

Caracterización biológica de los organismos incrustantes en sistemas de cultivo suspendido de *Argopecten purpuratus* en bahía Samanco (Ancash, Perú)

Biological characterization of the biofouling in suspended culture systems of *Argopecten purpuratus* in Samanco Bay (Ancash, Peru)

Liliana Tapia-Ugaz ^{1*}, Oscar Nizama ¹, Caren Arteaga ¹, Juan Chunga ¹, Gerardo Chipana ¹,
Marianella Refulio ¹

- Recibido: 04/Ene/2021
- Aceptado: 27/Sep/2021
- Publicación en línea: 07/Oct/2021

Citación: Tapia-Ugaz L, Nizama O, Arteaga C, Chunga J, Chipana G, Refulio M. 2022. Caracterización biológica de los organismos incrustantes en sistemas de cultivo suspendido de *Argopecten purpuratus* en bahía Samanco (Ancash, Perú). *Caldasia* 44(3):567-582. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v44n3.91786>

ABSTRACT

Biofouling is a by-product associated to the culture of the mollusk *Argopecten purpuratus*, that impacts the coastal marine environment due to its inadequate disposition. This work aims to characterize the distribution of biofouling during the years 2017 to 2019 and its functional organization, information that will allow improving the crop and to develop a management system environmentally responsible. The samples were taken from suspended culture systems of the bivalve mollusk *A. purpuratus* in the Samanco Bay (Ancash, Peru). Physicochemical parameters such as temperature, dissolved oxygen, pH, and salinity, were measured monthly. The qualitative and quantitative analyses consisted of determining the species richness and abundance by recording their weight. A total of 80 taxa were recorded, 66 of these were identified to the species level. A total of 41 % of the organisms are encrusting, and include the phyla Chlorophyta, Rhodophyta, Porifera, Cnidaria, Brachiochopoda, Bryozoa, Arthropoda, Mollusca, and Chordata; of this 73 % are filter feeders. The remaining 59 % have some type of mobility, most are predators and include Polychaeta, Malacostraca, and Gastropoda. In addition, nine introduced species were registered: *Ciona robusta*, *Ciona intestinalis*, *Bugula neritina*, *Bugulina stolonifera*, *Botrylloides violaceus*, *Caprella equilibra*, *Caprella scaura*, *Jassa slatteryi*, and *Scruparia ambigua*. The species *C. robusta*, *Semimytilus algosus*, *B. neritina*, and *Tubularia* sp. are present throughout the year and represent 80 % of the biomass that makes up the community of fouling organisms. These results help to understand this complex diversity associated to the crop.

Keywords: Biofouling, ecosystem engineering, epibionts, introduced species.

¹ Departamento de Hidrobiología y Pesquería, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Calle Germán Amézaga 375, Lima, Perú.

* Autor para correspondencia. ltapiau@unmsm.edu.pe



RESUMEN

Los organismos incrustantes son un subproducto generado del cultivo del molusco *Argopecten purpuratus*, que impactan el medio marino costero por su inadecuada disposición. Este trabajo tiene como objetivo estudiar la distribución de los organismos incrustantes durante los años 2017 a 2019 y su organización funcional, información que permitirá mejorar el cultivo y desarrollar un manejo ambientalmente responsable. Las muestras fueron tomadas de sistemas de cultivo suspendido del molusco bivalvo *A. purpuratus* en bahía Samanco (Ancash, Perú). Se registraron mensualmente parámetros fisicoquímicos como temperatura, oxígeno disuelto, pH y salinidad. El análisis cualitativo y cuantitativo consistió en la determinación de la riqueza de especies y la abundancia mediante el registro del peso. Se encontraron 80 taxones, de los cuales 66 se identificaron a especie. El 41 % son organismos incrustantes, conformado por los phyla Chlorophyta, Rhodophyta, Porifera, Cnidaria, Brachiochopoda, Bryozoa, Arthropoda, Mollusca y Chordata; de estos el 73 % son filtradores. El 59 % restante presenta algún tipo de movilidad, la mayoría son depredadores y está conformado principalmente por Polychaeta, Malacostraca y Gastropoda. Así mismo, se registran nueve especies introducidas: *Ciona robusta*, *Ciona intestinalis*, *Bugula neritina*, *Bugulina stolonifera*, *Botrylloides violaceus*, *Caprella equilibra*, *Caprella scaura*, *Jassa slatteryi* y *Scruparia ambigua*. Las especies *C. robusta*, *Semimytilus algosus*, *B. neritina* y *Tubularia* sp. se encuentran presentes durante todo el año y representan el 80 % de la biomasa que conforma la comunidad de organismos incrustantes. Estos resultados ayudan a comprender esta compleja diversidad asociada al cultivo.

Palabras clave: Epibiontes, especies introducidas, ingeniera de ecosistemas, organismos incrustantes.

INTRODUCCIÓN

El molusco bivalvo *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) se registra en la costa del Pacífico tropical desde Paita Perú, hasta Valparaíso Chile, pero existen citas que lo sitúan en Corinto Nicaragua (Peña 2001). Comercialmente se cultiva en Perú y Chile; su cultivo en el Perú se realiza en la Isla Lobos de Tierra, las bahías de Sechura, Samanco, Independencia y Paracas, destacando entre ellas la bahía de Samanco en Ancash.

El cultivo de *A. purpuratus* transforma los recursos acuáticos en productos con un valor económico y social, pero en este proceso produce desechos que impactan en el medio marino. Se cultiva en fondo, en corrales o suspendida en líneas de 100m de longitud a profundidades no mayores de seis metros; empleando como sistemas de cultivo bolsas colectoras, redes perleras y linternas. Siendo a estas profundidades las aguas más productivas, lo que permite mayor disponibilidad de alimento para *A. purpuratus* y al mismo tiempo que se adhieran organismos del bentos marino, llamados organismos incrustantes (“biofouling”

en inglés) que incrementan hasta seis veces el peso de un sistema de cultivo (Loayza 2011).

El cultivo de *A. purpuratus* en el Perú se realiza de acuerdo a un proceso estándar, consistente en tres etapas: abastecimiento de semilla, siembra en mar y cosecha. Durante estos procesos se realizan desdobles y cambios de sistemas de cultivo para disminuir la densidad de cultivo. Tanto, en el periodo de desdoble como de cosecha, los sistemas de cultivo presentan abundantes organismos incrustantes, llegando acumularse hasta 120 kg de ellos en tres meses de inmersión. Lo que genera residuos sólidos orgánicos, que son dispuestos tanto en mar, como en tierra.

La inadecuada disposición de los organismos que se desprenden de los sistemas en la embarcación y catamarán repercute en la productividad del cultivo y en el ecosistema, cerca del 20 % de los organismos incrustantes es arrojado al mar. Al acumularse en el fondo genera un incremento de materia orgánica y disminución de los niveles de oxígeno, registrando valores de 1mg/L a un metro del fondo en el área de concesión (Tapia 2016). Además de competir por alimento y oxígeno con los organismos en cultivo (Loayza 2018).

Los sistemas de cultivo se trasladan a tierra para ser lavados a presión y así desprender los organismos adheridos, los que son acumulados y transportados al relleno sanitario municipal, generando fuerte olor, reproducción de moscas y roedores. Una empresa de cultivo genera al año alrededor de 10 toneladas de organismos incrustantes, y considerando que en la bahía existen actualmente once empresas estaríamos hablando de 110 toneladas anuales, lo que puede variar en función de los niveles de producción (Tapia 2016).

Los estudios realizados a la fecha sobre organismos incrustantes están dirigidos a evitar su asentamiento y controlarlos. Entre ellos destacan las investigaciones sobre compuestos orgánicos en biopelículas, con el fin de impedir su fijación sobre los sistemas de cultivo (Shevalkar *et al.* 2020). De igual forma se están probando diversas pinturas, que impidan el asentamiento de los organismos incrustantes, usados principalmente en los cascos de embarcaciones (Armstrong *et al.* 2000). Ambos elevan los costos de producción y su efectividad está en función al área geográfica y en el caso de las pinturas, su composición ocasiona alteraciones morfológicas y fisiológicas en los caracoles y crustáceos expuestos al mismo (Almeida *et al.* 2018). Como medidas de control biológico se han empleado depredadores de las principales especies que conforman los organismos incrustantes, entre los que destacan los caracoles (Portillo 2011), cangrejos (Hidu *et al.* 1981) y erizos (Useche *et al.* 2011), con el problema que elevan los costos de producción, compiten por espacio y alimento con los organismos en cultivo y en otros casos se los comen. La remoción mecánica es el otro método empleado y el más utilizado, de menor impacto para los organismos en cultivo, pero con el problema de que genera residuos orgánicos que impactan el medio marino (Loayza 2011). En cuanto a estudios que buscan aprovechar estos organismos, se registra el de Tapia (2016) quien mediante la técnica de compostaje transformó los organismos incrustantes en abono orgánico de alta calidad.

