁵⁹ Moore, C.J. 2008. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, longterm threat. *Environmental Research*, 108, 131–139.

¹⁶⁰ Green D. S., Boots B., Blockley D.J., Rocha C. & R. Thompson. 2015. Impacts of Discarded Plastic Bags on Marine Assemblages and Ecosystem Functioning. *Environ. Sci. Technol.* 49, 5380-5389.

¹⁶¹ Rochman, C.M. 2015. The complex mixture, fate and toxicity of chemicals associated with plastic debris in the marine environment. In: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, Berlin, pp. 117-140.

persistentes (COP) (Mato *et al.* 2001¹⁶²) que pueden ser potencialmente transportados y bioacumulados en organismos marinos (Teuten *et al.* 2009¹⁶³, Engler, 2012¹⁶⁴). Algunas sustancias duraderas, como los bifenilos policlorados (PCB), afectan la salud de los organismos y el medio ambiente (Geyer *et al.* 2017¹⁶⁵). Al no degradarse, pueden viajar distancias largas por medio del viento y el agua, generando impactos duraderos lejos de su lugar de origen. También las partículas de plástico más pequeñas pueden atravesar las células de los animales marinos y algunas pueden llegar hasta el cerebro. Estas partículas interfieren con las hormonas, alterando la reproducción, el desarrollo y el comportamiento de varios tipos de vida marina (Porte *et al.* 2006¹⁶⁶). Incluso algunos plásticos etiquetados como seguros para el almacenamiento de alimentos pueden ser altamente tóxicos para los animales acuáticos y las personas (Hamlin *et al.* 2015¹⁶⁷, 47 Muncke *et al.* 2020¹⁶⁸).

Finalmente, la acumulación de los microplásticos y de los elementos y sustancias que portan, a través de la cadena trófica, parece ser otro punto elemental en el estudio de sus efectos. La ingestión de microplásticos por organismos de los eslabones inferiores de la cadena trófica (fitoplancton y zooplancton) puede ser una ruta de entrada para niveles superiores de la cadena trófica, a través del consumo de presas previamente contaminadas por estos elementos (Anderson *et al.* 2016¹⁶⁹). Estudios realizados en los últimos años han demostrado la transferencia trófica de microplásticos entre peces y cigalas, y entre copépodos y

¹⁶² Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., & T. Kaminuma. 2001. Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental Science and Technology* 35, 318-324.

¹⁶³ Teuten, E.L., Saquing, J.M., Knappe, D.R.U., Barlaz, M.A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S.J., Thompson, R.C., Galloway, T.S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P.H., Tana, T.S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M.P., Akkhavong, K., Ogata, Y., Hirai, H., Iwasa, S., Mizukawa, K., Hagino, Y., Imamura, A., Saha, M. & H Takada. 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364, 2027-2045.

¹⁶⁴ Engler, R.E. 2012. The complex interaction between marine debris and toxic chemicals in the ocean. *Environmental Science and Technology* 46, 12302-12315.

¹⁶⁵ Geyer, R., Jambeck, J. R. & K.L. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 3 (7), e1700782.

¹⁶⁶ Porte, C., Janer, G., Lorusso, L.C., Ortiz-Zarragoita, M., Cajaraville, M.P., Fossi, M.C. & L. Canesi L. 2006. Endocrine disruptors in marine organisms: Approaches and perspectives. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 143, 303-315.

¹⁶⁷ Hamlin, H.J., K. Marciano & C.A. Downs. 2015. Migration of nonylphenol from food-grade plastic is toxic to the coral reef fish species *Pseudochromis fridmani*. *Chemosphere*, 139: p. 223-228

¹⁶⁸ Muncke, J., Andersson, A.-M., Backhaus, T., Boucher, J.M., Carney Almroth, B., Castillo Castillo, A., Chevrier, J., Demeneix, B.A.,

Emmanuel, J.A., Fini, J.-B., Gee, D., Geueke, B., Groh, K., Heindel, J.J., Houlihan, J., Kassotis, C.D., Kwiatkowski, C.F., Lefferts, L.Y., Maffini, M.V., Martin, O.V., Myers, J.P., Nadal, A., Nerin, C., Pelch, K.E., Fernández, S.R., Sargis, R.M., Soto, A.M., Trasande, L., Vandenberg, L.N., Wagner, M., Wu, C., Zoeller, R.T. & M. Scheringer. 2020. Impacts of food contact chemicals on human health: a consensus statement. *Environmental Health* 19(1): 25.

¹⁶⁹ Anderson J.C., Park B.J. & V.C. Palace. 2016. Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems. *Environmental Pollution* 218, 269-280.

macrozooplancton (Setälä *et al.* 2014¹⁷⁰, Murray & Cowie 2011¹⁷¹). Aunque aún son escasos los estudios de transferencia trófica hasta los eslabones superiores de aves acuáticas y mamíferos marinos, algunos trabajos ya han demostrado esta transferencia (Ericksson & Burton 2003¹⁷²). En este caso, se probó la transferencia de microplásticos desde copépodos a una especie de pez linterna (*Electrona subaspera*), y desde ellos a lobos marinos. La eficiencia de los procesos biológicos debido a la ingesta de plásticos puede afectar la cantidad de alimentos que llega al fondo del mar, lo cual suele causar cambios en los ecosistemas del lecho marino donde la comida no es abundante. Un estudio reciente demostró este fenómeno al exponer a un grupo de sálpidos a niveles de concentración de microplásticos que se esperan en el futuro (Wieczorek *et al.* 2019¹⁷³).

Sin embargo, los últimos estudios comienzan a demostrar que los efectos en la cadena trófica también alcanzarían al ser humano. Liebmann *et al.* (2018¹⁷⁴) enfrentan la preocupación por la contaminación microplástica en los alimentos y su posible impacto en la salud. Los autores muestran que efectivamente los microplásticos pueden alcanzar el intestino humano, y estos son parcialmente desechados por las heces. Frente a ello, recientemente Fackelmann & Sommer (2019¹⁷⁵) realizan una revisión del impacto de los microplásticos en la interrupción de la simbiosis entre el huésped y la comunidad microbiota intestinal natural y su patrón de abundancia. Esta llamada disbiosis podría ser causada por el consumo de microplásticos, la interrupción mecánica asociada dentro del tracto gastrointestinal, la ingestión de bacterias extrañas y potencialmente patógenas, así como productos químicos, que forman o se adhieren a los microplásticos (**Ver Figura 6.18**). Asimismo, la disbiosis podría interferir con el sistema inmunitario del huésped y desencadenar la aparición de enfermedades (crónicas), promover infecciones patógenas y alterar la capacidad génica y la expresión de la microbiota intestinal.

¹⁷⁰ Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., & M. Lehtiniemi. 2014. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*, 185, 77–83.

¹⁷¹ Murray, F. & P.R. Cowie. 2011. Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *Marine Pollution Bulletin*, 62(6), 1207–1217.

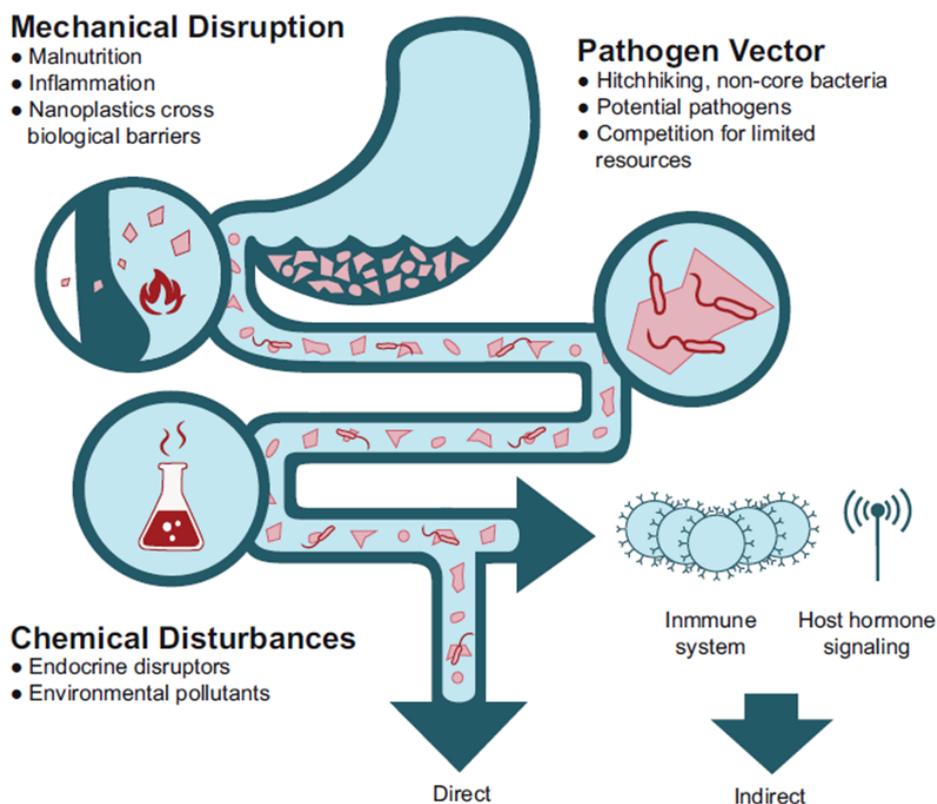
¹⁷² Eriksson, C. & H. Burton. 2003. Origins and biological accumulation of small plastic particles in fur seals from Macquarie Island. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 32, 380–384.

¹⁷³ Wieczorek, A. M., Croot, P. L., Lombard, F., Sheahan, J. N. & T.K. Doyle. 2019. Microplastic Ingestion by Gelatinous Zooplankton May Lower Efficiency of the Biological Pump. *Environ Sci Technol* 53 (9), 5387–5395.

¹⁷⁴ Liebmann B., S. Köppel, P. Königshofer, T. Bucsecs, T. Reiberger & P. Schwab. 2019. Assessment of microplastic concentrations in human stool final results of a prospective study. Medical University of Vienna. Conference: Conference on Nano and microplastics in technical and freshwater systems, Microplastics 2018 At: Monte Verità, Ascona, Switzerland. DOI: 10.13140/RG.2.2.16638.02884.

¹⁷⁵ Fackelmann G. & S. Sommer 2019. Microplastics and the gut microbiome: How chronically exposed species may suffer from gut disbiosis. *Marine Pollution Bulletin* 143:193-203.

Figura 6.18. Posibles efectos del consumo de microplásticos en el ser humano, transferidos a través de la cadena trófica.



Fuente: Modificado de Fackelmann & Sommer, 2019.

En tanto, Schwabl *et al.* (2019¹⁷⁶) y Zhang *et al.* (2021¹⁷⁷) analizaron las heces humanas mediante espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (FTIR), proporcionando evidencia de que las partículas de plástico de tamaño micro pueden excretarse a través del tracto gastrointestinal. También se detectaron partículas de plástico en muestras de colectomía humana con FTIR (Ibrahim *et al.*, 2020¹⁷⁸). La microespectroscopía Raman se ha aplicado recientemente para obtener imágenes e identificar tres partículas de polipropileno de entre 5 y 10 µm en tejido placentario humano (Ragusa *et al.*, 2021¹⁷⁹).

¹⁷⁶ Schwabl P., S. Köppel, P. Königshofer, T. Bucsecs, M. Trauner, T. Reiberger & B. Liebmann. 2019. Detection of various microplastics in human stool: a prospective case series *Ann. Intern. Med.*, 171 (7): 453-457, 10.7326/M19-0618.

¹⁷⁷ N.a. Zhang, Y.B. Li, H.R. He, J.F. Zhang & G.S. Ma . 2021. You are what you eat: Microplastics in the feces of young men living in Beijing *Sci. Total Environ.*, 767, p. 144345, 10.1016/j.scitotenv.2020.144345.

¹⁷⁸ Ibrahim Y.S., S. Tuan Anuar, A.A. Azmi, Wan Mohd Khalik, S. Lehata, S.R. Hamzah, D. Ismail, Z.F. Ma, A. Dzulkarnaen, Z. Zakaria, N. Mustafa, Tuan Sharif & Y.Y. Lee. 2020. Detection of microplastics in human colectomy specimens *J.G.H. Open*, 5 (1): 116-121, 10.1016/j.scitotenv.2020.144345.1002/jgh3.12457.

¹⁷⁹ A. Ragusa, A. Svelato, C. Santacroce, P. Catalano, V. Notarstefano, O. Carnevali, F. Papa, M.C.A. Rongioletti, F. Baiocco, S. Draghi, E. D'Amore, D. Rinaldo, M. Matta, E. Giorgini. 2021. Placentica: first evidence of microplastics in human placenta *Environ. Int.*, 146: 106274, 10.1016/j.envint.2020.106274.

Recientemente, Leslie *et al.* (2022¹⁸⁰) desarrollaron un método analítico y de muestreo sólido para medir partículas de plástico ≥ 700 nm en sangre entera humana de 22 voluntarios sanos. Se identificaron y cuantificaron por primera vez en sangre cuatro polímeros de alto volumen de producción aplicados en plástico. Los más frecuentemente hallados fueron tereftalato de polietileno, polietileno y polímeros de estireno, seguidos por polimetacrilato de metilo. Se analizó polipropileno pero los valores estaban por debajo de los límites de cuantificación. La media de la suma cuantificable de la concentración de partículas de plástico en la sangre fue de 1,6 $\mu\text{g/mL}$, lo que muestra una primera medición de la concentración en masa del componente polimérico del plástico en la sangre humana. Este estudio pionero de biomonitorio humano demostró que las partículas de plástico están biodisponibles para ser absorbidas por el torrente sanguíneo humano.

Situación en Chile

Aunque la basura marina antropogénica (BMA) es un problema mundial, se ha estudiado poco en América Latina. En la región sureste del Pacífico, hasta el 2003 solo dos países (Colombia, Chile) habían publicado estudios sobre BMA en el medio ambiente y estos se centraron principalmente en los desechos marinos flotantes (Thiel *et al.* 2003¹⁸¹; Ivar do Sul & Costa 2007¹⁸²). Un cambio en esta tendencia se produce en el año 2007 con la formación de un grupo de investigadores de la Universidad Católica del Norte que comienzan a desarrollar el programa de ciencia ciudadana "Científicos de la Basura"¹⁸³, conformados por escolares y profesores que comienzan a aplicar el método científico para investigar el problema de la basura en la zona costera de Chile. Fruto de esta iniciativa, en el año 2008 se realizan las primeras encuestas de playa, entre agosto y septiembre (durante el invierno austral), abarcando 43 playas distribuidas al azar a lo largo de toda la costa chilena (18° S a 53° S) (Bravo *et al.* 2009¹⁸⁴). Estos autores concluyeron que la densidad media de basura marina antropogénica fue

¹⁸⁰ Leslie A., van Velzen M.J.M., Brandsma S., DickVethaak, A., Garcia-Vallejo J. & M. Lamoreea. 2022. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International* 163: 107199.

¹⁸¹ Thiel, M., Hinojosa, I., Vásquez, N. & E. Macaya. 2003. Floating marine debris in coastal waters of the SE-Pacific (Chile). *Marine Pollution Bulletin* 46, 224–231.

¹⁸² Ivar do Sul, J.A. & M.F. Costa. 2007. Marine debris review for Latin America and the Wider Caribbean Region: from the 1970s until now, and where do we go from here? *Marine Pollution Bulletin* 54, 1087–1104.

¹⁸³ Para más información revisar en <http://www.cientificosdelabasura.cl/es/>

¹⁸⁴ Bravo, M., Gallardo, M.D., Luna-Jorquera, G., Núñez, P., Vásquez, N. & M. Thiel, M. 2009. Anthropogenic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): results from a national survey supported by volunteers. *Mar. Pollut. Bull.* 58, 1718–1726. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.06.017>.

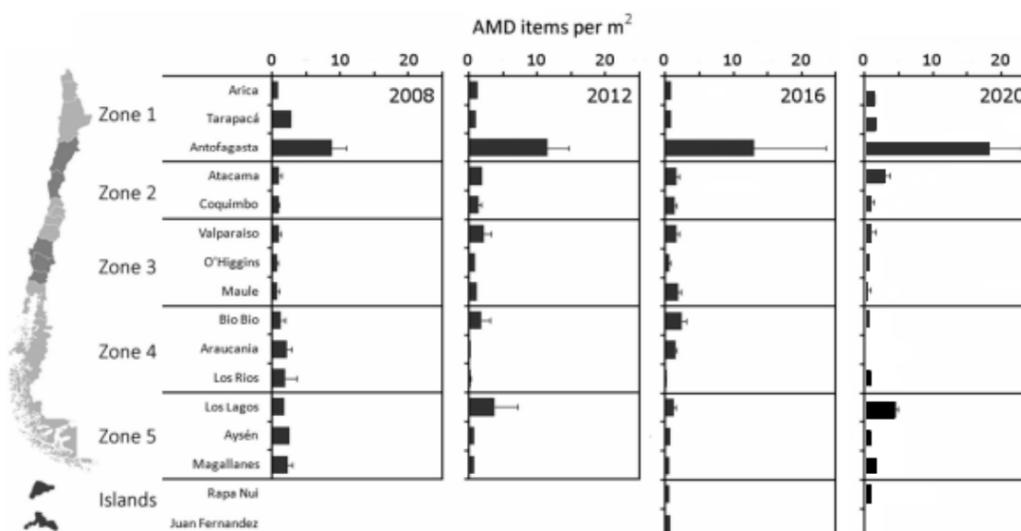
de 1,8 artículos m² y los tipos principales fueron plásticos, colillas de cigarrillos y vidrio. Para más detalles ver Eastman *et al.* (2014¹⁸⁵).

Sin embargo, estos resultados representaron solo una primera instantánea de la situación general, y no hubo información sobre la dinámica espacio-temporal de la basura de playa en el SE Pacífico. Por lo tanto, la encuesta nacional de BMA se repitió durante los años 2008, 2012, 2016 y 2020 a lo largo de toda la costa chilena, para determinar la composición, estimar la abundancia y los patrones espaciales, y explorar las tendencias temporales de las densidades de BMA en playas del sureste del Pacífico. Los resultados del último muestreo fueron publicados por Gallardo *et al.* (2021¹⁸⁶) dieron cuenta que, en términos nacionales, se constató que no hubo cambios en la cantidad de basura encontradas en las playas, comparados con las últimas tres mediciones anteriores. En los cuatro muestreos, la región con mayor cantidad de basura resultó ser la Región de Antofagasta, con 6,8, 11,4, 12,0 y 17,0 unidades de basura por m² en los años 2008, 2012, 2016 y 2020, respectivamente. En el año 2020, la Región de Los Lagos en las cuatro campañas también tuvo un aumento de 1,7 unidades de basura por m² en 2008, a 3,7 unidades de basura por m² en 2020, como también la Región de Atacama aumentó en los años 2008, 2012, 2016 y 2020 a 0,6, 1,9, 1,8 y 2,3 unidades de basura por m², respectivamente (**Ver Figura 6.19**).

¹⁸⁵ Eastman, L., Hidalgo-Ruz, V., Macaya, V., Nuñez, P & M. Thiel. 2014. The potential for young citizen scientist projects: a case study of Chilean schoolchildren collecting data on marine litter. *JICZM* 14, 569–579. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci507>.

¹⁸⁶ Gallardo C., Vásquez N. & M Thiel. 2021. Cuarto Muestreo Nacional de Basura muestra que no hubo muchos cambios en la condición de las playas de Chile en la última década. Voluntarios diagnostican el problema de la basura en las playas. *Científicos de la Basura*, Universidad Católica del Norte. 17 pp.

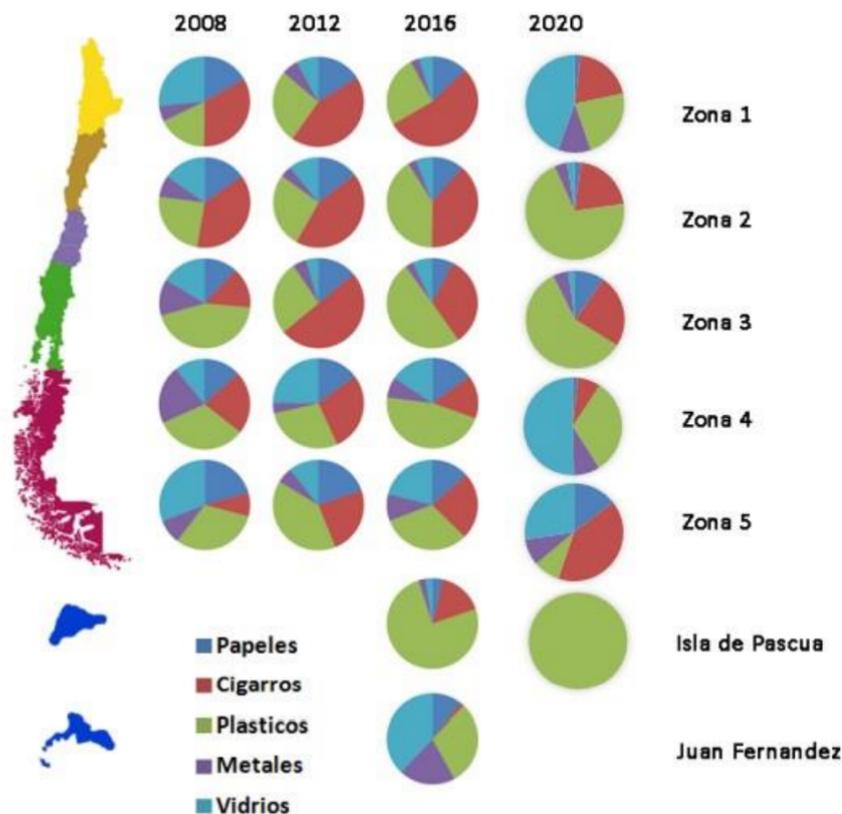
Figura 6.19. Abundancia promedio de basura (unidades de basura/m²) para cada región durante las cuatro campañas de muestreo. Las líneas sobre las barras indican la desviación estándar.



Fuente: Gallardo *et al.* 2021.

Respecto a los tipos de basura encontrados (**Ver Figura 6.20**), el mayor porcentaje en el año 2020 correspondió a plásticos (34,6%) al igual que en el año 2008 (28,4%), seguido de vidrios (22,4%) y colillas de cigarrillos (20%), que fueron los ítems con mayor abundancia en el año 2012 (38,87%) y 2016 (40,7%). En las zonas 1 y 4 predominaron los vidrios, en las zonas 2, 3 y Rapa Nui los plásticos, y en la zona 5 fueron las colillas de cigarrillos. Rapa Nui mostró una notoria predominancia de plásticos (100%; **Figura 6.20**). Mascarillas fueron encontradas en 12 de 32 playas muestreadas (37,5%, **Figura 6.20**).

Figura 6.20. Variación del porcentaje de prevalencia de los distintos tipos de basura en las playas de Chile, durante los años 2008, 2012, 2016 y 2020.



Fuente: Gallardo *et al.* 2021.

Gallardo *et al.* (2021) concluyen que en los últimos 12 años no ha habido cambios en la abundancia de basura en las playas, lo que demostraría que, pese a las nuevas leyes e iniciativas ciudadanas, no hay un cambio significativo en las cantidades de basura encontradas en las playas. Además, se logró identificar un patrón evidente de acumulación de basura, con abundancias muy por encima del promedio nacional en la Región de Antofagasta. Estas diferencias pueden deberse a que las playas muestreadas corresponden a las playas más cercanas al centro urbano de Antofagasta, que acumulan más basura que las playas más remotas de la región. Adicionalmente, en general, los tipos de basura más comunes en las playas de Chile el 2020 fueron los plásticos y vidrios, por lo que son desechos de fuentes locales y/o asociados a actividades de acuicultura en las localidades. A partir de lo anterior, concluyen que el problema de la basura sigue siendo un problema en toda la costa nacional, siendo perentorias más iniciativas de educación ambiental para tener mayor sentido de pertenencia con nuestras playas-ecosistemas.

6.1.4.6. Conclusiones

Si bien la información disponible a parte del POAL, de la literatura científica, y de los diversos estudios de línea de base ambiental que se realizan en Chile en el contexto de los estudios y/o declaraciones de impacto ambiental, han permitido aumentar el acervo de información del medio marino, gran parte de esa información adolece de la rigurosidad como para ser considerada en una revisión del estado ambiental costero de Chile. Esto es especialmente relevante en el caso de los análisis de metales traza en aguas marinas. Como se indicó anteriormente, la concentración de metales traza en el agua de mar es del orden de $\mu\text{g L}^{-1}$. Estos bajos valores determinan que la fase analítica requiera de condiciones y equipos altamente sensibles y sofisticados. La mayor parte de los equipos analíticos se encuentran en el límite de detección de la concentración de metales traza en agua de mar (Rodríguez & Ahumada, 1996), por lo que, mucha de la información analizada entrega datos del tipo “bajo el límite de detección” analítica.

Sin embargo, haciendo uso de aquella información que se estima posee mayor robustez para su análisis, se puede afirmar que existe, en general, una mantención o disminución de los contenidos de todos los metales pesados en aguas. No obstante, la situación resultó distinta en la matriz sedimentaria, donde en el período 2018-2021 los contenidos promedios de cadmio y plomo disminuyeron respecto al período anterior, mientras que los contenidos de cobre y mercurio, en general, fueron mayores. Respecto al mercurio, en específico, aunque las concentraciones promedio regionales en general fueron mayores, de todas maneras, se hallaron bajo los criterios internacionales utilizados en el último período evaluado.

Los nutrientes (nitrógeno y fósforo total) y materia orgánica total revelaron en general un alza de sus concentraciones respecto al último período analizado. Sin embargo, los promedios regionales en los sedimentos de nitrógeno y fósforo total revelaron mayores contenidos de estos elementos en regiones del norte de Chile respecto a las regiones en que se concentra la acuicultura (X, XI y XII Regiones).

En tanto, en general los niveles de HAP y BPC se han mantenido bajos en todas las regiones, mientras que los contenidos hidrocarburos totales (HCT) en sedimentos marinos mostraron un aumento del contenido promedio nacional, y el de algunas regiones, revelando posibles eventos puntuales de vertidos o derrames, informados o no por las diversas actividades que hacen uso del borde costero,

que estén influyendo en las alzas de las concentraciones de hidrocarburos presentes en los sedimentos en el último periodo 2018-2021.

Finalmente, un nuevo tema comienza a aparecer con fuerza en el contexto de la contaminación marina, aquella relacionada a la presencia de nano, micro y macroplásticos en las playas del litoral nacional. Si bien los esfuerzos por ilustrar de forma científica este problema son más bien recientes en Chile, la información que se ha ido generando muestra que la presencia de basura marina antropogénica ha aumentado levemente en los últimos 12 años, demostrando que el problema de la basura sigue siendo un problema en toda la costa nacional.

Bajo el presente análisis, y considerando las limitaciones de la información disponible del Programa POAL, el borde costero nacional muestra claras mejoras y/o mantención de su condición ambiental, considerando las aguas, y algunas mejoras y deterioro, dependiendo de la región, de los sedimentos marinos, apareciendo, no obstante, claramente como un nuevo problema, la presencia de macro y microplásticos (y probablemente nanoplásticos), en las playas nacionales y en los organismos marinos.

6.1.5. Las alteraciones de la zona costera y de sus ecosistemas marinos, y su relación con el cambio climático

Los ecosistemas marinos son una fuente importante de biodiversidad, son fundamentales para nuestra salud y economía, y también son aliados muy potentes en nuestra lucha contra el cambio climático. Sin embargo, el frágil equilibrio de los entornos marinos se está viendo cada vez más perturbado por los efectos del cambio climático y las actividades humanas.

Un mega estudio realizado a gran escala sugiere que el cambio climático es el factor de estrés más importante para los ecosistemas oceánicos y costeros (Halpern *et al.* 2019¹⁸⁷). En este estudio, se estimó el impacto acumulativo de 14 factores estresantes relacionados con las actividades humanas (incluido el cambio climático, la pesca, las presiones terrestres y otras actividades comerciales), en 21 ecosistemas marinos diferentes a nivel mundial, para cada uno de los once años que abarcó el estudio (2003-2013). El estudio concluyó que el aumento del impacto acumulativo estimado para el océano mundial se debía en más del 90% al aumento de la temperatura y a la acidez de la superficie del mar. Adicionalmente,

¹⁸⁷ Halpern, B., Frazier, M., Afflerbach, J., Lowndes, J., Micheli, F., O'Hara, C., Scarborough, C. and Selkoe, K. 2019. Recent pace of change in human impact on the world's ocean. *Scientific Reports* 9: 11609.

