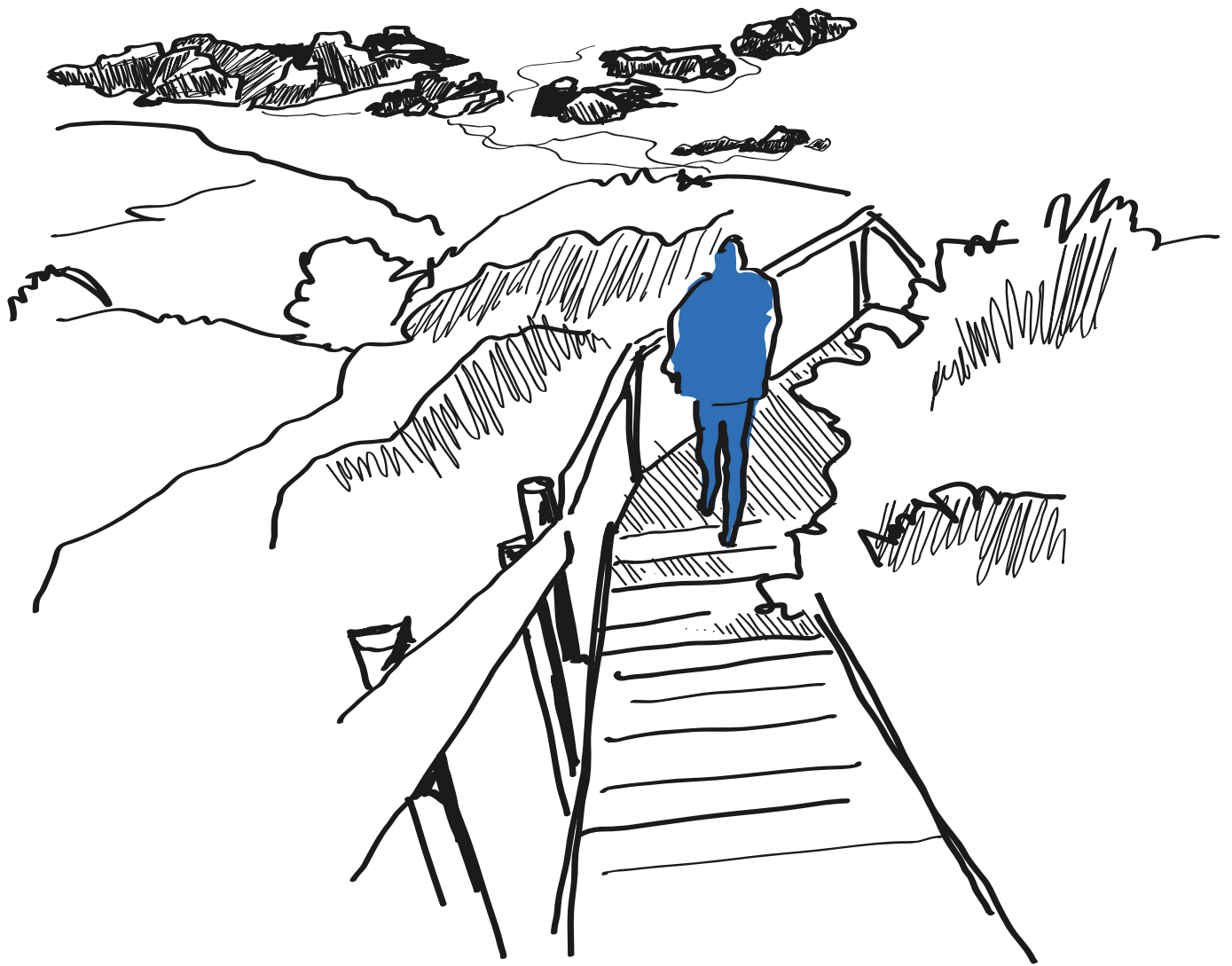


X.2 / Impacto humano en comunidades litorales intermareales de Chile



10.2. Impacto humano en comunidades litorales intermareales de Chile

JUAN CARLOS CASTILLA

Introducción

El capítulo describe y discute información publicada, durante los últimos 50-60 años, preferentemente para Chile, sobre los avances en la línea de investigación sobre impactos humanos en comunidades litorales bentónicas rocosas del intermareal. Ello, principalmente para la costa central del país, con ejemplos acotados para el norte de Chile. La narración se basa en observaciones, descripciones, monitorizaciones y manipulaciones experimentales sobre estructuras y dinámicas comunitarias, cadenas tróficas, competidores, depredadores bentónicos clave y el rol de los seres humanos en sitios contrastantes con y sin impactos humanos. La descripción comprende un periodo temprano de la década de 1950, uno intermedio (década de 1970) y otro tardío (década de 1980-hoy). En este último periodo destaco los legados de nuestra línea de investigación en impactos humanos en comunidades litorales, resaltando el trabajo experimental realizado en ECIM. El capítulo no aborda interacciones bióticas humanas en comunidades costeras relacionadas con peces marinos.

Muy a mi pesar, no se nombran a decenas de colaboradores en el desarrollo de la línea, sino que, a grupos específicos, con quienes he publicado durante los pasados 40 años, hasta consolidarla.

Contexto: Comunidades intermareales de sustratos rocosos en Chile y la conexión con Tasmania

No hay mejor contexto histórico para referirse a las comunidades intermareales de sustratos rocosos de Chile que el trabajo pionero realizado en la década de 1950 por el profesor Eric R. Guiler. En 1955, Guiler, un investigador de Tasmania conocedor

