

# OCEANOGRÁFIA:

Desvelando la Belleza, los Misterios y los Desafíos del Mar

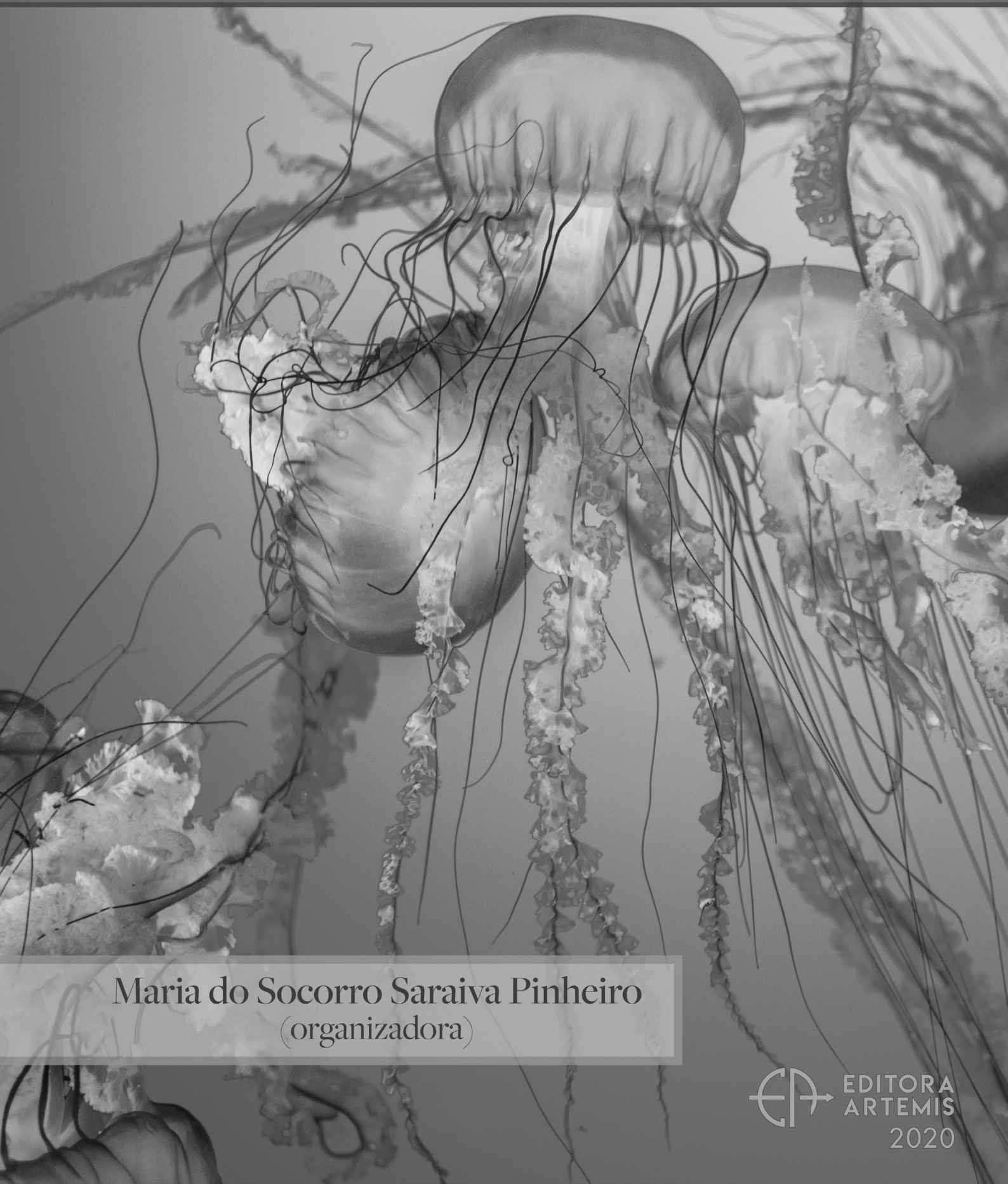


Maria do Socorro Saraiva Pinheiro  
(organizadora)

 EDITORA  
ARTEMIS  
2020

# OCEANOGRÁFIA:

Desvelando la Belleza, los Misterios y los Desafíos del Mar



**Maria do Socorro Saraiva Pinheiro**  
(organizadora)

 EDITORA  
ARTEMIS  
2020

2020 by Editora Artemis  
Copyright © Editora Artemis  
Copyright do Texto © 2020 Os autores  
Copyright da Edição © 2020 Editora Artemis  
**Edição de Arte:** Bruna Bejarano  
**Diagramação:** Helber Pagani de Souza  
**Revisão:** Os autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*.  
Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

**Editora Chefe:**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora Executiva:**

Viviane Carvalho Mocellin

**Organizadora:**

Maria do Socorro Saraiva Pinheiro

**Bibliotecário:**

Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

**Conselho Editorial:**

Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados

Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elvira Laura Hernández Carballido, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Emilas Darlene Carmen Lebus, Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco

Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas

Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, University of Miami and Miami Dade College, USA

Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros

Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás  
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo  
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia  
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras  
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense  
Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras  
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Dr. Turpo Gebera Osbaldo Washington, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peru  
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa  
Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colômbia

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

O15 Oceanografía [recurso eletrônico] : desvelando la belleza, los misterios y los desafíos del mar / Organizadora Maria do Socorro Saraiva Pinheiro. – Curitiba, PR: Artemis, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-87396-16-3

DOI 10.37572/EdArt\_163311020

1. Oceanografía. I. Pinheiro, Maria do Socorro Saraiva.

CDD 551.46

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

## APRESENTAÇÃO

Em 2016, as Nações Unidas concluíram a primeira Avaliação Mundial dos Oceanos que apontou a urgência de gerenciar com sustentabilidade as atividades no oceano. Por esta razão, em 2017, foi proclamada a Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, a ser implementada de 2021 a 2030, buscando cumprir os compromissos da Agenda 2030, com foco no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 14 e correlatos. Neste sentido a obra **“Oceanografía: desvelando la belleza, los misterios y los desafíos del mar”** traz uma coletânea de trabalhos científicos que busca contribuir com uma base científica de apoio às ações de gerenciamento sustentável do Oceano executadas por diversos países. Entre os temas apresentados nesta obra estão: impactos ambientais em zonas costeiras, aquicultura, ecologia de ictiofauna, conservação de ecossistemas marinhos e zoonoses de organismos aquáticos.