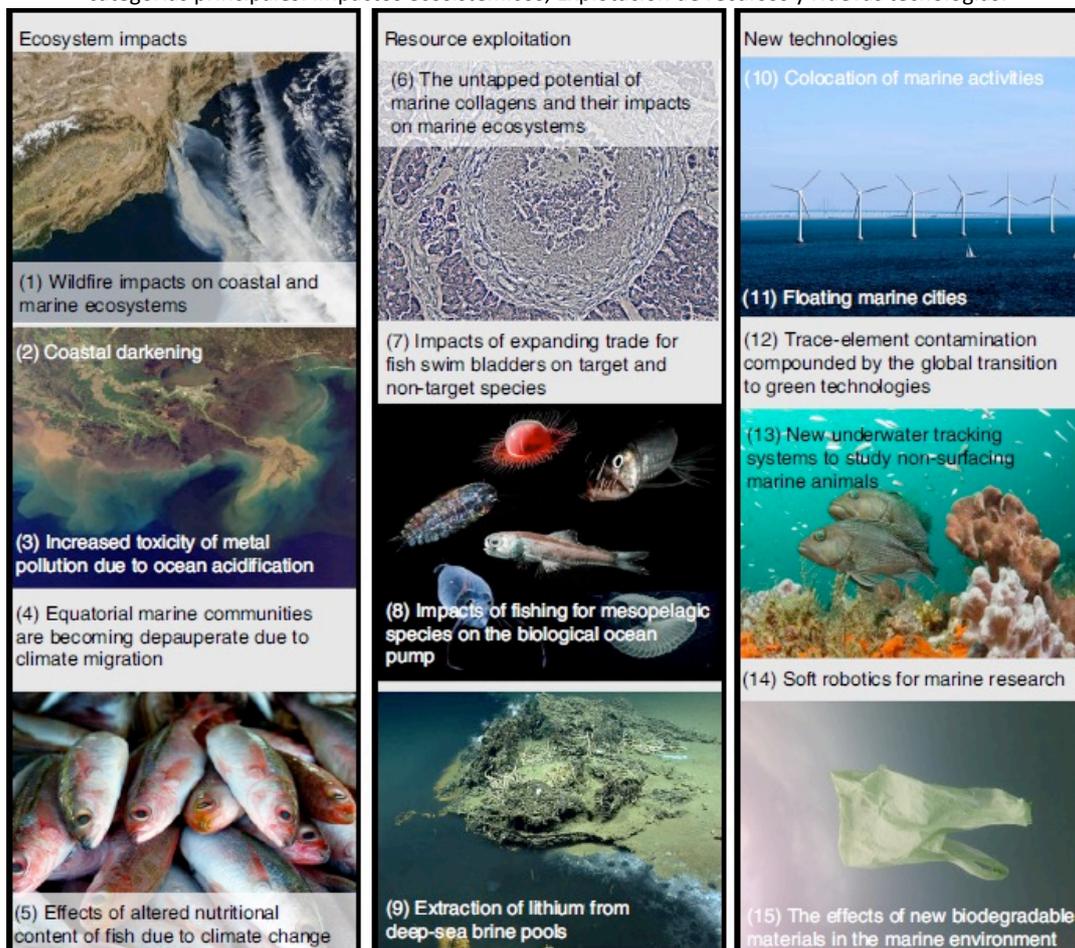
concluyó que el aumento del impacto acumulativo estimado para las zonas costeras se debía en más del 80% al aumento de la temperatura de la superficie del mar y el aumento del nivel del mar.

Por otro lado, un reciente estudio (Herbert *et al.* 2022¹⁸⁸) señala que “la biodiversidad de hábitat marinos y costeros está experimentando cambios sin precedentes”. Si bien existen factores forzantes de estos cambios que son bien conocidos, tales como la sobreexplotación de recursos naturales, el cambio climático y la contaminación, existen además otros factores forzantes emergentes, los cuales señala este estudio, que no serían muy conocidos, y que podrían tener impactos negativos, o también positivos en los ecosistemas marinos o costeros.

Este estudio logró determinar 15 factores emergentes que estarían influyendo en los ecosistemas marinos, los cuales se muestran en la siguiente figura:

¹⁸⁸ Herbert-Read, J., Thornton, A., Amon, D. et al. A global horizon scan of issues impacting marine and coastal biodiversity conservation. *Nat Ecol Evol* 6, 1262–1270. 2022. <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01812-0>.

Figura 6.21. Figura exhibida en el artículo de Herbert *et al.* 2022, donde se muestran los 15 factores forzantes de los ecosistemas marinos, asociados por grupos temáticos, los que se resumen en tres categorías principales: Impactos ecosistémicos; Explotación de recursos y Nuevas tecnologías.



6.1.5.1. Impactos en humedales costeros

Los humedales presentan una paradoja extraordinaria. Si bien son cuerpos de agua que presentan poca profundidad, presentan una alta biodiversidad y gran productividad biológica, lo que permite sustentar con agua y alimento a una gran cantidad de especies vegetales y animales. Sin embargo, estos importantes “hot spot” de biodiversidad sufren una presión antrópica debido al asentamiento cada vez mayor de poblaciones humanas en zonas costeras y de humedales.

Flores *et al.* (2022¹⁸⁹) señala que a nivel mundial el 65% de los habitantes se encuentra ubicado en zonas costeras”. Además de la presión antrópica, los humedales están expuestos a múltiples factores naturales como lo son las bajas precipitaciones registradas en los últimos años, la influencia del litoral debido a

¹⁸⁹ Flores L., Contreras M., R. Figueroa, A. Arenas. 2022. Humedal costero de Mantagua. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 350 pág.

fuertes marejadas, que también se han ido intensificando, y también a los eventos sísmicos, tan propios de nuestro país, los que pueden alterar fuertemente la morfología de los humedales, al generar levantamientos o hundimientos del borde costero.

En Chile existen cerca de 1400 humedales costeros, de diferentes tipos, tamaño y características (Flores *et al.* Op. cit), y Contreras-López *et al.* (2017¹⁹⁰) indican que todos los humedales del país estarían en condiciones de vulnerabilidad de cara al cambio climático.

Si bien la temperatura y la precipitación han sido considerados los parámetros más importantes para estudiar los cambios en el clima, y lo cual influye en el ambiente marino litoral; en ambientes costeros son más importantes la temperatura superficial del mar y el nivel del mar, los cuales de acuerdo a Winckler *et al.* (2020¹⁹¹), resultan más relevantes para comprender los efectos del cambio climático en el litoral, y en humedales costeros:

En las últimas décadas se ha observado una progresiva disminución de la biodiversidad de los humedales, en donde este fenómeno sería mucho mayor que lo determinado en los ecosistemas terrestres (Kernan *et al.* 2010¹⁹²). Esta disminución de la biodiversidad de humedales ha sido atribuida principalmente a la destrucción del hábitat (Finkl & Makowski 2017¹⁹³).

6.1.5.2. Alteraciones oceanográficas debidas al calentamiento de los océanos y a la acidificación marina

El océano tiene una gran capacidad calorífica, los primeros metros de la columna de agua (0 – 700 m) son capaces de almacenar tanto calor como la totalidad de la atmósfera terrestre (Libes 2009¹⁹⁴, Pilson 2013¹⁹⁵). De acuerdo con las mediciones históricas realizadas por la NASA¹⁹⁶, se señala que, hasta diciembre del 2021, los

¹⁹⁰ Contreras-López M & Figueroa-Sterquel R, Salcedo-Castro J, Vergara-Cortés H, Zuleta C, Bravo V, Piñones C & Cortés-Molina F. 2017. Vulnerabilidad de humedales y dunas litorales en Chile central. En Botello A, Villanueva S, Gutiérrez J y Rojas JL (eds.) Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático, Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) - Universidad Autónoma de Campeche (UAC), pp. 227–246.

¹⁹¹ Winckler P, Aguirre C, Fariás L, Contreras-López M & Masotti I. 2020. Evidence of Climate-driven Changes on Atmospheric, Hydrological and Oceanographic Variables along the Chilean Coastal Zone. *Climatic Change* **163**, 633-652. DOI: 10.1007/s10584-020-02805-3.

¹⁹² Kernan M, Battarbee R. & Moss B. 2010. *Climate Change Impacts on Freshwater Ecosystems*. Blackwell Publishing Ltd. New York, USA.

¹⁹³ Finkl C. & Makowski C (Eds) 2017. *Coastal Wetlands: Alteration and Remediation*. Springer International Publishing AG, Switzerland.

¹⁹⁴ Libes S. 2009. *Introduction to Marine Biogeochemistry*. Elsevier Inc.

¹⁹⁵ Pilson M.E.Q. 2013. *An Introduction to the Chemistry of the Sea*. Cambridge University Press.

¹⁹⁶ National Aeronautics and Space Administration (NASA). 2021. Ocean Warming. Artículo en línea: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/ocean-warming/>

océanos han absorbido el 90% del calentamiento producido en las últimas décadas, el que ha sido provocado por el aumento en la emisión de gases invernadero. Las mediciones de dióxido de carbono (CO²) y de metano, dos de los principales gases de efecto invernadero de origen asociado a la actividad antropogénica, tuvieron un continuo incremento en el 2020, a pesar de la ralentización económica derivada de la pandemia de coronavirus. Al respecto, se señala que la situación sanitaria favoreció la reducción de las emisiones de carbono en alrededor de un 7%, ello implica que de no haber ocurrido las paralizaciones, se habrían alcanzado niveles récord en las emisiones de CO² en el 2020 (NOAA 2021¹⁹⁷).

Estos reportes son coincidentes con lo publicado previamente por Cheng *et al.* (2019¹⁹⁸), donde se concluye que los océanos se están calentando en promedio un 40% más rápido de lo que se esperaba. Señalan que, en el último tiempo, se han obtenido máximos año tras año, lo que indica una clara tendencia creciente del calentamiento oceánico. También se menciona que las aguas más cercanas a la superficie son las que más se han calentado y que dicho calentamiento se ha acelerado en las últimas dos décadas.

Entre los efectos del calentamiento de los océanos destacan el aumento del nivel del mar, debido a la expansión térmica, el blanqueamiento de los corales, el deshielo acelerado de las principales masas de hielo de la Tierra, la intensificación de los huracanes, de las mareas y de las tormentas, y cambios en la salud y la bioquímica de los océanos (Durack *et al.* 2018¹⁹⁹, Sweet *et al.* 2022²⁰⁰). Como consecuencia de ello, se han descrito cambios significativos para la humanidad, para las especies marinas y en los ecosistemas de los océanos.

Las manifestaciones derivadas de los impactos del calentamiento de los océanos abarcan un amplio espectro de afectaciones, entre las que se mencionan cambios

¹⁹⁷ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2021. Despite pandemic shutdowns, carbon dioxide and methane surged in 2020. Artículo en línea: <https://research.noaa.gov/article/ArtMID/587/ArticleID/2742/Despite-pandemic-shutdowns-carbon-dioxide-and-methane-surged-in-2020>

¹⁹⁸ Cheng L., J.A. Abraham, Z. Hausfather & K.E. Trenberth. 2019. How fast are the oceans warming? Observational records of ocean heat content show that ocean warming is accelerating. *Science* 363: 6423. doi: 10.1126/science.aav7619

¹⁹⁹ Durack P.J., P.J. Gleckler, S.G. Purkey, G.C. Johnson, J.M. Lyman, & T.P. Boyer. 2018. Ocean warming: From the surface to the deep in observations and models. *Oceanography* 31(2):41–51. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.227>

²⁰⁰ Sweet W.V., B.D. Hamlington, R.E. Kopp, C.P. Weaver, P.L. Barnard, D. Bekaert, ... & C. Zuzak. 2022. Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States: Updated Mean Projections and Extreme Water Level Probabilities Along U.S. Coastlines. NOAA Technical Report NOS 01. NOAA, National Ocean Service, Silver Spring, MD, 111 pp. <https://oceanservice.noaa.gov/hazards/sealevelrise/noaa-nos-techrpt01-global-regional-SLR-scenarios-US.pdf>

a nivel biogeográfico, fenotípico, de biodiversidad, en los tamaños de las comunidades y también modificaciones en los regímenes ecológicos. Se prevé que la variabilidad de dichos aspectos interferirán con los beneficios que proveen los océanos, sin embargo, a pesar de que el calentamiento es un hecho conocido y bien documentado, se desconocen los efectos que pueden derivar de los cambios que se produzcan en términos de la interacción entre especies, de sus efectos fisiológicos y en cuanto a aspectos abióticos (Laffoley & Baxter 2016²⁰¹, Ocean & Climate Platform 2019²⁰²).

Al estudiar los cambios climáticos ocurridos en el pasado, queda en evidencia como las respuestas biológicas de los organismos marinos presentan un patrón de cambio consistente con el aumento en las temperaturas. Las tendencias de incrementos en el calentamiento de las aguas promueven la movilidad de las especies hacia los polos, afectando su rango de distribución normal y aumenta la abundancia de las especies que suelen habitar aguas cálidas, en tanto que las de aguas frías disminuyen (Genner *et al.* 2017²⁰³).

En una línea similar, Lotze *et al.* (2019²⁰⁴), concluyen que el calentamiento de los océanos podría reducir en un 17% la biomasa de las especies marinas a nivel mundial a finales de siglo. Esto implica que todos los recursos pesqueros mundiales, sean peces, crustáceos, moluscos u otros, verán disminuida su productividad biológica debido al calentamiento de los océanos, y a la menor producción primaria. El estudio también señala que la biomasa oceánica animal global está declinando de modo constante con el cambio climático, y que estos impactos se amplifican en los niveles tróficos más altos, es decir, afectaría más a los peces más grandes o a los predadores que están en el tope de la cadena alimentaria.

Dado que el calentamiento de los océanos perturba el equilibrio químico normal de la estructura de la columna de agua, se desencadenan distintas reacciones entre las que se cuenta la pérdida de oxígeno disuelto, el cual sale del agua y pasa

²⁰¹ Laffoley D. & J.M. Baxter. 2016. Explaining ocean warming: Causes, scale, effects and consequences. Full report. Gland, Switzerland: IUCN. 456 pp. doi: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.08.en>

²⁰² Ocean & Climate Platform. 2019. Ocean & climate change: New challenges. Focus on 5 key themes of the IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere, 40 pp.

²⁰³ Genner M.J., J.J. Freer & L.A. Rutterford. 2017. Biological Responses to Ocean Warming. Foresight – Future of the Sea Evidence Review, Government Office for Science.

²⁰⁴ Lotze H.K., D.P. Tittensor, A. Bryndum-Buchholz, T.D. Eddy, W.W.L. Cheung, E.D. Galbraith, ... & B. Worm. 2019. Global ensemble projections reveal trophic amplification of ocean biomass declines with climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116(26): 12907-12912. doi: 10.1073/pnas.1900194116

a la fase gaseosa en la atmósfera (Sutton *et al.* 2017²⁰⁵, Laffoley & Baxter 2019²⁰⁶). Así, se ha determinado que el volumen de agua de los océanos que está desprovisto de oxígeno (anóxico) se ha cuadruplicado en los últimos 50 años. A medida que el agotamiento del oxígeno se vuelve más severo, persistente y generalizado, una mayor fracción de los mares y océanos pierde su capacidad de soportar biomasa. A partir de lo anterior, se postula que, las condiciones actuales son insostenibles y que, a largo plazo, pueden derivar en el colapso ecosistémico, lo que, a su vez, resultaría en daños económicos y sociales (Breitburg *et al.* 2018²⁰⁷).

Desde el comienzo de la revolución industrial, los océanos del mundo han absorbido aproximadamente un 30% de las emisiones de dióxido de CO² (Harrould-Kolieb & Savitz 2009²⁰⁸). Actualmente, gracias al trabajo en realizado en conjunto por 105 científicos provenientes de 80 instituciones de investigación, se sabe que dichas emisiones han aumentado, superando los niveles prepandémicos, y se espera que las emisiones del 2022, provenientes de la quema de carbón, gas y petróleo sean mayores a las del 2021 (Friedlingstein *et al.* 2022²⁰⁹).

Un aspecto fundamental de los cambios forzados en la química marina, causados por el aumento en las concentraciones de CO², es la sucesión de reacciones que promueven el incremento tanto en los niveles de acidez del océano, como en las concentraciones de bicarbonato y un detrimento en la presencia de los iones de carbonato. Este problema denominado acidificación de los océanos, ha sido comparado, en términos de la problemática que representa, con los desafíos que genera el efecto invernadero en la atmósfera, dado que está siendo el promotor de una variabilidad sin precedentes en la composición química de los océanos (Pelejero *et al.* 2010²¹⁰, Williamson & Turley 2012²¹¹).

²⁰⁵ Sutton A.J., R. Wanninkhof, C.L. Sabine, R.A. Feely, M.F. Cronin & R.A. Weller. 2017. Variability and trends in surface seawater pCO₂ and CO₂ flux in the Pacific Ocean, *Geophysical Research Letters* 44: 5627–5636. doi:10.1002/2017GL073814

²⁰⁶ Laffoley D. & J.M. Baxter. 2019. Ocean deoxygenation: everyone's problem. IUCN, Global Marine and Polar Programme <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.13.en>

²⁰⁷ Breitburg D., L.A. Levin, A. Oschlies, M. Grégoire, F. Chavez, D. Conley, ... & J. Zhang. 2018. Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science* 359(6371) doi:10.1126/science.aam7240.

²⁰⁸ Harrould-Kolieb E. & J. Savitz. 2009. Acidificación: ¿Cómo afecta el CO² a los océanos?, *Oceana*.

²⁰⁹ Friedlingstein P., M. O'Sullivan, M.W. Jones, R.M. Andrew, R. L. Gregor, L., J. Hauck, ... & B. Zheng, B. 2022. Global Carbon Budget 2022. *Earth System Science Data* 14: 4811–4900. <https://doi.org/10.5194/essd-14-4811-2022>

²¹⁰ Pelejero C., E. Calvo & O. Hoegh-Guldberg. 2010. Paleo-perspectives on ocean acidification. *Trends in Ecology and Evolution* 25(6).

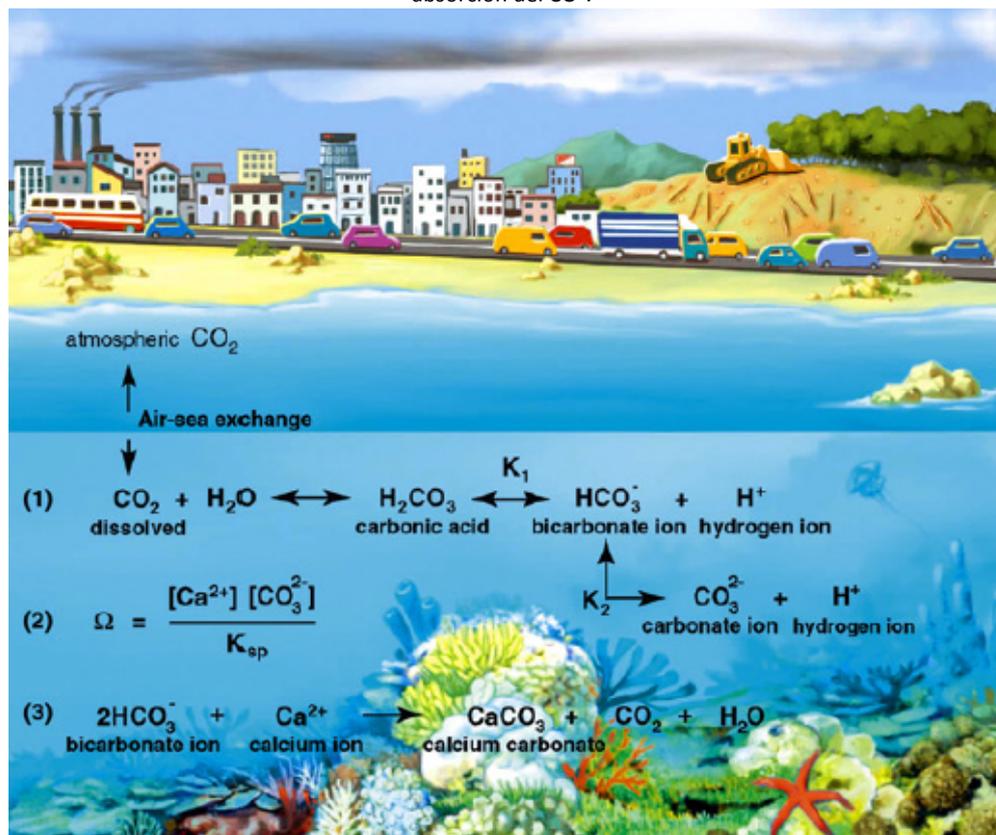
²¹¹ Williamson P. & C. Turley. 2012. Ocean acidification in a geoengineering context. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 370: 4317–4342. doi:10.1098/rsta.2012.0167

En la **Figura 6.22** se presenta una vista esquemática de la perturbación antropogénica del ciclo del carbono, la que se ha relacionado con actividades tales como la quema de combustibles fósiles y la deforestación. Se detalla la secuencia de reacciones químicas que ocurren producto del rol de sumidero que cumple el océano en la absorción del CO_2 .

Entre los problemas que derivan de la acidificación de los océanos, se destaca el daño que le genera a los organismos que tienen estructuras corporales compuestas por carbonato de calcio, afectando especialmente a quienes poseen exoesqueletos, valvas o conchas.

Ello ocurre porque la baja en el pH disminuye la saturación de aragonita, mineral clave para la formación de conchas y esqueletos calcáreos de muchas especies marinas.

Figura 6.22. Esquema generalizado de las reacciones químicas en el agua de mar producto de la absorción del CO_2 .



Fuente: Pelejero *et al.*, 2010.

Con ello, se produce la deformación de dichas estructuras, afectando de manera muy perjudicial la sobrevivencia de estos organismos (Mann & Lazier 2006²¹²).

En cuanto a los impactos relacionados a los recursos pesqueros, se ha establecido que es necesario considerar la acidificación en conjunto con otras forzantes para tener información de posibles desplazamientos de los stocks de peces. Con ello, se puede generar una base de trabajo que permita tomar decisiones a futuro relacionadas con el manejo pesquero (Green *et al.* 2021²¹³).

En la actualidad, se cuenta con un marco de trabajo que permite definir como se deben enfrentar los desafíos que plantea la acidificación de los océanos. Al respecto, se menciona la importancia de contar con una red de trabajo que incluya a científicos y técnicos de diversas áreas de especialización, que abarquen tanto las ciencias naturales, como el desarrollo tecnológico. También es fundamental tener apoyo estatal y privado, y contar con el trabajo de especialistas en escalas regionales que definan aspectos asociados con zonas más acotadas. Asimismo, se debería tener acceso público a los datos de sistemas estuarinos, costeros y del océano abierto, así como contar con los productos informativos relacionados al manejo de pesquerías y de actividades de acuicultura. Otro aspecto que debería considerarse, es la integración de redes de trabajo que evalúen las consecuencias sociales y económicas derivadas de la acidificación (Tilbrook *et al.* 2019²¹⁴).

En este sentido, la red internacional de colaboración denominada *Global Ocean Acidification Observing Network* (GOA-ON) cumple una importante labor en la detección y comprensión de las forzantes que promueven procesos de acidificación en sistemas estuarinos, costeros y del océano abierto. Su labor busca entender las respuestas ecosistémicas ante la acidificación y obtener datos que optimicen el desarrollo y uso del modelamiento orientado a evaluar los impactos.

Los efectos y los riesgos derivados de la acidificación oceánica dependen del nivel de sensibilidad del área, de las especies y de los ecosistemas. Las estrategias que buscan dar solución a este problema aún se encuentran en etapas tempranas de

²¹² Mann K.H. & J.R.N. Lazier. 2006. Dynamics of Marine Ecosystems, Biological–Physical Interactions in the Oceans. Blackwell Publishing 494 pp.

²¹³ Green H.LI, H.S. Findlay, J.D. Shutler, P.E. Land & R.G.J. Bellerby. 2021. Satellite Observations Are Needed to Understand Ocean Acidification and Multi-Stressor Impacts on Fish Stocks in a Changing Arctic Ocean. *Frontiers in Marine Science* 8:635797. doi: 10.3389/fmars.2021.635797

²¹⁴ Tilbrook B., E.B. Jewett, M.D. DeGrandpre, J.M. Hernandez-Ayon, R.A. Feely, D.K. Gledhill, ... & L. Telszewski. 2019. An Enhanced Ocean Acidification Observing Network: From People to Technology to Data Synthesis and Information Exchange. *Frontiers in Marine Science* 6:337. doi: 10.3389/fmars.2019.00337

desarrollo y existen brechas de colaboración entre la investigación científica y quienes son los responsables de la toma de decisiones (Cross *et al.* 2019²¹⁵).

Además, es primordial desarrollar estudios que analicen los impactos en la trama trófica y en los tiempos de respuesta de los océanos, pues estos últimos presentan importantes diferencias con los tiempos en que se manifiestan los cambios a nivel terrestre (Chatterjee *et al.* 2017²¹⁶). Así mismo, se deben desarrollar herramientas que apoyen la toma de decisiones y es necesario mantener redes de contacto entre los científicos y los usuarios de los recursos marinos afectados. Todas estas acciones permitirán promover la resiliencia ante los impactos que cause la acidificación oceánica (Cross *et al.* 2019 id.).

6.2. CAUSAS Y DETERMINANTES DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS DEL BORDE COSTERO

6.2.1. Los desequilibrios de las actividades productivas derivados de la explotación del mar

La contaminación marina se define como "la introducción, directa o indirecta, de sustancias o energéticos en el medio marino (incluyendo los estuarios), la cual acaba por dañar los recursos vivos, poner en peligro a la salud humana, alterar las actividades marinas –entre ellas la pesca– y reducir el valor recreativo y la calidad del agua del mar" (GESAMP, 1972²¹⁷). El mar cubre el 71% de la superficie de la tierra, tiene 2,7 km de espesor promedio y 1.400.000 km³ que se distribuyen en toda la superficie terrestre. La magnitud de estas cifras ha contribuido al mito de que el mar tiene una capacidad de dilución infinita y que, por lo tanto, puede servir como un gigantesco vertedero para todos los desechos producidos por el hombre. Este mito estaría justificado si los desechos se dispersaran y diluyeran instantáneamente, pero en el mar los procesos físicos no actúan tan rápido. En algunas zonas los desechos se pueden acumular y, en consecuencia, dañar al medio.

²¹⁵ Cross J.N., J.A. Turner, S.R. Cooley, J.A. Newton, K. Azetsu-Scott, R.C. Chambers, ... & L. Wickes. 2019. Building the Knowledge-to-Action Pipeline in North America: Connecting Ocean Acidification Research and Actionable Decision Support. *Frontiers in Marine Science* 6:356. doi: 10.3389/fmars.2019.00356

²¹⁶ Chatterjee A., M.M. Gierach, A.J. Sutton, R.A. Feely, D. Crisp, A. Elderling, ... & D.S. Schimel. 2017. Influence of El Niño on atmospheric CO₂ over the tropical Pacific Ocean: Findings from NASA's OCO-2 mission. *Research Article Summary, Science* 358: eaam5776. doi: 10.1126/science.aam5776

²¹⁷ GESAMP. 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. (Kershaw, P.J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC-UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Groups of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep Stud. GESAMP No. 90, 96 p.

Uno de los procesos de contaminación marina de mayor preocupación es la de carácter químico, la que puede provenir desde una fuente natural (como, por ejemplo, una erupción volcánica) o un origen antropogénico. Ésta última, por lo general, la constituyen productos químicos que penetran en el medio ambiente y persisten en él, durante largos períodos de tiempo (Chiang 1988²¹⁸). La contaminación química es provocada por la adición de sustancias de la más diversa composición, que en su conjunto alteran las propiedades que debe tener el agua para los distintos usos a que es destinada (López, 1994).

La calidad del agua en las zonas costeras y cercanas al litoral constituye un motivo creciente de inquietud, debido a que la contaminación es el mayor problema que afecta a estas zonas (Quilodrán 2002²¹⁹). En Chile, a excepción de su capital administrativa (que no se localiza en un sector costero), las mayores poblaciones se concentran en las bahías o cercanas a ellas. Éstas son áreas protegidas en forma natural, por lo que en ellas se desarrollan actividades múltiples, generalmente incompatibles entre sí. La mayoría de las actividades desarrolladas actualmente en las bahías producen alteraciones y modificaciones del ambiente, pudiendo en su conjunto producir daños considerables en esta área (Ahumada 1995²²⁰). La diversidad de contaminantes que pueden llegar a acumularse en estas áreas puede transformar los sedimentos en una matriz de alta toxicidad, con procesos de desfaunación creciente (Mudge & Seguel 1999²²¹, Rudolph *et al.* 2002²²²). La materia orgánica presente en altas concentraciones en los sedimentos puede afectar el balance del oxígeno disuelto de los mismos, mientras que altos contenidos de metales pesados e hidrocarburos afectan la salud de los organismos, reducen la biodiversidad y la abundancia de especies (Van Den Hurk *et al.* 1996²²³). Mientras, como todas las urbes del mundo, las ciudades con mayor población generan mayores volúmenes de aguas servidas, las que en cualquier caso son sometidas a tratamiento.