de las zonaciones de sistemas rocosos intermareales, apoyado por la Fundación Rockefeller y la Royal Society of Tasmania, realizó una estadía de investigación en la Estación de Biología Marina de la Universidad de Chile, Montemar. En 1959 publicó, en *Proceedings of the Royal Society of Tasmania*, un trabajo sobre zonaciones de bandas bióticas intermareales para Chile central. Si bien el sitio principal de trabajo fue el roquerío de Montemar, además trabajó en Laguna Verde, Curamilla y Concón. Ese año también publicó, en la misma revista, un trabajo sobre comunidades intermareales de Antofagasta. En mi entender, la de Montemar es la primera publicación para Chile sobre la identificación de conglomerados de especies, zonaciones y causales físicas de ellas, y contiene observaciones y discusiones pioneras sobre dichos sistemas. La primera vez que tuve conocimiento de la existencia de estos dos trabajos fue en 1975 a través de Bob Paine. En 2008, cuando se cumplieron 50 años de las dos publicaciones, rendí un homenaje al profesor Guiler en la *Revista de Biología Marina, Montemar* (Castilla, 2008).

Las décadas de 1940 y 1950 eran los tiempos de descripciones de las comunidades intermareales y sus zonaciones, y las publicaciones de T. A. Stephenson y A. Stephenson eran una guía que seguir. Las causas de formaciones de bandas bióticas (mayoritariamente organismos sésiles) estaban focalizadas en factores físicos, como temperatura, exposición, alturas de las mareas, desecación y otras fuentes de estrés físico. No había espacio (quizás conciencia) de la significación de las interacciones bióticas en las estructuras y dinámicas de estas comunidades, tales como depredación, competencia y facilitación. Tampoco se consideraba el impacto del ser humano en estas descripciones. Sin embargo, Guiler en su publicación sobre Montemar hace aportes que están directamente relacionados con