Maria do Socorro Saraiva Pinheiro

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÕES DE LINHA DE COSTA A PARTIR DA FERRAMENTA DE IMAGENS HISTÓRICAS DO GOOGLE EARTH: O CASO DA PRAIA DE ITACURUÇÁ (MANGARATIBA (RJ) – BRASIL)	
Rayane Romão Saad Abude Kátia Regina Góes Souza	
<b>DOI 10.37572/EdArt_1633110201</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
DELIMITACIÓN DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL ARGENTINA: IMPORTANCIA GEOESTRATÉGICA EN LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE EXTERIOR DEL MARGEN CONTINENTAL	
Marcelo Francisco Veneziano	
<b>DOI 10.37572/EdArt_1633110202</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>29</b>
LAS COMUNIDADES MARINAS BENTÓNICAS DE LA RESERVA NACIONAL KATALALIXAR (CHILE)	
Matthias Gorny Américo Montiel Germán Zapata-Hernández Raúl Pereda	
<b>DOI 10.37572/EdArt_1633110203</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>45</b>
DESEQUILIBRIO ECOLÓGICO EN LOS ECOSISTEMAS ROCOSOS INTERMAREALES Y SUBMAREALES DEL SUR DEL PERÚ	
Dr. Graciano Alberto Del Carpio Tejada Blgo. Marco Samuel Ríos Morales	
<b>DOI 10.37572/EdArt_1633110204</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>61</b>
STRUCTURE OF A FISH ASSEMBLAGE IN A MANGROVE IN RAPOSA, SÃO LUIS ISLAND, MARANHÃO, BRAZIL	
Maria do Socorro Saraiva Pinheiro Roberto Goitein	
<b>DOI 10.37572/EdArt_1633110205</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>74</b>
MEXILHÕES (MYTILIDAE) NO BRASIL: CONSIDERAÇÕES PARA GESTÃO	
Augusto Luiz Ferreira Júnior Roberto Ferreira Artoni Susete Wambier Christo	
<b>DOI 10.37572/EdArt_1633110206</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 86**

PARÁSITOS ZONÓTICOS DE INTERÉS EN SALUD PÚBLICA EN MYTILUS EDULIS PLATENSIS DE LA COSTA DEL GOLFO SAN JORGE, PATAGONIA ARGENTINA

Claudia Beatriz Torrencillas  
María Angélica Fajardo  
Betiana Romina Garrido  
Marco Julio Sánchez  
Ivana Leticia Mellado  
María Alejandra Córdoba  
Aleixandre Isabel Gorriz  
Thevenet Paula Sánchez

**DOI 10.37572/EdArt\_1633110207**

**CAPÍTULO 8 ..... 99**

OBTENCIÓN DE HIDROLIZADOS PROTEICOS A PARTIR DE DESECHOS DE LA INDUSTRIA PESQUERA

Nair de Los Ángeles Pereira  
María Florencia Fangio  
Yamila Eliana Rodríguez  
María Delfina Garbari  
Analía Verónica Fernández-Gimenez

**DOI 10.37572/EdArt\_1633110208**

**SOBRE A ORGANIZADORA ..... 111**

**INDICE REMISSIVO ..... 112**

## DESEQUILIBRIO ECOLÓGICO EN LOS ECOSISTEMAS ROCOSOS INTERMAREALES Y SUBMAREALES DEL SUR DEL PERÚ

Data de submissão: 15/09/2020

Data de aceite: 23/10/2020

### Dr. Graciano Alberto Del Carpio Tejada

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa,  
Perú.

<https://orcid.org/0000-0001-8281-5972>

### Blgo. Marco Samuel Ríos Morales

Consultor ambiental e investigador de ecosistemas  
acuáticos, Perú.

<https://orcid.org/0000-0001-6633-6808>

**RESUMEN:** La enorme población de “erizos negros” *Tetrapigus niger*, ha impactado de manera extraordinaria sobre las poblaciones intermareales y submareales de la macroalga Phaeophyta *Lessonia* “aracanto”, principal bioingenieroy especie clave de la zona intermareal e infralitoral de sustratos rocosos en el litoral sur del Perú, se suman varios eventos ecológicos y la extracción indebida por parte de extractores de algas, siendo el espacio ocupado por el alga costrosa *Lithopyllum sp.*, desencadenando una pérdida de diversidad, abundancia y disminución de productividad primaria que ha degradado este tipo de ecosistemas con gran importancia ecológica y económica por ser la zona de reclutamiento para la gran mayoría de especies

bentónicas litorales, algunas de ellas son de gran importancia económica.

**PALABRAS CLAVE:** bioingenieros, macroalgas, pérdida de biodiversidad, degradación de ecosistemas, sobrepoblación.

### ECOLOGICAL IMBALANCE IN THE INTERMAREAL AND SUBMAREAL ROCKY ECOSYSTEMS OF SOUTHERN PERU

**ABSTRACT:** The huge population of “black urchins” *Tetrapigus niger* has had an extraordinary impact on the intertidal and subtidal populations of the macroalgae Phaeophyta *Lessonia* “aracanto”, the main bioengineer and key species in the intertidal and infralittoral zone of rocky substrates on the southern coast of Peru, there are several ecological events and the undue extraction by algae extractors, being the space occupied by the crusted alga *Lithopyllum sp.*, triggering a loss of diversity, abundance and a decrease in primary productivity that has degraded this type of ecosystems with great ecological and economic importance for being the recruitment area of the vast majority of littoral benthic species, some of them with a great economic importance.

**KEYWORDS:** bioengineers, macroalgae, loss of biodiversity, degraded of ecosystems, overpopulation.



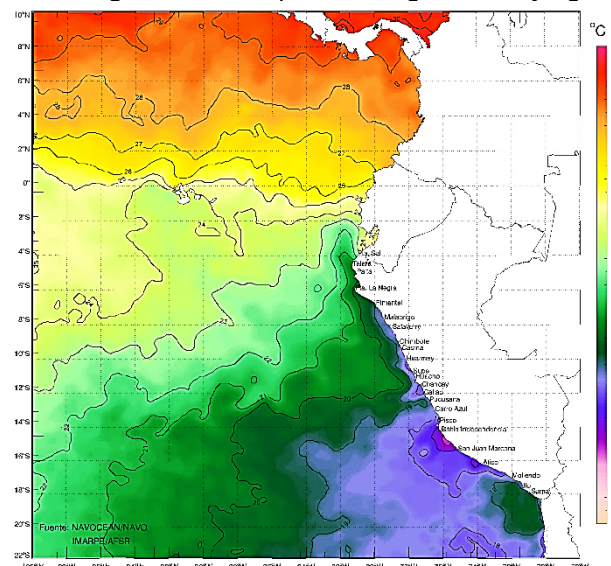
## EL COMPLEJO EQUILIBRIO ECOLÓGICO

El equilibrio ecológico es dinámico y delicado, los integrantes vivos de cualquier ecosistema, terrestre o acuático, se relacionan entre sí a través de la depredación, competencia por el espacio, o por alimento, algunas especies desarrollan formas de mutualismo y otras formas de simbiosis. Cuando una población aumenta desmedidamente por algún motivo, tendrá un impacto sobre las otras poblaciones, si esta situación se torna permanente llevará a los habitats y ecosistemas a una pérdida del equilibrio ecológico que se puede traducir en una disminución en la riqueza de especies o en su productividad y afectará toda la ecología del ecosistema y si existen actividades humanas en estos ecosistemas, también los seres humanos dependientes de los recursos se verán alcanzados por estos impactos.