Los organismos incrustantes comparten funciones ecológicas, formando grupos de especies que tienen un papel semejante en el funcionamiento del ecosistema o respuestas similares a factores ambientales, llamados grupos funcionales (Martín-López *et al.* 2008). Cada grupo normalmente tiene características óptimas de desarrollo en común, por ejemplo, luz, espacio, alimento o realizan tareas similares, como refugio o producción de oxígeno. El estudio de esas características es importante porque permite evaluar

los ensamblajes de los organismos incrustantes, su caracterización y estabilidad (Rodríguez-Barrios *et al.* 2011).

El objetivo de esta investigación es determinar las especies que conforman los organismos incrustantes, su variación estacional y el rol que cumplen esas especies dentro de esta comunidad; información que en el futuro permitirá mitigar su impacto en el medio marino costero y mejorar la eficiencia del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

Con base en las conocidas diferencias de preferencias de hábitat de los organismos incrustantes se escogió como zona de muestreo la bahía de Samanco (Shevalkar *et al.* 2020). Un espacio semi-cerrado en donde se concentran las principales empresas de cultivo suspendido de *A. purpuratus*, con profundidades entre 10 y 20m, con sedimento limo arenoso y materia orgánica entre 2 a 7 %. Los sistemas de cultivo se instalan entre los tres a seis metros de profundidad, alejados de la zona intermareal. La bahía se ubica entre los 09°10' y 09°17' Sur y de 78°28' a 78°34' Oeste, comprendiendo un área de aproximadamente 6900 ha, abarcando el área de

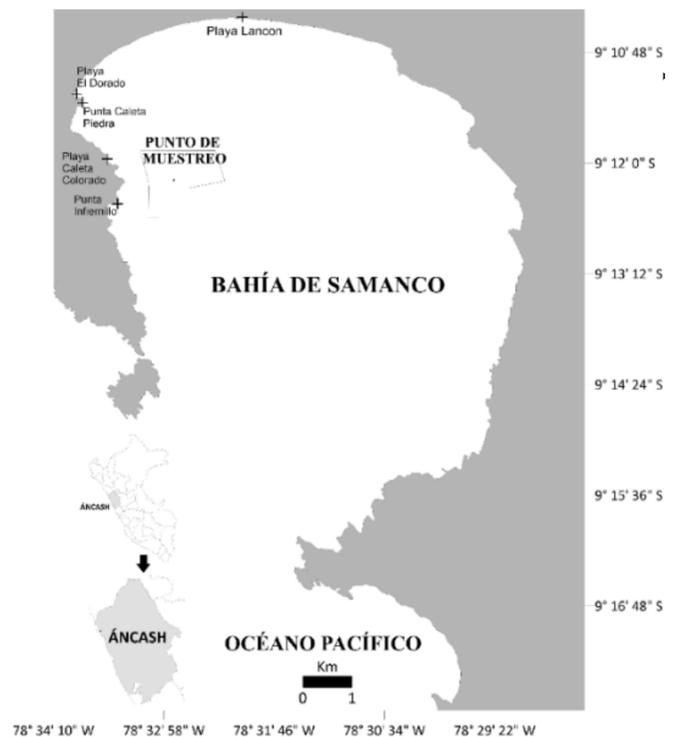


Figura 1. Localización del sitio de muestreo en la provincia del Santa, distrito de Samanco, bahía de Samanco, Ancash - Perú.

concesiones para cultivo 3458 ha. Las muestras provienen de una concesión de cultivo, ubicada en las coordenadas geográficas 9°12' Sur y 78°32' Oeste (Fig. 1).

Muestreo de organismos incrustantes

Los muestreos se realizaron durante 24 meses, desde julio 2017 hasta junio 2019. El muestreo se realizó mensualmente, entre el día 25 y 30 de cada mes, en función a las condiciones del mar como oleajes y marea. Durante el muestreo se registraron a nivel superficial (1m), parámetros fisicoquímicos como temperatura, oxígeno disuelto, potencial de hidrogeno y salinidad, empleando un multiparámetro YSI ®.

Las muestras corresponden a los organismos incrustantes adheridos a las linternas, sistema de cultivo empleado en la etapa de engorde de *A. purpuratus*. Para determinar el tamaño de la muestra, se realizó el muestreo de una linterna de cultivo para determinar si la riqueza de especies varía por piso (Canning-Clode *et al.* 2014). De cada piso de una linterna de 10 pisos se sacó una muestra con un cuadrante de 10 x10cm, con tres repeticiones. En promedio se obtuvieron cinco especies por piso, predominando en todas las muestras especies de los géneros *Bugula*, *Ciona*, *Semimytilus* y *Tubularia*, no existiendo diferencias significativas ($P < 0,05$). Con base en este estudio, se obtuvo mensualmente una muestra de organismos incrustantes que se colocó en baldes de 4 lt de capacidad, lo que equivale a 4 kg ± 0,05 kg peso húmedo. De ésta se obtuvo una submuestra de 1± 0,005 kg peso húmedo para el análisis cualitativo a la cual se le agregó solución cristales de mentol para relajar a los organismos, evitando se

contraigan algunas estructuras anatómicas de relevancia taxonómica que faciliten la identificación, los 3kg restantes se emplearon para el análisis cuantitativo del número de individuos y su biomasa. Ambas muestras se fijaron con formol al 4 %. Posteriormente los organismos fueron trasladados al Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en la ciudad de Lima, (Perú), para su análisis.

El análisis cualitativo consistió en la identificación de las especies, previo lavado y tamizado de cada muestra con un tamiz de 300 micras, separando los organismos grandes de los pequeños, ambas muestras se colocaron en frascos con etanol al 70 %. Posteriormente fueron separadas en viales, para su identificación al nivel taxonómico más bajo posible, empleando un estereoscopio y microscopio digital LEICA, creándose una matriz de datos para los análisis estadísticos correspondientes. La identificación en clases, órdenes, familias y especies se realizó de acuerdo con Coan (1997), Guerra-García y Thiel (2001), Guerra-García *et al.* (2006), Chapman (2007), Paredes y Cardozo (2007), Lorry y Myers (2009), Prieto (2010), Moscoso (2013) y Paredes *et al.* (2016). Para comprobar la validez del nombre y la vigencia de la clasificación de cada especie se recurrió a la base de datos World Register of Marine Species (WoRMS Editorial Board 2021). Los ejemplares de los comprobantes se depositaron en la colección científica del Laboratorio de Biología y Sistemática de Invertebrados Marinos (LabSIM) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).

Tabla 1. Rasgos de grupos funcionales propuestos por Canning-Clode *et al.* (2014) para las especies que conforman los organismos incrustantes (biofouling). Adaptado de Wahl (2009).

Tamaño del cuerpo	Forma de crecimiento	Tipo trófico	Modularidad	Movilidad	Longevidad	Dispersión	Tasa de crecimiento
S (<1 mm)	T (tupido o frondoso)	A (autótrofo)	C (colonial)	A (adjunto)	S (corto < 1mes)	L (local 10 ¹ m)	F (rápido; >x2/ mes)
M (1 a <10 mm)	I (Incrustante)	D (detritívoro o sedimento)	U (Unitarios)	E (excavador)	M (medio 1 mes a 1 año)	M (medio 10 ² m)	M (medio; x2/ mes)
L (10 a <100 mm)	F (Filamentoso)	H (herbívoros)		A (arrastrando)	L (largo > 1 año)	L (regional 10 ³ m)	S (lento; <x2/mes)
X (100-1000 mm)	M (Masivo o enorme)	P (depredador)		D (deriva)			
XX (>1000 mm)		F (Filtrador)		N (nada)			

Para el análisis cuantitativo se registró el peso húmedo por especie en una balanza analítica de sensibilidad 0,001g, en el caso de los organismos coloniales se registró el peso total. La riqueza específica y abundancia fueron obtenidas mediante el conteo total de las especies identificadas. Con estos datos se determinó la composición porcentual de los organismos incrustantes en función a la especie y biomasa.

La organización funcional de la comunidad de organismos incrustantes se estudió con base en los grupos funcionales, utilizando el método descrito por Canning-Clode *et al.* (2014). El que se define como la forma en que los organismos utilizan y compiten por cualquier tipo de recursos. El mismo autor señala que esta aproximación es recomendada en el estudio de los organismos incrustantes para determinar su caracterización y estabilidad. Se evaluaron con base en cuatro rasgos: tamaño corporal, forma de crecimiento, tipo trófico y modularidad, de los ocho que propone el autor. Él cual señala que estos cuatro rasgos proporcionan información suficiente y relevante para caracterizar los grupos funcionales en la comunidad de organismos incrustantes, debido a que son exhibidos en la etapa adulta (Tabla 1). Así tenemos que la capacidad de reproducción asexual expresa la modularidad, tamaño del cuerpo y forma de crecimiento, determinan el espacio físico que ocupa un organismo dado. El rasgo trófico expresa los recursos energéticos que explotan los organismos dentro de este espacio físico.