el título de este capítulo. Como un ejemplo: en su trabajo de Chile central Guiler describe con acuciosidad las bandas bióticas de zonación en Montemar y además de sitios cercanos, con distintos grados de impactos humanos dados por la accesibilidad a los roqueríos. En el caso del alga parda co-chayuyo, *Durvillaea antarctica*, que forma una banda biótica en el infralitoral, destaca que es una especie extensivamente extraída por pescadores y recolectores. Discute y hace comparaciones entre lo que observa para abundancia del alga en los roqueríos de Montemar (abiertos a la extracción y visita de turistas) versus sitios menos impactados por humanos, como Punta Curaumilla, donde destaca las altísimas abundancias de *Durvillaea*. Dice: “The only factor which offers any explanation of this peculiarity in the distribution of *Durvillaea* is the effect of human interference. As noted above, *Durvillaea* is in considerable demand for food ...”. “I consider that this is so, especially in view of the fact that *Durvillaea* significantly is more common in inaccessible places. The continual harvesting of *Durvillaea* has cleared the shore for population by *Lessonia* which, although not as ideally suited for the exposed coast Infralittoral Fringe as is *Durvillaea*, is, nevertheless, able to survive there quite well in the absence of competition from the larger weed”.

En base a sus observaciones, Guiler sugiere que: a) las causas de las diferencias de abundancia de *Durvillaea* entre franjas bióticas de sitios expuestos a la extracción y aquellos más inaccesibles sería la depredación humana; b) existiría una competencia entre *Durvillaea* y *Lessonia*, en favor de *Durvillaea*. Esto último fue puesto a prueba y descartado por Santelices *et al.*, en 1980. La sugerencia (hipótesis) de Guiler sobre los posibles efectos ecológicos, en bandas intermareales, causados por la extracción humana de recursos ¡es pionera y clamaba por ponerse experimentalmente a prueba!

Algunas singularidades bióticas del litoral rocoso de Chile

A lo largo de la extensa costa de Chile existen varias singularidades bióticas, con especies únicas o con rangos de dis-

tribución geográfica circunscritos a Chile y Perú, algunas hasta Ecuador, y ecológicamente relacionadas con estructuras y dinámicas comunitarias. Por ejemplo, depredadores invertebrados carnívoros u omnívoros únicos a estas costas y de importancia ecológica incluyen: el loco, *Concholepas concholepas*; pequeñas jaibas depredadoras *Acanthocyclus gayi* y *A. hassleri*; y el sol de mar, *Heliaster helianthus*. También un pez, el pejesapo, *Syciases sanguineus* (Castilla, 1981, Castilla y Paine, 1987). Existen herbívoros muy conspicuos, *Fissurella* spp., un grupo de lapas congenéricas con elevada radiación filogenética y en general de gran tamaño; el chitón o apretador, *Acanthopleura echinata*; y el erizo rojo comestible, *Loxechinus albus*. Así también, hay filtradores sésiles, como el chorito maico *Perumytilus purpuratus*, el piure de Antofagasta, *Pyura praeputialis* y productores primarios, como *Lessonia nigrescens* y *Durvillaea antarctica*. Estas especies, con excepción de las jaibas y el sol de mar, son tradicionalmente de consumo humano (*P. purpuratus* en medida menor) y algunas de ellas icónicas y comercialmente muy importantes en términos de exportaciones, como el loco y erizo.

La singularidad del impacto humano en Chile

Habiendo sintetizado algunas de las particularidades de los sistemas litorales de Chile; aunque obviamente con diferencias geográficas, oceanográficas y bióticas entre ellos; la singularidad del impacto humano en dichas comunidades es una constante. Los extractores de orilla (mariscadores/as y algueros/as; *food-gatherers*) y los buzos a resuello, o con equipos tipo hooka (buceo con compresor), están presentes en todos estos sistemas y existe una presión de extracción (pesca) de especies bentónicas muy elevada. Asimismo, desde hace miles de años en el norte de Chile existe el pueblo chango, especializado en la extracción de recursos litorales. En el sur, está el pueblo araucano, *Williche*, que también tiene tradiciones milenarias como extractor de recursos litorales. Y más al sur, nuestros pueblos de los canales y fiordos, aunque ahora muy disminuidos, eran y son nómades del mar



INSTALACIÓN DE CERCO PARA LIMITAR ZONA DE EXCLUSIÓN del ser humano en la reserva marina de ECIM.