## EL MAR PERUANO: UNA BREVE HISTORIA

El mar peruano se divide en dos grandes ecosistemas marinos: hacia el norte el Mar Tropical, de aguas relativamente cálidas ( $20^{\circ}$  hasta  $24^{\circ}\text{C}$ ) y el Mar Templado Frio con aguas superficiales con temperaturas desde  $12^{\circ}$  en invierno hasta los  $18^{\circ}\text{C}$  en verano y en condiciones normales (sin presencia del ENSO: EL Niño Oscilación del Sur). En el litoral sur del Perú, que comprende unos 650 Km de orillas y tres regiones políticas: Tacna, Moquegua y Arequipa, las aguas marinas de la provincia nerítica (aguas sobre la plataforma continental) y la margen litoral son aguas con una alta productividad primaria debido a los afloramientos costeros causados por los vientos Alisios y el Efecto de Coriolis y esto se traduce en una disponibilidad de nutrientes para los seres productores: fitoplancton, macroalgas bentónicas y perifiton, los cuales responden produciendo una gran cantidad de biomasa fotosintética que es la base para las redes tróficas pelágicas y bentónicas que se desarrolla en los ecosistemas de los mismos nombres.

**FIGURA 1.** Masas de agua en el mar peruano, aguas frías y aguas más cálidas.



(Fuente: NOAA)

Estos ecosistemas desde los años 60 han sido explotados intensamente en especial en sus especies claves, la "anchoveta" *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 (Clupeiformes), pequeño pez pelágico filtrador (consumidor de primer orden) de extraordinaria abundancia y es presa de muchas especies de peces, aves y mamíferos marinos y en la actualidad sostiene una de las pesquerías más importantes del planeta y se transforma su biomasa en harina de pescado rica en proteína para alimento balanceado de animales de granja. En el caso de los ecosistemas litorales la principal fuente de alimento fotosintético lo producen las macroalgas bentónicas y algunas de ellas, por su mayor tamaño además de producir alimento se constituyen en especies bioingenieras, al dar lugar de refugio a otras especies como peces y macroinvertebrados. En la última década se han extraído miles de toneladas de macroalgas pardas en el sur del Perú, para ser exportadas a países asiáticos, en donde se procesan para la extracción de alginatos y carragenina, carbohidratos de gran valor comercial para su uso en forma de espesantes de diversos artículos de uso humano como cosméticos y alimentos. Ha sido notorio un cambio mayor en los ecosistemas rocosos litorales y submareales del sur del Perú, debido a la disminución de las macroalgas pardas en un gran número de lugares y al aumento excesivo de un alga roja costrosa calcárea que no produce alimento para las antes abundantes redes tróficas bentónicas y pelágicas litorales y submareales someras.

**FIGURA 2.** Aerofotografía del litoral rocoso típico del sur del Perú.



(Fuente: Propia)

## LOS ECOSISTEMAS LITORALES ROCOSOS DEL SUR DEL PERÚ

El sustrato rocoso litoral en el sur del Perú presenta las siguientes características físicas:

- Alta exposición al oleaje y elevada hidrodinámica.
- Amplitud de mareas semidiurnas se reporta desde 0.5 a 1.1 metros en promedio, siendo la máxima marea registrada 1.8 metros (LAM, Hidronav).
- Altas pendientes que forman escarpes y acantilados rocosos. (véase Figura 2)
- La formación rocosa es de tipo ortogneis con inyecciones de granito rojo (Cobbing, 2000)
- La Fosa Marina Peruano Chilena, se encuentra a pocos kilómetros de la costa, el punto más cercano donde ya inicia el talud continental se encuentra a 02 Km de la costa.

## LA VIDA EN LOS ECOSISTEMAS LITORALES ROCOSOS DEL SUR DEL PERÚ

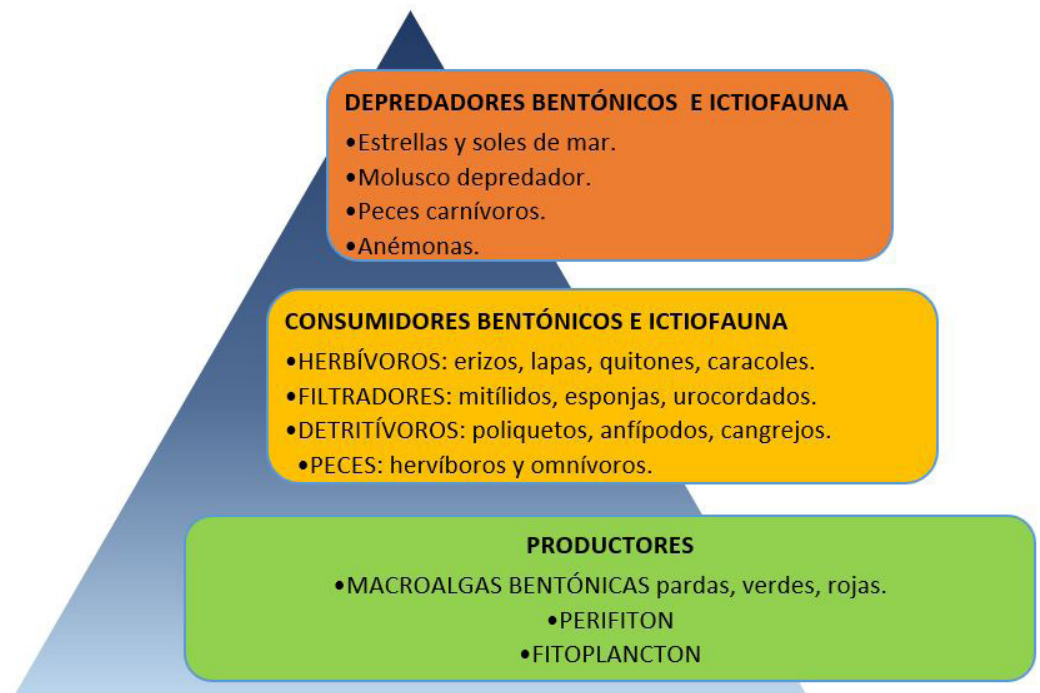
### LOS PRODUCTORES DE ALIMENTO EN LOS ECOSISTEMAS ROCOSOS INTERMAREALES Y SOMEROS

Los seres vivos productores en el caso de los ecosistemas marinos intermareales y submareales rocosos someros de la costa sur del Perú son **macroalgas** Pardas (Phaeophyta), Verdes (Chlorophyta) y Rojas (Rhodophyta), podemos distinguir dos tipos de macroalgas por el porte: las de porte herbáceo que forman praderas de pequeña extensión y las de mayor porte que forman densos cinturones intermareales y bosques submarinos de mayor área y que se extienden en algunas especies de *Lessonia* y *Macrocystis* hasta una profundidad aproximada de 18 metros, que es la zona eufótica en condiciones normales de turbidez e iluminación solar. Otra comunidad fotosintética muy importante desde el punto de vista ecológico es el **perifiton**, una comunidad de microalgas epilíticas que forman un tipo de película sobre rocas y piedras y que constituyen el primer alimento de las larvas que se asientan de organismos bentónicos y que permiten el reclutamiento y paso a la fase bentónica de numerosas especies de macroinvertebrados. El abundante **fitoplancton** es el alimento de una comunidad de organismos bentónicos filtradores, de larvas de peces y macroinvertebrados y del mismo zooplancton.