Las pruebas estadísticas se realizaron con el software R versión 4.0.5 (R Core Team 2021). Es así que se aplicó la correlación Pearson entre los parámetros ambientales, la abundancia, riqueza, y los índices de Shannon-Wiener y equidad de Pielou. Para determinar si existen diferencias temporales en la composición de los organismos incrustantes se empleó el análisis de similitud (ANOSIM) con base en una matriz del índice de Bray-Curtis (Clarke 1993). En el análisis se debe entender por grupos al periodo de estudio, que es anual, mensual y estacional (verano, otoño, invierno y primavera), debido a que cada taxón tiene diferente periodo de reproducción y fijación, influenciado principalmente por la temperatura, y las diferencias están referidas a la estructura de biomasa relativas. Estos análisis fueron complementados con el análisis SIMPER (Porcentaje de Similitud) el cual permite explorar cuáles especies de la estructura interna de los grupos generan el patrón observado de diferencia o no diferencia (Rivero *et al.* 2005). La comunidad de organismos incrustantes en

conjunto con las variables ambientales, fueron analizadas mediante un Análisis de Correlación Canónica (CCA) (Hammer *et al.* 2001), para determinar si hay correlación entre los parámetros fisicoquímicos registrados y la abundancia. Se tomó como nivel de confianza un 95 %, para todos los análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fisicoquímica del agua

La salinidad osciló entre 34,8 a 36 ups, el oxígeno disuelto entre 4,2 a 6,3 mg/L y el potencial de hidrógeno superficial entre 7,4 a 7,9 unidades. La temperatura durante el año 2017 (julio a diciembre) osciló entre 15,8 y 17,7°C y en el 2019 (enero a junio) entre 17,8 y 24,1°C. En el mismo periodo de muestreo el Instituto del Mar del Perú - IMARPE reportó dos eventos: la Niña débil a finales del año 2017 y primer trimestre del 2018 con temperaturas entre 17°C a 18°C y el Niño costero débil, a partir de noviembre de 2018 hasta febrero de 2019, con temperaturas entre 20°C y 25°C (IMARPE 2021).

Caracterización de organismos incrustantes

En total en los 24 meses de muestreo se registraron 80 especies (Tabla 2), de las cuales 66 fueron identificadas a especie, siendo más abundante del Phylum Annelida. Se registraron doce phyla: Annelida con 19 especies (24 %), Arthropoda con 17 especies (21 %) y Mollusca con quince especies (19 %), seguido de Chordata con seis especies (8 %), Echinodermata y Cnidaria con cinco especies cada una (6 %), Bryozoa con cuatro especies (5 %), Porífera con tres especies (3 %), Chlorophyta y Platyhelminthes con dos especies cada una (3 %), Rhodophyta, y Brachiopoda con una especie cada una (1 %). El número de especies es mayor que lo hallado en estudios previos en esta localidad; Pacheco y Garate (2005) quienes en octubre de 1998 en condiciones de evento el Niño registraron quince especies, Loayza y Tresierra (2014) en el 2009 reportan 40 especies y Loayza (2018) reporta 53 especies en el 2014. De igual forma Ayala (2016) en bahía Sechura se registraron 26 especies en el 2013 y Mendo *et al.* (2016) 38 especies en bahía Independencia, ambos estudios corresponden a los organismos incrustantes de bolsas colectoras a diferencia de este estudio que muestreó en linternas.

Las especies más abundantes y que se registran en todos los meses muestreados son *Ciona robusta* (Hoshino & Tokioka, 1967), *Semymitilus algosus* (Gould, 1850) y *Bugula*

Tabla 2. Lista de especies registradas como parte de los organismos incrustantes (biofouling) en la bahía de Samanco (Ancash, Perú) entre los años 2017 y 2019. En la última columna se encuentra la abreviatura de cada especie empleada para el Análisis de Correspondencia Canónica. nd = no determinado.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	ABREVIATURA	
Chlorophyta	Ulvophyceae	Ulvales	Ulvaceae	<i>Ulva lactuca</i> (Linnaeus)	Ul	
				<i>Ulva papenfussii</i> (Pham-Hoang Hô)	Up	
Rhodophyta	Florideophyceae	Rhodymeniales	Rhodymeniaceae	<i>Rhodymenia howeana</i> (E.Y.Dawson)	Rh	
Porifera	Demospongiae	nd1	nd1	nd1	nd1	
		nd2	nd2	nd2	nd2	
		nd3	nd3	nd3	nd3	
Cnidaria	Hydrozoa	Anthoathecata	Tubulariidae	<i>Ectopleura crocea</i> (Agassiz, 1862)	Ec	
				<i>Tubularia</i> sp	Tu	
	Anthozoa	Actinaria	Sagartiidae	<i>Anthothoe chilensis</i> (Lesson, 1830)	Ac	
			Actinostolidae	<i>Glandulactis spetsbergensis</i> (Carlgren, 1893)	Gs	
		Actiniidae	<i>Phymanthea pluvia</i> (Drayton in Dana, 1846)	Pp		
Brachiopoda	Lingulata	Lingulida	Discinidae	<i>Discinisca lamellosa</i> (Broderip, 1833)	DI	
Bryozoa	Gymnomaemata	Cheilostomata	Bugulidae	<i>Bugula neritina</i> (Linnaeus, 1758)	Bn	
				<i>Bugulina stolonifera</i> (Ryland, 1960)	Bs	
			Crisularia	<i>Crisularia cucullifera</i> (Osburn, 1912)	Cc	
			Scrupariidae	<i>Scruparia ambigua</i> (d'Orbigny, 1841)	Sa	
Platyhelminthes	Rhabditophora	Polycladida	Notoplanidae	<i>Notoplana queruca</i> (Marcus & Marcus, 1968)	Nq	
		Tricladida	Planariidae	<i>Planaria</i> sp	Pl	
Annelida	Polychaeta	Capitellida	Capitellidae	<i>Mediomastus branchiferus</i> (Hartmann-Schröder, 1962)	Mb	
			Eunicida	Dorvilleidae	<i>Schistomeringos</i> sp	Sch
				Lumbrineridae	<i>Lumbrineris</i> sp	Lu
		Nereididae		<i>Nereis callaona</i> (Grube, 1857)	Nc	
				<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	As	
				<i>Platynereis bicanaliculata</i> (Baird, 1863)	Pb	
				<i>Perinereis</i> sp	Pe	
				<i>Eusyllis liniata</i> (Hartmann-Schröder, 1962)	El	
		Phyllodocida	Syllidae	<i>Proceraea micropedata</i> (Hartmann-Schröder, 1962)	Pm	
			Glyceridae	<i>Glycera americana</i> (Leidy, 1855)	Ga	
				<i>Halosydna johnsoni</i> (Darboux, 1899)	Hj	
Polynoidae	<i>Halosydna brevisetosa</i> (Kinberg, 1856)		Hb			
		<i>Lepidonotus</i> sp	Le			
	Hesionidae	<i>Oxydromus furcatus</i> (Hartmann-Schröder, 1962)	Of			
	Phyllodocidae	<i>Eteone</i> sp	Et			

(Continúa)