RECOLECTORAS TRADICIONALES DE LUGA LUGA, *Mazzaella laminarioides* en la zona de Matanzas.

RECOLECTOR DE HUIRO NEGRO, *Lessonia spicata* desde la zona intermareal, una actividad que se ha intensificado en la última década.

TRANSFORMACIÓN DE LA COMUNIDAD INTERMAREAL QUE SIGUIÓ A LA EXCLUSIÓN DEL SER HUMANO EN LA RESERVA DE ECIM.

La protección de las especies explotadas produjo el aumento en las poblaciones de locos, depredadores carnívoros que redujeron la abundancia del competidor dominante, los choritos, que prácticamente desaparecieron de la zona media.



y excelsos recolectores marinos. A ello se suman los miles y miles de extractores/mariscadores/pescadores marinos costeros modernos. Todo esto hace que Chile exhiba, muy probablemente, uno de los litorales y sublitorales someros templados del mundo más impactados por el ser humano. Un caso similar ocurre en Sudáfrica, en relación con las tradiciones de extracciones de recursos litorales por sus pueblos nativos. Durante las décadas de 1970 y 1980, reuniones y seminarios binacionales con el profesor George Branch, Universidad de Cape Town, cristalizaron en 1989 con la publicación del libro *Rocky shores: Exploitation in Chile and South Africa*.

Oportunidades experimentales de poner a prueba la hipótesis sobre el rol del impacto humano en comunidades intermareales

En mi entender, en Chile han existido solamente dos oportunidades de contar con sitios costeros con exclusión humana (no extracción) con suficientes resguardos y monitorizaciones de largo plazo: la

Reserva Costera (concesión) de Mehuín, Valdivia, de la Universidad Austral de Chile, que funcionó entre 1978 y 1999, y la Reserva Costera (Área Marina Costera Protegida) de Las Cruces, ECIM, que ha funcionado desde 1982 a la fecha. En Mehuín, entre 1982 y 2001, el profesor Carlos Moreno (UACH) y su grupo publicaron una docena o más de trabajos científicos sobre el ser humano como un depredador sobre especies de algas e invertebrados intermareales, como *Fissurella* spp. y el loco y las consecuencias ecológicas de la exclusión humana en dichos sistemas, usando para ello tanto la Reserva de Mehuín como áreas litorales con extracciones por mariscadores y algueros.

En ECIM, entre 1980 y 1982, “antes” del macroexperimento de exclusión humana, se realizaron estudios intermareales y se levantaron datos sobre densidades poblacionales y tamaños de varias especies, incluyendo las que eran y siguen siendo extraídas por mariscadores de orilla, (i.e., loco, lapas, erizo, chitones, cochayuyo). También se realizaron observaciones sobre aspectos de estructura de las comunidades intermareales, como por ejemplo cobertura de competidores dominantes, como el chorito maico (*P. purpuratus*)



y algunas macroalgas, como *Mazzaella* (=Iridaea) *laminarioides* y *D. antarctica*.

Puesto que uno de los propósitos centrales del establecimiento de ECIM fue la evaluación experimental (dentro de ECIM versus afuera) de los impactos humanos debido a la extracción de recursos, estos datos referenciales de la situación pre-reserva han sido muy importantes como contraste con el “después”. Inicialmente, un equipo de increíbles colaboradores estuvo presente en los estudios de terreno del “antes”, así como en los 4- 8 años “después” del cierre de la reserva, entre otros: Chita Guisado, Sandra Contreras, Ana Farias, Doris Oliva, René Durán, Rodrigo Bustamante, Ernesto Ortiz, Antonieta Jerardino y Verónica Ortiz. La primera publicación que presentó los resultados obtenidos luego de la exclusión del ser humano en la reserva de Las Cruces fue la de Castilla y Durán, en la prestigiosa revista *Oikos*, en 1985. Allí se mostraron dos resultados inesperados: i) la muy rápida (entre 2-4 años) recuperación de las poblaciones intermareales de locos; ii) los dramáticos efectos ecológicos de este depredador clave en la reducción de la cobertura del competidor dominante de la zona intermareal, el chorito *P.*