²¹⁸ Chiang, J. 1988. Niveles de metales pesados en organismos, agua y sedimentos marinos recolectados en la V región de Chile. Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacífico Sudeste Chile, Viña del Mar, 9-13 mayo, Pág. 205-215.

²¹⁹ Quilodrán, B. 2002. Síntesis y Caracterización de resinas con capacidad extractivas de iones metálicos con impacto en el medio ambiente". Tesis de Magíster en Ciencias, mención Química, Universidad de Concepción.

²²⁰ Ahumada, R. 1995. Bahías: áreas de uso múltiple, un enfoque holístico del problema de la contaminación. Ciencia y tecnología del mar (N° especial): 59-68.

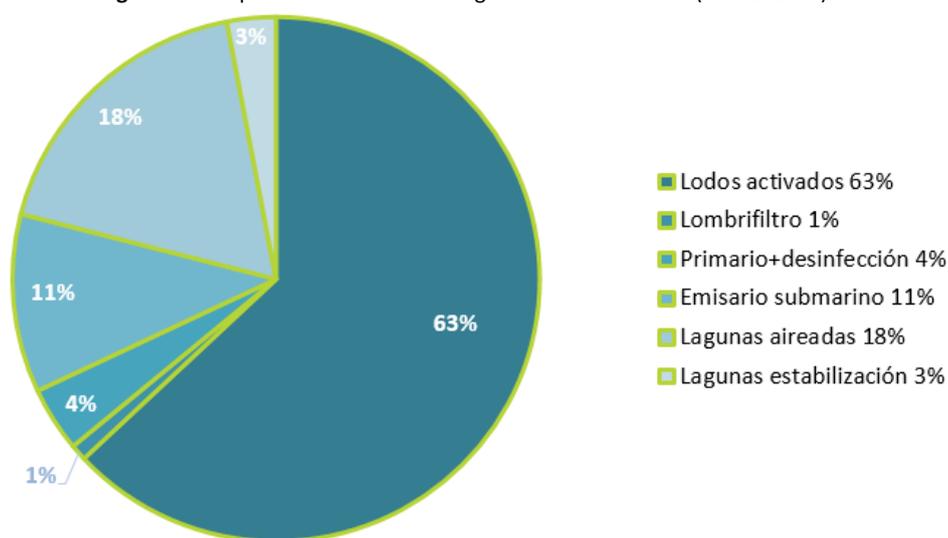
²²¹ Mudge, S. & C. Seguel. 1999. Organic contamination of San Vicente Bay, Chile. Marine Pollution Bulletin 11(38): 1011-1021.

²²² Rudolph A, R Ahumada & C Pérez. 2002. Dissolved oxygen content as an index of water quality in San Vicente Bay, Chile (36°45' S). Environmental Monitoring and Assessment 78: 89-2002.

²²³ Van den Hurk, P., R.H.M. Eertman & J. Stronkhorst. 1996. Toxicity of Harbour Canal sediments before dredging and after off-shore disposal. Marine Pollution Bulletin 34(4): 244-249.

A comienzos de los 90, se inició de forma preliminar la construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAS) en Chile. Este proceso fue acelerándose desde el año 2000, con la publicación de la “Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales (Decreto 90/01, ID 182637, Ministerio Secretaría Regional de la Presidencia), debido al sostenido aumento de las enfermedades gastrointestinales y entéricas asociadas al vertido de aguas residuales a los cauces superficiales. En la actualidad, Chile ha alcanzado niveles de cobertura en el tratamiento de las aguas residuales cercanos al 99% en sectores urbanos, ubicándolo a la altura de países desarrollados en la materia, Respecto al tratamiento de aguas servidas por parte de la industria sanitaria, existen 300 sistemas de tratamiento distribuidos a nivel nacional. Los más de 1.200 millones de metros cúbicos de aguas servidas tratadas, unos 38 m³/s en función del volumen recolectado, se obtienen mayoritariamente a través de plantas de tratamiento de aguas servidas y también de sistemas primarios (asistidos, emisarios submarinos) (Figura 6.23).

Figura 6.23. Tipos de tratamiento de aguas servidas en Chile (SISS 2019²²⁴).



Se aprecia que el 11,0 % de las aguas tratadas van al mar (33 de las 300 plantas de tratamientos de aguas servidas), principalmente a través de emisarios submarinos, lo que se traduce en vertimiento de materia orgánica que altera las propiedades de las aguas y sedimentos marinos receptores.

224 Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). 2019. Resultados de Evaluación de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) Año 2019. http://www.siss.gob.cl/586/articulos-17439_recurso_1.xlsx. Visitado el 05 de agosto de 2019.

Dada la extensa costa con que cuenta el litoral nacional, junto con la discontinuidad de ocupación del territorio, la dispar densidad poblacional y las diversas actividades productivas que se llevan a cabo a lo largo del territorio, hace que las fuentes de contaminación que afectan al borde costero y a los ecosistemas marinos sean distintos dependiendo de las Regiones en las cuales se centre el estudio. Por lo anterior, a continuación, se hará un breve repaso de las fuentes de contaminación que pueden menoscabar el borde costero considerando las regiones naturales de Chile.

6.2.2. Contaminación del mar y del borde costero debido a actividades terrestres residenciales, productivas y de consumo por grupo de regiones

Situación General del Borde Costero Nacional

Regiones XV, I, II y III

Las Regiones XV, I, II y III (Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama, respectivamente), abarcan todo el Norte Grande y parte del Norte Chico de Chile. Esta zona se asocia evidentemente con la explotación y refinación de diversos minerales. No obstante, el cobre encabeza el listado entre los minerales más importantes de Chile, siendo en la actualidad el principal productor de cobre de mina con 26,3% del mercado mundial durante el periodo enero – octubre de 2021, superando a Perú, China, Estados Unidos y Australia²²⁵. Lo anterior, ambientalmente, no ha sido gratuito. La producción del cobre se ha acompañado de pasivos ambientales, siendo los más importantes desde el punto de vista del medioambiente marino, la existencia de tranques de relaves cuyos residuos fueron descargados al mar durante años, ya sea en forma directa, a través de emisarios submarinos, como en forma indirecta, a través de cursos de aguas naturales (ríos, esteros). Esto trajo consigo amplias zonas costeras con presencia de altas concentraciones de metales pesados, tales como cobre, mercurio, cadmio, níquel y zinc, entre otros. Caso emblemático lo constituye Chañaral: desde 1938 y hasta 1991 los relaves de Potrerillos y El Salvador se vaciaron, a través del río Salado, en el litoral de Chañaral, lo que repercutió directamente en la calidad ambiental de sus playas. De acuerdo a Fernández *et al.* (2001²²⁶), las aguas marinas de la zona intermareal de Chañaral presentaron valores de cobre promedio de 190 ppb, dos órdenes de magnitud por sobre los medidos más al interior y en otras áreas de la Región de Atacama. Esta alteración de las aguas y

²²⁵ Guía Minera de Chile. (2022).

²²⁶ Fernández, E., M.L. Silva, I. Sánchez., O. Pavez, R. Díaz R. & P. Fabry. 2001. Libro Resúmenes XXI Congreso de Ciencias del Mar. Viña del Mar. Página 31.

sedimentos por metales pesados no sólo puede causar la muerte de muchos organismos marinos, sino también algunos de ellos, como los moluscos filtradores, pueden bioacumular grandes concentraciones en sus tejidos, traspasando estos elementos en la trama trófica, pudiendo alcanzar al ser humano que consume a estos organismos. Esto resulta especialmente relevante en ciudades costeras del norte de Chile (Arica, Iquique, Antofagasta, por mencionar algunas), dada la gran cantidad de caletas pesqueras que se localizan en esta zona del litoral: 49 caletas pesqueras oficiales entre la XV y II Regiones de acuerdo al D.S. 240/1998 que fija nomina oficial de caletas de pescadores artesanales.

Adicionalmente, Vásquez (2005²²⁷) señala que, en general, en esta zona del norte de Chile los valores de cobre, níquel, arsénico, plata en el agua de mar y organismos marinos son inusualmente altos, en comparación con otros lugares del mundo y comparativamente mayores que en el resto del país. El mismo autor establece que reportes de la biodiversidad de macroalgas intermareales en catorce playas rocosas del norte de Chile, entre Antofagasta y Puerto Aldea, muestran que en áreas contaminadas por relaves de cobre (Caleta Palito, Santo Domingo y Chañaral), la única especie presente es la macroalga marina *Enteromorpha compressa*. En contraste, playas no contaminadas rocosas tienen entre diez a 22 especies de macroalgas.

Otra fuente importante de aportes de contaminantes al medio marino la constituyen los puertos comerciales, pesqueros y/o de cabotaje del norte de Chile. En esta zona del país es posible encontrar tres grandes puertos: Arica, Iquique y Antofagasta. A esto se adicionan otros puertos de menor envergadura como Patache, Mejillones, Taltal, Tocopilla, Huasco, Chañaral y Caldera (DIRECTEMAR 2016²²⁸). La ubicación de los puertos privilegia el interior de las bahías, considerando la protección a vientos y/o marejadas y, en general, la presencia de corrientes de menores magnitudes, aumentando así los tiempos de residencia y la sedimentación de partículas en dichos sectores. La actividad portuaria es compleja, requiere de servicios de carga/descarga, suministros, combustible, traslado de personal y reparaciones, lo que sumado a eventos de derrames crónicos de hidrocarburos e ingreso de residuos, hacen de las zonas portuarias sistemas fuertemente alterados, con una alta presión ambiental y una

²²⁷ Vásquez, J. 2005. La minería en el norte de Chile. En: Buschmann, A. & Fortt, A. (eds.) Industria y Contaminación Marina. OCEANA. 38 p.

²²⁸ Dirección del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (Directemar). Programa de Observación del Ambiente Litoral, (P.O.A.L.). <https://www.directemar.cl/directemar/intereses-maritimos/p-o-a-l-programa-de-observacion-del-ambiente-litoral/programa-de-observacion-del-ambiente-litoral-p-o-a-l>. Visitado el 05 de agosto de 2019

paulatina alteración de la calidad de las aguas y sedimentos (Ahumada 1995, Rudolph *et al.* 2002²²⁹). Existe abundante evidencia sobre la acumulación de contaminantes en el sedimento de las instalaciones portuarias y sus alrededores. Aguirre-Martínez *et al.* (2009)²³⁰, por ejemplo, en estudio comparativo de los puertos de Iquique, San Vicente y Talcahuano, mostró que el puerto de Iquique presentó las mayores concentraciones de metales (20 µg/g de cadmio; 370 µg/g de plomo y 514 µg/g de cobre). Otras bahías del Norte Grande han sido profusamente estudiadas, como la Bahía de Mejillones del Sur (Valdés & Sifeddine 2009²³¹; Valdés *et al.* 2000²³², 2005, 2007), Bahía San Jorge (Calderón & Valdés 2012²³³), sistema de bahías de Caldera (Valdés & Castillo 2014²³⁴), por mencionar algunas. Calderón & Valdés (2012) encontraron que la mayor concentración de metales pesados en sedimentos correspondió al sector del Puerto de Antofagasta; en tanto, Valdés & Castillo (2014) concluyeron que los niveles de metales medidos en las bahías Caldera, Calderilla, Inglesa y Salada, mostraron un enriquecimiento incipiente de metales pesados asociado a la actividad antrópica desarrollada en la zona pero que, de momento solamente, suponen un riesgo ocasional para las comunidades bentónicas. Por su parte, Valdés & Sifeddine (2009) demostraron que en la Bahía Mejillones los sedimentos marinos estarían levemente enriquecidos en la actualidad por níquel, plomo y zinc, aun cuando los valores se mantendrían dentro de un rango cercano a los niveles preindustriales.

Otra fuente de aporte de contaminantes al medio marino en la zona norte analizada la constituyen los procesos de elaboración de la harina. Si bien la nueva institucionalidad ambiental ha permitido la disminución notable de la descarga de residuos industriales líquidos directamente desde el borde costero a las aguas y sedimentos marinos, no ha impedido la descarga del pescado desde las bodegas de los barcos, aportando principalmente agua y materia orgánica, reflejados en restos de pescado, escamas, vísceras, sangre, que son devueltos, la mayor de las veces, sin tratamiento alguno. La degradación de estos desechos puede ocasionar

²²⁹ Ahumada, R.; Rudolph, A.; Contreras, S. 2002. Contenido de metales (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn) en los sedimentos marinos de la región patagónica (52°-56° S), Chile. *Ciencia y Tecnología del mar*. 25: 77-86.

²³⁰ Aguirre-Martínez, G., A. Rudolph, R. Ahumada, R. Loyola & V. Medina. 2009. Toxicidad no específica en sedimentos portuarios, una aproximación al contenido de contaminantes críticos. *Rev. biol. mar. oceanogr.* 44(3): 725-735.

²³¹ Valdés, J. & A. Sifeddine. 2009. Composición elemental y contenido de metales en sedimentos marinos de la bahía Mejillones del Sur, Chile: evaluación ambiental de la zona costera. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 37(2): 131-141.

²³² Valdés, J., L. López, S. Lo. Mónaco & L. Orlieb. 2000. Condiciones paleoambientales de sedimentación y preservación de la materia orgánica en bahía Mejillones del Sur (23°S), Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 35(2): 169-180.

²³³ Calderón, C. & J. Valdés. 2012. Contenido de metales en sedimentos y organismos bentónicos de la bahía San Jorge, Antofagasta, Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 47(1): 121-133.

²³⁴ Valdés, J. & A. Castillo. 2014. Evaluación de la calidad ambiental de los sedimentos marinos en el sistema de bahías de Caldera (27°S), Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 42(3): 497-513.

zonas de microoxigenación o directamente hipoxia en la columna de agua, alterando el ecosistema marino.

Otra actividad que se vincula a los sectores costeros y que en los últimos años ha aumentado en Chile su presencia en el norte del país, son las centrales termoeléctricas, especialmente las que utilizan como fuente de energía el carbón. Como parte de su proceso de producción de energía, estas plantas deben ser enfriadas, para lo cual utilizan principalmente un sistema de enfriamiento directo en el que agua de mar es captada y bombeada a los condensadores, para luego ser emitida a una temperatura 8 a 12 °C por encima de su temperatura de entrada, siendo posteriormente devuelta con esta nueva temperatura al mar. Se estima que las termoeléctricas requieren de aproximadamente 95 litros de agua para producir 1 kWh, (Feeley III *et al.* 2008²³⁵). En el caso de termoeléctricas costeras, adicionalmente, la captación de agua implica además que grandes cantidades de organismos planctónicos sean sometidos a rápidos incrementos de temperatura y presión, daños mecánicos por abrasión y efecto de biocidas antiincrustantes, provocando impactos negativos sobre su abundancia, composición y sobrevivencia (Bamber & Seaby 2004²³⁶). Roco (2010²³⁷) demostró que el efecto combinado de aumento de temperatura en 6 °C y presencia de antiincrustantes disminuye drásticamente las tasas de ingestión de alimento y de crecimiento y la supervivencia de juveniles del gasterópodo *Concholepas concholepas*, además de afectar la producción de proteínas de estrés térmico. En la actualidad las centrales termoeléctricas forman parte del paisaje costero nacional, especialmente en algunas bahías. Así, en Bahía de Mejillones, AES Gener administra las centrales del Complejo Norte, que incluyen Cochrane (548 MW) y Angamos (545 MW), y la Central Nueva Tocopilla (277,3 MW), en Tocopilla. Mientras que en Huasco posee la Central Termoeléctrica Guacolda (760 MW). ENGIE, por su parte, tiene a cargo como parte del Complejo Norte, las centrales a petróleo diésel de Diésel Arica (14,3 MW), Diesel Iquique (43 MW), Diésel Tamaya (103,7 MW) y Termoeléctrica Tocopilla (41 MW); mientras que administra las centrales térmicas a carbón de Termoeléctrica Mejillones (225,9 MW) y

²³⁵ Feeley III, T.J., T.J. Skone, G.J. Stiegel, J.R., A. Mcnemar, M. Nemeth, B. Schimmoller, J.T. Murphy & L. Manfredo. 2008. Water: A critical resource in the thermoelectric power industry. *Energy* 33: 1-11.

²³⁶ Bamber, R.N. & R.M.H. Seaby. 2004. The effects of power station entrainment passage on three species of marine planktonic crustacean, *Acartia tonsa* (Copepoda), *Crangon crangon* (Decapoda) and *Homarus gammarus* (Decapoda). *Marine Environmental Research* 57: 281-294.

²³⁷ Roco R. 2010. Efecto del aumento de temperatura y presencia de pintura anti-incrustante sobre la supervivencia, crecimiento, alimentación y estrés en juveniles de loco *Concholepas concholepas* (Gastropoda, Muricidae): Impacto potencial de termoeléctricas costeras. Tesis de Licenciatura, Universidad Católica del Norte, Coquimbo.

Termoeléctrica Tocopilla (397,32 MW) (<http://generadoras.cl/>). ENEL, en tanto, administra las centrales a gas natural de Atacama (780,6 MW) y Taltal (244,9 MW) en la Región de Antofagasta y la central a carbón Tarapacá TC (158 MW).

Junto con lo anterior, y teniendo como característica también la toma de agua, han comenzado a aparecer las plantas desalinizadoras, como respuesta a la escasez de agua potable y de agua para usos industriales en el norte de Chile. Una planta desaladora capta agua del mar y la procesa mediante distintos sistemas hasta convertirla en apta para el consumo humano y/o para usos industrial y agrícola. Desde el punto de vista medioambiental el funcionamiento de estas plantas se correlaciona con varios impactos en el medio marino: generación de descarga de salmuera (por lo general, hasta 69 g/L, considerando que el agua de mar en el norte de Chile promedia los 34-35 g/L), que pueden contaminar los acuíferos y dañar los ecosistemas acuáticos, debido al contenido en sales; succión de aguas con contenido de plancton, afectando la productividad primaria y secundaria; y aporte de contaminantes, debido a los pretratamientos químicos y anticorrosivos (cloruro férrico, ácido cítrico, ácido sulfúricos, entre otros compuestos).

Sólo por nombrar algunas, en Chile ya se encuentran funcionando las plantas desalinizadoras de Escondida EWS (2.500 L/s), ADASA La Chimba (1.053 l/s), Spence (Caitán) (1.000 L/s), Aguas Cap (600 L/s), Planta desaladora Cerro Grande (600 L/s), Planta Desalinizadora Minera Candelaria (500 L/s), Abastecimiento de Agua Desalada Mantoverde (120 L/s), Planta Desaladora Michilla (75 L/s), entre otras (**Figura 6.24**). De las plantas desalinizadoras funcionando en Chile, 78 % (6.200 L/s) se destinan a la minería, 19 % a las sanitarias (1.500 L/s) y un 3 % (300 L/s) a otras industrias. A esto se deben adicionar los nuevos proyectos que se encuentran en la actualidad en evaluación en el Sistema de Evaluación Ambiental.

Figura 6.24. Plantas desalinizadoras en el norte de Chile (ACADES 2022²³⁸).



El uso de agua de mar para propósitos de enfriamiento y de desalinización y su posterior descarga de aguas calientes e hipersalinas hacia el mar, evidentemente provoca efectos mortales inmediatos sobre diversos componentes de la flora y de la fauna, así como efectos indirectos, tales como alteración en la movilidad y comportamiento, crecimiento, tamaño o alteración de la madurez sexual de tales organismos.

Regiones IV a VII

Las Regiones IV a VII (Coquimbo, Valparaíso, O'Higgins y Maule, sin contar la Región Metropolitana), el desarrollo de la zona se basa fundamentalmente en las actividades comercial, silvoagropecuaria e industrial, en esta última destaca la

²³⁸ Asociación Chilena de Desalinización A.G. (ACADES). La desalinización como nueva fuente de agua para Chile. 10 junio 2022. Universidad de Valparaíso.

industrialización de harina de pescado y conservas, así como también la minera, representada por la extracción de oro, plata, cobre y manganeso, ambas presentes en menor escala a la existente en la zona norte.

Por lo anterior, las principales fuentes de contaminación de mar la constituyen la agricultura (fertilizantes, herbicidas, fungicidas e insecticidas principalmente), los que suelen alcanzar el mar desde zonas interiores a través de los ríos. Ejemplo de ello lo representa la cuenca del río Aconcagua en la V Región, que se constituye en el soporte para los principales asentamientos humanos, procesos productivos y de servicios de la Región de Valparaíso. De acuerdo al SISS (2022²³⁹) el río Aconcagua es el segundo eje de crecimiento de la región donde se llevan a cabo diferentes actividades de minería en la cordillera, como es la División Andina de CODELCO Chile en el río Blanco, y en las cabeceras de algunos tributarios (Estero Catemu, Los Litres). Existen también importantes proyectos hidroeléctricos en la zona (Termoeléctricas San Isidro y Nehuenco), que son alimentados con aguas de la parte alta de la primera sección del río Aconcagua, y una importante y extensa actividad agrícola. Otras actividades como extracción de áridos, industria manufacturera, turismo y servicio de transporte se desarrollan en la cuenca, haciendo de ella una zona de alta demanda y múltiples usos. La acción antrópica sobre el río Aconcagua ha influido en la pérdida evidenciada en la calidad del suelo y de las aguas marinas sobre las cuales descarga el río.

Otra fuente evidente de aporte de contaminantes a las aguas marinas en estas regiones son las descargas domésticas de aguas servidas y residuos industriales líquidos, como consecuencia de la alta actividad industrial y la presencia de los núcleos urbanos más importantes (Santiago, Valparaíso), con alta densidad poblacional. En estas regiones se encuentran 2 de las tres regiones más grandes de Chile: Metropolitana de Santiago (7.112.808 habitantes) y Valparaíso (1.815.902 habitantes) (INE 2017). Lo anterior genera gran cantidad de aguas servidas que, si bien gran parte de ellas reciben un tratamiento antes de ser vertidas al mar, aún persisten aguas que se vierten directamente al mar por múltiples efluentes existentes a lo largo de la línea de costa, generando principalmente contaminación microbiológica por altos contenidos de coliformes fecales. Esto último no sólo repercute en la salud de las personas en forma directa por contagio de enfermedades infecciosas (cólera, hepatitis, etc.), sino que también se puede afectar la salud de la población a través del consumo de

²³⁹ SISS. https://www.siss.gob.cl/586/articles-19738_recurso_Resultado2020.xlsx. Visitado el 26 de diciembre de 2022.

pescados y mariscos contaminados con agentes patógenos causantes de una serie de enfermedades, especialmente del tipo gastrointestinal. Sólo a modo de ejemplo, de acuerdo a la información entregada por Esval S.A. (Empresa Sanitaria de Valparaíso, Aconcagua y Litoral), año 2017, de los 134.749.898 m³ tratados en el año 2017, un 73,4% corresponde a emisarios submarinos, un 19,6% a lodos activados y solo un 7,0% a lagunas aireadas.

Finalmente, debe destacarse que entre las Regiones IV y VII también se hayan un sistema importante de bahías que albergan muchas actividades industriales, destacando las del tipo portuaria, pesquera, acuícola y energía. Así, el sistema de bahías de la IV Región, constituye un foco importante de actividad portuaria, pesquera y acuícola, que ha generado impacto en las mismas. Destacan las bahías de Coquimbo, Guanaqueros y Tongoy. En este se encuentra el puerto de Coquimbo y el de Tongoy, con sus respectivos aportes de sustancias contaminantes al medio marino. La actividad pesquera también resulta relevante: sólo en la IV Región se localizan 33 caletas pesqueras oficiales (D.S. 240/1998). La actividad acuícola es activa también en la IV Región, la que produjo en el año 2021 (SERNAPESCA 2021²⁴⁰), 372 toneladas del alga pelillo, 151 ton de abalón rojo, 3.654 ton de ostión del norte y 37 ton de ostra del pacífico. El cultivo de organismos filtradores como ostiones y ostras, aunque no implica un suministro externo de alimento, también tiene diferentes efectos ambientales y concentran elementos de desecho en las inmediaciones a los centros donde son cultivados. Sin embargo, es necesario indicar que sus efectos son al menos 15 veces menores que el de organismos que requieren un aporte exógeno de alimento como en el caso de los salmones. A pesar de ello, debe indicarse que los filtradores producen un aumento de la biodepositación en el lugar de cultivo junto con una disminución de la sedimentación en un área geográfica mayor, fenómeno que no ocurre en el cultivo de salmones.

Las bahías en la V Región también presentan ocupación portuaria, pesquera, de proyectos energéticos y desalinizadoras, entre otros usos. Así, la bahía de Quintero presenta múltiples usos, todos los cuales generan intervención antrópica. Destacan las Centrales Termoeléctricas Campiche y la Central Termoeléctrica Ventanas (Unidades 1, 2, 3 y 4) de AES Gener con 884 MW instalados (aunque ya han dejado de funcionar las Unidades 1 y 2), y la Central Térmica Quintero (257 MW) de ENEL; el Puerto de Ventanas (aportando carbón y

²⁴⁰ Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). 2021. http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/2021_0302_desembarque_total_por_region.xlsx. Visitado el 26 de diciembre de 2022.

cobre al borde costero), 4 terminales marítimos de combustibles, pertenecientes uno a Oxiquim y los otros tres a la Refinería de Petróleos de Concón (ENAP), las caletas pesqueras de El Embarcadero y El Manzano, playas de uso turístico como Loncura y Ventanas, Áreas de Maneo y Explotación de Recursos Bentónicos (Ventanas – Los Lunes y Norweste Península Los Molles), entre otras actividades. Un completo catastro y análisis de riesgo ecológico por sustancias potencialmente contaminantes en las aguas marinas de las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví se encuentra contenido en el estudio realizado por el CEA (2013²⁴¹).

Desde la VI a la VII Regiones la información sobre contaminación marina es muy escasa. No se registran puertos de importancia, con excepción del puerto privado de Constitución. Se ha identificado que en la Región del Maule casi la totalidad de las localidades descargan indirectamente sus aguas servidas al mar, ríos, esteros o canales, los que tienen como punto común de encuentro el océano.

Regiones VIII a X

Esta es una zona que cuenta con variados recursos naturales, los que constituyen el desarrollo de múltiples actividades, que incluye la agrícola, ganadera, industrial forestal, del papel y la celulosa, minería del carbón y del acero, constituyéndose además como la principal zona productora de harina de pescado y desarrollo de la acuicultura del país. También se constituye como una zona con alta densidad poblacional. De hecho, la VIII del Biobío²⁴² es la tercera región con mayor cantidad de habitantes (1.556.805 habitantes, INE, 2017). También destaca entre estas regiones el sector silvoagropecuario, cuya producción constituye la materia prima fundamental para el desarrollo de la agroindustria de la zona como, por ejemplo, lecherías, molineras, plantas faenadoras de carnes, entre otras.

La VIII Región se caracteriza por poseer bahías de múltiples usos altamente intervenidas. Ejemplo de ello es la Bahía San Vicente-Talcahuano. En la bahía San Vicente coexisten distintas actividades: un complejo siderúrgico, industrias químicas, industrias pesqueras, astilleros menores, actividades de cabotaje, puerto pesquero artesanal, bancos de mariscos de explotación artesanal y áreas de cultivo marinos. Ya en 1989, Ahumada *et al.*²⁴³ indicaron que en términos

²⁴¹ Centro de Ecología Aplicada. 2013. Análisis de Riesgo Ecológico por Sustancias Potencialmente Contaminantes en el Aire, Suelo Y Agua, en las Comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví. Informe Final. Ministerio de Medio Ambiente. 380 p.

²⁴² Desde el 2 de agosto de 2017, la Región del Biobío fue dividida en 2: Región del Biobío y Región de Ñuble, por lo que la Región de Valparaíso pasó a ser la segunda región con mayor cantidad de habitantes.