## LOS CONSUMIDORES Y SUS COMPLEJAS RELACIONES

Los animales que continúan en la red trófica que sostienen vienen a ser comunidades de fauna bentónica móviles: **herbívoros** como erizos de mar, lapas, quitones, caracoles; **detritívoros** como poliquetos, anfípodos, cangrejos; **depredadores** bentónicos como: soles de mar, varias especies de estrellas de mar, un molusco depredador *Concholepas concholepas*; completan la lista los **filtradores** sésiles que se alimentan del abundante plancton marino y que comparten y que muchas veces compiten por el sustrato rocoso: mitílidos, esponjas de mar, balánidos, urocordados y anémonas que son depredadores del zooplancton. A todas estas formas de vida bentónicas, hay que añadir la **ictiofauna**, habiendo formas pelágicas y demersales, con varias especies de peces de interés comercial y otras que no lo son; los peces por su hábito alimenticio son herbívoros, omnívoros y carnívoros o depredadores. Lo que se puede comprender mejor con la Figura 3.

**FIGURA 3.** Estructura Trófica y Diversidad Biológica de ecosistemas rocosos litorales del sur del Perú en condiciones normales de funcionamiento.



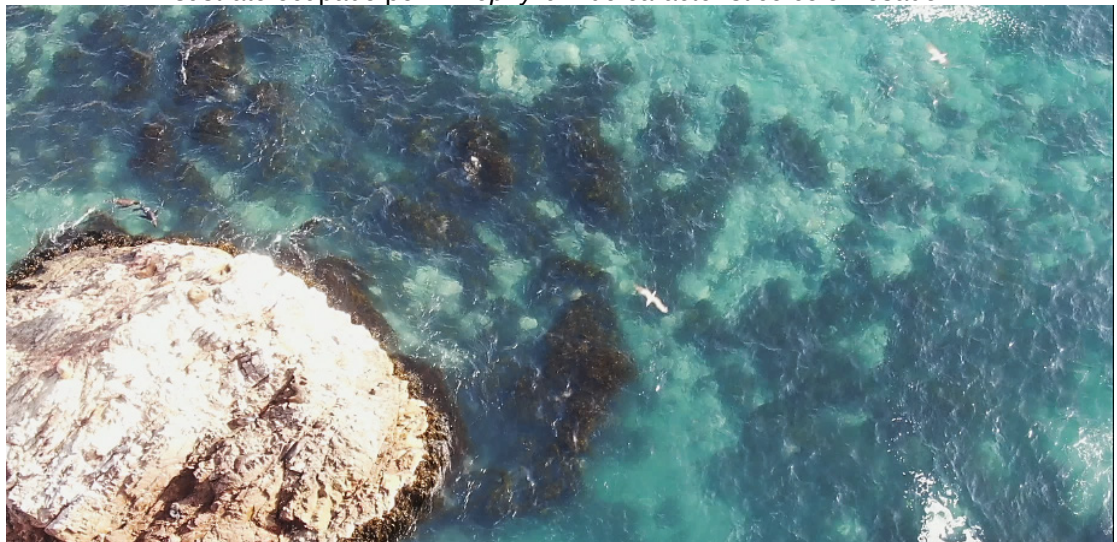
(Elaboración propia)

## EL FUNCIONAMIENTO ECOLÓGICO NORMAL DE ECOSISTEMAS ROCOSOS LITORALES Y SUBMAREALES EN EL SUR DEL PERÚ

Los **cinturones intermareales** de *Lessonia nigrescens* (Bory, 1826) (Phaeophyta, Laminariales) y los **bosques submareales** de *Lessonia trabeculata* (Villouta y Santelices, 1986) debido a su alta productividad primaria aportan alrededor del 90% de energía y alimento a los consumidores de primer orden de estos ecosistemas (Fig. 4.), tenemos observaciones de una producción primaria en los cinturones

intermareales de 24 Kg/m<sup>2</sup> /año. El resto de la energía consumible está dada por las macroalgas de porte herbáceo, éstas se presentan en mayor número de especies en la zona intermareal y sirven de alimento mayormente a los organismos juveniles de los organismos bentónicos y a los quitones (06 especies) que aun en su etapa adulta prefieren habitar las zonas intermareales rocosas, dos especies de erizos de mar forman agregaciones numerosas y con alta biomasa en la zona submareal somera (1 a 5 metros de profundidad), el “erizo rojo” *Loxechinus albus*, (Molina, 1782) de gran valor comercial por sus gónadas que tienen un sabor inconfundible y agradable para muchas personas y por lo tanto su extracción es alta por buzos que los recolectan usando buceo semiautónomo (Hook up) y muchas veces en apnea; sin embargo; el “erizo negro” *Tetrapigus niger* (Molina, 1782) (Echinoidea), de similar tamaño corporal y de abundancia poblacional, no es extraído por ser un recurso que no despierta interés comercial. Otras especies herbívoras presentes son los gasterópodos Lepetellidos llamados en el ámbito local “Lapas”, del género *Fisurella* (08 especies en total) éste género tiene un gran interés comercial por su apetecible sabor. Los caracoles negros, *Tegula* (Gastropoda, Trochida), también destacan por sus altos números, pero poca biomasa individual, son ramoneadores voraces de Perifiton cuando están en la etapa juvenil y de macroalgas de porte herbáceo en la etapa adulta, también pueden subir a las frondas de *Lessonia trabeculata* y ocasionar pérdida de alguna parte de las frondas, siempre y cuando la condición del oleaje les permita o si están en una zona profunda con menor turbulencia.

**FIGURA 4.** Aerofotografía de un ecosistema rocoso somero, se observa un cinturón intermareal de *Lessonia* (Islote) y en la zona submareal un bosque con baja densidad de *Lessonia* y sustrato ocupado por *Lithophyllum* de característico color rosado.