purpuratus. Fue como abrir una caja de pandora: los extractores (mariscadores) como depredadores “super-clave”, incidiendo en una especie “clave” y recurso pesquero (el loco), desencadenado efectos ecológicos directos e indirectos del tipo cascadas tróficas (Castilla, 1999; Power et al., 1996). Ello abrió la ruta de una serie de artículos sobre impactos humanos en el intermareal rocoso. A modo de ejemplos: Con Doris Oliva (Oliva et al., 1986) exploramos las interacciones ecológicas en ECIM de la falta de impacto humano sobre herbívoros fisurélidos (lapas), que son especies ramoneadoras (consumidores de nivel trófico inferior). Mostramos que estas especies también aumentaron en tamaño en la reserva marina y que esto resultó en importantes efectos sobre la cobertura del alga *M. laminarioides*. Con René Durán y colaboradores (Durán et al., 1987) cuantificamos la presión de extracción que ejercían los mariscadores en áreas litorales abiertas a la pesca. También examinamos los efectos directos del ser humano sobre productores primarios. El modelo fue el cochayuyo, *D. antarctica*, y en 2007 junto a un grupo de colaboradores publicamos un estudio de 20 años de observaciones (monitorizaciones), donde mostramos lentas tasas de recuperación de las poblaciones de esta alga al interior de ECIM, las que por cierto estaban prácticamente ausentes antes de establecerse la exclusión del ser humano. Sugerimos allí la existencia de un fenómeno de derrame (“spillover”) desde las poblaciones al interior de ECIM hacia áreas contiguas con acceso a los mariscadores. Estos resultados, sin duda, nos recuerdan a Guiler y sus observaciones pioneras. Mas recientemente, Loot y colaboradores demostraron que la reserva ECIM afectaba positivamente el tamaño y frecuencia de observación de pejesapos *Sicyases sanguineus*, especie que también es explotada por mariscadores.

En general, el establecimiento de la reserva de ECIM permitió observar incrementos rápidos en densidades y biomásas de algunas especies como el loco y disminuciones de coberturas de competidores dominantes, como el chorito maico, *P. purpuratus*. En otras especies los cambios ocurrieron con mayor lentitud, como la recuperación del cochayuyo, *Durvillaea*.

Y otros cambios fueron aún más lentos e inesperados, como el notorio incremento poblacional de la gaviota *Larus dominicanus*, que muestra densidades superiores al interior de ECIM en comparación con sitios aledaños. Se observaron mayores abundancias de aves descansando en los roqueríos, pero también, después de 15-17 años de la exclusión del ser humano, las gaviotas comenzaron a anidar al interior de la reserva de ECIM, y no lo hacen, hasta hoy, en ninguno de los sitios cercanos afuera de la reserva. La relevancia de este último resultado es la demostración que el impacto del ser humano en sistemas litorales es mucho más amplio y profundo que el ejercido directamente por la extracción de recursos. La sola presencia del ser humano en el litoral (roqueríos) es causal de modificaciones ecológicas. En 2010 Navarrete y colaboradores resumieron algunas de las enseñanzas, modificaciones y dinámicas ecológicas ocurridas en ECIM a lo largo de ca. 25 años del cierre efectivo de la reserva.