²⁴³ Ahumada, R., A. Rudolph, S. Madariaga & F. Carrasco. 1989. Descripción de las condiciones oceanográficas de la Bahía San Vicente y antecedentes sobre los efectos de la contaminación. *Biología Pesquera (Chile)* 18: 37-52.

estéticos, en esta bahía el deterioro ambiental es evidente y se observan incompatibilidades de usos. En la década de los 80', el crecimiento de la industria pesquera de la Región del Biobío fue notable, instalándose numerosas industrias que poseían tecnologías inadecuadas u obsoletas para evitar la contaminación marina con sus aportes de riles a las bahías de la zona. Las industrias de harina de pescado, ubicadas en Talcahuano y San Vicente, emitieron altos niveles de grasas y aceites al mar, como también significativas concentraciones de desechos nitrogenados, provenientes de la degradación de proteínas musculares del proceso de cocción de peces y de su sangre. En muchos casos, estas aguas fueron vertidas con altas temperaturas y con compuestos químicos. En 1988, los problemas de contaminación marina por riles en Talcahuano y San Vicente alcanzaron sus niveles más críticos, con nueve industrias pesqueras en operación en Canal El Morro o Rocuant y seis en Bahía de San Vicente, vertiendo sus riles al medio marino, a veces directamente sobre las playas. Los efectos más negativos se observaron en Marisma Rocuant transformando rápidamente este ecosistema en un lugar pestilente por los malos olores, con vegetación cubierta de aceites y grasas y eliminado todo rastro de vida acuática que existía en el (EULA, 2014²⁴⁴). Hoy en día la situación ha cambiado, pero aun la marisma no se recupera totalmente, pese a que desde el año 1990, existen diversos reglamentos y decretos que obligaron a las industrias pesqueras de la zona a mejorar sus procesos productivos, principalmente sus riles, y, de este modo atenuar la contaminación del medio marino, terrestre y atmosférico. Los problemas de contaminación más serios que produjeron los riles pesqueros sin un adecuado tratamiento en el ambiente marinos costeros fueron: a) disminución del oxígeno disuelto en la columna de agua debido a la demanda para oxidar la materia orgánica; b) creación de bolsones de aguas sin oxígeno; c) aumentos de la temperatura del agua; y, d) cubrimientos de la superficie del agua y orillas de playas con capas de aceites y grasas insolubles.

Otras áreas costeras que están afectadas por las descargas de riles son Lota, Coronel y Arauco, donde la existencia de industrias pesqueras en las dos primeras, y de celulosa, en la última, sumadas a las descargas directas de aguas servidas crean situaciones de alta contaminación química y orgánica con la consiguiente desafinación en el bentos marino.

²⁴⁴ EULA. 2014. Proyecto Análisis de Riesgos de Desastres y Zonificación Costera, Región del Biobío. Código BIP 30098326. Expediente Comunal Talcahuano. Gobierno Regional Región del Biobío. 89 pp.

La Bahía de Concepción también ha sido estudiada desde ya hace algunos años. Chuecas (1989²⁴⁵) determinó en sedimentos marinos de la bahía que las concentraciones promedios máximas de mercurio (1,32 ppb) corresponderían a valores muy superiores, tanto al estándar EPA (0,10 ppb) como también a la concentración natural promedio (0,05 ppb). No obstante Carrera et al. (1993)²⁴⁶ consideraron que los niveles de cadmio, cobre, cobalto, níquel, plomo y zinc en la bahía de Concepción eran bajos y similares a los niveles considerados como naturales. También Franco *et al.* (2001²⁴⁷) analizaron los contenidos de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en la bahía Concepción, concluyendo que los sedimentos de las estaciones localizadas cercanas a los puertos de Penco y Lirquén y desembocadura del río Andalién (y puerto de Talcahuano) presentaron las mayores concentraciones de hidrocarburos alifáticos. Los resultados indicaron también al puerto de Talcahuano, como el área de mayor acumulación de hidrocarburos tanto alifáticos como aromáticos. En tanto, Werlinger & Salamanca (2017²⁴⁸) analizaron la presencia de metales pesados en tejidos de organismos provenientes del sector aledaño a Isla Rocuant, Bahía Concepción. Los organismos estudiados fueron los bivalvos bentónicos *Tagelus dombeii* (“navajuela”), *Mulinia edulis* (“taquilla”), las macroalgas *Gracilaria chilensis* (“pelillo”) y *Rhodomenia* sp (“rodymenia”) y el pez *Stromateus stellatus* (“pampanito”). Los metales analizados en sus tejidos fueron Cd, Fe, Hg, Pb y Zn. En general, los metales encontrados presentaron concentraciones comparables con los valores reportados en la literatura para las mismas especies, pero en otras localidades, por lo que reflejaron una condición natural, indicando además que los niveles de Cd, Hg y Pb en los moluscos bivalvos se hallaron bajo los niveles de aceptación para productos de exportación. Se destacó en este estudio, además, que en el caso del Pb, este se halló bajo los niveles de detección analítica en todos los organismos, al igual que el Cd en el pez *S. stellatus* y el alga *G. chilensis*, mostrando una mejora de las condiciones de esta bahía.

Como se mencionó anteriormente, la alta población de la VIII Región ha generado también problemas en la descarga de aguas servidas al mar. La habilitación de emisarios submarinos para eliminar las aguas servidas se ha incrementado en la

²⁴⁵ Chuecas, L. 1989. Contaminación marina por metales pesados en el litoral de la región del Biobío, Concepción, Chile: el caso del mercurio y el cadmio. *Amb. y Des.*, 1: 137-145.

²⁴⁶ Carrera, M., P. Valenta, R. Ahumada & V. Rodríguez. 1993. Determinación voltamétrica de metales traza en la columna de agua y sedimentos en la Bahía de Concepción. *Rev. Biol. Mar.*, 28(1): 151-163.

²⁴⁷ Franco, C., A. Rudolph, J. Becerra & A. Barros. 2001. Análisis de Hidrocarburos en Sedimentos de Bahía Concepción por Cromatografía en Capa Fina. Libro Resúmenes XXI Congreso de Ciencias del Mar. Viña del Mar. página 33.

²⁴⁸ Werlinger C. & M. Salamanca. Contenido de metales en muestras biológicas de la isla Rocuant, bahía Concepción, Chile. *Gayana (Concepción)*. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382017000100017>.

VIII Región. En la actualidad, existen tres emisarios de este tipo ubicados en los sectores de Penco-Lirquén, Tomé y Coronel Sur, y pronto estarán en funcionamiento los de Coronel Norte, Lota y San Vicente-Talcahuano. Este último será el de mayores proporciones, internándose en el mar 1.800 m en Punta Los Lobos, en el sector norte de la Bahía de San Vicente.

También existe presencia de generadoras eléctrica a carbón en la VIII Región. Aquí ENEL es propietaria de la Central Térmica a carbón Bocamina (478 MW), la cual también capta agua de mar ($45.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$) para el sistema de refrigeración, con las consecuencias ambientales que ya se han mencionado. No obstante, en septiembre de 2022 se concretó el cierre de Bocamina II en Coronel. Todo ello dentro del Plan Nacional de Descarbonización del Estado de Chile firmado en junio de 2019, cuando ENEL Chile y sus filiales comprometieron voluntariamente el cierre anticipado de todas sus plantas a carbón. El 31 de diciembre de 2019 se desconectó la unidad a carbón de Central Tarapacá, mientras que el 31 de diciembre de 2020 cerró Bocamina I.

Finalmente, la costa de la VIII Región es una importante zona de actividad portuaria que atiende la demanda de transporte de diversos tipos de cargas que llegan o salen vía marítima. En el litoral de la región existen muelles para la operación de buques de cargas en Lirquén, Talcahuano, San Vicente, Huachipato y Lota y desembarque de pesca en Tomé, Lirquén, Penco, Talcahuano, San Vicente, Lota, Coronel y Lebu. Como se ha descrito, toda la actividad portuaria tiene potenciales impactos sobre el ambiente marino en su construcción (instalación de pilotes y molos de protección para los muelles), los que una vez funcionando pueden alterar los flujos de corrientes y depositación de sedimentos. Junto con lo anterior se debe destacar la actividad de reparación y/o construcción de buques y naves mayores en diques o astilleros como los de ASMAR, en el suroeste de la Bahía de Concepción y de la empresa MARCO, en el sector norte de la Bahía de San Vicente, dentro del puerto del mismo nombre. Esta actividad genera focos de contaminación por el uso de pinturas tóxicas antiincrustantes a base de compuestos químicos como el estaño, por eliminación de restos de pinturas y arena en el proceso de repintado de los cascos y estructuras de las naves, y en general los residuos de diferentes tipos resultantes de la mantención o carena de las embarcaciones (CONAMA, 2013²⁴⁹).

²⁴⁹ Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). 2013. De Mar a Cordillera. Octava Región del Biobío. 147 pp.

En la IX Región de La Araucanía la contaminación de los cursos de agua se debe a la presencia de ciudades ubicadas en las riberas de los ríos, como Temuco, Lautaro, Nueva Imperial y Carahue, entre otros. La mayor parte de ellas vierten sus aguas servidas sin tratamientos y a pesar de que actualmente se piensa que los ríos aún son capaces de autodepurar sus aguas, no se ha evaluado científicamente el impacto futuro, al ritmo actual de crecimiento de las ciudades. El litoral marino de la IX Región se extiende por unos 120 km. La costa es en general, rectilínea y por lo mismo abrupta, careciendo de puertos abrigados que permitan una explotación industrial de los recursos marinos, aunque hay un predominio de líneas arenosas y vastos campos de dunas. Los dos ríos más importantes que desembocan en el mar son el Imperial, en Puerto Saavedra, y el río Toltén. El estudio efectuado por CADE-IDEPE (2004)²⁵⁰ para la Dirección de Aguas de Chile caracterizó la cuenca del río Imperial detallando el conjunto de ríos que aportan a la cuenca y determinando una serie de fuentes de contaminación del tipo difusa desde centros poblados, por y plaguicidas y fertilizantes, que podrían modificar parámetros como pH, metales traza como el cobre, cromo, hierro, manganeso y aluminio, entre otros, que llegarían finalmente al mar.

Otro aspecto significativo de la IX Región es la intensa explotación de los recursos marinos, la cual se ha intentado paliar con el establecimiento de AMERBs, localizadas en Queule y la barra del Toltén. Una situación similar se aprecia en la XIV Región de Los Ríos. No obstante en ella, el foco de la contaminación se ha centrado en sus ríos, siendo emblemático el caso del denominado “desastre” del Santuario de la Naturaleza del Río Cruces – un área protegida oficialmente desde 1981 por el Estado de Chile y por la Convención RAMSAR –, que comenzó a dar sus primeras señales en mayo de 2004, a cuatro meses de la entrada en operación de la Planta de Celulosa de CELCO, con cambios de conducta de los cisnes de cuello negro, hasta registrar la muerte de más de mil cisnes. Este río pasa en su trayecto por las localidades de San José de la Mariquina, Punucapa y Valdivia, y se une finalmente al río Valdivia que desemboca en el mar. El río Valdivia, por su parte, nace en la ciudad de Valdivia donde confluyen los ríos Calle-Calle y Cau-Cau, en el sureste de la Isla Teja. Luego fluye al sur de la isla y recibe las aguas del río Cruces para terminar en la Bahía de Corral, donde desemboca. La importancia de la cuenca del río Valdivia y su influencia en el estado ambiental de la costa en donde desembocan queda de manifiesto en que, en enero de 2015, mediante DS. 1/2015 MMA, se “Establece normas secundarias de calidad ambiental para la

²⁵⁰ CADE-IDEPE. 2004. Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad. Cuenca del Río Imperial. Technical Report. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Elaborado por: Cade-Idepe Consultores en Ingeniería. Disponible en http://www.sinia.cl/1292/articles-31018_Imperial.pdf.

protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia”, reconociendo la relevancia del estuario del río Valdivia, dada su función biológica irremplazable en la producción y el desarrollo de numerosas especies, a tal punto que son reconocidos como verdaderas "áreas de crianza" y hábitats promotores para el desarrollo de larvas de distintas especies de peces, debido a su alta producción biológica, tanto primaria como secundaria. Asimismo, en la parte terminal del río Cruces se ubica el humedal río Cruces, de tipo costero estuarial, que se formó como consecuencia del hundimiento del terreno por el terremoto de 1960. Éste fue declarado "Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo" (Decreto supremo N° 2.734 del 3 de junio de 1981 del Ministerio de Educación). Adicionalmente, por ser un sitio de relevancia para las especies, comunidades, ecosistema en general y en particular para aves acuáticas y peces, el 27 de julio del año 1981 fue declarado Humedal de Importancia Internacional en el marco de la Convención de RAMSAR, denominado "Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter" (N° Lista RAMSAR 6CL001). Finalmente, la importancia del río Valdivia y su influencia en el estado del borde costero donde desemboca, se refleja en la alta biodiversidad del mismo, contando con registros de 61 especies de microalgas, 120 especies de plantas acuáticas, 67 especies de invertebrados acuáticos y 20 especies de fauna íctica (70% endémicas y 17 en alguna categoría de conservación).

Cabe mencionar, adicionalmente, que en las riberas de la cuenca del río Valdivia habita una población de aproximadamente 370 mil habitantes (INE, 2017). Asimismo, los usos de suelos colindantes corresponden a bosque nativo (49%), actividad agropecuaria (28%) y plantaciones forestales (15%). Las principales actividades económicas asociadas a la cuenca y al sistema estuarial corresponden a las actividades silvoagropecuarias, agrícolas, ganaderas, industriales, con un gran número de empresas de este rubro (principalmente empresas forestales e industrias de la madera) y, en menor medida, actividades de acuicultura (cultivos de mitílidos y salmónidos). Además, esta cenca es de importancia turística para la región y en ella se realizan actividades de pesca deportiva, destacándose además su uso como fuente de provisión de agua potable. La población urbana de la parte baja de la cuenca se concentra mayoritariamente en la ciudad de Valdivia, la cual en su mayoría posee servicios de alcantarillado y de tratamiento de aguas servidas. No obstante, claramente todas estas actividades ejercen presión sobre la calidad de las aguas de la cuenca del río Valdivia, lo que llevó a la elaboración de la citada norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia. Esto será de vital

importancia, pues en las riberas de la cuenca se hallan 12 caletas pesqueras, mientras que en el borde costero de la desembocadura del río se localizan 45 AMERBs (SUBPESCA, 2022²⁵¹).

En tanto, la X Región presenta, como principal fuente contaminante del mar, la fuerte actividad de acuicultura, cuya expansión en cuerpos de agua marinos y lacustres, ha producido beneficios socioeconómicos sustanciales para el país. Sin embargo, en algunos cuerpos de aguas que son utilizados para esta actividad ha acarreado cambios ecológicos indeseables. Los principales impactos asociados a la acuicultura en la X Región (y también en las Regiones XI y XII), de acuerdo a Buschmann (2001²⁵²), consideran el aumento de alimento no consumido por los peces y aumento de los desechos de los peces, con el concomitante aumento de nutrientes en la columna de agua y en los sedimentos submareales que se encuentran bajo los centros de cultivo, mientras que aumento de materia orgánica puede llevar a la eutroficación de los sedimentos y, cuando esta capacidad de carga es superada y no es posible degradar aeróbicamente esta materia orgánica, comienza a producir procesos de degradación anaeróbica, con la consecuente producción de ácido sulfhídrico o sulfuro de hidrógeno (H₂S) y emisión de gases desde los sedimentos. También se asocia a la salmonicultura, la propagación de enfermedades y disponibilidad de fármacos (antibióticos) en el medio, debido a un aumento de la biomasa de cultivo. Luengo & Díaz (2022²⁵³), indican, además, que es posible identificar los siguientes impactos de la salmonicultura: i) generación de desechos orgánicos e inorgánicos; ii) polución biológica producto del escape de peces y; iii) uso excesivo de productos químicos como antiparasitarios, antibióticos y antifúngicos.

Independiente de lo anterior, las aguas y fondos marinos de la X Región no se hayan exentas de otros contaminantes, como hidrocarburos. Bonert *et al.* (2010²⁵⁴) analizaron la presencia de hidrocarburos en sedimentos superficiales del Seno Reloncaví y el Golfo de Corcovado. Los autores detectaron la presencia de hidrocarburos alifáticos procedentes de plantas terrestres, pero confirmaron en la localidad de Quellón la presencia de muestras asociadas a combustibles derivados

²⁵¹ SUBPESCA. 2022. <https://mapas.subpesca.cl/ideviewer/>. Visitado el 26 de diciembre de 2022.

²⁵² Buschmann, A. 2001. Impacto Ambiental de la Acuicultura el Estado de la Investigación en Chile y el Mundo. Terram Publicaciones 77 pp.

²⁵³ Luengo S. & F. Díaz. 2022. Proyectos de acuicultura en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.: Hacia una delimitación conceptual y práctica de su evaluación. Revista de derecho (Coquimbo. En línea). 29, (ago. 2022), e4483. DOI:<https://doi.org/10.22199/issn.0718-9753-4483>.

²⁵⁴ Bonert, C., L. Pinto & R. Estrada. 2010. Presencia de hidrocarburos en agua y sedimentos entre el Seno Reloncaví y el Golfo Corcovado (X Región) - CIMAR 10 Fiordo. Cienc. Tecnol. Mar, 33 (2): 89-94.

del petróleo. Alarcón (2002²⁵⁵), por su parte, determinó la presencia de elementos traza (Cd, Cu, Ni, Pb, Hg y As) en agua de mar y sedimentos de la Bahía de Puerto Montt. En agua de mar Alarcón (2002) halló concentraciones promedio de Cu de 1,80 µg/L, Cd 0,03 µg/L, Ni 0,8 µg/L, Pb 0,59 µg/L, As 0,7 µg/L y para Hg de 0,24 µg/L). En las muestras de sedimento el autor determinó concentraciones promedio de Cu de 29,6 mg/kg, Cd 0,06 mg/kg, Ni 13,19 mg/kg, Pb 2,07 mg/kg, As 2,59 mg/kg y Hg de 0,02 mg/kg. El autor concluye que hay un efecto de las actividades producidas por el hombre en las zonas cercanas a la Bahía de Puerto Montt, debido a las descargas de sus desechos directamente al mar, como las empresas salmoneras, astilleros, los emisarios del alcantarillado, etc. Además, habría evidencias de la contaminación antrópica debida a los vehículos motorizados, humo de las chimeneas, etc., dada la elevada concentración de los metales analizados especialmente en el punto de muestreo de Puerto Montt. Estas conclusiones fueron compartidas por el estudio de Peña (2006²⁵⁶), quien concluyó que habría localidades como Chiquihue y Puerto Montt que presentan mayores concentraciones de ciertos metales en sedimentos a diferencia de las otras localidades: Cu 38,92 (µg/g) en Chiquihue, Cd 0,148 (µg/g) en Puerto Montt, Pb 12,97 (µg/g) en Puerto Montt, Hg 0,24 (µg/g) en Puerto Montt y As 11,59 (µg/g) en Chiquihue. Esto evidenciaría impacto de estas localidades por elementos traza.

Regiones XI a XII

Estas regiones basan su desarrollo económico esencialmente en su amplio potencial silvoagropecuario, pesquero y minero. En este último caso, resulta relevante la explotación de hidrocarburos, la que se lleva a cabo tanto en el continente como en la plataforma continental sobre el Estrecho de Magallanes.

En particular, la XII Región presenta actividades de extracción de petróleo desde plataformas marinas, a lo que se suma el elevado tráfico de barcos que navegan la zona de los canales y que cruzan el Estrecho de Magallanes. Dado que esta es una zona de fiordos, estrechos y canales, la convierte en un área de riesgo y daño ambiental potencial por hidrocarburos debido a las dificultades que presentan a la navegación y la cercanía a la costa. Un hecho histórico que avala este riesgo lo constituye el varamiento del B/T "Metula", que en agosto de 1974 encalló en el

²⁵⁵ Alarcón, S. 2002. Determinación de elementos traza (Cd, Cu, Ni, Pb, Hg y As) en agua de mar y sedimento de la Bahía de Puerto Montt, año 2002. Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al Título de Químico Farmacéutico. 88 pp.

²⁵⁶ Peña, N. 2006. Determinación de elementos traza (Ni, Cu, Pb, Cd, As y Hg) en el Seno de Reloncaví, 2003. Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al Título de Químico Farmacéutico. 91 pp.

Estrecho de Magallanes, derramando aproximadamente 57 millones de litros de petróleo (Gunnerson & Peter, 1976²⁵⁷). Junto a lo anterior, el tráfico marítimo también trae asociado el vertimiento de toda clase de restos de víveres, residuos resultantes de las faenas domésticas y trabajo rutinario desarrollado a bordo de un buque.

Por lo anterior, no es de extrañar que Lecaros *et al.* (1997²⁵⁸) hallaron hidrocarburos alifáticos en sedimentos marinos del estrecho de Magallanes y Canal Beagle. El 50% de las estaciones muestreadas por esos autores mostraron características propias de una contaminación reciente y el 30% restante indicios claros de contaminación crónica, estas últimas todas localizadas en el estrecho de Magallanes. Años antes, Lecaros & Lorenzo (1994²⁵⁹) también informaron de presencia de metales pesados (bario, cobre, cobalto, cromo, manganeso, níquel, vanadio y zinc) en sedimentos del Estrecho de Magallanes y del Canal Beagle.

Otro problema asociado también con la navegación, la cual se hace extensivo tanto a la XI como a la XII Regiones, es el vertimiento de residuos de plásticos al mar. Estos dañan aves, mamíferos y reptiles marinos, que mueren ahogados o ahorcados al enredarse con fibras o restos de plástico, o intoxicados al ingerir partículas de plástico que confunden con alimento. Esto se ha convertido en un problema global para los océanos, como lo ha descrito recientemente Eriksen *et al.* (2014²⁶⁰) y Jambeck *et al.* (2015²⁶¹). El problema de los desechos plásticos también se ha comenzado a agravar en las regiones más australes dado el auge de la acuicultura, que aporta con restos de redes, boyas, balsas jaulas plásticas y otros desechos, que también derivan hacia la costa y se acumulan en las playas, contaminando y ensuciándolas; como también pueden terminar por depositarse en los fondos marinos, lo que implica muy escasa probabilidad de degradarse. Esto será tratado de manera particular en el apartado 6.1.4.4.

A pesar de lo anterior, una extensa región de esta zona permanece aún casi virgen. Constituye el sector menos alterado y contaminado de nuestro país, aun cuando existen casos puntuales de contaminación. En este contexto, el Programa

²⁵⁷ Gunnerson, Ch. & G. Peter. 1976. El derramamiento petrolífero del METULA. NOAA Special Report. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

²⁵⁸ Lecaros O, R Juan & M Lorenzo. 1997. Hidrocarburos alifáticos en sedimentos de fondo marino en el Estrecho de Magallanes y canal Beagle, *Revista de Biología Marina*, 32 (2): 203-213.

²⁵⁹ Lecaros O & M Lorenzo. 1994. Presencia de metales pesados en sedimentos del Estrecho de Magallanes y del Canal Beagle. *Revista de Biología Marina*, 29 (1): 127-136.

²⁶⁰ Eriksen, M., Lebreton LCM, Carson HS, Thiel M, Moore CJ, *et al.* 2014. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE* 9(12): e111913.

²⁶¹ Jambeck, J., R. Geyer, C. Wilcox, T. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan & K. Law. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean, *Science* 13 (347): 768-771.

CIMAR (Cruceiros de Investigación Marina del Comité Oceanográfico Nacional – CONA), se tradujo en un importante centro de recopilación de valiosa información del área de los fiordos y canales australes. Entre octubre de 1995 y marzo de 1999 se llevaron a cabo 4 Programas CIMAR-FIORDO, los que prosiguieron con 6 campañas más entre noviembre de 2001 y noviembre de 2006. Fruto de estos cruceros se generaron decenas de publicaciones científicas, cuya extensión se escapa de esta revisión y que se encuentran recopilados por Silva & Palma (2006²⁶²) en “Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos”. En esta recopilación destaca el trabajo de Ahumada (2006²⁶³) que analizó muestras de sedimentos para el análisis de Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn, en tres zonas en la región de fiordos y canales australes: Puerto Montt a laguna

San Rafael, golfo Penas a estrecho Magallanes y estrecho Magallanes a cabo Hornos. En este estudio se confirmó que los fiordos australes se han mantenido en condiciones prístinas y que es preciso cautelar esta condición. El único sector que registró un enriquecimiento de los metales Zn y Pb correspondió al área de Puerto Chacabuco en Aysén. Silva (2006) caracterizó físico-químicamente los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes, entre Puerto Montt y el estrecho de Magallanes, en cuanto a contenidos de materia orgánica total (MOT), carbono orgánico (C-org) y nitrógeno orgánico (N-org). Este y los estudios de Silva *et al.*, (1998²⁶⁴, 2001²⁶⁵) determinaron que la región de canales y fiordos australes puede ser segregada en áreas con concentraciones mayoritariamente altas de MOT (> 5%), C-org. (> 1,6%) y N-org (> 0,2%) y en áreas con concentraciones mayoritariamente bajas de MOT (< 2%), C-org (< 0,8%) y N-org (< 0,2%). No obstante, el origen de estos compuestos sería más bien natural y no antropogénico. Ahumada *et al.* (2006) también analizaron el contenido de algunos metales pesados (Cd, Cu, Pb, Zn) en muestras de agua entre Puerto Montt y el estrecho de Magallanes, concluyendo que, en general, los valores de

²⁶² Silva, N. 2006. Características físicas y químicas de los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes. En: Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. N. Silva & S. Palma (eds.). Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 69-75.

²⁶³ Ahumada, R. 2006. Metales menores y trazas de los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes. En: Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. N. Silva & S. Palma (eds.). Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 77-81.

²⁶⁴ Silva N., J. Maturana, J. I. Sepúlveda & R. Ahumada. 1998. Materia orgánica, C y N, su distribución y estequiometría, en sedimentos superficiales de la región norte de los fiordos y canales australes de Chile (Crucero CIMAR-Fiordo 1). *Cienc. Tecnol. Mar*, 21: 49-74.

²⁶⁵ Silva, N., V. De Vidts & J. Sepúlveda. 2001. Materia orgánica, C y N, su distribución y estequiometría, en sedimentos superficiales de la región central de los fiordos y canales australes de Chile (Crucero CIMAR Fiordo 2). *Cienc. Tecnol. Mar*, 24: 23-40.

concentración de metales en el agua son bajos y se encuentran en el límite de detección del método utilizado.

Interesante resulta ser también el estudio efectuado por Ahumada *et al.* (2015²⁶⁶), quienes analizaron el efecto sobre el contenido de zinc en los sedimentos marino del fiordo Aysén luego del terremoto y tsunami del año 2007. Los autores pudieron determinar que los contenidos de Zn no presentaron diferencia respecto a estudios anteriores, detectándose resuspensión y redistribución de los contenidos de Zn total en los sedimentos como un proceso local leve.

Adicionalmente, de acuerdo a SERNAPESCA (2021), en el año 2021, el Registro Nacional de Acuicultura (RNA), registró un total de 3.675 centros, de los cuales 2.277 operaron y 1.375 obtuvieron cosecha. Las mayores representaciones de los centros inscritos por grupo de especie correspondieron a peces con un total de 1.776 centros (2 % inferior al año 2020), seguido por moluscos con 1.417 centros (1 % superior al año 2020) y finalmente por algas, con 768 centros (27 % superior al año 2020); otros tipos de centro de cultivo (51) representaron solo el 1 % del total. De los 2.277 centros inscritos, ya en la actualidad la X Región representa aproximadamente el 13 % nacional (295 centros), y la XII Región, un 3,8 %. Asimismo, considerando el número de centros inscritos en el RNA y el tipo de centro, en la actualidad se ha elevado la cantidad de concesiones de acuicultura localizadas entre la XI y XII Regiones, alcanzado los 881 centros, solo superado por las ubicadas en la X Región (2.129 centros). Producto de ello, se ha producido una fuerte controversia, especialmente con aquellos centros localizados en o colindantes a la Reserva Nacional Kawésqar. La Reserva Nacional Kawésqar es un territorio ubicado en la Región de Magallanes, que alberga una riqueza ecológica y ambiental única en sus ecosistemas costeros y marinos. Corresponde a las aguas marinas del recientemente creado Parque Nacional Kawésqar, zona que es también el territorio ancestral del pueblo canoero Kawésqar. Objetivamente en la actualidad existen 133 concesiones aprobadas en toda la Región de Magallanes y 87 en trámite. De éstas, 68 concesiones aprobadas y 66 en trámite, están en la Reserva Nacional Kawésqar. Por ello es que se hace necesario un análisis acucioso de los posibles efectos ambientales relacionados con la acuicultura (Buschmann, 2001), especialmente de peces, y lo que esté sucediendo en el presente y en el futuro con los centros localizados en la XI y en la XII Regiones.

²⁶⁶ Ahumada, R., M. Garrido, E. Gonzalez & A. Rudolph. 2015. Distribución y concentración de Zn total en sedimentos del fiordo Aysén, sur de Chile, posterior al terremoto y tsunami de 2007. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50(1): 53-60.