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	ABREVIATURA			
Arthropoda		Sabellida	Serpulidae	<i>Spirobranchus triqueter</i> (Linnaeus, 1758)	St			
				<i>Hydroides</i> sp	Hy			
		Terebellida	Flabelligeridae	<i>Pherusa</i> sp	Ph			
		Spionida	Spionidae	<i>Polydora</i> sp	Po			
	Hexanauplia	Sessilia	Balanidae	<i>Megabalanus coccopoma</i> (Darwin, 1854)	Mc			
				<i>Notomegabalanus concinnus</i> (Darwin, 1854)	Nc			
				<i>Austromegabalanus psittacus</i> (Molina, 1788)	Ap			
				<i>Balanus laevis</i> (Bruguière, 1789)	Bl			
				<i>Caprella verrucosa</i> (Boeck, 1871)	Cv			
				<i>Caprella scaura</i> (Templeton, 1836)	Cs			
			Caprellidae	<i>Paracaprella</i> sp	Pa			
			<i>Caprella equilibra</i> (Say, 1818)	Ce				
			Amphipoda	<i>Caprella californica</i> (Stimpson, 1856)	Cc			
			Malacostraca		Ischyroceridae	<i>Erichthonius brasiliensis</i> (Dana, 1853)	Eb	
					<i>Jassa slatteryi</i> (Conlan, 1990)	Js		
					Podoceridae	<i>Podocerus</i> sp	Pd	
	Stenothoidae	<i>Stenothoe valida</i> (Dana, 1852)			Sv			
	Pilumnoididae	<i>Pilumnoides perlatus</i> (Poeppig, 1836)			Pip			
	Decapoda	Grapsidae			<i>Planes minutus</i> (Linnaeus, 1758)	Pim		
	Mollusca		Adapedonta	Hiatellidae	<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus, 1767)	Ha		
Arcida				Arcidae	<i>Barbatia gradata</i> (Broderip & G. B. Sowerby I, 1829)	Bg		
Galeommatida			Lasaeidae	<i>Kellia suborbicularis</i> (Montagu, 1803)	Ks			
Bivalvia			Mytilida	Mytilidae	<i>Semimytilus algosus</i> (Gould, 1850)	Sa		
		<i>Leiosolenus peruvianus</i> (d'Orbigny, 1846)			Lp			
Pectinida		Pectinidae	<i>Argopecten purpuratus</i> (Lamarck, 1819)	Ap				
Pterioida		Pteriidae	<i>Pteria sterna</i> (Gould, 1851)	Ps				
Venerida			Veneridae	<i>Petricola alsoni</i> (F. R. Bernard, 1983)	Pal			
				<i>Crucibulum spinosum</i> (G. B. Sowerby I, 1824)	Csp			
				Littorinimorpha	Calyptraeidae	<i>Crucibulum scutellatum</i> (Wood, 1828)	Csc	
				<i>Crepidatella peruviana</i> (Lamarck, 1822)	Cp			
				Gastropoda	Lottiidae	Lottiini (Tribu)	<i>Scurria viridula</i> (Lamarck, 1819)	Sv
						Collumbellidae	<i>Alia unifasciata</i> (G. B. Sowerby I, 1832)	Au
Neogastropoda			Muricidae	<i>Stramonita haemastoma</i> (Linnaeus, 1767)	Sh			
	<i>Stramonita biserialis</i> (Blainville, 1832)			Sb				

(Continúa)

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	ABREVIATURA
Echinodermata	Echinoidea	Arbacioida	Arbaciidae	<i>Arbacia spatuligera</i> (Valenciennes, 1846)	As
		Camarodonta	Echinometridae	<i>Caenocentrotus gibbosus</i> (L. Agassiz in L. Agassiz & Desor, 1846)	Cg
	Holothuroidea	Dendrochirotida	Cucumariidae	<i>Pseudocnus dubiosus dubiosus</i> (Semper, 1868)	Pdd
			Sclerodactylidae	<i>Neothyone panamensis</i> (Ludwig, 1886)	Np
	Ophiuroidea	Amphilepidida	Ophiactidae	<i>Ophiactis kroeyeri</i> (Lütken, 1856)	Ok
Chordata	Ascidiacea	Phlebobranchia	Cionidae	<i>Ciona intestinalis</i> (Linnaeus, 1767)	Ci
				<i>Ciona robusta</i> (Hoshino & Tokioka, 1967)	Cr
				<i>Botrylloides perspicuus</i> (Herdman, 1886)	Bp
		Stolidobranchia	Styelidae	<i>Botrylloides giganteus</i> (Pérès, 1949)	Bg
				<i>Botrylloides violaceus</i> (Oka, 1927)	Bv
Aplousobranchia	Polyclinidae	nd	nda4		

neritina (Linnaeus, 1758), coincidiendo con lo reportado por Loayza (2018). Sin embargo, es importante señalar que Pacheco y Garate (2005), Loayza y Tresierra (2014) y Loayza (2018), hacen referencia a la presencia de *Ciona intestinalis* (Linnaeus, 1767) y no de *C. robusta*, esto podría deberse a problemas con la identificación de las especies, ya que en el presente trabajo se han identificado ambas especies (Tabla 2). Por otro lado, la especie *C. robusta* mantiene una abundancia relativa por encima del 30 % y llegando hasta el 70 %. En cambio, *S. algosus* presenta una abundancia que fluctúa entre 15 y 48 % y en el caso de *B. neritina*, presenta variaciones entre 10 y 50 %. Siendo la riqueza de especies mayor en los periodos fríos y la biomasa mayor en los periodos cálidos.

Las ascidias *C. robusta* y *C. intestinalis*, son especies introducidas (Bouchemousse et al. 2016) que presentan mayor abundancia debido a su alta variabilidad genética que les permite adaptarse a diferentes hábitats (Liu et al. 2006) y responder de manera diferente a condiciones ambientales variables como los ambientes cálidos y fríos (Caputi 2019). La especie *C. robusta* se registró durante todo el año, incrementando su biomasa en el periodo cálido, a diferencia de *C. intestinalis* que solo se registra en el periodo frío. Estas ascidias son notables por competir por espacio y alimento con las especies filtradoras *S. algosus*, *B. neritina* y *Botrylloides perspicuus* (Herdman, 1886), lo que no afectaría la riqueza de especies debido al ensamble *Ciona - Tubularia* que permite que otros organismos se adhieran a las estructuras de cultivo. Al respecto Robinson

et al. (2017) en un experimento realizado en Sudáfrica a lo largo de dos años y a dos profundidades, refieren que la presencia de *C. robusta* no afecta la riqueza de especies o la composición de la comunidad, ellos recomiendan evaluar el impacto que genera cada especie en función a su densidad y zona de cultivo.

Es importante destacar que las ascidias *B. perspicuus*, *Botrylloides giganteus* (Pérès, 1949) y *Botrylloides violaceus* (Oka, 1927) (Tabla 2), han incrementado su abundancia en los últimos años en los sistemas de cultivo y no habían sido reportadas en estudios anteriores. Si bien su presencia cuantitativa es pequeña, el área que ocupan en la malla de la linterna restringe la circulación del agua y alimento para los organismos en cultivo. Este grupo de organismos tiene un crecimiento bastante acelerado durante los periodos cálidos (Bastida 1971), llegando a cubrir en algunos casos a otros organismos adheridos al sustrato, incluso al mismo organismo en cultivo. En el estudio la especie que registra la mayor biomasa durante todo el año es *B. perspicuus*, las otras dos especies se han registrado en menor proporción en las estaciones cálidas (verano – primavera).

Respecto al briozoo *B. neritina*, es una especie colonial introducida que forma arbustos flexibles que no toleran aguas cálidas (Burgess 2012), que ve disminuida su biomasa en verano con un promedio de 76,77g en comparación a invierno con 234,27g. La abundancia de esta especie también se puede deber a que las colonias más grandes presentes en las linternas pueden reproducirse antes del asentamiento de las

larvas que se encuentran en el ambiente natural (Marshall et al. 2003). Por otro lado, al colonizar primero las linternas, *B. neritina* no monopoliza el espacio (Vieira et al. 2018), dando la posibilidad de que otras especies se establezcan, lo que permite comunidades más diversas a lo largo del tiempo. Está asociada a especies como *Bugula stolonifera* (Ryland, 1968), *Caprella verrucosa* (Boeck, 1871), *Barbatia gradata* (Broderip & G.B. Sowerby I., 1829), *Hiatella arctica* (1763) y poliquetos. Además, provee refugio a especies de la familia Caprellidae, debido a su estructura arborescente.

En el caso de *S. algosus*, es una especie nativa que se encuentra distribuida en toda la costa peruana y puede sobrevivir a eventos el Niño (Diaz y Orlieb 1993), registrando la mayor biomasa en periodos fríos (invierno – otoño). Zeeman et al. (2018), refieren que la capacidad competitiva de *S. algosus* está fuertemente relacionada con su posibilidad de sobrevivir sumergida. Por otra parte, el principal aporte de estos organismos es a la estructura de la comunidad de organismos incrustantes (Schmidt et al. 1992), creando un ambiente adecuado para otras especies. Esta especie genera redes de galerías que retienen sedimentos, detritus y posiblemente regulan el flujo del agua, cumpliendo un rol importante en las interacciones biológicas, como la depredación o competencia, por lo que un aumento de biomasa de *S. algosus* genera un aumento de diversidad de invertebrados principalmente moluscos, siendo considerada como una especie ingeniera de ecosistemas (Cerdeira y Castilla 2001). Loayza (2018) refiere que una especie ingeniera de ecosistemas tiene la capacidad de estructurar físicamente el medio en el cual vive en forma directa o indirecta, mediante la producción de estructuras biogénicas, que influyen en la disponibilidad de uno o más recursos utilizados por otros organismos, y por tanto en la estructura comunitaria, sin que ello implique alguna relación inter específica entre los organismos.

En el caso del hidrozoo *Tubularia* sp. esta especie es considerada pionera en el proceso de colonización de las superficies sumergidas (Zintzen et al. 2008) y favorece el asentamiento de otras especies sésiles y móviles (Caine 1987), como es el caso de los tunicados *C. robusta* y *C. intestinalis*. También genera condiciones para la ocupación de moluscos como *Alia unifasciata* (G.B. Sowerby I, 1832) y *H. arctica*, crustáceos como *Erichthonius brasiliensis* (Dana, 1853), caprellidos y poliquetos. Además, durante el estudio se ha registrado un mayor número de moluscos en el ensamblaje Ciona - *Tubularia* principalmente *S. algosus*.

Entre los moluscos, los bivalvos que se adhieren con biso como *S. algosus*, *Leiosolenus peruvianus* (d'Orbigny, 1846) y *Pteria sterna* (Gould, 1851), son importantes dentro de la comunidad de organismos incrustantes, porque sirven de refugio y soporte a otros. Sin embargo, existen otras especies como *Petricola alssoni* (F. R. Bernard, 1983) y *H. arctica*, que por las perforaciones o excavaciones que hacen sobre distintos sustratos incluido la superficie de otros organismos, ocasionan un biodeterioro en la comunidad de organismos incrustantes (Pérez y Stupak 1996). También se ha registrado la presencia de post larvas y juveniles de *A. purpuratus* asentados en *Tubularia* sp. durante todo el año excepto los meses de verano. Muchas de estas post larvas presentaban las valvas vacías o rotas y con orificios. Esto se podría deber a la presencia de los crustáceos decápodos *Pilumnoides perlatus* (Poeppig, 1836) y *Microphrys aculeatus* (Bell, 1833) y los caracoles *Stramonita haemastoma* (Linnaeus, 1767) y *Stramonita biserialis* (Blainville, 1832), considerados como depredadores de pectínidos (Ciocco y Orensanz 2001) registrados en el estudio.

En los artrópodos, destacan los Balanidae el único grupo sésil de crustáceos y los anfípodos Caprellidae e Ischyroceridae. Dentro del grupo Balanidae, tenemos a *Balanus laevis* (Bruguière, 1789), especie que presenta patrones de fijación estacionales, con altos picos de reclutamiento entre los meses de julio a setiembre con 387 y 214 organismos en el año 2017 y 2018. La especie *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1788), actúa como formador de hábitat al proporcionar sustrato para el desarrollo de otras especies, siendo considerada especie ingeniera de ecosistemas (Manríquez et al. 2014).

Entre los artrópodos también están incluidos los cangrejos *Pachycheles perlatus* y *Pachycheles grossimanus* (Guérin, 1835) que, si bien son vágiles, juegan un rol importante en las relaciones tróficas de la comunidad incrustante, al ser depredadores de moluscos. De igual manera se ha registrado la especie *Planes minutus* (Linnaeus, 1758) un cangrejo pelágico, reportado también por Pacheco y Garte (2005) como parte de los organismos incrustantes, que usualmente suele asentarse en ballenas, tortugas, algas que flotan en superficie, maderas y cascos de embarcación (Michael et al. 2004). Esta especie encontró en los sistemas de cultivo un hábitat adecuado para desarrollarse, se considera que tiene una función de limpieza, alimentándose de otros epibiontes como cipridos y anfípodos parásitos durante las horas del día y por la noche es probable que

se alimente de animales neustónicos como los eufásidos (Davenport 1994).

En este estudio se han registrado once especies invasoras o introducidas: *C. robusta*, *C. intestinalis*, *B. neritina*, *B. stolonifera*, *B. violaceus*, *Caprella equilibra* (Say, 1818), *Caprella scaura* (Templeton, 1836), *Caprella californica* (Stimpson, 1856), *Paracaprella* sp, *Jassa slatteryi* (Conlan, 1990) y *Scruparia ambigua* (d'Orbigny, 1841) (Tabla 2). Sobre el tema, Molnar et al. (2008), señalan que la temperatura sería el factor que permite el incremento de la mayoría de los tunicados y briozoos invasores. Las observaciones realizadas durante el muestreo señalan que la presencia de especies invasoras en la comunidad de organismos incrustantes podría deberse al intenso tráfico de botes en bahía Samanco, que trasladan personal de una bahía a otra (Minchin 2007). Dentro de este grupo, se destaca la familia Caprellidae con cinco especies, estos organismos son consumidores de diatomeas, detritus, pequeños crustáceos y microalgas, por lo que Woods (2009) lo considera reciclador de biomasa. Así mismo, desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas como recurso energético en diferentes niveles tróficos pues sirven de alimento de crustáceos decápodos, cefalópodos y peces (Alarcón-Ortega et al. 2017). Estos caprellidos establecen asociaciones de protección, comensalismo, mutualismo y ectoparasitismo con la comunidad de organismos incrustantes (Guerra-García y Thiel 2001). En el presente estudio los caprellidos se encontraron asociados con *B. neritina*, *Tubularia* sp y *S. algosus*. Es importante destacar que la distribución de los caprellidos está influenciada por el evento el Niño y la Niña, tal como lo señalan Alarcón-Ortega et al. (2017), habiendo sido registrado en el presente trabajo mayor número de organismos durante el evento la Niña 2017.

Grupos funcionales

La evaluación de los grupos funcionales permitió determinar el rol de las especies en la comunidad de organismos incrustantes y sus funciones ecológicas, que definen la forma en que utilizan y compiten por alimento y espacio. Se han registrado un total de trece grupos funcionales (Tabla 3), de los cuales cinco representan el 80 % de los organismos registrados: movimiento, depredador, unitario (LTPU) con 21 especies, incrustante, filtrador, unitario (LIFU) y movimiento, depredador, unitario (MTPU) con trece especies cada uno, movimiento, filtrador, colonial (LIFC) con once especies y movimiento, detritívoro, unitario (LTDU) con seis especies.

El grupo más abundante (LTPU), está conformado por dos especies de la clase Rhabditophora (Platyhelminthes) y 19 de la clase Polychaeta (Annelida) (Tabla 3). Tokeshi y Romero (1995) señalan que los anélidos favorecen el incremento de la diversidad de los organismos incrustantes al permitir el asentamiento de otras especies, es además el que presenta el mayor número de especies (Tabla 2). Dentro del Phylum Annelida se han registrado un grupo de especies que construyen tubos arenosos o calcáreos, que sirven de sustrato para el asentamiento de otros organismos, destacando entre ellos *Polydora* sp, que por medio de la secreción de mucus y ayudada por sus palpos, captura los granos de arena para construir tubos sinuosos y ramificados, favoreciendo el asentamiento de individuos de su misma especie u otras (Pérez y Stupak 1996). De igual manera, *Hydroides* sp y *Spirobranchus triqueter* (Linnaeus, 1758), son gusanos que secretan largos tubos calcáreos macizos sinuosos en línea recta sobre el sustrato o en forma perpendicular que permite el asentamiento de otros epibiontes. Otro grupo de especies utiliza el sustrato en forma ocasional buscando alimento, refugio o soporte, tenemos a las especies pertenecientes a las familias Syllidae: *Eusyllis liniata* (Hartmann-Schröder, 1962) y *Proceraea micropedata* (Hartmann-Schröder, 1962), Polynoidae: *Halosydna johnsoni* (Darboux, 1899) y *Halosydna brevisetosa* (Kinberg, 1856) y Capitellidae: *Mediomastus branchiferus* (Hartmann-Schröder, 1962) (Pérez y Stupak 1996).

Por otro lado, atendiendo a su forma de nutrición se han registrado cinco grupos: autótrofo, filtrador, herbívoro, detritívoro y depredador (Tabla 3). Predominaron los organismos depredadores (48 %) y los filtradores (35 %). Destacando como depredadores a *Tubularia* sp, *P. perlatus*, *C. equilibra*, *C. verrucosa* y *C. scaura* y como filtradores a *C. robusta*, *S. algosus*, *B. neritina*, *P. alssoni* y *B. perspicuus*.

De igual manera, los resultados muestran (Tabla 3) que el 41 % de los organismos registrados son incrustantes, conformado por algas, poríferos, cnidarios, brachiópodos, briozoos, balanos, bivalvos y ascidias, de estos el 73 % son filtradores. El 59 % restante presenta algún tipo de movimiento; la mayoría son depredadores y está conformado principalmente por poliquetos, malacostracos y gasterópodos. Solo el 16 % corresponde a coloniales e incrustantes.

Considerando las características que determinan el espacio físico que ocupa una especie dentro de la comunidad, los parámetros ambientales, tamaño, modularidad y

Tabla 3. Rasgos de grupos funcionales (GF) propuestos por Canning-Clode et al. (2014) para las especies que conforman los organismos incrustantes de la bahía de Samanco, Perú. Se distinguen dos grupos principales, los organismos depredadores no incrustantes y los organismos filtradores incrustantes. Adaptado de Wahl (2009).

Clase	Especie	Tamaño del cuerpo	Forma de crecimiento	Tipo trófico	Modularidad	GF
Ulvophyceae	<i>Ulva lactuca</i>	100-1000 mm (X)	Incrustante (I)	Autótrofo (A)	Unitario (U)	XIAU
	<i>Ulva papenfussii</i>	100-1000 mm (X)	Incrustante (I)	Autótrofo (A)	Unitario (U)	XIAU
Florideophyceae	<i>Rhodymenia howeana</i>	100-1000 mm (X)	Incrustante (I)	Autótrofo (A)	Unitario (U)	XIAU
Demospongiae	nd1	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Colonial (C)	LIFC
	nd2	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Colonial (C)	LIFC
Calcarea	nd3	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Colonial (C)	LIFC
Hydrozoa	<i>Ectopleura crocea</i>	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Depredador (P)	Colonial (C)	LIPC
	<i>Tubularia</i> sp	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Depredador (P)	Colonial (C)	LIPC
Anthozoa	<i>Anthothoe chilensis</i>	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Depredador (P)	Unitario (U)	LIPU
	<i>Glandulactis spetsbergensis</i>	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Depredador (P)	Unitario (U)	LIPU
	<i>Phymanthea pluvia</i>	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Depredador (P)	Unitario (U)	LIPU
Lingulata	<i>Discinisca lamellosa</i>	1 a <10 mm (M)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Unitario (U)	MISU
Gymnomaemata	<i>Bugula neritina</i>	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Colonial (C)	LIFC
	<i>Bugulina stolonifera</i>	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Colonial (C)	LIFC
	<i>Crisularia cucullifera</i>	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Colonial (C)	LIFC
	<i>Scruparia ambigua</i>	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Colonial (C)	LIFC
Rhabditophora	<i>Notoplana queruca</i>	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Planaria</i> sp	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
Polychaeta	<i>Mediomastus branchiferus</i>	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Schistomeringos</i> sp	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Lumbrineris</i> sp	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Nereis callaona</i>	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Alitta succinea</i>	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Platynereis bicanaliculata</i>	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Perinereis</i> sp	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Eusyllis liniata</i>	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Proceraea micropedata</i>	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Glycera americana</i>	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Halosydna johnsoni</i>	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Halosydna brevisetosa</i>	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Lepidonotus</i> sp	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Oxydromus furcatus</i>	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Eteone</i> sp	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	<i>Spirobranchus triqueter</i>	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
<i>Hydroides</i> sp	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU	
<i>Pherusa</i> sp	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Detritívoro (D)	Unitario (U)	LTDU	
<i>Polydora</i> sp	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Detritívoro (D)	Unitario (U)	LTDU	
Hexanauplia	<i>Megabalanus coccopoma</i>	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LIFU
	<i>Notomegabalanus concinnus</i>	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LIFU
	<i>Austromegabalanus psittacus</i>	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LIFU

(Continúa)

Clase	Especie	Tamaño del cuerpo	Forma de crecimiento	Tipo trófico	Modularidad	GF
Malacostraca	Balanus laevis	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LIFU
	Caprella verrucosa	1 a <10 mm (M)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	MTPU
	Caprella scaura	1 a <10 mm (M)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	MTPU
	Caprella penantis	1 a <10 mm (M)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	MTPU
	Caprella equilibra	1 a <10 mm (M)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	MTPU
	Caprella californica	1 a <10 mm (M)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	MTPU
	Erichthonius brasiliensis	1 a <10 mm (M)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	MTPU
	Jassa slattery	1 a <10 mm (M)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	MTPU
	Podocerus sp	1 a <10 mm (M)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	MTPU
	Stenothoe valida	1 a <10 mm (M)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	MTPU
	Pilumnoides perlatius	1 a <10 mm (M)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	MTPU
	Planes minutus	1 a <10 mm (M)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	MTPU
	Pachycheles grossimanus	1 a <10 mm (M)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	MTPU
	Microphrys aculeatus	1 a <10 mm (M)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	MTPU
Bivalvia	Hiatella arctica	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LIFU
	Barbatia gradata	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LIFU
	Kellia suborbicularis	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LIFU
	Semimytilus algosus	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LIFU
	Leiosolenus peruvianus	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LIFU
	Pteria sterna	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LIFU
	Petricola alsoni	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LIFU
	Argopecten purpuratus	10 a <100 mm (L)	Masivo (M)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LMFU
Gastropoda	Crucibulum spinosum	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Herbívoro (H)	Unitario (U)	LTHU
	Scurria viridula	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Herbívoro (H)	Unitario (U)	LTHU
	Crucibulum scutellatum	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LTFU
	Crepipatella peruviana	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LTFU
	Stramonita haemastoma	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	Stramonita biserialis	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Depredador (P)	Unitario (U)	LTPU
	Alia unifasciata	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Detritívoro (D)	Unitario (U)	LTDU
Echinoidea	Arbacia spatuligera	100-1000 mm (X)	Masivo (M)	Herbívoro (H)	Unitario (U)	XMHU
	Caenocentrotus gibbosus	100-1000 mm (X)	Masivo (M)	Herbívoro (H)	Unitario (U)	XMHU
Holothuroidea	Pseudocnus dubiosus dubiosus	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Detritívoro (D)	Unitario (U)	LTDU
	Neothyone panamensis	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Detritívoro (D)	Unitario (U)	LTDU
Ophiuroidea	Ophiactis kroeyeri	10 a <100 mm (L)	Tupido (T)	Detritívoro (D)	Unitario (U)	LTDU
Ascidiacea	Ciona intestinalis	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LIFU
	Ciona robusta	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Unitario (U)	LIFU
	Botrylloides perspicuos	10 a <100 mm (L)	Incrustante(I)	Filtrador (F)	Colonial (C)	LIFC
	Botrylloides giganteus	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Colonial (C)	LIFC
	Botrylloides violaceus	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Colonial (C)	LIFC
	Nd	10 a <100 mm (L)	Incrustante (I)	Filtrador (F)	Colonial (C)	LIFC

forma de crecimiento, los organismos incrustantes son los que ocupan un mayor espacio y sirven de refugio y alimento a los organismos depredadores y no incrustantes, como es el caso de aquellos de los géneros *Ciona*, *Semimytilus*, *Tubularia* y *Bugula* que sirven de refugio y alimento a los anfípodos y poliquetos. Presentan la mayor biomasa (96 %) y el menor número de especies (28), lo que mantiene en equilibrio la comunidad de organismos presentes en los sistemas de cultivo. Esto debido a que los organismos incrustantes sirven de alimento a los no incrustantes y a la fauna acompañante conformada principalmente por peces. No obstante, podría ser un problema para la especie en cultivo, *A. purpuratus* que es filtradora, lo que generaría una competencia por alimento.

Análisis multivariado

Se evidenció relación negativa entre la abundancia y la temperatura. Aunque dicha relación fue significativa solo en el caso de las especies *H. arctica* ($R=-0,7, P < 0,05$), *A. psittacus* ($R=-0,7, P < 0,05$), *B. stolonifera* ($R=-0,7, P < 0,05$), *C. scaura* ($R=-0,7, P < 0,05$), *C. verrucosa* ($R=-0,6, P < 0,05$), *B. laevis* ($R=-0,6, P < 0,05$) y *C. equilibra* ($R=-0,6, P < 0,05$). En contraste, *P. alssoni* presentó una correlación positiva con la temperatura ($R=0,6, P < 0,05$). Los índices de diversidad, riqueza, Shannon y Pielou muestran una relación inversa débil respecto a la temperatura ($R=-0,4, P < 0,5$).

El análisis de similitud (ANOSIM) mostró diferencias significativas entre el periodo frío (otoño - invierno) del 2017 y cálido (verano - primavera) del 2018 ($R= 0,8, P = 0,04$). El Análisis de Similitud Porcentual (SIMPER) encontró que las especies que más contribuyeron a la diferenciación por periodos fríos son *S. algosus* con 18,3 % y *B. neritina* con 14,9 % y en los cálidos *C. robusta* (Hoshino & Tokioka, 1967) con 18 %, y *Tubularia* sp con 11,4 %. Coincidiendo con El-Komi et al. (1998) y Encomendero et al. (2006), quienes señalan que la diversidad biológica y biomasa de los organismos incrustantes aumenta del periodo frío a la estación cálida.

En este mismo contexto, Lord (2016) señala que las comunidades de incrustaciones epibentónicas se ven afectadas por cambios en la temperatura que afectan el crecimiento, reclutamiento y competencia, principalmente entre especies nativas e invasoras. Esto explicaría la presencia de *L. peruvianus* y *H. arctica* (Tabla 2), especies de aguas relativamente frías, registradas en Arequipa y Lima (Paredes et al. 2016). Caso contrario, el de las especies *P. sterna* y *B.*

gradata (Tabla 2), de aguas templadas a cálidas, registrada en Pimentel y Paita (Lodeiros et al. 2018). La presencia de estos bivalvos en la zona de estudio, por debajo del límite sur y norte de su distribución, es atribuible al efecto producido por las corrientes cálidas asociadas al evento el Niño y corrientes frías asociadas al evento la Niña, coincidiendo con Pacheco y Garate (2005) quienes atribuyeron la presencia de esas especies a los eventos el Niño de 1997 y 1998.

El Análisis de Correspondencia Canónica entre las especies muestreadas y los parámetros ambientales (Fig. 2), muestra que los balanos y los tricládidos están relacionados con altos valores de salinidad y los gusanos eunícidos y los anfípodos a altos valores de oxígeno.

En conclusión, los organismos incrustantes presentan el menor número de especies, ocupan un mayor espacio, y sirven de refugio y alimento a los organismos depredadores y no incrustantes. Siendo las especies *C. robusta*, *S. algosus*, *B. neritina* y *Tubularia* sp. las que se encuentran presentes durante todo el año y representan el 80 % del total de organismos que conforman la comunidad de organismos incrustantes. Dada la gran biomasa que ellos generan, es necesario hacer estudios específicos para lograr un mejor manejo o aprovechamiento.

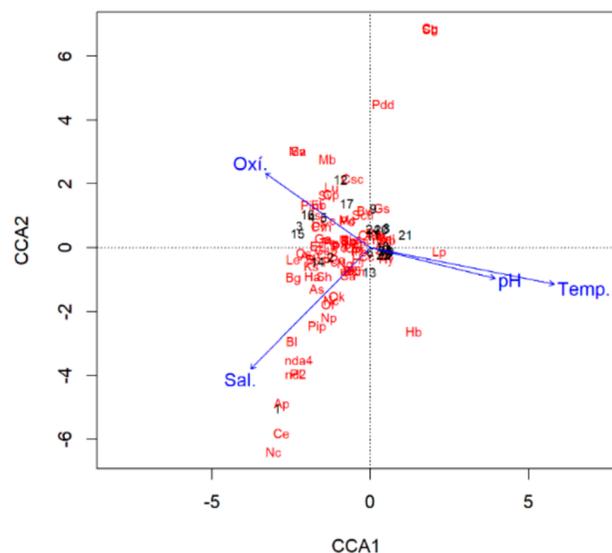


Figura 2. Análisis de Correspondencia Canónica entre los parámetros fisicoquímicos y las especies de organismos incrustantes presentes en la bahía de Samanco en los años 2017, 2018 y 2019. Temperatura (Temp.), potencial de hidrogeno (pH), Oxígeno disuelto (Oxi.) y Salinidad (Sal.). Las abreviaturas de cada especie se encuentran explicados en la tabla 2.

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

LT concibió y diseñó el estudio; LT, ON, GC y JC realizaron el muestreo en campo; LT, CQ, JC, MR y GC realizó el análisis taxonómico; LT contribuyó a la adquisición de datos y la interpretación; LT escribió el manuscrito.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la empresa Empresa Intercold SAC por las facilidades otorgadas para la toma de muestras. El presente trabajo fue subsidiado por el Vicerrectorado de Investigación y Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, RR N°04274-R-18 con código B17100471.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto.

LITERATURA CITADA

- Alarcón-Ortega LC, Cupul-Magaña AL, Rodríguez-Troncoso AP, Cupul-Magaña FG. 2017. Diversidad y distribución de los caprellidos (Crustacea: Amphipoda: Caprellidae) en la región del Pacífico oriental tropical: revisión documental. *Hidrobiológica* 27(2):229-239. doi: <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dchs/hidro/2017v27n2/Cupul>
- Almeida JR, Moreira J, Pereira D, Pereira S, Antunes J, Palmeira A, Vasconcelos V, Pinto M, Correia-da-Silva M, Cidade H. 2018. Potential of synthetic chalcone derivatives to prevent marine biofouling. *Sci. Total Environ.* 643:98-106. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.169>
- Armstrong E, Kenneth GB, Burgess JG. 2000. Prevention of marine biofouling using natural compounds from marine organisms. *Biotechnol Annu Rev.* 6:221-241. doi: [https://doi.org/10.1016/S1387-2656\(00\)06024-5](https://doi.org/10.1016/S1387-2656(00)06024-5)
- Ayala K. 2016. Efecto del biofouling en el crecimiento y supervivencia de postlarvas de *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) fijadas en colectores artificiales en Bahía Sechura [Tesis]. [Perú]: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Bastida R. 1971. Las incrustaciones biológicas del puerto de Mar del Plata, período 1966/67. *Rev. Mus. Arg. Cs. Nat "B. Rivadavia"*, *Hidrobiology* 3(2):203-285.
- Bouchemousse S, Bishop JDD, Viard F. 2016. Contrasting global genetic patterns in two biologically similar, widespread and invasive *Ciona* species (Tunicata, Ascidiacea). *Sci. Rep.* 6, 24875. doi: <https://doi.org/10.1038/srep24875>
- Burgess SC, Treml EA, Marshall DJ. 2012. How do dispersal costs and habitat selection influence realized population connectivity? *Ecology* 93(6):1378-87. doi: <https://doi.org/10.1890/11-1656.1>
- Caine EA. 1987. Potential effect of floating dock communities on a South Carolina estuary. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 108(1):83-91. doi: [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(87\)90132-8](https://doi.org/10.1016/0022-0981(87)90132-8)
- Canning-Clode J, Sugden H, Sylvester F, Floerl O, Lenz M. 2014. Assessing macrofouling. In: Dobretsov S, Williams DN, Thomason JC, editors. *Biofouling Methods*. UK: Wiley Chichester.
- Caputi L, Toscano F, Arienzo M, Ferrara L, Procaccini G, Sordino P. 2019. Temporal correlation of population composition and environmental variables in the marine invader *Ciona robusta*. *Mar. Ecol.* 40(2):1-16. doi: <https://doi.org/10.1111/maec.12543>
- Cerda M, Castilla JC. 2001. Diversidad y biomasa de macro-invertebrados en matrices intermareales del tunicado *Pyura praeputialis* (Heller, 1878) en la Bahía de Antofagasta, Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 74(4):841-853. doi: <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2001000400011>
- Chapman J. 2007. Amphipoda: of The Light and Smith Manual: Intertidal Invertebrates from Central California to Oregon. Fourth Edition, Completely Revised and Expanded. Cap. 39:545-618
- Ciocco N, Orensanz J. 2001. Cap. 14 -Depredación. En: Maeda-Martinez AN, editor. *Los Moluscos Pectinidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura*. México: Editorial Limusa. p. 267-284.
- Clarke KR. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18(1):117-143. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- Coan EV. 1997. Recent species of the genus *Petricola* in the eastern Pacific. *The Veliger* 40(4):298-340
- Davenport J. 1994. A cleaning association between the oceanic crab *Planes minutus* and the loggerhead sea turtle *Caretta caretta*. *J. Mar. Biolog.* 74(3):735-737. doi: <https://doi.org/doi:10.1017/S0025315400047780>
- Diaz A, Orlieb L. 1993. El fenómeno del niño y los moluscos de la costa peruana. *Bull. Inst. fr. Études Andines.* 22(1):159-177.
- El-Komi MM, Emará AM, Mona MH. 1998. Ecology and settlement of marine fouling in the Suez Bay, Egypt. *Pak. J. Mar. Sci.* 7(1):11-26
- Encomendero E, Uchpa F, Tordoya C, Vásquez R. 2006. Variación vertical, horizontal y temporal de presemilla de *Argopecten purpuratus* fijada en el fouling de las linternas de cultivo de Concha de abanico, *A. purpuratus*. *Rev. AquaTIC.* 24:54-60.
- Guerra-García JM, Krapp-Schickel T, Müller HG. 2006. Caprellids from the Caribbean Coast of Colombia, with description of three new species and a key for species identification. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 35(1): 149-194. doi: <https://doi.org/10.25268/bimc.invenmar.2006.35.0.222>
- Guerra-García JM, Thiel M. 2001. La fauna de caprellidos (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) de la costa de Coquimbo, centro-norte de Chile, con una clave taxonómica para la identificación de las especies. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 74(4):873-883. doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2001000400014>

- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data analysis. *Palaeontol. Electron.* 4(1):1-9.
- Hidu H, Conary C, Chapman SR. 1981. Suspended culture of oysters: biological fouling control. *Aquaculture* 22:189-192. doi: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(81\)90146-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(81)90146-0)
- IMARPE. c2021. Índice Costero El Niño (ICEN) [Revisada en: 23 abr 2021]. <http://www.imarpe.gob.pe>
- Liu L, Xiang J, Dong B, Natarajan P, Yu K, Cai N. 2006. *Ciona intestinalis* as an emerging model organism: its regeneration under controlled conditions and methodology for egg dechoriation. *J. Zhejiang Univ. Sci.* 7(6):467-474. doi: <https://doi.org/10.1631/jzus.2006.B0467>
- Loayza R. 2011. Problemática del biofouling en el cultivo de *Argopecten purpuratus* en el Perú. *Rev. AquaTIC.* 35:9-19.
- Loayza R. 2018. Duplicación del recambio de linternas y su efecto biológico y económico en la etapa final del cultivo suspendido de *Argopecten purpuratus*, en la bahía de Samanco (Ancash, Perú) [Tesis]. [Perú]: Universidad Nacional del Santa. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3261>
- Loayza R, Tresierra A. 2014. Variación del “biofouling” en linternas de cultivo de “concha de abanico” *Argopecten purpuratus* en bahía Samanco, Ancash, Perú. *Rev. Cien. Tecnol.* 10(2):19-34.
- Lodeiros C, Rodríguez-Pesantes D, Márquez A, Revilla J, Freitas L, Lodeiros-Chacón C, Sonnenholzner S. 2018. Growth and survival of the winged pearl oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851) in suspended culture in the tropical Eastern Pacific: Influence of environmental factors. *Aquac. Res.* 49(2):832-838. doi: <https://doi.org/10.1111/are.13514>
- Lord JP. 2016. Impact of seawater temperature on growth and recruitment of invasive fouling species at the global scale. *Mar. Ecol.* 38(2):1-10. doi: <https://doi.org/10.1111/maec.12404>
- Lorry JK, Myers AA. 2009. Benthic Amphipoda (Crustacea: Peracarida) of the great barrier reef. *Zootaxa* 2260(1):17-108. doi: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.2260.1.3>
- Manríquez PH, Fica E, Ortiz V, Castilla J. 2014. Bio-incrustantes marinos en el canal de Chacao, Chile: un estudio sobre potenciales interacciones con estructuras manufacturadas por el hombre. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 49(2):243-265. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572014000200006>
- Martín-López B, González J, Díaz S, Castro I, García-Llorente M. 2008. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas* 16(3):69-80.
- Marshall DJ, Bolton TF, Keough MJ. 2003. Offspring size affects the post-metamorphic performance of a colonial marine invertebrate. *Ecology* 84(12):3131-3137. doi: <https://doi.org/10.1890/02-0311>
- Mendo J, Wolff M, Mendo T, Ysla L. 2016. Scallop Fishery and Culture in Peru. En *Dev. Aquac. Fish. Sci.* 40:1089-1109. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62710-0.00028-6>
- Michael GF, Kristina LW, Alan BB, Karen AB, Helen RM. 2004. Diet and fecundity of Columbus crabs, *Planes minutus*, associated with oceanic-stage loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, and inanimate flotsam. *J. Crustac. Biol.* 24(2):350-355. doi: <https://doi.org/10.1651/c-2440>. JSTOR 1549917
- Minchin D. 2007. Aquaculture and transport in a changing environment: overlap and links in the spread of alien biota. *Mar. Pollut. Bull.* 55(7-9):302-313. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.11.017>
- Molnar JL, Gamboa RL, Revenga C, Spalding, MD. 2008. Evaluar la amenaza global de las especies invasoras para la biodiversidad marina. *Fronteras en Ecología y Medio Ambiente* 6:485-492.
- Moscoso V. c2013. Clave para identificación de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. [Revisada en: 02 julio 2019] <http://biblioiimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2194>
- Pacheco A, Garate A. 2005. Bioincrustantes en estructuras de cultivo de *Argopecten purpuratus* en Bahía Samanco, Perú. *Ecol. Apl.* 4(1-2):149-152. doi: <https://doi.org/10.21704/rea.v4i1-2.310>
- Paredes C, Cardoso F. 2007. La Familia Calyptraeidae en el Perú (Gastropoda: Caenogastropoda). *Rev. Peru Biol.* 13(3):177-184. doi: <https://doi.org/10.15381/rpb.v13i3.2335>
- Paredes C, Cardoso F, Santamaría J, Esplana J, Llaja L. 2016. Lista anotada de los bivalvos marinos del Perú. *Rev. Peru. Biol.* 23(2):127-150. doi: <https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v23i2.12397>
- Peña JB. 2001. Cap - 1 Taxonomía, morfología, distribución y hábitat de los pectinidos Iberoamericanos. En: Maeda A, editor. *Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura*. Ciudad de México, México: Editorial Limusa. p. 1-25.
- Peréz MC, Stupak ME. 1996. Revisión sobre los aspectos biológicos del “fouling”. *CIDEPIN - Anales.* 95 -154.
- Portillo E. 2011. Control biológico del fouling en tanques de cultivo de macroalgas mediante el gasterópodo *Osilinus atratus* (Wood, 1828). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 18(1-4):401-404.
- Prieto E. 2010. Taxonomía de Holothuroidea (Echinodermata) del mar del Perú. [Tesis]. [Perú]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- R Core Team. c2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Revisada en: 01 ene 2020]. <https://www.R-project.org/>
- Rivero M, Rodolfo E, Vallarino E. 2005. First survey of macroinfauna in the Mar del Plata Harbor (Argentina), and the use of polychaetes as pollution indicators. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 40(2):101-108. doi: <https://doi.org/10.4067/S0718-19572005000200002>

- Robinson TB, Havenga B, Merwe MVD, Jackson S. 2017. Mind the gap – context dependency in invasive species impacts: a case study of the ascidian *Ciona robusta*. *NeoBiota*. 32(1):127-141. doi: <https://doi.org/10.3897/neobiota.32.9373>
- Rodríguez-Barríos J, Ospina-Tórres R, Turizo-Correa R. 2011. Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia. *Rev. biol. trop.* 59(4):1537-1552. doi: <https://doi.org/10.15517/rbt.v59i4.3418>
- Shevkar M, Mishra A, Meenambiga, S. 2020. A Review on Invasive Species in Marine Biofouling. *Res. J. Pharm. Technol.* 13(9):4517-4521.
- Schmidt H, Pennacchiotti I, Masson L, Mella M. 1992. Porciones de intercambio y composición química de los alimentos de la pirámide alimentaria chilena. [Tesis]. [Chile]: Universidad de Chile, Medicina.
- Tapia L. (2016) Preparación de abono orgánico a partir de desechos del cultivo y procesamiento de *Argopecten purpuratus* “concha de abanico” a fin de mitigar su impacto en el ambiente marino costero. [Tesis]. Universidad Nacional del Santa (Ancash, Perú).
- Tokeshi M, Romero L. 1995. Filling a gap: dynamics of space occupancy on a mussel-dominated subtropical rocky shore. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 199:167-176. doi: <https://doi.org/10.3354/meps119167>
- Useche CC, León JG, Acevedo MS. 2011. Erizos de mar como control biológico del “fouling” en un cultivo de *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758) en el área de Santa Marta, Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 40(2):233-247 doi: <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2011.40.2.109>
- Vieira EA, Flores AAV, Dias GM. 2018. Persistence and space pre-emption explain species-specific founder effects on the organization of marine sessile communities. *Ecol. Evol.* 8(6):3430-3442. doi: <https://doi.org/10.1002/ece3.3853d>
- Wahl M. 2009. Habitat characteristics and typical functional groups. En: Wahl M, editor. *Marine Hard Bottom Communities, Ecological Studies*. Volume 206. Verlag Heidelberg: Springer. p. 7–18.
- Woods CMC. 2009. Caprellid amphipods: An overlooked marine finfish aquaculture resource? *Aquaculture* 289(3-4):199-211. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.01.018>
- Zeeman Z, Branch GM, Pillay D. 2018. Comparisons of life-history traits of the alien invasive *Semimytilus algosus* and three other mytilid mussels on the West Coast of South Africa. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 607:113-127. doi: <https://doi.org/10.3354/meps12794>
- Zintzen V, Norro A, Massin C, Mallefet J. 2008. Temporal variation of *Tubularia indivisa* (Cnidaria, Tubulariidae) and associated epizoites on artificial habitat communities in the North Sea. *Mar. Biol.* 153(3):405-420. doi: <https://doi.org/10.1007/s00227-007-0819-5>