Adicionalmente, a partir de 1998 en la Bahía de Antofagasta he trabajado en un sistema intermareal rocoso único, con otro increíble equipo de colaboradores, entre otros: Patricio Manríquez, Marcela Clarke, Verónica Ortiz, Alejandro Delgado, Cristián Pacheco, Ricardo Guíñez, Andrés Caro, Jorge Alvarado, Malva Uribe, Manuel Varas y María E. Jara. Hemos documentado más de dos décadas de observaciones, experimentos de terreno y laboratorio, y los efectos ecológicos de la extracción desde el intermareal, por mariscadores y veraneantes, del piure de Antofagasta, *Pyura praeputialis*; que es exclusivo de esta bahía. Este piure es una especie invasora originaria de Australia (Castilla *et al.*, 2004) y extremadamente competitiva; a tal nivel, que en las franjas intermareales media y media baja ha desplazado al competidor dominante nativo, el chorito *P. purpuratus*; modificando así completamente la ecología de esta zona al interior de la bahía. En los pasados 6-8 años, en sitios muy expuestos a la extracción humana, reportamos una constante y significativa disminución de las coberturas de piures y se ha publicado evidencia empírica de que la causa de tales reducciones ha sido la excesiva presión de extracción por mariscadores (Manríquez *et al.*, 2016). Inter-

santemente, como resultado de este macroexperimento, se observa el retorno al intermareal rocoso de abundantes mantos del chorito maico; tal como se había predicho a partir de experimentos replicados a pequeña escala; confluyendo ahora en una dinámica poblacional y comunitaria totalmente distinta a la del piure y muy probablemente similar (si no idéntica) a la que existía al interior de la bahía previo a la invasión del piure.

Estos estudios y experimentos de largo plazo, tanto en ECIM como en Antofagasta, sobre interacciones ecológicas super-clave del ser humano, que se traducen en importantes modificaciones comunitarias y poblacionales sustanciales y muy aparentes, son muy singulares en la literatura ecológica, y que se han convertido en casos icónicos en publicaciones científicas y en libros de ecología.

Entre otras, la gran trascendencia de esta línea de investigación, sobre la integración de los efectos ecológicos claves causados por actividades humanas en sistemas costeros, es que ellos son absolutamente necesarios de ser evaluados, si se desea conocer adecuadamente la estructura, dinámica y resiliencia de los sistemas bajo estudio, y así comenzar a cerrar el abismo que separa las ciencias naturales de las sociales. Esta línea, junto a otras asociadas, en conservación y manejo de recursos bentónicos, forma parte del advenimiento de un nuevo paradigma, donde el conocimiento socio-ecológico, el manejo adaptativo, con la incorporación de los actores (pescadores) y herramientas como el co-manejo, se están transformando en piedras angulares para la sustentabilidad de recursos costeros. Estas investigaciones han convertido a Chile es un líder mundial en este cambio paradigmático, pero aún hay mucho camino por recorrer.

A modo de cierre

La línea de investigación sobre impactos humanos en comunidades intermareales rocosas de Chile ha florecido y es un legado científico, en gran parte, gracias a la existencia, permanencia y resguardo, a lo largo de 40 años, de un área litoral (muy pequeña) protegida y usada como sitio de investigación. Las y los investigadores han

hecho su parte, responsabilizándose de realizar ciencia de frontera, como una forma de comprometerse con un sitio marino que en esencia nos pertenece a todas las personas, pero que está temporalmente a cargo de una universidad y de un grupo de profesionales de las ciencias.

Es muy triste comprobar que ECIM es muy único en Chile. En los pasados 40 años no existen iniciativas similares, que nos permitan, investigar, conocer, usar y conservar la belleza dinámica de nuestras comunidades marinas litorales de este país sin igual. También es muy único contar con sitios protegidos de la extracción de recursos monitorizados por largo plazo, acompañados de manipulaciones y experimentos, que no sólo generen ciencia pura de frontera, sino que de ello se deriven conocimientos prácticos, tanto en conservación como en el manejo sustentable de nuestros recursos. No se puede cuidar y usar sustentablemente aquello de lo que se desconoce su estructura, dinámica y el rol del ser humano. Estos tópicos son abordados con más en profundidad en próximos capítulos del libro.