Finalmente, respecto al Territorio Chileno Antártico hasta hace algunos años, esta zona se encontraba virtualmente sin intervención; no obstante, en la actualidad, las mismas bases científicas se han constituido en verdaderos depósitos de basura, lo que se ha agravado con la explosiva masificación de cruceros hacia aguas antárticas. Dentro de los escasos estudios publicados sobre contenidos de elementos químicos en los sedimentos marinos, destaca el de Alam & Sadiq (1993²⁶⁷), quienes determinaron, entre otros elementos, que los contenidos de cadmio oscilarían entre 4,0 – 22,0 mg/kg, el cromo fluctuaría entre 0,0 – 65,9 mg/kg, el cobre entre 3,9 – 105,6 mg/kg, plomo entre 22,5 – 128,0 mg/kg, el níquel entre 5,5 – 92,2 mg/kg y el zinc entre 28,6 – 271,2 mg/kg. Dado el origen de los sedimentos de la región Antártica derivado de la intemperización de rocas locales, la composición de los sedimentos estudiados reflejaría más bien la composición de las mismas rocas. No obstante, los comparativamente altos niveles de Cd, Cr y V hallados en los sedimentos de Isla Horse Shoe y de Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, V y Zn desde Marsh Martin, sugerirían que la temprana acción antropogénica habría comenzado a impactar la calidad de los sedimentos. También posibles derrames de hidrocarburos se reflejarían en los niveles de Ni y V en los sedimentos. Aparentemente, los eventos de contaminación marina que afectan a otras localidades nacionales también podrían afectar a las especies antárticas. Un reciente estudio de Álvarez-Varas *et al.* (2018²⁶⁸) analizó las concentraciones de mercurio de plumas de pingüinos de barbijo (*Pygoscelis antarcticus*), habitantes del Cabo Shirref, Islas Livingston Island, en las Islas Shetland del Sur (62°28'S; 60°74'W). Los autores concluyeron que los ejemplares analizados mostraron concentraciones elevadas de Hg en comparación con sus congéneres. Ello requiere investigar posibles efectos negativos en sus poblaciones.

Nuevos estudios dan cuenta del impacto de macro y microplásticos en las aguas y sedimentos antárticos. Todos los estudios sobre los desechos marinos en las aguas superficiales, las playas y el fondo marino en la Antártida destacan que este problema aún no se conoce bien y requiere una evaluación adicional para desarrollar estrategias tangibles y eficientes para prevenir y mitigar la contaminación plástica marina en este entorno remoto y sensible. Las fuentes de plásticos en la Antártida pueden ser diversas, incluidas las fuentes directas a través de la eliminación o la gestión inadecuada de los desechos producidos por

²⁶⁷ Alam I.A. & M. Sadiq. 1993, Metal concentrations in antarctic sediment samples collected during the Trans-Antarctica 1990 Expedition, Mar. Pollut. Bull. 26 (9): 523-527.

²⁶⁸ Álvarez-Varas, R., D. Morales-Moraga, D. González-Acuña, S. Klarian & J.A. Vianna. 2018. Mercury Exposure in Humboldt (*Spheniscus humboldti*) and Chinstrap (*Pygoscelis antarcticus*) Penguins Throughout the Chilean Coast and Antarctica. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 75(1): 75–86.

barcos y estaciones de investigación, y las fuentes indirectas, como el transporte por corrientes marinas, que pueden transportar plásticos desde áreas distantes ubicadas en latitudes más bajas. La presencia de piezas grandes de basura plástica flotante en aguas antárticas fue informado hace casi una década (Barnes *et al.*, 2010²⁶⁹). Estudios más recientes han documentado la presencia de microplásticos en sedimentos de aguas poco profundas y profundas en el mar de Weddell (Van Cauwenberghe *et al.* 2013²⁷⁰) y en el mar de Ross (Munari *et al.* 2017²⁷¹), respectivamente. En el caso del Mar de Ross, los sitios muestreados hasta la fecha están ubicados cerca de estaciones de investigación en Terra Nova Bay y en King George Island respectivamente, y se cree que han sido influenciados, por estas fuentes locales (a través de descargas de aguas residuales, escorrentía y deposición de partículas plásticas del aire).

Lacerda *et al.* (2019²⁷²) determinaron las concentraciones, características y orígenes de los desechos plásticos en las aguas oceánicas superficiales alrededor de la Península Antártica.

Estos autores determinaron una concentración media de desechos de 1.794 unidades por km² con un peso promedio de 27,8 g km⁻². Entre los artículos encontrados se hallaron fragmentos duros y flexibles, esferas y líneas, en nueve colores, compuestos principalmente de poliuretano, poliamida y polietileno. También registraron fragmentos de pintura presentes en todas las estaciones de muestreo, siendo estos aproximadamente 30 veces más abundantes que los plásticos.

Recientemente, Garnett *et al.* (2022²⁷³) efectuaron estudios de la presencia de ácidos de perfluoroalquilo (PFAA) en núcleos de nieve. Los PFAA son productos químicos sintéticos con una variedad de aplicaciones industriales y de consumo que ahora se distribuyen ampliamente en el medio ambiente mundial. Los autores midieron seis perfluorocarboxilatos (PFCA, C4-C9) en un núcleo de nieve comprimida granular recolectado de un sitio no costero a gran altitud en Dronning

²⁶⁹ Barnes, D. K. A., Walters, A., & L. Gonçalves. 2010. Macroplastics at sea around Antarctica. *Marine Environmental Research*, 70(2): 250–252. <http://doi.org/10.1016/j.marenvres.2010.05.006>.

²⁷⁰ Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., & C.R. Janssen. 2013. Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental Pollution*, 182: 495–499. <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.08.013>.

²⁷¹ Munari, C., Infantini, V., Scoconi, M., Rastelli, E., Corinaldesi, C. & M. Mistri. 2017. Microplastics in the sediments of Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Marine Pollution Bulletin*, 122(1–2): 161–165. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.039>.

²⁷² Lacerda, L., LdS. Rodrigues, E. van Sebille, F. Rodrigues, L. Ribeiro, E. Secchi, F. Kessler & M. Proietti. 2019. Plastics in sea surface waters around the Antarctic Peninsula. *Scientific Reports*, 9(3977): 1-21.

²⁷³ Garnett J., Halsall C., Winton H., Joerss H., Mulvaney R., Ebinghaus R., Frey M., Jones A., Leeson A. & P. Wynn. 2022. Increasing Accumulation of Perfluorocarboxylate Contaminants Revealed in an Antarctic Firn Core (1958–2017). *Environ. Sci. Technol.* 2022, 56(16): 11246–11255. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c02592>.

Maud Land en la Antártida oriental. La acumulación de nieve del núcleo extraído data de 1958 a 2017, un período que coincide con el advenimiento, el uso y el cambio geográfico en la producción industrial global de sustancias poli/perfluoroalquiladas, incluido el PFAA. Garnett *et al.* (2022) concluyeron que los niveles de perfluorobutanoato (PFBA, C4) aumentaron notablemente desde 2000, con los flujos más altos en las capas superiores de nieve. Estos hallazgos son consistentes con los realizados anteriormente en el Ártico y pueden atribuirse a los reemplazos de clorofluorocarbonos (por ejemplo, hidrofluoroéteres) como consecuencia inadvertida de la regulación global.

Finalmente, cabe mencionar que el área del Tratado Antártico (área al sur de los 60° de latitud sur) incluye la mayor parte del Océano Austral. Tras una iniciativa de la Reunión Consultiva del Tratado Antártico (RCTA), la Organización Marítima Internacional (OMI) designó esta zona como “Área Especial” (en la que se requiere la adopción de métodos especiales de prevención de la contaminación marina) bajo el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL 73/78). El Anexo IV del Protocolo sobre Protección del Medio Ambiente, que complementa la convención MARPOL, prohíbe la descarga de hidrocarburos o mezclas petrolíferas, sustancias nocivas líquidas, sustancias químicas en cantidades o concentraciones perjudiciales y residuos dentro del área del Tratado Antártico. También contiene reglas para la descarga de aguas residuales, instalaciones de recepción, inmunidad soberana y medidas preventivas de preparación y respuesta ante emergencias.

6.3. INICIATIVAS LEGALES PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS ZONAS COSTERAS Y DE SUS ECOSISTEMAS MARINOS Y TERRESTRES

El presente capítulo ha sido elaborado, con el propósito de analizar, en forma resumida, las distintas iniciativas de carácter sectorial, institucional y doctrinarias que han sido consideradas en el marco de la gestión ambiental de nuestras zonas costeras y de sus ecosistemas marinos y terrestres, lo que incluye necesariamente una revisión de los aspectos administrativos de gobernanza, normativas destinadas al uso de este recurso y los variados aspectos administrativos y jurídicos que se han elaborado para la protección de este patrimonio nacional.

Para lograr abordar, de manera adecuada, la problemática que representa la gestión ambiental de las zonas costeras y de sus recursos, en primer lugar, se hace necesario precisar sobre qué se debe entender por “zonas costeras”, puesto que es común tender a asimilar éste término con los de “borde costero”, “litoral”, o simplemente “costa”, los cuales entrañan ciertas diferencias que se hace preciso destacar.

En primer lugar, se debe considerar que el término “Borde Costero” fue definido, en el año 1994, por la Política Nacional del Uso del Borde Costero, el cual fue promulgado por el D.S.(M) N°475 de 1994²⁷⁴, como *“Aquella franja del territorio que comprende los terrenos de playa fiscales, la playa, las bahías, golfos, estrechos y canales interiores, y el mar territorial de la República”*, ajustando sus alcances jurisdiccionales a lo que aparece establecido en D.F.L. N°340²⁷⁵, denominada “Ley de Concesiones Marítimas”, delimitando esta zona al espacio comprendido entre el terreno de playa fiscal, en tierra, hasta el límite de las 12 millas náuticas, que establece el mar territorial; en cambio, los términos “Costa” y “Litoral” han sido tratados más doctrinariamente, tal como lo ha expuesto el profesor español Juan Luis Suarez de Vivero (1999)²⁷⁶, para quien considera que el Litoral es *“(…) aquella franja de tierra que bordea el mar o la zona en donde convergen el medio terrestre y marino”*, puesto que considera que, desde el campo de la ordenación territorial, se debiera enfatizar el carácter de interfase

²⁷⁴ D.S.(M) N°475, promulgado el 14 de diciembre de 1994, aprobó la Política Nacional del Uso del Borde Costero del Litoral de la República y crea la Comisión Nacional que indica.

²⁷⁵ Véase, D.F.L. N°340 de 1960, que aprobó la Ley de Concesiones Marítimas.

²⁷⁶ Juan Luis Suarez de Vivero. 1999. “Delimitación y Definición del Espacio Litoral”. En las Actas de las Jornadas sobre el litoral de Almería: caracterización, ordenación y gestión de un espacio geográfico celebradas en Almería, 20 a 24 de mayo de 1997, 1999-01-01, ISBN 84-8108-175-2, págs. 13-23.

del espacio costero o litoral, así como su dimensión zonal que implica una consideración volumétrica resultado de la conjunción en ese ámbito de la litosfera, la hidrosfera y la atmósfera, por lo que dicha visión del litoral, para Suarez, aunque esquemática, permite apreciar la importancia de los hechos que se deriven tanto de su extensión espacial como de los fenómenos bióticos y abióticos que en él se encuentran.

Lo expuesto por el Profesor Suarez, se encuentra cercano a lo que doctrinariamente se ha conceptualizado como “Zona Costera”, en donde Andrade (2001)²⁷⁷ ha señalado que corresponde a “Una franja de ancho variable, donde interactúan el mar, la tierra y la atmósfera, determinando un ambiente de interfase en el que se establecen condiciones de equilibrio precario y ocurren procesos dinámicos intensos que le confieren características únicas de fragilidad ambiental”, lo que ha sido complementado por Castro & Morales (2006)²⁷⁸, quienes consideran que esta franja es el contacto interactivo entre la naturaleza y las actividades humanas.

Para el Profesor Eduardo Cordero Q.²⁷⁹, nuestra legislación común no sigue la antes señalada nomenclatura, puesto que clasifica estos bienes conforme a la categoría general de bienes nacionales, ya sean de uso público o fiscales (art. 589 del Código Civil).

Además, el mismo académico agrega que *“los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT) regulados por la LGUC no han seguido necesariamente esta terminología o concepto. Algunos de ellos, utilizan la expresión zona costera²⁸⁰ y extiende su alcance más allá de los límites indicados, acercándose a un concepto más cercano a lo que la geografía entiende por litoral, aun cuando tampoco existe consenso sobre su alcance dentro de esta disciplina²⁸¹”*.

Sin perjuicio de lo expuesto precedentemente, ya sea que dicha zona territorial sea conceptualizada como “borde costero”, “litoral”, simplemente “costa”, o

²⁷⁷ Véase, Andrade, B. 2001. Los espacios litorales: definiciones, actores, desafíos, perspectivas. En: ARENAS, F. y CÁCERES, G. (Eds). Ordenamiento del territorio en Chile. Desafíos y urgencias para el tercer milenio. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2001, p. 21-30.

²⁷⁸ Véase, Castro, C. & Morales, E. 2006. La zona costera. Medio natural y ordenación integrada. Santiago de Chile: Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Serie GEOlibros N° 5

²⁷⁹ Véase Cordero, E. 2013. “Ordenamiento Territorial, Justicia Ambiental y Zonas Costeras”, en el libro “Justicia Ambiental, Derecho e Instrumentos de Gestión del Espacio Marino Costero”, Jorge Bermúdez y Dominique Hervé, Editores. Publicado en el marco del proyecto FONDECYT Regular 1090286. Pp. 309-352.

²⁸⁰ El Profesor Eduardo Costero (2013, véase Op. Cit.6) se refiere al Plan Regulador de la comuna de Puchuncaví, actualizado por el Decreto Alcaldicio N°1.576, de fecha 28 de agosto de 2009, y publicado en el D.O. de fecha 5 de septiembre del mismo año.

²⁸¹ Op Cit. 6.

“zona costera”, es indudable que corresponde a uno de los ambientes más dinámicos del planeta, con una fuerte influencia de agentes meteorológicos, geológicos y oceánicos, los cuales interactúan entre sí. Se trata de un sistema natural, altamente complejo, caracterizado por múltiples recursos geográficos, muy relevantes para el ser humano, puesto que, como fue señalado en el Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile (Universidad de Chile, 2018)²⁸², nuestro país es un territorio marítimo, con una gran extensión latitudinal que va desde los 17º 30' hasta 56º 30' Sur, su borde costero continental representa una gran extensión litoral, alcanzando los 4.200 km, el cual aumenta a 83.850 km, si se consideran los bordes de las innumerables islas ubicadas desde Chiloé al Sur (Castro y Alvarado 2009)²⁸³, a lo cual necesariamente debe sumarse la zona costera insular de los Archipiélagos de Juan Fernández y de Isla de Pascua.

En consecuencia, la Zona Costera constituye una franja de ancho variable, que resulta del contacto interactivo entre la naturaleza y las actividades humanas que se desarrollan en ámbitos que comparten la existencia o la influencia del mar, por lo que su conocimiento, gestión y normativa son imprescindibles para establecer su mejor uso, logrando así mejorar la calidad de vida de las respectivas poblaciones. En este sentido, el extraordinario auge que ha tenido el uso de la zona costera ha captado el interés por la formulación de modelos orientados a su ordenación y gestión. De hecho, gran parte del sistema de las Naciones Unidas (FAO²⁸⁴, UNESCO²⁸⁵ y UNEP²⁸⁶), el Banco Mundial y otras instituciones de la importancia de la OECD²⁸⁷ y la Unión Europea, dedican notables esfuerzos a su investigación y divulgación. Del mismo modo, organizaciones no gubernamentales (ONG's) contribuyen de forma permanente con esta temática. Sólo por citar algunas, la IUCN²⁸⁸, la EUCC²⁸⁹, la CEN²⁹⁰, se destacan por sus programas e iniciativas vinculadas a las áreas costeras. En consecuencia, se cuenta con el aval de instituciones gubernamentales y ONG's, que proporcionan un marco conceptual, métodos, técnicas, instrumentos y estrategias para la protección de la zona costera. Algunas particularidades de la zona costera se enumeran a continuación:

²⁸² Véase, Capítulo 6, sobre Ecosistemas Marinos y del Borde Costero del Informe País. Estado del Medio Ambiente año 2018. Centro de Análisis de Políticas Públicas, Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile. Págs. 319-457

²⁸³ Véase, Castro, C., & Alvarado, C. 2009. La Gestión del Litoral Chileno: un Diagnóstico. Red IBERMAR, U. C. Chile. Instituto de Geografía, pp. 2-11.

²⁸⁴ Food and Agricultural Organization.

²⁸⁵ United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

²⁸⁶ United Nations Environment Programme.

²⁸⁷ Organization for Economic Cooperation and Development.

²⁸⁸ International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.

²⁸⁹ European Union for Coastal Conservation.

²⁹⁰ Coastwatch-European Network.

- Desde el punto de vista **físico-natural**, la zona costera es un área que alberga medios de distinta naturaleza (litosfera, hidrosfera salada y atmósfera) que interactúan en forma muy dinámica y compleja generando cambios biológicos, geomorfológicos y químicos en diferentes escalas temporales y espaciales. Ello es particularmente cierto en áreas marinas de alta productividad y gran diversidad biológica, las cuales son muy vulnerables.
- Desde el punto de vista de su **gestión y ordenamiento**, la zona costera es un espacio escaso y por lo mismo muy deseado debido, entre otros, a la existencia de recursos naturales, clima benigno, fertilidad en los suelos, convergencia de usos y actividades, concentración de los asentamientos humanos e infraestructuras y valor paisajístico.
- Desde el punto de vista de los **aspectos jurídicos y administrativos**, es preciso destacar el carácter público de la mayoría de las zonas costeras del mundo, como así mismo la convergencia de numerosos organismos públicos que actúan en ella tanto en lo referido a las escalas nacionales, regionales como sectoriales. De allí la diversidad en las fórmulas para su administración y gestión.

A partir de las referidas consideraciones, se han definido a tres subsistemas bien diferenciados que coexisten en la zona costera: el físico-natural, el de su gestión y ordenamiento y el jurídico-administrativo. Aun cuando cada uno presenta posibilidades analíticas en diferentes niveles, es importante mantener una visión de conjunto. De esta forma, cada segmento o unidad litoral presenta un estado muy definido y diferenciado que deviene de la conjugación de las opciones que los tres subsistemas permiten. Así, el físico-natural puede oscilar entre diversos grados de conservación/degradación, el de gestión y ordenamiento entre unos niveles concretos del desarrollo, y el jurídico-administrativo entre su adecuación/inadecuación a las necesidades del sistema litoral en su conjunto.

Una primera complejidad que aparece al momento de estudiar la zona costera es precisamente, su definición y el establecimiento de sus límites. La bibliografía especializada presenta numerosas definiciones y área geográfica que cubre la zona costera. La mayoría de los autores coinciden, a pesar de esta complejidad, en el hecho de que el litoral es una zona de contacto y de transición entre la hidrosfera salada, la litosfera y la atmósfera en lo que a los fenómenos físico-naturales y actividades humanas se refiere. Aparece entonces de forma nítida el

reconocimiento de un principio básico: la interacción entre medios diferenciados que albergan fenómenos naturales y humanos de distinto alcance. Algunas de las definiciones de **zona costera** más reconocidas son:

- *“Aquella parte de la tierra afectada por su proximidad al mar y aquella parte del océano afectada por su proximidad a la tierra”* (U. S. Commission on Science Engineering and Resources. 1969).
- *“Franja de mar aledaña a la línea de costa y una zona terrestre -no exactamente definida- hasta la cual las acciones e interacciones de ambos medios, el terrestre y el marino, son notables”* (Álvarez y Álvarez, 1984).
- *“Interface entre la tierra y el mar que se extiende hacia la parte continental y marítima dependiendo de los objetivos y necesidades”* (Clark, 1992).
- *“Área geográficamente delimitada. Su carácter distintivo proviene a partir de la suma de las interacciones de los ambientes costeros correspondientes a los sistemas estructurales natural y antrópico”* (Awosika, Boromtharanat y otros, 1993).
- *“Banda relativamente estrecha de agua y tierra a lo largo del borde marino, que queda definida por unidades naturales y actividades humanas”* (Pappas, Post y Lundin. The World Bank, 1994).
- *“Área de intensa actividad de intercambio dentro y entre procesos físicos, biológicos, sociales, culturales y económicos”* (UNEP, 1995).
- *“Zona de interface dinámica que implica el encuentro de la atmósfera, la tierra y el mar”* (Viles y Spencer. 1995).

Algo similar ocurre en lo que a la terminología técnica se refiere. Así, por ejemplo, la expresión **costa**, predomina sobre la expresión **litoral** evidenciando la influencia que ha ejercido y ejerce, el aparato científico de Estados Unidos y Canadá, así como los textos editados en inglés por organismos internacionales. En español, el carácter sinónimo entre costa y litoral, explica que ambos términos se utilicen indistintamente. Cabe, sin embargo, resaltar un matiz interesante que se observa en ciertos estudios. Mientras costa se vincula con preferencia a una franja relativamente estrecha situada a un lado y otro del contacto tierra mar, el término litoral se asocia a superficies más amplias, sobre todo en la dirección continental. En cualquier caso, se puede afirmar, de forma genérica, que zona costera, litoral y área litoral pretenden significar lo mismo en el contexto de la planificación y gestión de ella. Otras definiciones también importantes para la búsqueda de consensos entre especialistas y el público en general son:

- **Aguas oceánicas (ocean waters):** Es la parte marina más amplia y suele estar relacionada con las 200 millas náuticas de la Zona Económica Exclusiva. También son utilizadas referencias batimétricas como la isóbata

200 [m], Se asocia, cuando es posible, a la parte oceánica de la plataforma continental. Es considerada un área de vital importancia para ciertos recursos naturales.

- Aguas litorales (*coastal waters*): Es una zona de enorme trascendencia para determinados ecosistemas marinos y fases vegetativas de algunas especies de valor comercial o crucial en la cadena trófica. También para el control de la calidad de las aguas. Aunque países como la República Popular de China definen su anchura en 3 millas náuticas desde la línea de las más bajas mareas, es usual identificarla con las 12 millas náuticas del Mar Territorial y las Aguas Interiores.
- Espacio intermareal (*littoral area*): Es el área de acción de las mareas y comprende las zonas de manglares, marismas y estuarios, donde existen ecosistemas o biotopos de vital importancia. Su amplitud depende de la marea, del viento y de la topografía de la zona, entre otros, y varía entre unos pocos metros y algunos kilómetros. Una característica singular que le suele acompañar es su naturaleza pública.
- Borde litoral (*coastline*): Es el contacto entre la tierra y el mar. Tiene sobre todo un valor georreferencial pues a partir de su definición se determinan diferentes zonas. La línea de pleamar viva equinoccial se utiliza con frecuencia para su delimitación.
- Frente litoral (*ocean front o shorelands area*): Es la parte terrestre entre el borde litoral y las tierras litorales que varía usualmente, entre 20 y 200 [m]. Siendo una franja relativamente estrecha, aparece delimitada por la distancia desde la cual se puede ver el mar, la existencia de una vía de comunicación o de determinados ecosistemas o una distancia arbitraria que frecuentemente aparece en las legislaciones nacionales o textos constitucionales. Juega un papel muy destacado para el acceso y propiedad públicos, para la seguridad respecto de amenazas naturales y para la protección de hábitats sensibles. Incluso, cuando no tiene carácter público, las limitaciones de la propiedad privada y sus servidumbres también confieren a dicha zona condiciones muy especiales.
- Tierras litorales (*coastal uplands*): Constituyen, desde un punto de vista cualitativo, la parte terrestre litoral por excelencia. Coincide con la que podría denominarse llanura costera, cuyos límites pueden definirse a partir de sistemas e estructuras falladas, rupturas de pendiente, topografía accidentada, llanuras de piedemonte o de sierras litorales. En

varios países la cifra de los 5 [km] es muy utilizada. Buena parte de las necesidades humanas se satisfacen en dicha zona.

- Tierras continentales (*inland*): Se trata de una superficie relativamente amplia en la que se desarrollan actividades que pueden incidir en el litoral. Así, es posible observar cómo en algunos planes y programas de gestión litoral son incorporadas, de entre ellas, las cuencas hidrográficas y las tierras de agricultura intensiva. La razón estriba en la transferencia de costes ambientales entre dicha área y la propiamente litoral. Los vertidos urbanos o industriales sin depurar, la contaminación difusa provocada por la utilización de fertilizantes, plaguicidas o fungicidas, son claros ejemplos.

6.3.1. Aspectos jurídicos que participan en el ordenamiento territorial de las zonas costeras

Para Herrera (2019)²⁹¹, a lo largo de nuestra existencia como Nación, distintas han sido las iniciativas que se han considerado para regular la protección del medio marino y su borde costero, incluyendo su ecosistema, el cual es comprendido como el “complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional”²⁹².

Tal como fue expuesto en el Informe País sobre el Estado del Medio Ambiente en Chile 2016²⁹³, “el borde costero marino es un sistema natural, altamente complejo, caracterizado por múltiples recursos geográficos, muy relevantes para el ser humano, siendo el punto de congruencia de tres componentes fundamentales de la Biosfera; el mar, la tierra y la atmósfera”.

Además, las zonas costeras han sido por mucho tiempo gran fuente de riquezas y atractivos para los países que la poseen. Son espacios geográficos generalmente muy poblados, en los cuales se han efectuado actividades tradicionales desde los inicios de la civilización humana. En la actualidad, con el desarrollo de nuevas actividades industriales y turísticas, los espacios costeros son objeto de una

²⁹¹ Véase, Morales, E, P. Winckler & M. Herrera. 2019. “Costas de Chile. Medio Natural, Cambio Climático, Ingeniería Oceánica y Gestión Costera”. Libro impreso y publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. 185 pp.

²⁹² Artículo 2° del Convenio sobre la Diversidad Biológica, del cual Chile es Estado parte, conforme al Decreto Supremo N°1.963, publicado en el Diario Oficial de fecha 6 de mayo de 1995.

²⁹³ Véase <http://www.uchile.cl/publicaciones/129633/informe-pais-estado-del-medio-ambiente-en-chile>

creciente ocupación humana, por lo cual están directamente amenazados si no se toman los resguardos necesarios.

Del mismo modo, el ordenamiento jurídico y la gestión de la zona costera ha sido compleja, debido que, en el manejo de un espacio tan singular, han concurrido un elevado número de administraciones sectoriales, de la pesca, de la defensa, del medio ambiente, de las obras públicas, de la minería, del urbanismo, de la industria, de la agricultura, entre otras. También, han actuado en ella, todas las escalas administrativas competentes, sean estas locales, metropolitana, provincial, regional, nacional y supranacional.

Dada las características particulares de este entorno geográfico, se requiere de algunos principios básicos para su manejo apropiado. El primer principio es que, la zona costera es un sistema único de recursos donde los usos de la tierra y el mar se deben manejar y planificar teniendo como meta la conservación de la propiedad común de ellos. Un segundo principio, es que los programas de manejo de la zona costera deben considerar la prevención de riesgos naturales y la conservación de los recursos naturales, utilizando formas especiales de la evaluación económica, de los beneficios sociales y de participación ciudadana. Por último, se ha requerido una ordenación integrada del sistema costero, el cual ha debido considerar la fragilidad de los ecosistemas presentes, bajo una “visión ecológica”.

En consideración a la antes señalada premisa, según Herrera (2019)²⁹⁴, el resguardo de las zonas costeras ha estado íntimamente unido a los procesos regulatorios que han sido elaborados para el control de la contaminación marina, al alero del Derecho Ambiental Marítimo. En este sentido, la preocupación por la protección y preservación de los ecosistemas marinos ha sido un problema de orden mundial, debido que se reconoce que más de las dos terceras partes del planeta están cubiertas por océanos y que estos constituyen el principal factor que modela el comportamiento de procesos como el cambio climático y la regulación de la temperatura de la Tierra. Además, la preservación del medioambiente, especialmente en el medio marino, desemboca en cuestiones de valores y, por ende, de elección. Por lo que, entraña en último término, un

²⁹⁴ Véase, Op Cit. 11.

problema cultural, cuya solución debe buscarse en el campo de la educación ambiental (Valenzuela, 1976)²⁹⁵.

Sin embargo, la historia ha evidenciado que los problemas relacionados con la preservación del medio marino no han logrado ser solucionados en el solo campo de la educación. Al margen de las múltiples cuestiones de orden científico y técnico que encierra el gran número de procesos involucrados en este medio, existe un nivel de solución que debe ser asumido en el campo del Derecho, ya que solo la fuerza coactiva de este puede ser capaz de imponer un orden de conductas que logre coincidir los intereses particulares de personas naturales y jurídicas, con su conservación de este patrimonio ambiental (Valenzuela, 1976)²⁹⁶.

La historia ha demostrado que la preservación del medio y de sus recursos marinos y costeros ha representado una norma imperativa del Derecho Internacional (lo que, también, es conocida, en su terminología técnica como *jus cogens*). Esto explica que en la actualidad esté incluido como norma obligatoria en los convenios, acuerdos y declaraciones internacionales, así como en las disposiciones constitucionales y en las leyes especiales sobre preservación del medioambiente marino.

Muchos han sido los autores que, si bien es cierto señalan que los orígenes de la problemática ambiental se remontan a la Roma antigua, suelen aceptar que esta solo se reconoce en la década de los setenta (Amaya, 2001)²⁹⁷. Sin embargo, la preocupación internacional sobre los aspectos en materia de protección del medio marino ya se venía discutiendo antes de la aparición del llamado “Derecho del Medio Ambiente”, o simplemente, “Derecho Ambiental”, en los setenta. El elemento precursor, en este sentido, fue la contaminación originada por hidrocarburos, lo cual era admitido antes de la Primera Guerra Mundial como resultado de la expansión del transporte marítimo desde comienzos del siglo XX.

6.3.1.1. Normativa ambiental que protege la zona costera y que establece usos para las zonas costeras

En el marco de la normativa ambiental que ha protegido las zonas costeras, es preciso recordar que nuestro país, desde sus inicios, ha mostrado interés en la protección de la actividad marítima, con objetivos de protección dirigidos al

²⁹⁵ Véase Valenzuela R. 1976. “Contaminación Marina y Derecho Nacional”, Ediciones Universitarias de Valparaíso, 71 pp.

²⁹⁶ Op. Cit. 15.

²⁹⁷ Véase, Amaya, Oscar Darío. 2002. “La Constitución Ecológica de Colombia; análisis comparativo con el sistema constitucional latinoamericano”, Edit. Universidad Externado de Colombia, edición octubre de 2002. 322 págs.

resguardo de la seguridad y la limpieza en los puertos nacionales, tal como fue consignado, mediante las disposiciones de las Ordenanzas Generales de la Armada de 1793, las que en su artículo 137 disponían que *“Nadie podrá arrojar en el puerto basuras ni escombros, que deberán recogerse en tinas y, si fuere necesario, para estos depósitos abrir fosos o hacer estacadas o paredones”*²⁹⁸. La misma norma, fue posteriormente en el siglo XX replicada en el art. 185 del Reglamento de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves²⁹⁹, el cual amplió la señalada restricción, de manera que *“se prohíbe arrojar lastre, escombros, basuras, derramar petróleo y sus derivados o residuos de los mismos, aguas de relave de minerales u otras materias orgánicas nocivas o peligrosas de cualquier especie, en los puertos o en las aguas jurisdiccionales de la República, sin el consentimiento previo de la autoridad marítima respectiva, quien designará, en todo caso, el lugar o forma como se procederá a efectuar algunas de dichas operaciones...”* y Litoral de la República y, luego, en el año 1978, en la disposición del art. 142 de la Ley de Navegación³⁰⁰, la cual se rige hasta nuestros días³⁰¹.

No obstante, no fue hasta el año 1916 cuando se dictó la primera norma legal, establecida para evitar la descarga deliberada o fortuita de agentes contaminantes a los cuerpos de agua. Esta innovativa regulación correspondió a la Ley N° 1.333, sobre Neutralización de Residuos Provenientes de Establecimientos Industriales³⁰², en cuyo Art. 1º se disponía que *“los establecimientos industriales, sean mineros, metalúrgicos, fabriles o de cualquier otra especie, no podrán vaciar en los acueductos, cauces artificiales o naturales, que conduzcan agua o en vertientes, lagos, lagunas o depósitos de agua, los residuos líquidos de su funcionamiento, que contengan substancias nocivas a la bebida o al riego, sin previa neutralización o depuración de tales residuos por medio de un sistema adecuado y permanente”*. Además, en materia de residuos sólidos, dicha disposición agregaba que *“en ningún caso se podrá arrojar a dichos cauces o depósitos de agua las materias sólidas que puedan provenir de esos establecimientos ni las semillas perjudiciales a la agricultura”*.

²⁹⁸ Véase, Rivera Marfán, Jaime. 1998. “Historia de la Autoridad Marítima”, 1era Edición, Armada de Chile, Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante

²⁹⁹ Véase, D.S. (M) N° 1.340 bis, del 14 de junio de 1941, publicado en el D.O. del día 27 de agosto de 1941.

³⁰⁰ Véase, D.L. N° 2.222, del 21 de mayo de 1978, publicado en el D.O. del 31 de mayo del mismo año.

³⁰¹ Véase, Herrera M. 2009. “Evolución del Derecho Ambiental Marítimo en Chile y Proposición de una actualización del Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática. Tesis de Grado para optar al grado de Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales. Escuela de Derecho, Universidad de Aconcagua. 84 págs.

³⁰² Véase, Ley N° 1.333, sobre Neutralización de los Residuos Líquidos, publicada en el D.O. del 7 de septiembre de 1916.

Estas disposiciones fueron literalmente reproducidas en el Reglamento para la Aplicación de la Ley N° 3.133, mediante las siguientes normas:

“Art. 4: De acuerdo con lo establecido en los Arts. 1 y 2 de la Ley N° 3.133, los establecimientos industriales, sean mineros, metalúrgicos, fabriles o de cualquier otra especie, no podrán vaciar los residuos provenientes de la explotación que contengan sustancias nocivas al riego o a la bebida, en ningún acueducto, cauce natural o artificial que conduzca aguas, sin la autorización del Presidente de la República (...)”

“Art. 24: Los residuos sólidos provenientes de los establecimientos industriales, no podrán ser vaciados a los cauces naturales o artificiales o a depósitos de agua, según lo establece el Art. 1 de la Ley, y sólo se permitirá almacenarlos en sitios convenientes en que no haya peligro de arrastre hacia las quebradas vecinas que conduzcan agua para la bebida o para el riego, o en quebradas que sólo accidentalmente puedan conducir aguas, siempre que asegure su desviación total por una obra de carácter definitivo”.

Para el año 1948, la Ley N° 9.006³⁰³ facultaba al Presidente de la República a paralizar total o parcialmente actividades artesanales e industriales, en el supuesto que éstas hayan producido el daño al ambiente marino, a decir:

“Art. 11. El Presidente de la República podrá ordenar la paralización total o parcial de las actividades y empresas artesanales, industriales, fabriles y mineras...que vacíen productos o residuos en las aguas, cuando se comprobare que con ello se perjudica la salud de los habitantes, se alteran las condiciones agrícolas de los suelos o se causa daño a la salud, integridad o desarrollo de los vegetales o animales. Dichas empresas estarán obligadas a tomar medidas necesarias para evitar aquellos males en conformidad a los procedimientos técnicos que señale el Presidente de la República por intermedio del Ministerio de Agricultura o del Ministerio de Salud Pública, según sea el caso...”.

Sin embargo, no son menos los investigadores que piensan que el pilar fundamental del derecho ambiental marítimo chileno lo constituye el Reglamento

³⁰³ Véase, Ley N° 9.006, publicada en el D.O. del 9 de octubre de 1948, modificada por el D.F.L. N° 15, del 22 de enero de 1968, publicada en el D.O. del 29 de enero del mismo año.

de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves y Litoral de la República³⁰⁴, en cuyo art. 185 estableció la prohibición de arrojar al mar aquellas sustancias, materias o energía que constituyan contaminación de las aguas, la cual se mantiene hasta el presente:

“Artículo 185.- Se prohíbe arrojar lastre, escombros, basuras, derramar petróleo y sus derivados o residuos de los mismos, aguas de relaves de minerales u otras materias orgánicas nocivas o peligrosas de cualquier especie, en los puertos o en las aguas jurisdiccionales de la República, sin el consentimiento previo de la Autoridad Marítima respectiva, quien designará e todo caso, el lugar o forma como se procederá a efectuar alguna de dichas operaciones (...).”

Más aún, para el destacado Profesor Rafael Valenzuela³⁰⁵, el referido art. 185 vino a precisar y a reafirmar el contenido del Art. 8 del Decreto Orgánico del Consejo Consultivo de Pesca y Caza³⁰⁶, que disponía que *“Queda prohibido arrojar al mar..., los residuos o lavados de las industrias agrícolas, fabriles o mineras que puedan ser nocivos a la vida de los peces o mariscos, sin que previamente hayan sido purificados o diluidos. En tal prohibición quedan comprendidos entre otros, el aserrín de la explotación maderera, los residuos fabriles y los relaves de los establecimientos mineros, los que tampoco podrán depositarse en lugares en que puedan ser arrastrados por el mar, ríos o lagos, por el escurrimiento de las aguas”*.

Como se ha señalado anteriormente, ha sido la Ley de Navegación del 1978, la que fue promulgada por D.L. N°2.222³⁰⁷, unos de los instrumentos jurídicos más importantes que se ha elaborado para la protección de las zonas costeras, otorgando el mandato jurídico a la Autoridad Marítima para la preservación de la ecología en el mar y el cumplimiento de todas las normas legales atinentes a sus funciones, tal como se prescribe en su artículo 5°, al expresa que “Art. 5° La autoridad marítima corresponderá a la Dirección y, como tal, aplicará y fiscalizará el cumplimiento de esta ley, de los convenios internacionales y de las normas legales o reglamentarias relacionadas con sus funciones, con las preservación de la ecología en el mar y con la navegación en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional. La Dirección tendrá la representación oficial del Estado en asuntos o

³⁰⁴ Véase, Op. Cit. N° 2.

³⁰⁵ Véase, Valenzuela Fuenzalida, Rafael. 1976. “Contaminación Marina y Derecho Nacional, el ordenamiento jurídico como expresión de una política nacional para evitar la contaminación del medio marino”, Ediciones Universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso. 71 pp.

³⁰⁶ D.F.L. N° 208, del 21 de julio de 1953, publicado en el D.O. del 3 de agosto del mismo año.

³⁰⁷ Véase, Op Cit. N° 3

reuniones internacionales relativos a las materias profesionales y técnicas de que trata esta ley”.

Durante la III Reunión Intergubernamental de los Gobiernos participantes en el Plan de Acción para la Protección del Medio Marina y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste (efectuado en 1987, en Bogotá, Colombia), al examinar el desarrollo del Plan de Acción Regional y de los resultados obtenidos en el Programa Coordinado de Investigación y Vigilancia de la Contaminación Marina Regional (CONPACSE), consideró que muchos de los problemas de contaminación marina y deterioro de las zonas costeras obedecían a los múltiples usos dados a las áreas costeras, cuyos residuos y efluentes contaminantes eran descargados sin un tratamiento o con un tratamiento deficiente a las áreas marinas regionales, por lo que se consideró que para una adecuada gestión ambiental era necesario la realización de un Ordenamiento Ambiental de dichas áreas y, en tal, sentido se adoptó las Resoluciones N°9 y N°10³⁰⁸ para la preparación de un Plan de Ordenamiento Ambiental, el cual se basó en el estudio de los usos diversos de las áreas costeras y marinas regionales y de sus tendencias, con el objeto de fundamentar políticas y gestión adecuadas de tales áreas³⁰⁹. Este Plan de Ordenamiento Ambiental de las Zonas Marinas y Costeras para el Pacífico Sudeste, el cual fue aprobado en 1989 por los Gobiernos de Chile, Colombia, Ecuador, Panamá y Perú, tuvo como objetivo determinar los lineamientos generales, políticas, acciones de ordenamiento ambiental y el desarrollo del conocimiento de los aspectos relativos a las zonas costeras y marinas del Pacífico Sudeste, con el propósito de que los países de la región logren una administración adecuada y armónica de dichas zonas. Una de las primeras tareas para ello, fue el escoger áreas piloto para la ejecución de estudios de ordenamiento ambiental sobre la base de propuestas nacionales, en la que Chile propuso a la bahía de Valparaíso. De esta forma y con el apoyo técnico y financiero del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en el año 1992 se inició la ejecución de los estudios piloto sobre ordenamiento ambiental en las áreas mencionadas sobre la base de las orientaciones, procedimientos y metodologías contenidas en el Plan de Ordenamiento acordadas en la reunión de los coordinadores de los cinco Grupos Nacionales, convocados por la Unidad de Coordinación Regional (UCR) del Plan de Acción del Pacífico Sudeste, Guayaquil, Ecuador, en octubre de 1992.

³⁰⁸ PNUMA (OCA) – CPPS/IG. 71/8

³⁰⁹ PNUMA-CPPS IG.32/4. Add. 1. Pág. 6 y 7 y Anexo III p. 12

En nuestro país, la gestión de los bienes que están contenidos en los espacios marítimos y costeros se encuentra administrada por una institucionalidad, liderada desde el año 1960 por el Ministerio de Defensa Nacional³¹⁰, y secundada por la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas³¹¹ y a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, quienes ejercen el control, fiscalización y supervigilancia de toda la costa y del mar territorial de la República. Lo anterior, se materializa en la facultad privativa que tiene el antes indicado Ministerio, a través de la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas para conceder el uso particular de las playas de mar, de ríos y de lagos (ambos, que sean navegables por embarcaciones con sobre 100 TRG), terrenos de playa fiscales, de las rocas, fondos de mar, ríos y lagos (ambos, que sean navegables por embarcaciones con sobre 100 TRG), porciones de agua dentro y fuera de las bahías, mediante actos administrativos de concesión marítima o permisos y autorizaciones³¹², en el caso de que el solicitante sea una persona natural o jurídica de índole privado, o a través de una destinación marítima, en el caso que el requirente sea una institución o repartición de índole público.

De esta forma, es la mediante el otorgamiento de la “concesión marítima”, el principal medio administrativo, a través del cual el Estado ha permitido el uso de algunos de los bienes que conforman su zonas costeras, puesto que, según lo explica Sayagués (2005)³¹³ es el *"acto de derecho público que confiere a una persona un derecho o un poder que antes no tenía, mediante la transmisión de un derecho o del ejercicio de un poder propio de la Administración, o bien, son actos de concesión los que otorgan a una persona natural o jurídica el derecho de usar y gozar de algo que pertenece a la Administración, o a prestar en nombre de ella un servicio específico"*. En este sentido, una concesión marítima es un acto administrativo, mediante el cual el Ministerio de Defensa Nacional o el Director General del Territorio Marítimo, según corresponda, otorga a una persona derechos de uso y goce sobre determinados bienes nacionales de uso público o bienes fiscales cuyo control, fiscalización y supervigilancia corresponde al

³¹⁰ Conforme a lo dispuesto en la Ley sobre Concesiones Marítimas, promulgado por el D.F.L. N°340, publicado en el D.O. de fecha 5 de abril de 1960.

³¹¹ Anteriormente denominada “Subsecretaría de Marina”, de acuerdo a lo dispuesto en la Ley N°20.424, publicada en el D.O. de fecha 2 de febrero de 2010.

³¹² Facultad concedida al Director General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, de conformidad lo previene el Art. 8 del Reglamento sobre Concesiones Marítimas, modificado por D.S. (M) N°9, publicado en el D.O. de fecha 17 de marzo de 2018.

³¹³ Véase, Sayagués Laso, Enrique, Tratado de Derecho administrativo (Montevideo, 1959), I, p. 420. Citado por Jessica Fuentes Olmos (2013), en su “Análisis comparado de los regímenes de las concesiones marítimas y de acuicultura”. En la Revista de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso N°41, Valparaíso dic. 2013.

Ministerio de Defensa Nacional, para el desarrollo de un determinado proyecto o actividad³¹⁴.

Para Navarrete (1998)³¹⁵, las facultades que posee el Estado para administración nuestro borde costero, se remontan a los principios de nuestra vida Republicana. Así, para el indicado jurista (sic), en 1848 se dictó la ley, a través de la cual se fijó una organización política y administrativa especial para el territorio marítimo nacional, bajo la dependencia del Ministerio de Marina y comprendiendo toda la costa y mar jurisdiccional nacional en un solo departamento, dividido políticamente en área que se denominaron “Gobernaciones Marítimas”; posteriormente, en 1887, la Ley de Reorganización de Ministerios dejó a cargo del Ministerio de Marina “la división del territorio marítimo y la dirección de las oficinas destinadas a su servicios”³¹⁶, asignándole funciones idénticas a la actual Subsecretaría para las Fuerzas Armadas³¹⁷.

En 1927, se procede a modificar la antes comentada Ley de Ministerios de 1887³¹⁸, otorgándose al Ministerio de Marina las competencias sobre “la concesión de varaderos y playas, y el permiso para construir obras e instalaciones de este orden”, así como también, “la supervisión de las islas no sujetas a jurisdicción administrativa inmediata”. De manera previa, había sido creada la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, mediante la Ley N°1.060 de 1898, cuyas funciones contemplaba la “*tramitación y archivo de los expedientes por establecimiento de chatas, boyas, muelles y demás permisos que se relacionen con las playas del litoral*”³¹⁹.

Navarrete (1998), agrega además que, a partir de 1931 el Ministerio de Marina formaliza el control de las playas y terrenos de playa para su arrendamiento, de conformidad a las facultades que recibió del D.F.L. N°210³²⁰; para ello, se crea el Reglamento General para las Concesiones Marítimas, el cual fue aprobado por D.S. (M) N° 1.500, de fecha 21 de agosto de 1931. Luego, en el año 1935, se promulga el nuevo Reglamento Orgánico de la Dirección General del Territorio

³¹⁴ Véase Art. 1, N°12), del Reglamento sobre Concesiones Marítimas, promulgado por D.S. (M) N°9, publicado en el D.O. de fecha 17 de marzo de 2018

³¹⁵ Véase A. Navarrete. 1998. Régimen Jurídico de las Concesiones Marítimas. En Revista Chilena de Derecho, Vol. 25 N°4, pp. 953-991 (1998).

³¹⁶ Véase D.S.(M) N°2.160 de 1892, que aprueba el Reglamento Orgánico y Funcional del Ministerio de Marina.

³¹⁷ Véase Op. Cit. 36, p. 957

³¹⁸ Véase Art. 9°, letra b), del D.L. N°7.912 de 1927.

³¹⁹ Véase Art. 328 del D.S.(M) N°1.377 de 1919, el cual es citado por A. Navarrete (1998).

³²⁰ En ese mismo año, la facultad para otorgar en arrendamiento las playas y los terrenos de playa, con que fue facultado el Ministerio de Marina, fue regulado por el Reglamento promulgado por el D.S.(M)N°1.500 de 1931.

Marítimo y de Marina Mercante³²¹, por medio del cual se incluyó entre las funciones de las Capitanías de Puerto, la competencia sobre “(...) *la atención de las concesiones marítimas*”³²².

Durante el Gobierno de don Gabriel González Videla, se procedió a actualizar el Reglamento General de Concesiones Marítimas, que había sido promulgado el año inmediatamente anterior³²³ (1949), mediante el D.S.(M) N°1.293 de 1950, en el que se incluyó un extenso detalle de conceptos aplicados a las concesiones marítimas y se crea una sección de Concesiones Marítimas de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (denominado en esa época “Dirección del Litoral y de Marina Mercante). Particularmente, llama la atención en este Reglamento que, además de la documentación exigible para la solicitud de la concesión marítima, el requirente debía acompañar informes de la Oficina de Impuestos Internos, del Administrador del Puerto respectivo, cuando lo hubiere, si se trata de concesiones ubicadas dentro de la zona portuaria, del Administrador de Aduana o del Jefe de Aduana respectivo, cuando se trate de solicitudes de concesiones para la construcción de muelles, malecones u obras destinadas a la movilización de carga o pasajeros, del Inspector de Pesca de la región, cuando la solicitud tenga por objeto la instalación de viveros o criaderos artificiales de moluscos, o instalaciones de la industria pesquera y sus derivados, del Inspector de Fertilizantes local, en las concesiones solicitadas en las provincias de Tarapacá, Antofagasta y Atacama, del Ingeniero de la provincia, cuando se trate de playa o terrenos de playa en sectores susceptibles de interferir con los programas de vialidad de finalidad pública superior, del Alcalde de la I. Municipalidad, cuando se trate de concesiones de playa o terrenos de playa ubicados en sectores susceptibles de interferir con la conveniencia urbanística de la localidad, y, además, de no incurrirse en perjuicio de tercero, pondrá en conocimiento de los propietarios colindantes, por escrito, las características de la concesión que solicitan, dándoles un plazo prudencial para que formulen las objeciones u oposiciones a que crean tener derecho. Transcurrido dicho plazo, se daría por cumplida la diligencia.

En 1953, se aprueba la Ley Orgánica de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante³²⁴, en cuyo artículo 3°, letras m), dispuso la función de “ejercer la fiscalización y control de las playas y de los terrenos fiscales

³²¹ Véase D.S.(M) N°1.686 de 1935.

³²² Véase Op. Cit N°36, p. 957.

³²³ Véase el D.S. (M) N° 12, promulgado con fecha 4 de enero de 1949.

³²⁴ Véase D.F.L. N°292, publicado en el D.O. de fecha 5 de agosto de 1953

de playa colindantes con éstas en el mar, ríos y lagos; de las rocas, fondos de mar y porciones de agua dentro de las bahías, ríos y lagos, y a lo largo de las costas del litoral y de las islas, cuyo control y fiscalización otorgan las leyes al Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina”; lo anterior, es sin perjuicio que en el artículo 6° de esta misma norma legal, fijó como jurisdicción de la referida Autoridad Marítima “el mar que baña las costas de la República hasta una distancia de doce millas (cuatro leguas marinas) medidas desde la línea de la más baja marea, o la extensión de mar territorial que se fije en acuerdos internacionales a los que se adhiera el Gobierno de Chile si es superior a la aquí señalada; las aguas interiores de golfos, bahías, estrechos y canales cualquiera que sea la distancia que exista entre sus costas; las playas, los roqueríos hasta donde alcanzan las más altas mareas; los lagos de dominio público, y los ríos navegables hasta donde alcanzan los efectos de las mareas; los diques, varaderos, desembarcaderos, muelles, espigones de atraque y, en general, toda construcción que se interne en las aguas marítimas, fluviales y lacustres, o construidas en ellas (Obras Marítimas); la extensión de ochenta metros de ancho en los bienes nacionales y fiscales, medidos desde la costa u orilla de mar, riberas de lagos o de ríos navegables hacia tierra firme y caletas. En los recintos portuarios de puertos artificiales de la Dirección tendrá jurisdicción sólo en cuanto el mantenimiento del orden, seguridad y disciplina”.

En el año 1981, esta misma funcionalidad es renovada, mediante la dictación de la Ley N°18.011, el cual en su artículo 5°, reemplaza el antes indicado artículo 3° de la Ley Orgánica de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante de 1953, ratificándole en propiedad, conforme el amparo que le dio la Constitución Política de la República de 1980.

Sin perjuicio de las normas antes enunciadas, fue en 1960 cuando el Estado se puso los “pantalones largos” en lo referente a la administración de las concesiones marítimas, mediante la promulgación del D.F.L. N°340³²⁵, denominada “Ley de Concesiones Marítimas”, el cual vino a reemplazar la norma legal que venía utilizándose desde 1931 (D.F.L. N°210 de 1931). En opinión de Navarrete (1998), este nuevo cuerpo legal permitió recoger (cit) la experiencia más que centenaria del Estado respecto de este tipo de concesiones, incluyendo las fluviales y lacustres, a cargo del Ministerio de Defensa Nacional, en su plano político gubernamental, y de la Autoridad Marítima (Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante), quien ejerció el cargo operativo o de

³²⁵ Véase Op. Cit. N°21, referido a la Ley de Concesiones Marítimas.

ejecución y control de ellas. La historia ha demostrado que, hasta hoy en día, la Ley de Concesiones Marítimas, que fue promulgada por el D.F.L. N°340 de 1960, no tuvo una modificación necesaria para poder responder a la correcta administración de los bienes nacionales que son otorgados mediante la figura de las “concesiones marítimas”. Sin embargo, atendiendo a la importancia del D.F.L. N°340 de 1960, en el año 1968 se redecía el Reglamento General sobre Concesiones Marítimas³²⁶, lo que posteriormente no ocurrió sino hasta 1988³²⁷, con el objeto de disponer de un cuerpo regulatorio más actualizado y vigente a los procedimientos administrativos imperantes. Luego de ello, en 1994³²⁸ y en el 2005³²⁹, se vuelve a modificar el Reglamento sobre Concesiones Marítimas, buscando facilitar el mecanismo de solicitud y otorgamientos de las concesiones marítimas, y reducir el tiempo de tramitación de la misma, mediante la creación de sistemas informáticos integrados, tal como el Sistema Integrado de Administración del Borde Costero (SIABC)³³⁰, que fue desarrollado en el año 2005 por la Subsecretaría de Marina y el Departamento de Tecnologías de la Información de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante.

Más recientemente, el 17 de marzo de 2018, se publicó en el Diario Oficial el D.S. (M) N°9, a través del cual vino a sustituir el Reglamento sobre Concesiones Marítimas, que venía corriendo desde el 2005. La justificación de esta nueva modificación del ya indicado Reglamento, conforme lo expresa la propia norma, es el *“cumplir con los principios de eficacia y eficiencia que contempla el artículo 3º de la ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado”*, además, que *“el desarrollo de proyectos públicos y privados en el borde costero requiere la coordinación de múltiples organismos públicos que tienen competencia sectoriales sobre los intereses que pueden desarrollarse en la precitada franja territorial y que, en definitiva, requieren de un permiso administrativo entregado por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante o del Ministerio de Defensa Nacional.*

³²⁶ Véase D.S. (M) N°223 de 1968, que modifica el Reglamento General sobre Concesiones Marítimas.

³²⁷ Véase D.S.(M) N°660 de 1988, que modifica el Reglamento sobre Concesiones Marítimas.

³²⁸ Véase D.S.(M) N°476 de 1994.

³²⁹ Véase D.S.(M) N°2 de 20015

³³⁰ El Sistema Integrado de Administración del Borde Costero tiene por objetivo proporcionar una estructura sistémica e integrada en línea que otorgue soporte a la gestión de planificación y desarrollo, operativa, de fiscalización y control, con el fin de optimizar la administración del Borde Costero, en el marco de la aplicación de la Política Nacional de Uso del Borde Costero (PNUBC), entregando a la comunidad un sistema de información de acceso universal, que permita conocer todo lo concerniente al trámite de una concesión marítima y/o de acuicultura, como también lo relativo a las concesiones vigentes, en pro de los lineamientos del Estado, relacionado con el Gobierno Electrónico

Al respecto, Flores (2018)³³¹, este cuerpo reglamentario *viene a armonizar por una parte y de manera meramente formal, algunas disposiciones esenciales ya contenidas en la Ley 19.880 y, por otro lado, modifica varios puntos sustanciales o de fondo, en lo que concierne al procedimiento especial de concesión marítima.*

Entre los aspectos que Flores (2018) destaca que el nuevo Reglamento sobre Concesiones Marítimas ha modificado, términos del procedimiento de tramitación de las concesiones marítimas, son los siguientes:

- a. En cuanto a la solicitud de renovación, plazos y antecedentes planimétricos. Actualmente, las solicitudes de renovación de una concesión no pueden presentarse sino hasta dentro de los últimos seis meses de vigencia de la misma. En opinión de Flores (2018), esto produce como efecto que, en prácticamente la totalidad de los casos, la renovación se otorga cuando ya terminó el período primitivo de vigencia. Para evitar estas situaciones, se permite que las renovaciones de concesiones mayores puedan ser presentadas entre seis meses y dos años antes de su vencimiento, mientras que las de concesiones menores y destinaciones marítimas, entre seis meses y un año. Quizás en un punto actual crítico y atendido a que está pendiente un pronunciamiento jurídico por parte de la Contraloría General de la República a requerimiento de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, se debió regular expresamente la solución para aquellos casos de sobreposición entre concesiones marítimas en proceso de renovación (presentadas antes de su vencimiento y por ende, vigentes) y solicitudes de Espacios Costeros Marinos de Pueblos Originarios (ECMPO), destacando que en la actualidad la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas suspende las solicitudes de renovación a todo evento. Desde el punto de vista técnico y con la finalidad de contribuir a la modernización cartográfica del borde costero, se propone que en las respectivas renovaciones de concesiones se presente un plano actualizado (art. 51).
- b. Esta nueva norma introduce en la nueva reglamentación el concepto de terreno de playa artificial (relleno de sector de playa). En atención a la proliferación de estas intervenciones costeras, el legislador ha introducido el concepto de línea de relleno (art. 1, N°30), distinguiendo la línea de terreno de playa (art. 1, N°29) y creando el concepto de terreno de playa

³³¹ Véase Patricio Flores Brito. 2018. Nuevo Reglamento sobre Concesiones Marítimas: Principales modificaciones. En <http://www.aqua.cl/columnas/nuevo-reglamento-concesiones-maritimas-principales-modificaciones/>

artificial (art. 1 N°53). Para Flores (2018), con la citada distinción la administración obliga a declarar estas nuevas líneas y terrenos al solicitante (art. 49, b, y 50, b).

- c. En consideración a que, previo a la modificación del Reglamento sobre Concesiones Marítimas formalidad de publicidad de los decretos supremos que otorgaban, renovaban, transferían o concedían cualquier otro trámite respecto de una concesión, consistía en su reducción a escritura pública, la inexistencia de un registro único a nivel notarial impedía el acceso y/o conocimiento eficaz de las personas con respecto a estos decretos. Por consiguiente, en los términos de publicidad de los decretos de concesión marítima, el nuevo cuerpo reglamentario solucionó el comentado inconveniente, eliminando la citada reducción y estableciendo el requisito de la publicación en el Diario Oficial de un extracto del acto administrativo, lo que facilitaría su búsqueda y aumentaría su publicidad, cuyo contenido se regla en los artículos 72 y 73 del nuevo D.S.(M) N°9/2018. Para Flores (2018), esta norma equipara las concesiones marítimas a las concesiones de acuicultura en lo referido al tópico de publicidad.
- d. En términos del fortalecimiento de la regulación en materia de sobreposiciones, el reglamento actual (art. 18), junto con adicionarse directrices de índole ambiental a los factores de prelación existentes para el caso de sobreposición de requerimientos, se establece expresamente qué organismos del Estado deben ser consultados para efectos de determinar el mejor aprovechamiento o uso del borde costero del litoral. Ello, puesto que, en el caso de que exista sobreposición de solicitudes y estos sean equivalentes, de acuerdo con los criterios considerados por el Reglamento, lo podrá decidir el Ministro de Defensa Nacional o el Director General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, según corresponda, quienes podrán considerar la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental o de una Declaración de Impacto Ambiental, relativo a lo solicitado en la concesión, o la existencia de un anteproyecto de edificación aprobado por la Dirección de Obras Municipales correspondiente, como criterio de preferencia³³².
- e. En cuanto a la clasificación de las solicitudes de modificación de concesión marítima, el nuevo reglamento distingue entre una solicitud de

³³² Ver Art. 18 del D.S.(M) N°9, publicado en el D.O. de fecha 17 de marzo de 2018.

modificación sustancial y una no sustancial³³³, estableciendo que las modificaciones sustanciales son aquellas que pretenden incluir obras que requieran permiso de acuerdo a la Ley General de Urbanismo y Construcción o amplíen la superficie de la concesión; este tipo de solicitudes se equiparan a las de otorgamiento.

- f. En relación con los actos de publicidad para los requerimientos de concesión y oposición a las mismos, Flores (2018), destaca que el nuevo Reglamento dispone que se deberá proceder a la publicación de un extracto de la solicitud en una página web de la Subsecretaría y, en el caso de los requerimientos relativos a concesiones marítimas mayores, la obligación del interesado corresponderá a publicar el extracto en un diario o periódico de circulación regional o local o, en caso de no existir, en un diario o periódico de circulación nacional, dentro de los 45 días contados desde que se declara admisible a trámite la solicitud. Por otro lado, el plazo para presentar oposiciones será de 30 días desde la respectiva publicación³³⁴.

Por otro lado, es menester considerar que según Riestra (2013)³³⁵, al igual que para el resto del territorio nacional, “el borde costero se encuentra sometido a la clasificación del suelo, correspondiente a las categorías de urbano y rural, delimitación obtenida producto de la implementación del instrumento de planificación denominado “límite urbano”, de conformidad lo establece el Art.52 de la Ley General de Urbanismo y Construcción (LGUC)³³⁶.

En lo que respecta al uso del suelo en áreas urbanas, éste se rige *por lo dispuesto en los Planes Reguladores y las construcciones que se levanten en esos terrenos serán concordantes en dicho propósito*, de conformidad lo dispone el art. 57 de la LGUC. Para Riestra (2013) la disposición de la LGUC se refiere expresamente a los bienes públicos situados en el borde costero, tal como lo señala el art. 64 de la misma norma legal, el cual prescribe que *“en las áreas urbanas, los bienes nacionales de uso público que correspondan a terrenos de playa o riberas de mar, de río y de lagos navegables, se usarán en concordancia con lo dispuesto en el Plan Regulador y su Ordenanza local, Las concesiones que la Dirección del Litoral*

³³³ Véase Art. 16 del D.S.(M) N°9, publicado en el D.O. de fecha 17 de marzo de 2018.

³³⁴ Véase Art. 65 del D.S.(M) N°9, publicado en el D.O. de fecha 17 de marzo de 2018.

³³⁵ Véase, Riestra, S. 2013. Justicia Ambiental y Planificación Territorial. En el Libro: Justicia Ambiental, Derecho e Instrumento de Gestión del Espacio Marino Costero, de J. Bermúdez & Hervé D. (Ed.). p. 139.

³³⁶ Véase, D.F.L. N°458, publicado en el D.O. de fecha 13 de abril de 1976, con sus actuales modificaciones.

otorgue sobre aquellos requerirán del informe previo favorable de la Dirección de Obras Municipales respectiva”.

En este sentido, Riestra (2013) agrega que, estos terrenos están sometidos al instrumento de planificación territorial respectivo, estableciéndose como requisito el informe previo favorable de la Dirección de Obras Municipales en caso de que la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas otorgue usos privativos de dicha zona, por la vía de la concesión, con el objeto de que se verifique si existe concordancia entre el acto administrativo y el instrumento de planificación.

En un sentido más general, Andrade *et.al.* (2008)³³⁷ considera un nutrido listado de cuerpos jurídicos que participan en el uso de las zonas costeras, entre los que expresa, los siguientes:

- La Ley de Concesiones Marítimas (D.F.L. 340, de 1969, del Ministerio de Hacienda) y su Reglamento (D.S.(M) 2/2005, el cual fue modificado por el D.S.(M) N°9/2018);
- El Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática (D.S.(M) N° 1/1992);
- La Ley General de Pesca y Acuicultura (Ley N°18.892);
- El Código Civil (D.F.L. 1, de 2000 del Ministerio de Justicia), que contiene las primeras normas en que se definen los conceptos de playa de mar y de mar territorial, entre otros;
- El Reglamento General de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves y Litoral de la República (antiguo Reglamento General de Policía Marítima, Fluvial y Lacustre; promulgado por el D.S. (M) N°1.340 bis, de 1941);
- El Reglamento de Deportes Náuticos (D.S. (M) N° 87/1997);
- La Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones (promulgado por el D.S.(MINVU) N° 47/1992);
- El Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura (promulgado por el D.S.(MINECON) N° 290/1993);
- La Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República (promulgado por el D.S. (M) N° 475/1994); y
- La ley que regulariza situación de ocupaciones irregulares en borde costero de sectores que indica, promulgada por la Ley N°20.062.

³³⁷ Véase, Op. Cit N°15

Agregando que los organismos de la administración del Estado que serían competentes en la regulación y gestión del borde costero, son:

- La Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), y la autoridad marítima dependiente de ella y también de la Armada de Chile;
- La Armada de Chile;
- Carabineros de Chile;
- La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, dependiente del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo;
- El Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura;
- La Dirección de Obras Portuarias, dependiente del Ministerio de Obras Públicas;
- El Ministerio de Bienes Nacionales;
- Las Municipalidades;
- La Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, dependiente del Ministerio de Defensa Nacional; y
- La Comisión Nacional de Uso del Borde Costero.

Sin perjuicio de lo anterior, para este mismo autor, la institución básica que está encargada de la planificación y gestión del borde costero es la Comisión Nacional de Uso del Borde Costero (CNUBC), la que fue creada a partir de la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República³³⁸, compuesta a su vez por representantes de diferentes organismos públicos relevantes, entre los cuales se consideran no solamente aquellos relativos al ámbito marítimo, como fue expuesto precedentemente, sino que también ciertas autoridades sectoriales, como los representantes de los Ministerios de Planificación, de Obras Públicas, de Vivienda y Urbanismo, el Servicio Nacional de Turismo o del Ministerio de Medio Ambiente³³⁹.

Según Patillo Barrientos (1997)³⁴⁰, a través de esta Política, el Estado asumió *"la obligación ineludible de estudiar y diseñar una planificación global, conjunta y armónica de su territorio, terrestre y marítimo, creando los mecanismos idóneos que permitan un desarrollo integral y coordinado de ellos, mediante el uso y*

³³⁸ Véase, Política Nacional del Uso del Borde Costero, promulgada por el D.S.(M) N°475 del Ministerio de Defensa Nacional, publicada en el D.O. de fecha 11 de enero de 1975.

³³⁹ Originalmente, la Política Nacional del Uso del Borde Costero consideraba un representante de la ex Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).

³⁴⁰ Véase J. Patillo. 1997. "Política Nacional del Uso del Borde Costero de la República. Oportunidades y riesgos". En Revista Marina. Vol. 114/837. Valparaíso, 1997, pp. 3-4.

explotación más eficiente y adecuado de sus recursos y potencialidades presentes y futuras".

Para Flores (2016)³⁴¹, (sic) la manifestación más clara de la materialización del objetivo para el cual se creó la Política Nacional del Uso del Borde Costero, lo constituye el proceso Zonificación del mismo. Este proceso, actualmente, no cuenta con ninguna normativa legal ni reglamentaria que trate efectivamente las etapas o pasos para efectuarla, por lo que se otorga amplia discreción a los organismos administrativos intervinientes. El instrumento más relevante que regula algunos aspectos procedimentales de la zonificación, corresponde al llamado "Reglamento Interno de Funcionamiento de las CRUBC", disposición que, al igual que la Comisión Nacional del Uso del Borde Costero, carece de rango suficiente para tratar la materia, pues consideramos que tanto los procedimientos en los cuales tienen injerencia estas comisiones, como aquellos procesos de zonificación que ellas proponen, resultan irrelevantes si no se traducen en la implementación de instrumentos de planificación territorial, que necesariamente requieren su reconocimiento a través de normas de rango legal, para así ordenar y posibilitar la imposición de limitaciones al desarrollo de actividades en el borde costero.

Como objetivos generales de esta Política³⁴², está el propender a una adecuada consideración de la realidad geográfica de cada uno de los sectores o áreas del litoral, que en algunos casos condicionan en forma determinante usos específicos, como es el caso de las bahías naturales, proximidad a centros poblados, condiciones meteorológicas locales, accesos, entre otros; así como, también, el propender a una adecuada compatibilización de las múltiples actividades que se realizan o pueden realizarse en el borde costero: posibilitar y orientar el desarrollo equilibrado de las diferentes actividades, desde una perspectiva nacional, acorde a los intereses regionales, locales y sectoriales; y contribuir a la identificación de las perspectivas y proyecciones futuras de cada una de las actividades que precisen ser ejecutadas en los espacios territoriales que conforman el borde costero, para evitar su uso inadecuado o inconveniente, tomando en consideración que éste constituye un recurso limitado.

³⁴¹ Véase P. Flores. 2016. La Comisión Regional del Uso del Borde Costero: Régimen jurídico en el procedimiento administrativo de otorgamiento de concesiones marítimas. Informe jurídico para optar al grado de Magíster en Derecho con mención en Derecho Público. Escuela de Graduados, Facultad de Derecho, Universidad de Chile, p.13.

³⁴² Véase Art. 1°, párrafo III, del D.S.(M) N°475 de 1994.

En concordancia con los objetivos generales, en el párrafo IV de esta Política, se establecen los diferentes objetivos y propósitos específicos posibles para las diversas áreas del litoral, a saber: Identificar los planes y proyectos de los distintos organismos del Estado, que afecten al Borde Costero; Procurar la compatibilización de todos los usos posibles del Borde Costero, en las distintas áreas y zonas, promoviendo su desarrollo armónico, integral y equilibrado, maximizando su racional utilización, precaviendo posibles requerimientos futuros y tomando en cuenta la realidad actual del uso del mismo; Posibilitar la realización de inversiones, el desarrollo de proyectos públicos y privados, bajo reglas predeterminadas, que permitan su concreción; Proponer los usos preferentes del Borde Costero.

Con respecto a este último objetivo, Flores (2016) indica que *“los usos preferentes específicos, se determinarán teniendo en consideración factores geográficos, naturales, recursos existentes, planes de desarrollo, centros poblados próximos o aledaños, definiciones de usos ya establecidos por organismos competentes”*.

En esta misma línea, para Andrade *et. al.* (2008)³⁴³ estas atribuciones (asociadas a la aprobación de propuestas de zonificación del borde costero), podría considerarse una forma importante de planificación territorial costera; sin embargo, solo se trata de propuestas de zonificación a las cuales los organismos gestores del borde costero resuelven facultativamente acogerse, sin tener un efecto vinculante directo para todos los usuarios del borde costero. En consecuencia, corresponden a propuestas de planificación sectorial, que eventualmente pueden ser aplicadas por los organismos encargados de regular y controlar las actividades productivas de pesca y acuicultura, de turismo y de asentamientos urbanos en el litoral mismo, pero que no se insertan en un contexto general de ordenamiento de los espacios terrestres y marítimos.

En consecuencia, el esfuerzo de ordenamiento que pudiese haber efectuado la Comisión Nacional del Uso del Borde Costero (CNUBC) solamente tendría un alcance limitado para efectos de la regulación de todas las actividades que tienen impacto en la zona costera, dado su nulo efecto vinculante y su escasa extensión territorial, al referirse exclusivamente al borde costero, alcanza solamente a una parte de la zona costera. Lo anterior, concuerda con la opinión que ha manifestado Andrade *et. al.* (2008), para quien *“el establecimiento de una Política Nacional de Uso del Borde Costero por medio de decreto supremo, si bien*

³⁴³ Véase Op. Cit. N°15

importante como primera iniciativa para regular el espacio costero, es limitado desde el punto de vista de su estabilidad legal, ya que puede quedar sometido a vaivenes políticos del gobierno de turno más que a la voluntad política expresada a través del Poder Legislativo”.

6.3.1.2. Nuevas iniciativas legales que se han propuesto para la protección de la zona costera y sus ecosistemas marinos

Con respecto a las nuevas iniciativas legales que han venido a otorgar tutela a las zonas costeras de Chile y a sus ecosistemas marinos, es importante considerar a la Ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, la cual fue modificada por la Ley N°20.417³⁴⁴, cuyo artículo 4º estableció el mandato soberano de propender la conservación de los ecosistemas naturales, incluyendo el marino, al establecer que *“los órganos del Estado, en el ejercicio de sus competencias ambientales y en la aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, deberán propender por la adecuada conservación, desarrollo y fortalecimiento de la identidad, idiomas, instituciones y tradiciones sociales y culturales de los pueblos, comunidades y personas indígenas, de conformidad a lo señalado en la ley y en los convenios internacionales ratificados por Chile y que se encuentren vigentes”*³⁴⁵. Además, que, en su artículo 8º, en relación con la evaluación de aquellos proyectos o actividades que son sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), con respecto al uso del borde costero, agregó el deber de que se reciba informe de parte del Gobierno Regional, del Municipio respectivo y de la Autoridad Marítima competente, cuando corresponda, sobre la compatibilidad territorial del proyecto presentado.

De igual forma, es importante destacar, también, que en el Mensaje Presidencial de la Ley N°20.417, se establecieron tres ámbitos referidos a la protección de las zonas costeras:

- a) Un ámbito asociado a políticas y regulaciones ambientales generales, que incluye las vinculadas a cuentas ambientales, biodiversidad y áreas protegidas.
- b) Un segundo ámbito relacionado con políticas y regulaciones para la sustentabilidad, lo cual implica que la institucionalidad debiera alcanzar acuerdos necesarios con los sectores a cargo del fomento productivo, así como la

³⁴⁴ Véase, Ley N°20.417, que crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente, promulgada con fecha el 12 de enero de 2010, publicada en el D.O. de fecha 26 de enero de 2010.

³⁴⁵ Véase Art. 4º, inciso 2º, Ley N°19.300, modificada por la Ley N° 20.417

promoción de convenios de colaboración con Gobiernos Regionales y Municipalidades, y,

c) Un tercer ámbito, referido a políticas y regulaciones en materia de riesgo y medio ambiente, promoviendo que el Ministerio del Medio Ambiente tenga que crear una Subsecretaría, que aborde en sus divisiones al menos las siguientes materias: Regulación Ambiental; Información y Economía Ambiental; Educación, Participación y Gestión Local; Recursos Naturales y Biodiversidad; Cambio Climático y Cumplimiento de Convenios Internacionales, y Planificación y Gestión.

Estos mandatos, permitieron que la institucionalidad ambiental propusiera una Estrategia y Plan de Acción Nacional para la Diversidad Biológica al 2030, como también, el aporte del país en la aplicación y cumplimiento de las metas internacionales de biodiversidad establecidas en el Convenio de Diversidad Biológica.

De esta forma, desde la modificación de la Ley N°19.300, nuestro país ha logrado avanzar en la protección del patrimonio natural, a través de la aprobación por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad de la nueva Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030; el incremento sustancial en la superficie de áreas marinas protegidas en forma oficial (pasando de 15.084.695 hectáreas el año 2014 a 146.938.671 hectáreas a fines del año 2018)³⁴⁶; la creación de nuevas áreas protegidas priorizadas a partir del Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022; la consolidación de los Planes de Recuperación, Conservación y Gestión de Especies, un instrumento de conservación que contribuye a la mitigación del riesgo de extinción de las especies; y la creación del Comité de Restauración, junto con la decisión de contar con un Plan Nacional de Restauración de Paisajes , todo lo cual contribuirá a detener la pérdida de biodiversidad y a la adaptación y mitigación del cambio climático.

Por otro lado, en relación a la protección de los ecosistemas marinos, debido a la acción de la basura o desechos, es importante destacar una iniciativa legal que dictada para ciertos lugares sujetos a la protección ambiental, entre los que se incluyó la playa de mar. Esta protección vino constituida por la Ley N°21.123, que permitió incorporar el numeral 3º al artículo 494 del Código Penal, tipificando como faltas penales a la siguiente infracción:

³⁴⁶ Véase, Sexto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile, en https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/01/6NR_FINAL_ALTA-web.pdf

“El que ensuciare, arrojar o abandonare basura, materiales o desechos de cualquier índole en playas, riberas de ríos o de lagos, parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales o en otras áreas de conservación de la biodiversidad declaradas bajo protección oficial”.

De esta forma, es considerado como “falta penal” el hecho de ensuciar, arrojar o abandonar basura, materiales o desechos de cualquier índole en playas, riberas de ríos o de lagos, parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales o en otras áreas de conservación de la biodiversidad declaradas bajo protección oficial, de manera de evitar la propagación de basuras y residuos en los referidos lugares.

Otras de las iniciativas jurídicas que han sido elaborado recientemente, con el propósito de proteger los ecosistemas marinos, los constituye el primer anteproyecto de norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas marinas y sedimentos que ha sido desarrollada para Chile y que representa un verdadero hito ambiental para el resguardo de la calidad de un cuerpo de agua marino. Esta nueva propuesta de norma, denominado *“Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (Anteproyecto de NSCA) para la Protección de las Aguas Marinas y Sedimentos de la Bahía de Quintero – Puchuncavi”* fue aprobado por el Ministerio del Medio Ambiente, mediante su Resolución Exenta N°1059, de fecha 23 de septiembre de 2021, la que fue publicada en el Diario Oficial N° 43.066, del 30 de septiembre de 2021, y sometido a un plazo de 60 días hábiles para que la ciudadanía pudiera señalar sus opiniones fundadas, período que concluyó el 29 de diciembre del 2021, con solo 8 observantes que indicaron sus opiniones fundadas.

En el inciso 1º del artículo 13 de la citada Resolución que aprueba este anteproyecto, se estableció que la entrada en vigencia del decreto sería el 30 de septiembre del 2021; sin embargo, esta misma disposición, en su inciso 2º y siguientes, dejó establecido que previamente el anteproyecto de norma debía contar con la opinión del Consejo Consultivo Regional del Medio Ambiente de la Región de Valparaíso y del Consejo Consultivo Nacional del Ministerio del Medio Ambiente (literal a) del numeral 2º del artículo 13), así como también, con la opinión de cualquier persona natural o jurídica (literal b) del numeral 2º del artículo 13), en un plazo de 60 días hábiles, contados desde la publicación del extracto de la Resolución Exenta N°1059, de fecha 23 de septiembre de 2021, del

Ministerio del Medio Ambiente, en un diario o periódico de circulación nacional, puedan entregar sus observaciones fundadas al ya indicado documento. De esta forma, el plazo para la entrega de las observaciones fundadas a la NSCA, comenzó a contar del 4 de octubre del 2021 y expiró el 29 de diciembre del 2021, sin que hasta el momento se haya aprobado su versión definitiva.

Al respecto, es necesario recordar que nuestro ordenamiento ambiental considera a las normas de calidad ambiental como un papel fundamental en la concretización de la garantía consagrada en el artículo 19 N° 8 de nuestra Constitución Política. En efecto, es a través de las normas secundarias de calidad, como el Estado establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza (art. 2º de la Ley N°19.300), por lo que su significancia es ineludible para lograr establecer usos adecuados de los distintos componentes ambientales, incluyendo en ello el agua de mar y los sedimentos marinos, puesto que son estas normas las que permiten establecer estándares máximos de contaminación permisibles en un determinado espacio o cuerpo receptor, o dicho en otras palabras, estas normas “definen los objetivos de calidad ambiental que la sociedad desea” (Mondragón 2018³⁴⁷).

Sin perjuicio de la importancia que representa contar con este tipo de norma en el ordenamiento ambiental, de manera de permitir contar con herramientas que permitan definir usos de los cuerpos de aguas marinos, el referido anteproyecto manifiesta presentó diversas observaciones, entre los que se contempla, lo referente a los objetivos que son pretendidos en este anteproyecto, el que incluye la necesidad de que se presten los denominados “Servicios Ecosistémicos”, lo cual la misma norma los define como la *contribución directa o indirecta de los ecosistemas al bienestar humano*, siendo que estos corresponden a objetivos pretendidos por una norma de calidad primaria y no la de una norma de calidad secundaria, cuyo objeto de protección es a conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza, infringiendo con ello lo dispuesto en el Reglamento promulgado por el D.S.(MMA) N°38/2013³⁴⁸. Además, el texto propuesto para

³⁴⁷ Mondragón, B. 2018. “Las Normas de Calidad Ambiental a la luz de los fallos de los Tribunales Ambientales”. Revista Justicia Ambiental: <http://www.revistajusticiaambiental.cl/wp-content/uploads/2018/05/5-JUSTICIA-AMBIENTAL-N-9-153-179.pdf>

³⁴⁸ Véase, D.S.(MMA) N°38, que aprueba Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, promulgado con fecha 30 de octubre de 2012, publicado en el D.O. de fecha 1 de agosto de 2013.

dicha norma, no incluye la componente oceanográfica (hidrodinámica), como variable que debe ser medida en las 6 áreas de vigilancia ambiental que dicho anteproyecto propone. Lo anterior, impide la posibilidad de poder verificar que *“la calidad actual de la bahía es reflejo de las condiciones que impone el sistema natural --clima, geomorfología e hidrodinámica (...)”*, tal como se pretende el Considerando 14 del referido instrumento.

En cuanto a iniciativas legales que se han estado desarrollado en beneficio de la modificación del actual ordenamiento jurídico respecto al uso de las zonas costeras, la plataforma científica “Observatorio de la Costa”, que es coordinada por el Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile, ha planteado la necesidad de formular una Ley de Costas para Chile, cuyo enfoque está dirigido a enfrentar los desafíos de gobernanza que plantea el siglo XXI, en especial para el desarrollo sostenible y los procesos adaptativos del cambio climático, resolviendo los inconvenientes que presenta la actual regulación que ordena el uso de las zonas costeras, mediante la Política Nacional del Uso del Borde Costero (PNUBC), solucionando la imprecisión que representa el concepto de “Borde Costero” que está definida en la PNUBC y que, según lo señala Martínez *et. al* (2019)³⁴⁹, *“La PNUBC ha instrumentalizado el concepto científico de Costa, la cual se encuentra definida de manera robusta en la literatura. Esta interpretación errónea ha conducido a graves problemas de conservación de la costa chilena y explica hoy en día, su alta exposición a desastres naturales y a degradación de sus ecosistemas”*.

De esta forma, para la antes comentada iniciativa legal, la zona costera debiera definirse en su extensión, a través de evidencia científica, con el fin de establecer, no la línea de playa (máxima extensión del oleaje en condiciones de mareas de sicigias), sino la máxima extensión del nivel del mar holocénico, lo cual conlleva a utilizar el concepto de línea de costa, es decir, el punto en el cual el mar estuvo posicionado como respuesta al último cambio climático global. La repercusión de este enfoque, para CIGIDEN, es la extensión de la zona costera más allá de la playa y la inclusión dentro del territorio costero, de todos los ecosistemas costeros frágiles que, actualmente, no cuentan con formas de protección legal.

³⁴⁹ Véase, Martínez, C, F. Arenas, K. Bergamini & J. Urrea. 2019. “Hacia una ley de costas en Chile: criterios y desafíos en un contexto de cambio climático”. Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN), Serie Policy Papers CIGIDEN. Primera edición, septiembre 2019. 24 págs.

Figura 6.25. Diferencias en la aplicación de los conceptos de Borde Costero y Zona Costera, de acuerdo con la propuesta de Ley de Costa promovida por la plataforma Observatorio de la Costa,



tomando como ejemplo San Pedro de la Paz y Coronel, en Región del Biobío.

Fuente: Martínez *et al.* (2019), CIGIDEN.

Una mención especial que se debe efectuar, en cuanto a iniciativas legales que han sido propuestas para la protección de la zona costera, en cuanto a usos y costumbres de los pueblos originarios, lo representa la Ley N°20.249, la cual destina al espacio costero marino para los pueblos originarios (ECMPO), la cual es conocida como “Ley Lafkenche”, cuyo objetivo es preservar el uso consuetudinario de las comunidades indígenas en el borde costero, puesto que la anterior normativa no resultaba eficiente para poder reconocer el derecho efectivo de las comunidades indígenas sobre dichos espacios.

De esta forma, la Ley N°20.249, junto con su Reglamento, establece un área delimitada de la zona marina costera, la cual es cedida a las comunidades de forma gratuita, a través de una destinación que el Ministerio de Defensa Nacional entrega a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA); esta última, mediante un convenio de uso, designa la administración a la comunidad solicitante. En consecuencia, uno de sus principales efectos de esta norma legal, es la incorporación de las comunidades indígenas, como nuevo sujeto de derecho dentro de la toma de decisiones, planificación y gestión del litoral³⁵⁰. De esta forma, el otorgamiento de un ECMPO contempla la implementación de un plan de administración, el cual debe incluir un plan de manejo en el caso de desarrollar

³⁵⁰ Véase, Nahuelpan, H. 2016. Micropolíticas mapuches contra el despojo en el Chile neoliberal. La disputa por el lafkenmapu (territorio costero) en Mehuín. *Izquierdas*, 30, pp. 89-123, citado por C. Sandoval. 2020. “Modelo Conceptual Ecosistémico para la Implementación de un Plan de Manejo de Espacios Costeros Marinos para los Pueblos Originarios de la Bahía de Yaldad, Chiloé, Sur de Chile. Seminario de Título para optar al Título de Biólogo Ambiental, Universidad de Chile. 160 págs.

actividades asociadas a la explotación de recursos marinos por parte de la comunidad o usuarios integrados al plan de administración. Este plan de manejo, corresponde a un conjunto de medidas y acciones que son adoptadas con el propósito de prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos o efectos ambientales que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad en una zona determinada³⁵¹. Así, la elaboración del plan de administración es responsabilidad de la comunidad y debe ser presentado ante la SUBPESCA dentro del plazo de un año, luego de otorgada la destinación marítima.

6.3.2. Marco normativo relativo a la protección de los recursos y la contaminación del medio marino

6.3.2.1. La actual institucionalidad ambiental

En acuerdo con lo señalado en los capítulos anteriores y teniendo en consideración los principales actores que intervienen en la gestión de la zona costera, según Herrera (2019)³⁵², las principales institucionales que participan con un papel fundamental en la protección de las zonas costeras de Chile y de sus diversos recursos, son los siguientes.

Ministerio de Medio Ambiente

El Ministerio de Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) fueron creados a partir de la Ley N°20.417, publicada en el D.O. de fecha 20 de enero de 2010, la cual modificó la Ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Además, la normativa ha permitido incorporar en el inciso segundo del artículo 4° de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N°19.300), el deber de la institucionalidad de propender la conservación de los ecosistemas naturales, incluyendo el marino, al establecer que:

“los órganos del Estado, en el ejercicio de sus competencias ambientales y en la aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, deberán propender por la adecuada conservación, desarrollo y fortalecimiento de la identidad, idiomas, instituciones y tradiciones sociales y culturales de los pueblos, comunidades y personas indígenas, de conformidad a lo señalado en la ley y en los convenios internacionales ratificados por Chile y que se encuentren vigentes”.

³⁵¹ Véase, C. Sandoval. 2020. “Modelo Conceptual Ecosistémico para la Implementación de un Plan de Manejo de Espacios Costeros Marinos para los Pueblos Originarios de la Bahía de Yaldad, Chiloé, Sur de Chile. Seminario de Título para optar al Título de Biólogo Ambiental, Universidad de Chile. 160 págs.

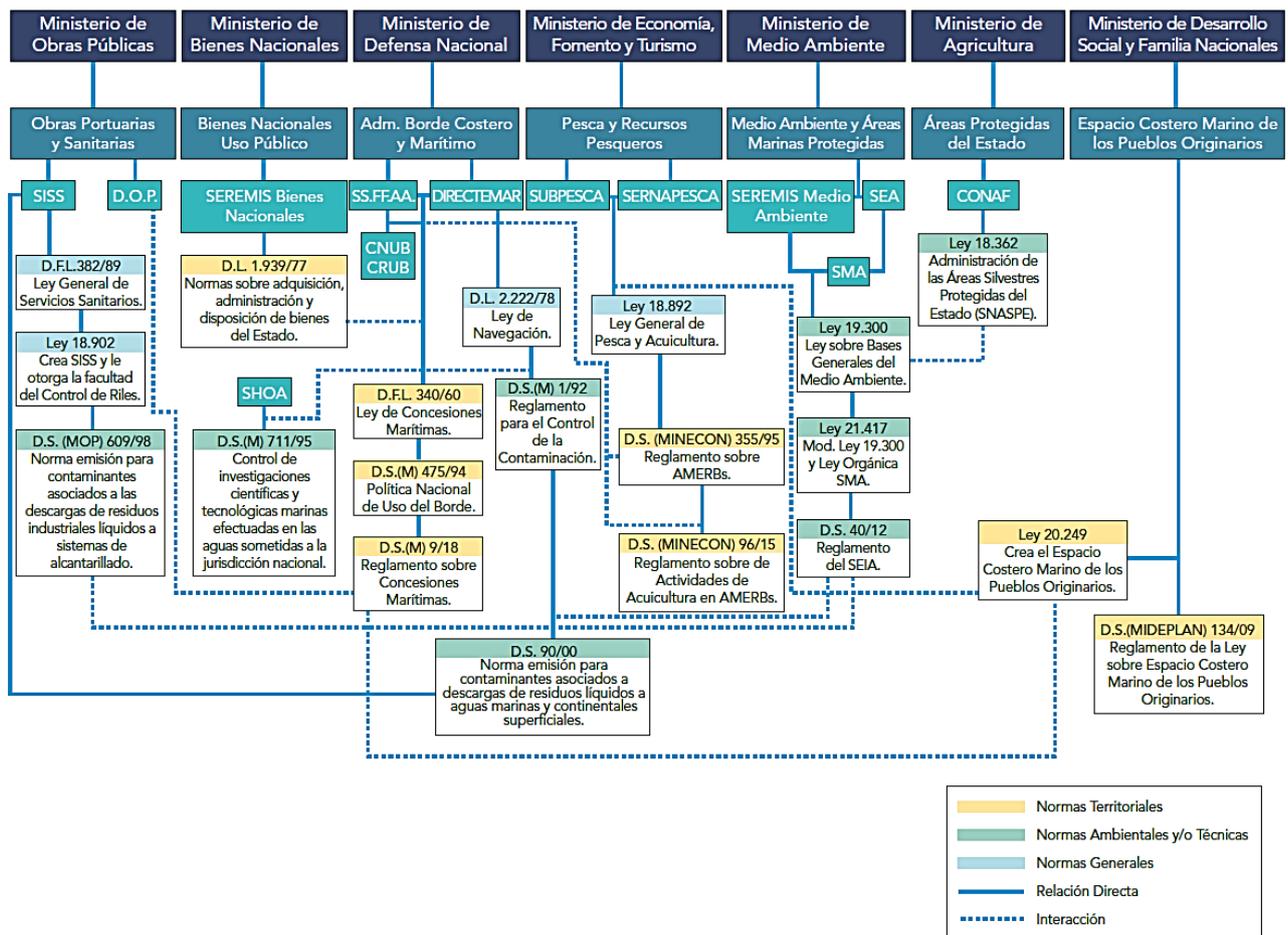
³⁵² Véase Op. Cit. 18.

En este sentido, las competencias del Ministerio del Medio Ambiente se pueden dividir en tres ámbitos:

- Políticas y regulaciones ambientales generales, incluyendo aquellas vinculadas a cuentas ambientales, biodiversidad y áreas protegidas.
- Políticas y regulaciones para la sustentabilidad.
- Políticas y regulaciones en materia de riesgo y medio ambiente.

El Ministerio aborda materias centrales para la gestión ambiental como la regulación ambiental, la información y economía ambiental, la educación, participación y gestión local, los recursos naturales y biodiversidad el cambio climático, el cumplimiento de convenios internacionales y, finalmente, la planificación y gestión.

Figura 6.26. Estructura del marco institucional que regula y gestiona el uso de la zona costera en Chile.



Fuente: Morales, E., P. Winckler & M. Herrera. 2019. "Costas de Chile. Medio Natural, Cambio Climático, Ingeniería Oceánica y Gestión Costera". SHOA

El Servicio de Evaluación Ambiental, quien administra el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)

Como principal instrumento de gestión ambiental, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) es quien administra e interpreta el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), cuya misión es la evaluación de los proyectos o actividades que pudieran desarrollarse en la zona costera, de conformidad lo establece la Ley N°19.300, modificada por la ley N°20.417, incorpora la necesidad de contar con la solicitud de la opinión del Gobierno Regional, el Municipio respectivo y la Autoridad Marítima competente, sobre la compatibilidad territorial del proyecto.

Superintendencia de Medio Ambiente (SMA)

A la SMA, le corresponde de forma exclusiva ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCAs) de los proyectos que se han aprobado ambientalmente, incluyendo aquellos que operan en el medio marino o en su borde costero. Además, le compete ejecutar, organizar y coordinar las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, y de los Planes de Manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la Ley. Para desarrollar estas labores, la SMA puede utilizar tres modalidades de fiscalización:

- A través de una modalidad directa, es decir, mediante sus propios funcionarios.
- A través de las facultades que poseen los distintos órganos de la administración del Estado con competencia ambiental.
- Mediante la acción de terceros, que están debidamente acreditados y autorizados por la SMA, tales como, entidades técnicas de fiscalización y entidades técnicas de certificación.

Asimismo, la SMA posee la rectoría técnica de la actividad de fiscalización ambiental, por cuanto debe establecer los criterios de fiscalización que deberán adoptar todos los organismos sectoriales que cumplan funciones de fiscalización ambiental para efectos de llevar a cabo sus labores.

Dirección General de Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR)

Posee competencias en la gestión de los ecosistemas marinos, incluyendo el borde costero, es la DIRECTEMAR. Este organismo, perteneciente a la Armada de Chile, encuentra sus fundamentos jurídicos para proteger los ecosistemas marinos y el borde costero a partir de lo dispuesto en el artículo 5° de la Ley de Navegación, cuyo tenor expresa lo siguiente:

“la autoridad marítima corresponderá a la Dirección y, como tal, aplicará y fiscalizará el cumplimiento de esta ley, de los convenios internacionales y de las normas legales o reglamentarias relacionadas con sus funciones, con la preservación de la ecología en el mar y con la navegación en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional. La Dirección tendrá la representación oficial del Estado en asuntos o reuniones internacionales relativos a las materias profesionales y técnicas de que trata esta ley”.

Esta misma Ley establece un principio general en materia de contaminación acuática, cuya disposición ya era norma exigida desde el año 1941, conforme se consagró en el artículo 185º del Reglamento de Orden, Seguridad y Disciplina de las Naves y Litoral de la República, y cuyo texto señalaba:

“Artículo 185.- Se prohíbe arrojar lastre, escombros, basuras, derramar petróleo y sus derivados o residuos de los mismos, aguas de relaves de minerales u otras materias orgánicas nocivas o peligrosas de cualquier especie, en los puertos o en las aguas jurisdiccionales de la República, sin el consentimiento previo de la Autoridad Marítima respectiva, quien designará e todo caso, el lugar o forma como se procederá a efectuar alguna de dichas operaciones (...)”.

A dicha disposición, la Ley de Navegación, en cambio, quiso replantear de una manera más profunda el enfoque tradicional, agregándole el carácter absoluto a la citada prohibición. Además, permitió especificar las actividades que serían sometidas a ella y los cuerpos de agua sujetos a su tutela, señalando en su artículo 142º:

“Artículo 142.- Se prohíbe absolutamente arrojar lastre, escombros, basuras, derramar petróleo o sus derivados o residuos, aguas de relaves de minerales u otras materias nocivas o peligrosas, de cualquier especie,

que ocasionen daños o perjuicios en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, en puertos, ríos y lagos (...)”.

Cabe hacer presente, que este mismo principio general es reproducido fidedignamente en el Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática. Además, como cuerpo normativo de la Ley de Navegación, el Reglamento incorpora otras prohibiciones que se inspiraron en aquel dispuesto en el artículo 142, como i) la prohibición de transporte marítimo de sustancias nocivas o peligrosas que puedan ocasionar daños o perjuicios a las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, ii) la prohibición de efectuar descargas de aguas sucias a toda nave o artefacto naval, y iii) la prohibición de introducir o descargar directa o indirectamente a las aguas sometidas a la jurisdicción nacional de cualquier materia, energía o sustancias nocivas o peligrosas desde fuentes terrestres. Este último representa uno permisos ambientales sectoriales que otorga la Autoridad Marítima a las actividades o proyectos sometidos al SEIA.

Autoridades Marítimas dependientes de DIRECTEMAR

Orgánicamente, la Autoridad Marítima ejerce sus competencias ambientales a través de sus órganos operativos, los cuales son las Gobernaciones Marítimas y las Capitanías de Puerto, las cuales se encuentran distribuidas desde Arica hasta el territorio antártico.

Desde el punto de vista operativo, la Autoridad Marítima Nacional supervisa las actividades que se encuentran bajo su jurisdicción, mediante su Dirección de Intereses Marítimos (DIRINMAR), en donde se administran y se evalúan aquellos proyectos u operaciones que pueden afectar la calidad del medio acuático, incluyendo sus ecosistemas marinos y dulceacuícolas continentales, así como también, las concesiones marítimas otorgadas por el Ministerio de Defensa Nacional y las autorizaciones transitorias de ocupación del borde costero. DIRECTEMAR posee jurisdicción sobre aquellos ríos y lagos que son navegables por embarcaciones que posean sobre 100 toneladas de registro grueso.

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA)

La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), posee amplias atribuciones jurídicas destinadas a regular y administrar la actividad pesquera y de acuicultura nacional, a través de políticas, normas y medidas de administración, de acuerdo a

un enfoque precautorio y ecosistémico que promueva la conservación y sustentabilidad de los recursos hidrobiológicos para el desarrollo productivo nacional. La SUBPESCA, que se encuentra bajo la supervisión del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, posee una amplia función reguladora de las actividades que inciden en los recursos hidrobiológicos, incluyendo, entre otras, las actividades pesqueras extractivas y de transformación, la acuicultura y cualquier proyecto que pueda afectar el ecosistema en donde se encuentren las especies y recursos hidrobiológicos.

Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA)

El Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), es la institución dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, cuya misión es fiscalizar el cumplimiento de las normas pesqueras y de acuicultura, proveer servicios para facilitar su correcta ejecución y realizar una gestión sanitaria eficaz, a fin de contribuir a la sustentabilidad del sector y a la protección de los recursos hidrobiológicos y su medio ambiente. De esta forma, SERNAPESCA es el órgano fiscalizador de las normas pesqueras y de protección de los recursos hidrobiológicos. SERNAPESCA y SUBPESCA fueron creadas por D.L. Nº 2.442, del 29 de diciembre de 1978, la cual modificó radicalmente la institucionalidad pública pesquera que existía hasta antes de esa fecha.

Posteriormente, como respuesta a las modificaciones de la Ley General de Pesca y Acuicultura, SERNAPESCA debió reestructurar su organización, con el objeto de hacer frente a los nuevos desafíos ambientales y las exigencias de un comercio internacional dinámico y globalizado. Actualmente, contribuye 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. De esta forma, SERNAPESCA fiscaliza la pesca extractiva (artesanal e industrial), la pesca recreativa, la acuicultura, el comercio exterior de recursos hidrobiológicos, efectúa difusión de las normas pesqueras y de acuicultura, efectúa la vigilancia epidemiológica de manera oficial, efectúa vigilancia ambiental cuando se vean afectados los recursos hidrobiológicos y apoya a la SUBPESCA en la gestión normativa.

Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)

La SISS es otro organismo de la administración del Estado que tiene competencias en la gestión ambiental del borde costero y de los ecosistemas marinos. Esta institución, la cual es funcionalmente descentralizada, con personalidad jurídica y patrimonio propio, está sujeta a la supervigilancia del Presidente de la República, a través del Ministerio de Obras Públicas. Sus funciones sustantivas, se enfocan al control de las empresas concesionarias sanitarias y, por consiguiente, en la gestión de los Residuos Industriales Líquidos (RILes).

La SISS posee competencias para proponer normas técnicas relativas al diseño, construcción y explotación de las descargas de los residuos industriales líquidos y velar por el cumplimiento por parte de los entes fiscalizadores. Asimismo, vela por el cumplimiento de disposiciones legales y reglamentarias, normas técnicas, instrucciones, órdenes y resoluciones que dicte relativas a la prestación de servicios sanitarios y descargas de los referidos residuos líquidos, entre otros, a los cuerpos de agua marinos.

Entre los cuerpos normativos, por cuyo cumplimiento la SISS se le encomienda velar, destaca especialmente la *Ley N° 3.133 de 1916*, sobre neutralización de los residuos provenientes de establecimientos industriales y sus Reglamentos. Al respecto, es jurídicamente correcto afirmar que la citada la Ley N° 3.133, constituye el cuerpo normativo más antiguo en Chile (Herrera, 2002), que regula este tipo materia y que se mantuvo en ejercicio durante casi un siglo (hasta 1982), en cuyo artículo 1° dispone que:

“Los establecimientos industriales, sean mineros, metalúrgicos, fabriles o de cualquier otra especie, no podrán vaciar en los acueductos, cauces artificiales o naturales, que conduzcan aguas o en vertientes, lagos, lagunas o depósitos, los residuos líquidos de su funcionamiento, que contengan sustancias nocivas a la bebida o al riego, sin previa neutralización o depuración de tales residuos por medio de un sistema adecuado”.

6.3.2.2. Brechas que existen para el desarrollo sostenible y ambiental en Chile

Conforme lo manifiestan Andersen & Balbontín (2021)³⁵³, siendo el agua el recurso y servicio ecosistémico base de los asentamientos humanos, sus bordes

³⁵³ Véase, Andersen, K & C. Balbontín. 2021. La planificación del borde costero chileno. Una normativa deficiente. *Revista de Geografía Norte Grande*, 80: 227-247 (2021).

presentan una fuerte demanda de ocupación, puesto que en el caso de Chile, el recurso como los territorios de acceso a este, presentan las últimas décadas una creciente demanda de parte de las industrias de exportación, especialmente la agricultura y minería. Sin embargo, la relación de las comunidades con los bordes de agua implica mucho más que el solo aprovechamiento del recurso. Además, estos mismos autores, señalan que existe una difícil regulación y control del uso del borde costero, el cual radica, en parte, por *“la dispersión de las competencias de la autoridad portuaria, que hoy se comparte entre muchos servicios públicos y ministerios que están relacionados a la infraestructura y movimiento de carga portuaria en Chile”*.

En este sentido, para los citados investigadores, la dictación del D.S. (M) N° 475/1994, que aprobó la Política Nacional de Uso del Borde Costero (PNUBC), constituyó un avance; sin embargo, subsisten las dificultades entre esta normativa y con lo dispuesto en el Decreto con Fuerza de Ley (D.F.L.) de 1960, sobre concesiones marítimas; así como también, con lo efectiva aplicación de lo dispuesto en el actual Reglamento sobre Concesiones Marítimas, promulgado por el D.S.(M) N°9/2018 y con lo establecido en la Ley N° 20.249 (Ley Lafkenche), destinada a proteger los asentamientos indígenas en el borde costero, así como con los instrumentos de planificación territorial de suelo urbano.

Más aún, la crítica que Andersen & Balbontín (2021) hacia la PNUBC, incluye su papel como instrumento de gestión sostenible de los recursos costeros, al considerar que este instrumento permite la declaración de área costera reservada, de conformidad lo previene el art. 2° del D.S.(M) N°475/1994, el cual tiene entonces por finalidad programática, según los citados autores, focalizar la acción de los organismos del Estado, mediante una coordinación forzada de los órganos de la administración del Estado que, en ciertos casos buscan estimular la inversión. Lo anterior, siempre con el objetivo de lograr un desarrollo armónico del territorio y optimizar el uso de los bienes nacionales de uso público que conforman el borde costero, como materialización del imperativo constitucional establecido en el artículo 115° de la Carta Fundamental (Cordero, 2011)³⁵⁴. Más aun, el problema, según los citados investigadores, se origina en que la actual zonificación se materializa mediante un decreto supremo, con lo cual ella podría adolecer de un vicio de inconstitucionalidad, al implicar una limitación por vía de acto administrativo de ciertos derechos constitucionales (Andersen & Balbontín

³⁵⁴ Véase, Cordero, E. 2011. Ordenamiento Territorial, justicia ambiental y zonas costeras. Revista de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2011, Vol. XXXVI, p. 209-249. Citado por Andersen & Balbontín (2021).

2021). En efecto, la zonificación fija prohibiciones de ciertos usos de suelo al establecer usos preferentes y, en otros casos, posibilita usos alternativos a las zonas preferenciales definidas; más aún, en ciertas situaciones, ésta pretende definir prohibiciones y causales de caducidad a concesiones, por ejemplo, en el caso de las concesiones acuícolas. Incluso las zonas preferenciales de preservación ambiental, que puede imponer la Zonificación del Borde Costero, supone restricciones a proyectos portuarios o actividades económicas en la medida que no deben generar impactos negativos sobre el ecosistema natural, lo que se debe garantizar a través de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental. En particular, la Constitución garantiza a todas las personas: “El derecho a desarrollar cualquier actividad económica que no sea contraria a la moral, al orden público o a la seguridad nacional, respetando las normas legales que la regulen” (Constitución Política de la República de Chile de 1980, 2020, artículo 19 N°21). A su vez, garantiza a todas las personas el derecho de propiedad sobre todas clases de bienes corporales incorporales, señalando que “sólo la ley puede establecer [...] las limitaciones y obligaciones que deriven de su función social” (Constitución Política de la República de Chile de 1980, 2020, artículo 19 N°24). Incluso señala que la “ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente” (Constitución Política de la República de Chile de 1980, 2020, artículo 19 N°8). Esta reserva legal para limitar los derechos constitucionales precitados está fundada sobre todo en un principio de seguridad jurídica, como expresión de un Estado de Derecho (Andersen & Balbontín 2021).

En otro sentido, debemos recordar la brecha que fue expuesta al inicio de este texto, la cual se origina de lo señalado por Andrade *et. al.* (2008)³⁵⁵, quien observó que las atribuciones asociadas a la aprobación de propuestas de zonificación del borde costero, según lo dispuesto en la PNUBC, pueden considerarse como una forma importante de planificación territorial costera; pero que solo se trata de propuestas de zonificación a las cuales los organismos que administran el borde costero resuelven de forma facultativa, sin tener un efecto vinculante directo para todos los usuarios del borde costero. En consecuencia, para este autor la propuesta de planificación sectorial, que eventualmente pudiera aplicarse por los organismos encargados de regular y controlar las actividades productivas en esta área, no necesariamente son insertas en un contexto general del ordenamiento de los espacios terrestres y marítimos, demostrando que el esfuerzo que demuestra la Comisión Nacional del Uso del Borde Costero (CNUBC), en el

³⁵⁵ Véase Op. Cit. N°15

ordenamiento costero, tiene un alcance limitado para efectos de la regulación de todas las actividades que tienen impacto en la zona costera, dado su nulo efecto vinculante y su escasa extensión territorial, al referirse exclusivamente al borde costero (Andrade *et. al.* 2008).

En un sentido similar a lo expuesto precedentemente, se encuentra Martínez *et al.*(2019)³⁵⁶, los que señalan que una de las mayores dificultades que presenta el actual ordenamiento y planificación territorial de las zonas costeras, se relaciona con las responsabilidades institucionales en la materia y con los instrumentos asociados, ya los instrumentos de planificación territorial (IPT) y aquellos de carácter sectorial, pero con incidencias importantes en el territorio, deben articularse en torno de definiciones estratégicas mayores. Además, para estos citados autores de la propuesta de Ley de Costas, las limitaciones que posee el PNUBC y su dificultad para ser articulada, a través de normativas a la Planificación Territorial, obligan a reflexionar sobre la necesidad de contar en el país con una Ley de Costas efectiva, para enfrentar los desafíos de gobernanza que plantea el siglo XXI, en especial para enfocar el desarrollo sostenible y los procesos adaptativos del cambio climático, entre los que citan, a los siguientes:

- a. La falta de precisión del concepto de borde costero, ya que borde costero no es sinónimo de zona costera. Lo anterior, en atención que la zona costera debe definirse en su extensión, a través de evidencia científica, con el fin de establecer, no la línea de playa (máxima extensión del oleaje en condiciones de mareas de sicigias), sino la máxima extensión del nivel del mar holocénico, lo cual conlleva a utilizar el concepto de línea de costa, es decir el punto en el cual el mar estuvo posicionado como respuesta al último cambio climático global. La repercusión de este enfoque es la extensión de la zona costera más allá de la playa y la inclusión dentro del territorio costero, de todos los ecosistemas costeros frágiles que actualmente no cuentan con formas de protección legal (Martínez *et al.* (2019).
- b. La falta de metodologías de zonificación, puesto que no existe una metodología específica para el proceso de zonificación, por lo que la mayoría de las regiones que ya han desarrollado sus propuestas de usos han buscado el apoyo internacional, a través de convenios de cooperación específicos (Martínez *et al.* (2019), y,

³⁵⁶ Véase Op. Cit N°76

- c. La falta de articulación de la zonificación costera con los instrumentos de planificación territorial, en atención que la regulación del territorio está entregada a la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC), la cual define básicamente dos instrumentos para regular el uso del suelo: el Plan Regulador Intercomunal y el Plan Regulador Comunal, los cuales no contienen criterios especiales para las zonas costeras, como territorio singular, ni tampoco obligan a incluir las zonificaciones costeras, debido al escaso territorio. Así también, las concesiones marítimas son autorizadas por la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, la que puede o no considerar las condiciones de edificación y usos de suelo establecidos por el plan regulador respectivo (Martínez *et al.* (2019).

Otro asunto, no menos importante, que representa una brecha para el desarrollo sostenible y ambiental de las zonas costeras en Chile, lo representa la falta de normas de calidad secundaria para aguas marinas y sedimentos marinos, lo cual impide materializar, de manera efectiva, la garantía constitucional de vivir en un medio ambiente libre de contaminación, debido que estas normas son una manifestación del principio de desarrollo sustentable, según lo expresa Mondragón (2018)³⁵⁷, puesto que, conforme se ha definido, el desarrollo sustentable es como aquel desarrollo que permite *“Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro para atender sus propias necesidades”*³⁵⁸. En este sentido, el referido concepto o principio que inspira el derecho ambiental sostiene que deben compatibilizarse el desarrollo económico y social con la protección del medio ambiente, lo que nuestra regulación ambiental ha reconocido expresamente, mediante lo expuesto en el Mensaje Presidencial de la Ley N°19.300, en el que se indica que *“Un desarrollo sustentable debe conservar la tierra y el agua, los recursos genéticos, no degradar el medio ambiente, ser técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable. Pero a la vez, la conservación del medio ambiente no se puede plantear en un sentido restrictivo. Nuestro país requiere satisfacer necesidades crecientes de vivienda, salud, educación, energía, etc. Ello implica poner en producción los recursos con los que cuenta (...) Cuando hablamos de desarrollo sustentable, estamos pensando en crecimiento económico*

³⁵⁷ Véase, Op. Cit N°74

³⁵⁸ Véase, Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2017. Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): Nuestro Futuro Común. [en línea] <https://es.scribd.com/doc/105305734/ONU-InformeBrundtland-Ago-1987-Informe-de-la-Comision-Mundial-sobre-Medio-Ambiente-y-Desarrollo> [fecha última consulta: 3 de octubre de 2017, citado por Mondragón (2018).

con equidad social y con preservación y cuidado de los recursos naturales” (citado por Mondragón 2018).

El mismo autor, además, precisa que este concepto o principio, forma parte del listado de definiciones establecido en el literal g), del artículo 2°, de la Ley 19.300, lo que incluye en una serie de instrumentos de gestión ambiental, entre ellos, las mismas normas de calidad ambiental (Mondragón 2018), por lo que la inexistencia de estas normas, hace deficitario la aplicabilidad del desarrollo sostenible o sustentable en nuestra normativa ambiental.

Por lo demás, la solución de las brechas antes señaladas, permitiría ampliar adecuadamente, la red de Áreas Protegidas y Áreas Marinas Protegidas, y mejorar su gestión, tal como lo señala Marquet *et al.* (2022)³⁵⁹, para quienes han señalado que, considerando que existen aún muchas especies y ecosistemas que no están protegidos, es importante movilizar recursos y generar instrumento de política que permitan su protección adecuada, entre los que se ejemplifican los humedales y ecosistemas costeros.

6.3.3. Conclusiones

En virtud de lo expuesto precedentemente, se pueden arribar a las siguientes conclusiones con respecto a los factores e iniciativas jurídicas que se han descrito en este capítulo y que inciden en la gestión ambiental de los ecosistemas terrestres y marinos del borde costero:

- a. De la misma forma que se ha venido sosteniendo en los distintos Informe País, nuestro país ha demostrado contar con una experimentada institucionalidad que ha administrado la zona costera y sus recursos, mediante el otorgamiento de concesiones marítimas, fluviales y lacustres; los que han evolucionado en una Política Nacional del Uso del Borde Costero, el que ha seguido tendencias internacionales para un apropiado manejo de estos bienes nacionales y fiscales; sin embargo, esta institucionalidad ha demostrado poseer ciertas brechas, que han sido objeto de críticas por parte de investigadores y estudiosos, lo que ha valido la propuesta de una nueva Ley de Costas para Chile.

³⁵⁹ Véase, Marquet, P. A., A. Gaxiola, M. Isidora Ávila-Thieme, A. Pica-Téllez, S. Vicuña, A. Alaniz, G. Etcheberry, D. González, V. Jara y L. Menares. 2022. Las tres brechas del desarrollo sostenible y el cierre de la brecha ambiental en Chile Oportunidades para una recuperación pospandemia más sostenible y con bajas emisiones de carbono en América Latina y el Caribe. Documentos de Proyectos (LC/TS.2022/35), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022. 109 págs.

- b. Por otra parte, también, se ha destacado la inexistencia de normas de calidad secundaria para aguas y sedimentos marinos, lo que hace deficitaria la aplicabilidad del desarrollo sostenible en nuestra normativa ambiental, lo que de contar con ellas permitiría ampliar adecuadamente, la red de Áreas Protegidas y Áreas Marinas Protegidas, y mejorar su gestión.

- c. Nuestra actual institucionalidad ambiental, creada a mitad de la década de los noventas, sumado a las iniciativas regulatorias que hasta ese momento se encontraban amparadas en los sectores muy puntuales de la administración del Estado, permitieron consolidar un sistema de gestión ambiental que ha producido una efectiva protección ambiental de las zonas costeras y sus ecosistemas; sin embargo, aun cuando nuestro país ha demostrado iniciativas normativas destinadas a la protección y ordenamiento de las zonas costeras, ésta no ha evolucionado de la misma forma que experimentó la regulación ambiental. Así, la institucionalidad para el uso de la zona costera no ha obedecido una política que permita su regulación permanente e integral, ya que por ahora parece obedecer más a una finalidad sectorial, en donde yace restringida, lo cual ha restringido una necesaria planificación del borde costero, que esté adaptada a los requerimientos ambientales y de conservación de los ecosistemas marinos.



FACULTAD DE
GOBIERNO
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS
DE POLÍTICAS
PÚBLICAS