(Fuente: Propia)

Sobre estas especies herbívoras depredan varios **depredadores bentónicos**, los Asteroideos (estrellas de mar) destacan por tener 04 especies notorias y de gran voracidad siendo dos las especies más numerosas: “sol de mar” *Heliaster helianthus*, que alcanza un tamaño suficiente para depredar cualquier herbívoro bentónico antes

mencionado y a veces es carroñero (véase Fig. 7). la “estrella común” *Stichaster striatus*, prefiere las presas de menor tamaño como caracoles, lapas o tamaños juveniles de erizos y hasta posturas de huevos de otros macroinvertebrados (vea Fig. 6) ambas especies patrullan la zona intermareal y submareal; sin embargo, *Heliaster*, desciende a mayores profundidades. Además, existen dos especies de Asteroideos de gran tamaño, pero son especies raras (muy escasas), estas solo patrullan la zona submareal, hemos observado a *Luidia magellanica* depredando sobre juveniles de *Heliaster*, y otros organismos de un tamaño mayor como erizos adultos; la otra especie depredadora de gran tamaño es *Meyenaster gelatinosus*, (véase Figura 6) un gran asteroideo de seis brazos y es el superdepredador de la comunidad bentónica, solamente presente en aguas más profundas; la remoción de estas dos especies, puede tener un gran impacto en todo el ecosistema, y su presencia aunque escaza nos indica de la buena salud de los ecosistemas bentónicos.

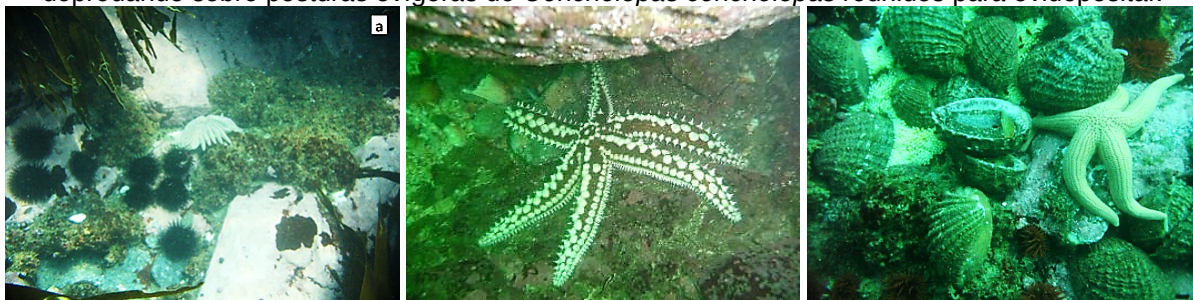
**FIGURA 5.** (Izquierda) ejemplares de *Lessonia nigrescens* rodeadas de sustrato ocupado por *Lithophyllum* en zona intermareal. (Derecha) efecto “refugio” de peces de *Lessonia trabeculata*.



(Fuente: Propia)

Otro organismo de importancia ecológica por ser hospedero de poliquetos, ofiuroides y algunos bivalvos y que siendo filtrador sésil produce alimento apetecido para varias especies de peces y algunos depredadores bentónicos si es que pueden acceder a las partes blandas, este organismo es el Urocordado *Pyura chilensis*, y desarrolla formaciones a manera de alfombras (vea Fig. 6) y puede competir por el sustrato con otras macroalgas, sin embargo, es un excelente bioingeniero, aunque sus extensiones espaciales tienen una cobertura mucho menor que las de los cinturones intermareales y bosques submareales de *Lessonia*.

**FIGURA 6.** (Izquierda) parches de *Pyura chilensis*, erizos negros y sol de mar. (Centro) el gran depredador bentónico *Meyenaster gelatinosus*. (Derecha) la estrella *Stichaster striatus*, depredando sobre posturas ovígeras de *Concholepas concholepas* reunidos para ovidepositar.



(Fuente: Propia)

La **Ictiofauna** que habita los ecosistemas rocosos submareales es abundante siempre y cuando existan bosques submareales de macroalgas pardas *Lessonia* y en ciertas zonas la presencia de bosques de *Macrocystis*, influyen de manera determinante en la presencia y abundancia de los peces, a quienes podemos clasificar por sus hábitos alimenticios en herbívoros, omnívoros y carnívoros. Se han logrado observar 26 especies de peces residentes; dentro de los peces carnívoros destaca una especie de pez con ciertas características únicas y su función ecológica, aunque fundamental, es poco conocida por la población humana y pescadores, es el “pejeperro”, “vieja colorada”, “mulata” *Semicossiphus darwini*, Jenyns, 1842 (Labridae, Perciformes) (véase Figura 7). Esta especie de pez tiene una mandíbula potente y dientes grandes que le permiten romper los caparzones de erizos de mar y de moluscos, y se constituye en el principal controlador de poblaciones de erizos, debido a su tamaño es un depredador voraz y hay reportes de haber encontrado en sus estómagos alrededor de 40 a 50 restos de erizos. La presencia de esta especie de pez, garantiza un buen funcionamiento del ecosistema, es decir, un equilibrio ecológico que permita una alta riqueza de especies, abundante productividad y el desarrollo de relaciones inter e intraespecíficas saludables y sostenibles.

El aprovechamiento de los recursos biológicos de estos ecosistemas se puede dar solo bajo un estricto sistema de respetar la capacidad de productividad y equilibrio ecológico, además, se requiere una educación y correcta comprensión por parte de los pescadores y poblaciones aledañas de estos magníficos ecosistemas, que por cierto son bastante susceptibles de alterar.

**FIGURA 7.** (Izquierda y centro), ejemplar macho adulto de “pejeperro” *Semicossiphus darwini* además de otros peces carnívoros residentes capturados por buceo (Fuente: Jonathan Vela, buzo local, Mollendo). (Derecha) “sol de mar” *Heliaster helianthus*, alimentándose del cadáver de un Blennido.



(Fuente: Propia)

## EL CAMINO RECORRIDO EN LOS ECOSISTEMAS LITORALES ROCOSOS

Se han realizado visitas de campo a la zona litoral del sur del Perú desde el año 2008 hasta el 2019, observaciones directas con buceo autónomo y en apnea si se trata de ecosistemas con mucha dinámica oceánica; en 15 lugares del litoral sur del Perú, distribuidos en las regiones de Arequipa, Moquegua y Tacna, desde la zona intermareal hasta los 18 metros de profundidad, en dos casos se hicieron inmersiones hasta los 40 metros. Se tomaron datos de columna de agua, geolocalización, video y fotografía submarina; los datos ecológicos de densidad, biomasa y riqueza de especies de la comunidad bentónica se anotaron *in situ*, y fueron sistematizados de manera digital. Las unidades de área para muestreo fueron de 1m<sup>2</sup> o por transectos de 10 x 2m, según la densidad de los organismos bentónicos encontrados en cada localidad de estudio. Los transectos fueron realizados siguiendo una ubicación paralela a la orilla y a la misma profundidad, los cuadrantes fueron puestos al azar y en algunos casos especiales, fueron dirigidos. Las entrevistas con pescadores locales, sobre todo con los de mayor edad, nos han permitido conocer la situación de muchos años atrás y poder compararla con la actual. En los últimos años, con el desarrollo de drones aéreos hemos logrado conocer la distribución de bosques submareales someros y el área ocupada por las algas calcáreas costrosas, así como poder monitorear el cambio de los cinturones intermareales de *Lessonia*.

## EL PROBLEMA: LO QUE NO VEMOS BAJO LAS AGUAS

En los lugares de estudio y al observar *in situ* las condiciones de cada uno de las locaciones de buceo que han sido estudiadas, nos embarga una gran preocupación, somos testigos de la alteración de ecosistemas biodiversos y productivos, con redes tróficas complejas e incluso con servicios ecosistémicos; observar el cambio gradual



hasta ecosistemas empobrecidos en el número de especies y en no pocos casos una disminuida o nula producción primaria y secundaria.

Detallar este cambio ha sido triste, no solo por la pérdida de biodiversidad y funcionamiento de los ecosistemas, sino, además, por ser algo que normalmente no está al alcance de la comprensión de la mayoría de personas, puesto que este proceso se desarrolla en silencio para las personas y fuera de la vista de los que no pueden ver bajo la superficie del mar.

**FIGURA 8.** Aerofotografía de una orilla rocosa en donde se está perdiendo el cinturón intermareal de *Lessonia*, y el bosque submareal comienza a ceder área a *Lithophyllum*.



(Fuente: Propia)

A continuación, presentamos las principales condiciones biológicas y ecológicas observadas en los lugares de estudio:

- Las poblaciones de “erizo negro” *Tetrapigus niger*, incrementaron su número y densidad poblacional de una manera desproporcionada a la productividad de su ecosistema; en 12 de 15 de los lugares de buceo se observaron agregaciones excesivamente numerosas de erizos negros, en la gran mayoría de estaciones de muestreo encontramos números tan elevados como de 52 individuos subadultos y adultos/m<sup>2</sup> (con una Desviación Estandar: + /-16 individuos) cuando presenta distribución agregada en condiciones de oleaje de moderada a fuerte intensidad. (vea Figura 9.)
- La biomasa fresca total del erizo negro en época reproductiva de invierno (julio - agosto) que corresponde a la densidad antes mencionada es de 7.8 Kg/m<sup>2</sup> (DS: 1.4 Kg/m<sup>2</sup>).
- Ésta enorme cantidad de erizos negros ha impactado de manera extraordinaria sobre los cinturones intermareales de *Lessonia nigrescens* “aracanto”, que es el principal bioingeniero y especie clave de la zona intermareal y sobre los bosques submareales de *Lessonia trabeculata* que se encuentran desde 01 metros hasta los 5 metros de profundidad; por debajo de esta profundidad, no se ha observado en ninguna de las estaciones la presencia del erizo negro, y los bosques submareales ubicados a mayores profundidades (hasta los 18 metros de profundidad) se desarrollan sin mayor inconveniente que ocasionales ramoneos masivos del caracol *Tegula sp.* que en muy pocos casos suelen ser dañinos.

**FIGURA 9.** (Izquierda) una solitaria planta de *Lessonia* rodeada de un ejército de erizos negros. (centro) agregaciones de erizos negros ocupando un sustrato rocoso cubierto totalmente de *Lithophyllum* (4.6 metros de profundidad). (Derecha) erizos negros y rojos



(Fuente: Propia)

- Se suma a este impacto una extracción inadecuada por extractores de algas, actividad incentivada por altos precios que tiene esta macroalga como materia prima para obtener alginatos para la industria cosmética y alimentaria. (véanse las Figuras 10 y 11.)
- Se están extrayendo grandes cantidades de soles de mar *Heliaster helianthus* “sol de mar” (Asteroidea) que es el depredador y regulador de las poblaciones de herbívoros, para uso comercial de fuente de calcio en la producción de leche en los poblados de la sierra del Perú y en menor medida para objetos decorativos. (véase Figura 11.)

**FIGURA 10.** Pequeños botes pesqueros cargados de *Lessonia* extraída en el litoral de Islay, Arequipa.



(Fuente: Propia)

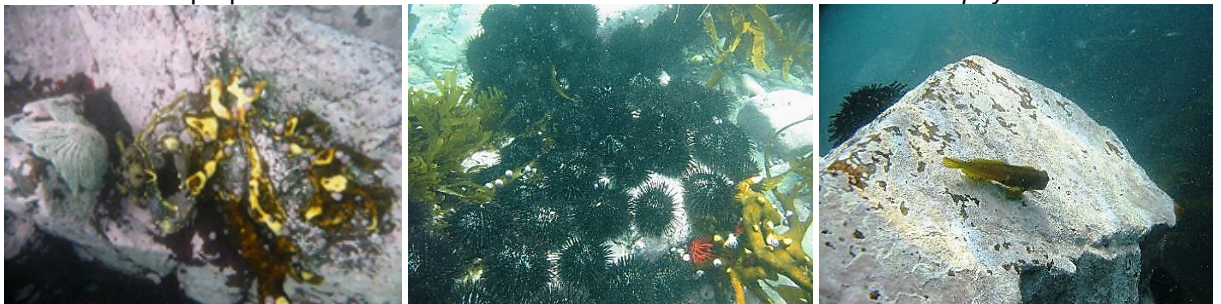
**FIGURA 11.** (Izquierda) plantas de *Lessonia* extraídas y puestas a secar. (Derecha) un gran número de soles de mar recolectados para su comercialización.



(Fuente: Propia)

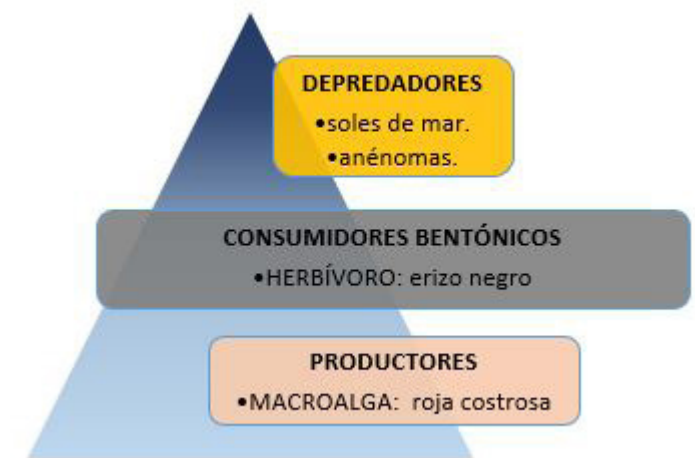
- Observamos que las macroalgas desprendidas por actividad humana dejan un espacio en el sustrato rocoso que rápidamente es ocupado por el alga costrosa calcárea *Lithophyllum* (Rhodopyta: Corallinaceae), que por ser un alga que no produce alimento a organismos de la comunidad biológica de estos ecosistemas, reduce notablemente su productividad y biodiversidad en términos de abundancia y riqueza de especies. (véase Fig. 12), hemos observado que esta alga costrosa calcárea se desarrolla desde la zona intermareal hasta los 30 metros de profundidad en sustratos rocosos de alta pendiente, y por debajo de esta profundidad ya no se observa su presencia, debido a la baja luminosidad solar.
- Hemos observado que el erizo negro ramonea a *Lessonia* principalmente en los rizoides y cauloides y en plántulas pequeñas con tanta intensidad que no dejan asentarse y en muchos casos no permiten el crecimiento de individuos adultos de *Lessonia*. En el caso del caracol *Tegula sp.* debido a su menor tamaño y peso logran subir hasta los filoides a alimentarse, siempre que el oleaje no sea fuerte como para desprenderlos.
- El principal competidor ecológico del erizo negro es el “erizo rojo” *Loxechinus albus*, (véase Figura 9) especie altamente explotada por su gran valor comercial y cuyas poblaciones se han reducido a un 8% en número y constituye otro factor más para la explosión poblacional del erizo negro, al no tener un competidor natural por alimento.

**FIGURA 12.** (Izquierda) rizoide de *Lessonia trabeculata* extraída por buzos y rodeada del alga costrosa. (centro) un denso grupo de erizos negros alimentándose de macroalgas. (Derecha) un pequeño Blennido descansando sobre una roca cubierta de *Lithophyllum*.



(Fuente: Propia)

**FIGURA 13.** Estructura Trófica y Diversidad Biológica de ecosistemas rocosos litorales impactados por una población dominante de erizos negros. Compárese con la Figura 3.



(Elaboración propia)

- En los pocos ecosistemas intermareales donde el cinturón de macroalgas que mantienen poblaciones saludables del bioingeniero *Lessonia*, hemos contabilizado 62 especies de macrofauna bentónica: 53 especies de invertebrados, 07 especies de macroalgas bentónicas de porte herbáceo, y 02 de pequeños peces Blennidos, siendo la única zona de reclutamiento de organismos bentónicos con importancia comercial, y aquellos que logran el asentamiento larval no encuentran alimento ni refugio necesario para su crecimiento, reduciendo significativamente la disponibilidad de recursos comerciales y una consiguiente presión por pesca sobre las ya escasas poblaciones remanentes y estrés económico a familias que dependen de estos recursos.

**FIGURA 14.** (Izquierda) *Ludia* depredando sobre un grupo de erizos negros a 3.5 metros de profundidad. (Centro) un abundante grupo de caracoles *Tegula*, ramonean sobre *Lessonia*. (Derecha) *Heliaster* en la zona intermareal depredando a caracoles *Tegula*.



(Fuente: Propia)

- La disminución de diversidad biológica en estos ecosistemas degradados ha descendido a solo 04 especies de macrofauna: la dominancia absoluta de *Tetrapigus niger*, ocasionales soles de mar y anémonas del género *Phymantea*, y pequeños ocasionales Blennidos “peces borrachitos”; la simplificación de la red trófica y productividad se puede ver en la Figura 13.
- La cobertura vegetal actual de *Lithophyllum*, se ha incrementado en la mayor parte de las locaciones (13 de 15 lugares estudiados) desde un 30 a 100% del área habitable por macroalgas, en las zonas intermareales y submareales someras. (vea Figura 9)
- Existe una población creciente del gasterópodo *Tegula atra* “caracol negro”, es un herbívoro y ramonea sobre los filoides de *Lessonia* incrementando el estrés sobre *Lessonia*. El depredador natural o “biocontrolador” de *Tegula* es el Echinoideo: *Stichaster striatus* “estrella de mar naranja” y en alguna menor medida *Heliaster helianthus*, especies que están siendo sistemáticamente reubicadas en ambientes marinos profundos por pescadores que equivocadamente, han pensado que de ésta manera pueden incrementar las poblaciones de mariscos que extraen en las zonas someras. (vea Figura 14)
- Hemos observado que estos enormes números de caracoles *Tegula* afectan significativamente la presencia y abundancia del Perifiton intermareal y los pequeños brotes de macroalgas bentónicas de porte herbáceo, disminuyendo notoriamente el alimento disponible para los demás herbívoros, en especial las etapas recién asentadas y juveniles.

- La drástica disminución del pez *Semicossiphus darwini*, (Labridae, Perciformes) “pejeperro”, “vieja”, “mulata” quien es el principal biocontrolador de erizos de mar a causa de la pesca, en modalidades de caza submarina deportiva y de comercialización, termina por desencadenar el proceso ecológico secuencial detallado en la Figura 15.

**FIGURA 15.** Flujo de eventos que ocurren en la degradación de ecosistemas rocosos litorales en el sur del Perú.



(Elaboración propia)

## RESTABLECIENDO EL EQUILIBRIO PERDIDO

A continuación, compartimos las estrategias de bioingeniería que hemos diseñado y estamos implementando para revertir el impacto (desequilibrio) ocasionado por la sobrepoblación de erizos negros y la ocupación de espacio vital por *Lithophyllum*. Esto lo estamos desarrollando en parcelas experimentales intermareales y submareales en la ensenada de Catarindo (Provincia de Islay, región Arequipa), proyectando tres líneas generales de trabajo:

1. Reducir la sobrepoblación de erizos negros, a través de extracciones de individuos de porte adulto, en las épocas previas a los desoves, que, en

invierno, se da en los meses de julio y agosto, y, en verano, en diciembre; se escogen dichas épocas con el fin de obtener la mayor biomasa aprovechable. En la actualidad, los erizos negros acumulan la mayor biomasa del ecosistema degradado, las gónadas serán extraídas, serán sometidas a un proceso de secado para obtener materia prima para piensos de peces, por el alto contenido proteico que presentan. Los exoesqueletos calcáreos serán procesados para aprovechar el carbonato de calcio de fuente biológica para suplemento alimenticio de aves de corral y ganado lechero, disminuyendo estrés sobre *Heliaster*. De esta manera se permite un aprovechamiento comercial del erizo negro que alivie la economía de extractores mientras se gana tiempo en la recuperación de los ecosistemas.

2. En zonas intermareales y submareales ya ocupadas completamente por *Lithophyllum*, estamos desarrollando el “descostramiento por martilleo” (retirar las costras del alga usando cinceles y combas) y bajo un diseño experimental, encontrar cual es el área mínima suficiente para lograr el asentamiento exitoso de *Lessonia* y otras macroalgas. Debido a que es un trabajo agotador, se está promoviendo la construcción de un martillo neumático submarino que permita realizar esta labor con gran eficiencia. Otra opción interesante es “cubrir” rocas ocupadas con *Lithophyllum*, promoviendo su remoción al no poder realizar la fotosíntesis, pues hemos observado lugares con sombra suficiente donde no logra crecer con éxito, la dificultad de éste método es la alta hidrodinámica y oleaje que se presenta en estos ambientes marinos.

3. Realizar un programa de educación ambiental a buzos y pescadores para evitar la extracción de los biocontroladores como los “pejeperros”, estrellas y soles de mar; además, de compartir las maneras adecuadas de extraer macroalgas con el menor impacto posible en el valioso sustrato.

En la actualidad contamos con una alianza estratégica con una asociación de pescadores y extractores de mariscos con quienes venimos planificando un piloto a mayor escala que la experimental.

Una vez encontrada la mejor forma de aprovechar este exceso poblacional del recurso erizo negro y la ganancia de sustrato rocoso apto para el asentamiento algal, se hará la extensión de la metodología a las instituciones y gremios de pescadores para revertir este proceso ecológico de degradación.

## UNA HIPOTESIS EN ESPERA

Creemos que un evento ENSO de extraordinaria magnitud (El Niño Oscilación del Sur), como los ocurridos en los años 82-83 y 97-98, pueden significar un impacto tan grande en los ecosistemas marinos litorales y someros que equivaldría a un nuevo comienzo de la comunidad biológica, un “reseteo ecológico”, al principio, con las colonizaciones naturales y luego las sucesiones ecológicas, sin poblaciones

fuera de control, con un funcionamiento y equilibrio saludables; sin embargo, luego de un tiempo, podrían presentarse las condiciones para dar lugar a un proceso de degradación ecológica como el descrito en esta oportunidad, sin embargo, ésta vez, tendríamos las herramientas para evitar o disminuir el impacto de un problema que afecta a nuestros hermosos y complejos ecosistemas marinos y a muchas familias que dependemos de ellos, para que finalmente ambos subsistamos.



**Los autores:** Dr. Graciano Del Carpio Tejada (Der.) y Blgo. Marco Ríos Morales (Izq.)

Contacto: [gdelcarpiote@unsa.gob.pe](mailto:gdelcarpiote@unsa.gob.pe)

[biomarcorm@gmail.com](mailto:biomarcorm@gmail.com)

## REFERENCIAS

Cobbing, J., 2000. The Geology and Mapping of Granite Batholiths, Springer – Verlag. Berlin Heidelberg, Germany, pag 117

Smith, R. y Smith, T. 2008. Ecología. 6ta edición. Editorial Addison – Wesley.

[www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)

[www.dhn.mil.pe](http://www.dhn.mil.pe) (HIDRONAV)

[www.imarpe.gob.pe](http://www.imarpe.gob.pe)

[www.produce.gob.pe](http://www.produce.gob.pe)

[www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)

[www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)

[www.marinespecies.org](http://www.marinespecies.org)

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**MARIA DO SOCORRO SARAIVA PINHEIRO.** Possui graduação em Farmácia e Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Maranhão, mestrado e doutorado em Ciências Biológicas, área de concentração em Zoologia pela Universidade Estadual Paulista – UNESP, e pós doutorado em Medicina Social, Center for Health Technology and Services Research (CINTESIS) da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, Portugal, com Acesso a Saúde de Pescadores Artesanais. Atualmente é professora do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão. Possui experiência na área de Ecologia e Oceanografia Biológica, Ciências da Saúde e Saúde Pública.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

*Acanthogorgia* 39, 40  
*Acesta* 40  
*Acipenser persicus* 102, 109  
Alcalase 99, 101, 102, 103, 104, 106  
*Apomatus* 40  
Ariidae 61, 64, 65, 67, 69  
Atlántico sur occidental 19

### B

Balanço sedimentar 1, 3, 6, 9, 11  
Bentos del sublitoral 30  
Biodiversidad 30, 32, 42, 44, 45, 54, 56  
Bioseguridad 91  
Bivalves 74, 75, 76, 80, 81, 96, 98

### C

Carangidae 61, 64, 65, 68, 69, 70  
*Chaetopterus* 37  
CONVEMAR 14, 15, 16, 17, 25, 27  
COPLA 16, 22, 24, 25, 26, 27, 28  
*Cosmasteria* 37, 40  
*Crepipatella* 37  
Criptogénico 80  
*Crypstosporodinium spp* 91

### D

*Desmophyllum* 37, 40  
Diversidade 71, 74, 75, 76, 77, 79

### E

*E. anchoita* 99, 101, 102, 103, 104, 106, 107  
*Engraulis ringens* 47  
EPTAs 88, 93, 95  
Erosão 1, 2, 4, 6, 9, 11, 12  
Erosão costeira 2, 11, 12  
*Errina* 37, 40, 42

## F

Fauna bentónica 30, 43, 49  
Fiordos 29, 30, 31, 33, 42, 43, 44  
*Fisurella* 50  
Formula de Gardiner 24  
Formula de Hedberg 24  
Frequency of occurrence 61, 62, 63, 66, 67, 71

## G

*Gastrointestinales* 92  
*G. duodenalis* 90, 92  
Geoprocessamento 1, 2, 3, 4, 11, 12  
Gerenciamento costeiro 2, 3, 4, 11, 12, 13  
*Giardia* spp 87, 88, 90, 91, 92, 93, 95  
GIS 2  
GOM-Player Plus 35  
Gonads 63, 68  
Google Earth PRO 1, 3, 5, 11

## H

Haemulidae 61, 65, 67, 68, 69  
*Heliaster* 50, 51, 53, 55, 57, 59

## I

Ichthyofauna 61

## J

Jurisdição 15

## L

*Latrunculia* 40  
Lepetellidos 50  
*Lessonia* 45, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59  
Linha de costa 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13  
*Lithopyllum* sp. 45  
*Loxechinus* 37, 50, 56  
*Luidia* 51

## M

*Macrocystis* 37, 48, 52  
Mangrove 61, 62, 63, 64, 66, 67, 69, 70, 71, 72

Maricultura 89  
*Merluccius hubbsi* 99  
Mexilhões 74, 76, 77, 78, 79, 80, 82  
*Meyenaster* 51, 52  
Mitilídeos 74, 75, 76, 80  
Moluscos 52, 75, 77, 79, 80, 81, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94  
*Mundia* 39  
*Mytella* 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 83, 84, 85  
*Mytilus edulis platensis* 77, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 95

## N

Neutrase 99, 101, 103, 106

## O

*Ovalipes* 40

## P

Paramolgula 40  
Patagonia chilena 30, 31, 32, 42, 43  
Patógeno-hospedador 94  
*Pleoticus muelleri* 99, 108, 109  
Proteasas 100, 102, 106  
*Pyura* 51, 52

## Q

QGis 5, 6, 11

## R

Recurso renovável 74, 75  
RNK 30, 31, 32, 33, 37, 40, 42, 43

## S

Sciaenidae 61, 62, 65, 67, 68, 69, 70, 71  
*Scopalina* 39, 40  
*Selaroides leptolepis* 104, 109  
Sensoriamento remoto 1, 2, 4, 11, 12, 13  
Sex ratio 61, 70, 71

## T

Técnica de IFD 91  
*Tegula* 50, 54, 56, 57

Teleost 62, 64  
Território 1, 2, 15  
*Tetrapigus niger* 45, 50, 54, 57  
*Thouarella* 37

## V

Vectores 94

## Z

ZEE 20, 21, 25  
Zoonosis 87, 93, 94



**EDITORIA  
ARTEMIS  
2020**