Referencias

- Castilla, J.C.** 1981. Perspectivas de investigación en estructura y dinámica de comunidades intermareales rocosas de Chile Central. Depredadores de alto nivel trófico. *Medio Ambiente* 5(1-2): 190-215.
- Castilla, J.C. y L.R. Durán.** 1985. Human exclusion from the rocky intertidal zone of Central Chile: The effects on *Concholepas concholepas* (Gastropoda). *Oikos* 45(3): 391-399.
- Castilla, J.C. y R.T. Paine.** 1987. Predation and community organization on Eastern Pacific, temperate zone, rocky intertidal shores. *Revista Chilena de Historia Natural* 60: 131-151.
- Castilla, J. C.** 1999. Coastal marine communities: trends and perspectives from human-exclusion experiments. *Trends in Ecology and Evolution* 14: 280-283.
- Castilla, J.C., R. Guíñez, A. Caro y V. Ortiz.** 2004. Invasion of a rocky shore by the tunicate *Pyura praeputialis* in the Bay of Antofagasta, Chile. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101: 8517-8524.
- Castilla, J.C., M.A. Campo y R.H. Bustamante.** 2007. Recovery of *Durvillaea antarctica* (Durvilleales) inside and outside Las Cruces Marine Reserve, Chile. *Ecological Applications* 17: 1511-1522.
- Castilla, J.C.** 2008. Fifty years from the publication of the first two papers on Chilean rocky intertidal assemblages: Honoring Professor Eric R. Guiler. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(3): 157-167.
- Durán, L.R., J.C. Castilla y D. Oliva.** 1987. Intensity of human predation on rocky shores at Las Cruces, Central Chile. *Environmental Conservation* 14(2): 143-149.
- Guiler, E.R.** 1959. The intertidal ecology of the Montemar area, Chile. *Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania* 93: 165-183.
- Loot, G., M. Aldana y S.A. Navarrete.** 2005. Effects of human exclusion on parasitism in intertidal food webs of central Chile. *Conservation Biology* 19: 203-2012.
- Manríquez, P.H., J.C. Castilla, V. Ortiz y M.E. Jara.** 2016. Empirical evidence for large-scale human impact on intertidal aggregations, larval supply and recruitment of *Pyura praeputialis* around the Bay of Antofagasta, Chile. *Austral Ecology* 41: 701-714.
- Navarrete, S.A., S. Gelcich y J.C. Castilla, J.C.** 2010. Long-term monitoring of coastal ecosystems at Las Cruces, Chile: Defining baselines to build ecological literacy in a world of change. *Revista Chilena de Historia Natural* 83: 143-157.
- Oliva, D. y J.C. Castilla.** 1986. The effects of human exclusion on the population structure of key-hole limpets *Fissurella crassa* and *Fissurella limbata* in the coast of Central Chile. *P.S.Z.N.I. Marine Ecology* 7(3): 201-217.
- Power, M.E., D. Tilman, J.A. Estes, B.A. Menge, Bond W.J., L. Scott Mills, G. Daily, J.C. Castilla, J. Lubchenco y R.T. Paine.** 1996. Challenges in the quest for keystones. *Bioscience* 46(8): 609-620.
- Siegfried, W.R.** 1989. Rocky shores: Exploitation in Chile and South Africa, *Ecological Studies* 103, 178 pp. Springer-Verlag.

CÓMO CITAR ESTE CAPÍTULO:

Juan Carlos Castilla (2023). Impacto humano en comunidades litorales intermareales de Chile.

En: Navarrete, S.A. y Kroeger, C. (Eds.), Estación Costera de Investigaciones Marinas. 40 años en Ciencias del Mar.

Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile, pp. 100-107.



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE