

## Variación del “biofouling” en linternas de cultivo de “concha de abanico” *Argopecten purpuratus* en bahía Samanco, Ancash, Perú

Rómulo E. Loayza Aguilar<sup>1</sup>, Álvaro E. Tresierra Aguilar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio Biología Acuática, Escuela de Biología en Acuicultura, Universidad Nacional del Santa, Perú; rloayza@uns.edu.pe

<sup>2</sup>Profesor Emérito de la Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Departamento Académico de Pesquería; atresierraaguilar@gmail.com

Recibido:22-03-2014

Aceptado: 06-05-2014

### RESUMEN

Con el propósito de conocer la variación del biofouling en los periodos de verano e invierno en las linternas del cultivo suspendido de *A. purpuratus* en la bahía de Samanco, Ancash, Perú, se realizaron muestreos manuales en los meses de marzo y julio del 2009, en una de las empresas que opera en el sector. En cada muestreo las muestras fueron tomadas de 2 linternas de 2 m de altura, 0,5 m de diámetro, 10 pisos y 2 cm de abertura de malla. Se evaluó la cobertura de las linternas, el número de las especies, y el número de individuos y la biomasa fresca de organismos del biofouling por especie. El biofouling estuvo compuesto por 29 especies en verano y 38 en invierno, y en ambos periodos los organismos cubrieron el 100% de las linternas. Durante el periodo de estudio se registraron nueve Phylum de macroinvertebrados: Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Cnidaria, Chordata, Equinodermata, Mollusca, Platyhelminthes, Porifera, y una División: Rhodophyta; que practican 8 formas de nutrición: comensal, detritívoro, filtrador, herbívoro, omnívoro, predador, productor y parasito. Durante el verano la comunidad estuvo dominada por *Semimytilus-Ciona-Bugula* y en invierno por *Semimytilus-Ciona*. La biomasa fresca por linterna, producida en un periodo entre 2 y 3 meses, fue de 68,04 kg en verano y 73,42 kg en invierno. *S. algosus* represento el 58,69-73,00% de la biomasa fresca, por linterna, en verano e invierno, respectivamente, y *C. intestinalis* el 29,0 y 22,22%, en verano e invierno, respectivamente.

**Palabras clave:** biofouling, linternas de cultivo, *Argopecten purpuratus*, *Semimitylus*, *Ciona*.

### ABSTRACT

In order to know the variation of biofouling in the summer and winter periods in lanterns suspended culture of *A. purpuratus* in Samanco Bay (Ancash, Peru), manual sampling was conducted in the months of March and July 2009, one of the companies operating in the sector. At each sampling, the samples were taken from 2 lanterns of 2 m high, 0.5 m diameter, 10 floors and 2 cm mesh width. Lanterns coverage, the number of species and number of individuals and the fresh biomass of biofouling organisms per species was evaluated. Biofouling consisted of 29 species in summer and 38 in winter and in both periods, the organisms covered 100% of the lanterns. During the study period nine macroinvertebrate Phylum were identified: Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Cnidaria, Chordata, Equinodermata, Mollusca, Platyhelminthes, Porifera, as well as one Division: Rhodophyta; they practice eight forms of nutrition: commensal, detritivore, filtering, herbivore, omnivore, predator, producer and parasite. During the summer the community was dominated by *Semimytilus-Ciona-Bugula* and winter by *Semimytilus-Ciona*. Fresh biomass by lanterns produced in a period between 2 and 3 months, was 68.04 kg in summer and 73.42 kg in winter. *S. algosus* represent the 58.69 -73.00% of fresh biomass, by lanterns, in summer and winter, respectively, and *C. intestinalis* 29.0 and 22.22%, in summer and winter, respectively.

**Keywords:** biofouling, culture lanterns, *Argopecten purpuratus*, *Semimitylus*, *Ciona*.

## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la FAO (2012), la pesca marina mundial luego de mantenerse estabilizada después de 1996, en 2010 registró una disminución significativa y probablemente sigadiminuyendo debido principalmente a la sobreexplotación. Contrariamente, la producción acuícola mundial en el año 2010 alcanzó un nivel máximo de 79 millones de toneladas, correspondiendo un tercio de esta producción a los bivalvos y carpas. En América Latina, Chile, Brasil y Perú, son los mayores productores de bivalvos (mejillón chileno y concha de abanico) (Lovatelli *et al.*, 2008), estimándose que se convertirán en grandes productores en tanto evolucionan en innovación tecnológica (FAO, 2012). En este contexto, Perú ha pasado de una producción de 11 066 toneladas de *Argopecten purpuratus* en 2005 (Lovatelli *et al.*, 2008) a 58101 toneladas en 2010 (Mendoza, 2011).

No obstante el notable crecimiento en la producción de *A. purpuratus* en el Perú, un factor que incide negativamente en el cultivo, es el efecto del “biofouling” o bioincrustantes. Se trata de organismos que se desarrollan sobre cabos, boyas, bolsas colectoras, pearl nets, linternas y las valvas de los organismos objeto de cultivo, pudiendo ocasionar pérdidas económicas para las empresas e impactos negativos para el ecosistema. En general, deterioran los materiales, reduciendo el tiempo de vida útil y por el incremento del peso de las linternas, disminuyen la flotabilidad del sistema, incrementándose por tanto los costos de producción por mantenimiento (Claereboudt *et al.*, 1994; Maguire y Burnell, 1999; Avendaño *et al.*, 2001; LeBlanc *et al.*, 2002; Lodeiros y García, 2004; Merino *et al.*, 2001; Ross *et al.*, 2004; Pacheco y Garate, 2005; Hincapié y Cárdenas, 2007; Méndez, 2007). Al cubrir la superficie de las linternas, alteran el flujo de agua hacia el interior, disminuyendo el suministro de alimento, la tasa de ingestión y la disponibilidad de oxígeno, afectando el crecimiento y supervivencia de los organismos objeto de cultivo (Lesser *et al.*, 1992; Claereboudt *et al.*, 1994; Maguire y Burnell, 1999; Uribe *et al.*, 2001; Uribe y Blanco, 2001; Navarro, 2001; LeBlanc *et al.*, 2002; Villarroel *et al.*, 2004; Hincapié y Cárdenas, 2007). En Chile, durante la primavera y el verano, cuando *Ciona intestinalis* cubre totalmente los sistemas de cultivo, ocasiona la muerte de los ejemplares de *A. purpuratus* (Uribe *et al.*, 2001). En cultivos de *Argopecten irradians* y *Placopecten magellanicus*, la disminución de la velocidad del flujo de agua hacia las estructuras de cultivo por recubrimiento del biofouling, entre 5 a 20 cm<sup>-1</sup>, ocasiona inhibición en su crecimiento, y en *P. magellanicus* entre a 10 a 20 cm s<sup>-1</sup>, reduce sustancialmente su tasa de filtración (Navarro, 2001).

La mayoría de los organismos del biofouling son filtradores (Mazouni *et al.*, 1998); por tanto, su desarrollo sobre las estructuras de cultivo, por competencia pueden disminuir la disponibilidad de alimento para los organismos objeto de cultivo, pero además, en conjunto con los organismos en cultivo, pueden incrementar la tasa de biodeposición de heces y pseudoheces (Uribe y Blanco, 2001) y con ello, la producción de desechos catabólicos (*e.g.*, amonio, nitritos, sulfuros) al interior de las linternas de cultivo.

En la bahía de Samanco, Ancash, Perú, es práctica corriente que los cultivadores de *A. purpuratus* para disminuir la producción de “biofouling” sobre las linternas de cultivo, las ubiquen a profundidades de 5-7 m; sin embargo, enfrentan problemas debido a la disminución de las concentraciones de oxígeno disuelto a esas profundidades.

Dados los problemas que genera el “biofouling” a la acuicultura a nivel mundial, se vienen realizando ensayos para su control, aplicando estrategias mecánicas, químicas, bioquímicas y biológicas, pero que a la fecha no son concluyentes (CRAB, 2006; Vladkova, 2007; Qian *et al.*, 2010).

En Perú, aun cuando la acuicultura de moluscos bivalvos está sustentada en el cultivo de *A. purpuratus* (Cavero y Pinto, 2008), los ensayos orientados al control del biofouling aún no se han iniciado y solo se conoce dos estudios sobre la diversidad de especies, ambos en sistemas de cultivo en la bahía de Samanco, realizados Pacheco y Garate (2005) y Encomendero *et al.* (2006).

En atención a la problemática generada por el “biofouling”, el objetivo de este estudio se orientó a determinar la cobertura de las especies dominantes, el número de especies, el número de individuos y la biomasa fresca de los organismos por especie, que se desarrollan en las linternas de cultivo suspendido de *A. purpuratus* en la bahía de Samanco en los periodos de verano e invierno, y de este modo, contribuir con información básica que permita ampliar este tipo de conocimientos.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1 Objeto de estudio

El objeto de estudio estuvo constituido por los organismos del “biofouling” que se desarrollan en las linternas de cultivo suspendido de *Argopecten purpuratus* bajo la modalidad de líneas suspendidas en una de las empresa de maricultura, localizada en la bahía de Samanco, Ancash, Perú (Fig. 1).

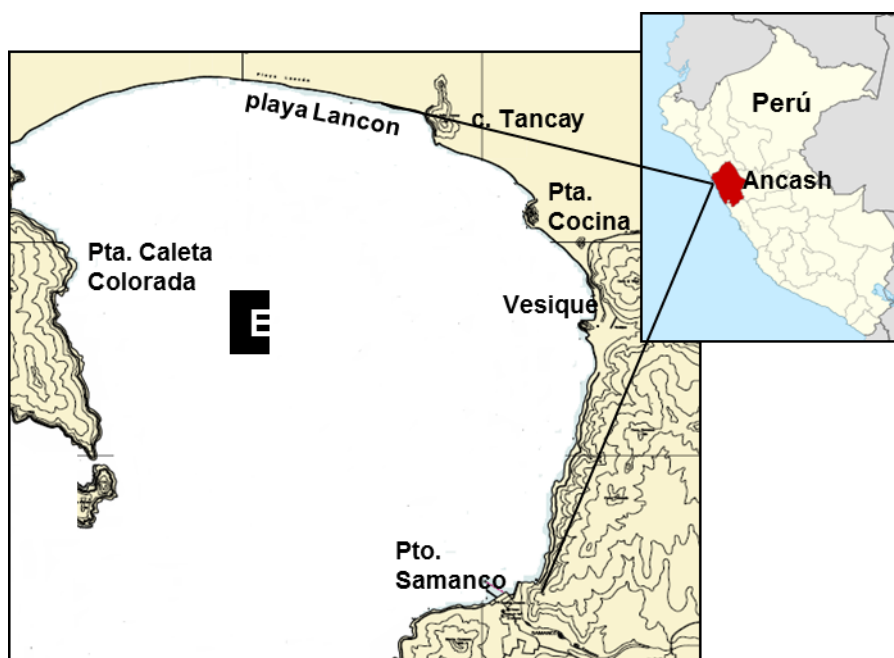


Fig. 1. Ubicación geográfica de la bahía de Samanco y concesión marina (E) de obtención de muestras.

### 2.2 Equipos e instrumentos

Se utilizaron los siguientes equipos e instrumentos:

Tinas plásticas, para el traslado de las muestras de la bahía de Samanco al laboratorio.

Pinzas metálicas, para la separación de organismos por especie.

Microscopio estereoscópico, a fin de facilitar la identificación de las especies.

Balanza digital de 0,1 g de sensibilidad, para registrar la biomasa por grupo especie.

Oxímetro multiparametro, de 0,1 mg l<sup>-1</sup> de sensibilidad, para registrar la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua.

### 2.3 Métodos y técnicas

Para estudiar la cobertura de las especies dominantes, las especies y el número de individuos y biomasa fresca de los organismos por especie del “biofouling”, se realizaron dos muestreos, el 21 de marzo (verano) y el 7 de julio (invierno) del año 2009, en cada caso, con base a dos linternas de 2 m de altura, de 10 pisos, 0,5 m de diámetro y 2 cm de abertura de malla monofilamento (3,53 m<sup>2</sup> de área total), mantenidas sumergidas durante 81 y 103 días, respectivamente, a una profundidad de 4,5 m.

En ambos muestreos, las linternas fueron tomadas al azar de las líneas de cultivo de “concha de abanico” *A. purpuratus*. Extraídas las linternas, fueron trasladadas a una plataforma marina, en donde fueron mantenidas colgadas a fin de determinar visualmente el grado de cobertura de las especies dominantes, sobre la superficie externa de cada linterna. Para ello dos biólogos estimaron el grado de ocupación de los organismos por piso de cada linterna, en términos porcentuales, para luego promediar sus valores. Luego se colocaron las linternas sobre la plataforma y después de abrirlas y retirar los organismos en cultivo se procedió, de la misma manera, a estimar el grado de cobertura de las especies dominantes en su superficie interna. Inmediatamente después las linternas fueron colocadas en tinas plásticas y trasladadas al Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Nacional del Santa, en donde se seccionaron los pisos primero, quinto y décimo, para extraer todos los organismos adheridos. Los organismos extraídos fueron separados por especies y

luego contados y pesados. En pocos casos, dada la elevada cantidad de organismos de algunas especies, se registró el peso total y posteriormente se contaron y pesaron 4 submuestras para determinar el número. Para obtener el número y biomasa fresca por especie y por linterna, los valores obtenidos en cada piso, fueron promediados y multiplicados por 10. Finalmente se promediaron los valores ambas linternas.

Las especies fueron identificadas utilizando un microscopio estereoscópico, e información específica para los grupos taxonómicos encontrados (Álamo & Valdovinos, 1987; Aldea y Valdovinos, 2005; Amaro y Liñero, 2006; Banse y Hobson, 1974; Fauchlad, 1972; Gómez y Green, 1984, Guzmán *et al.*, 1998, Guerra-García y Thiel, 2001; Zúñiga, 2002), y el peso de los organismos fue registrado con una balanza digital de 0,1 g de sensibilidad.

Para determinar la existencia de diferencias significativas entre los valores de biomasa fresca producido por las linternas en las estaciones de verano e invierno, se aplicó la estadística t de Student (Scheffler, 1981).

Los registros de temperatura y oxígeno disuelto en el agua fueron realizados por la empresa de cultivos marinos que brinda las facilidades para el estudio. Los datos corresponden al promedio de registros diarios realizados durante el periodo de estudio, tomados en una estación fija de la concesión marina de la empresa a una profundidad de 7 m, con un oxímetro multiparametro YSI mod. 550A.

### III. RESULTADOS

Durante el verano se encontró 29 especies y en invierno 38 especies, agrupadas en nueve Phylum de macroinvertebrados: Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Cnidaria, Chordata, Equinodermata, Mollusca, Platyhelminthes, Porifera, y una División: Rhodophyta; que practican ocho formas de nutrición (Tabla 1). En términos del número de especies, destacaron los anélidos en invierno y moluscos en verano, con más del 20% y 25%, respectivamente (Fig. 2).

**Tabla 1.** Especies, forma de nutrición, número de individuos y biomasa, del biofouling por linterna de cultivo de *A. purpuratus* en la bahía de Samanco (Perú), registrados en el verano e invierno de 2009.

Grupo taxonómico	forma de nutrición	Verano		Invierno	
		núm. ind.	biomasa (g)	núm. ind.	biomasa (g)
<b>ANNELIDA</b>					
<b>Polychatea</b>					
1 <i>Halosydna brevisetosa</i>	comensal	223	21,5	413	124,8
2 <i>Halosydna johnsoni</i>	omnívoro/carnívoro	8	2,6	5	2,2
3 <i>Hydroides</i> sp.	filtrador	15	1,4	23	1,8
4 <i>Neanthes succinea</i>	detritívoro	389	29,2	24	11,7
5 <i>Nerereis callaona</i>	predador	329	29,0	342	32,7
6 <i>Polydora</i> sp.	parasito	54	1,1	9	0,7
7 <i>Steggoa peruana</i>	predador/necrófago	23	6,9	274	38,5
<b>ARTHROPODA</b>					
<b>Amphipoda</b>					
8 <i>Ampelisca</i> sp.	herbívoros	39296	16,6	11	0,2
9 <i>Caprella equilibra</i>	predador	1030755	2076,0	30	0,7
<b>Cirripeda</b>					
10 <i>Austromegabalanus psittacus</i>	filtrador	10	14,0	191	1081,8
<b>Decápoda</b>					
11 <i>Eurypanopeus crenatus</i>	predador	6	38,9		
12 <i>Hepatus chilensis</i>	predador			7	2,8
13 <i>Pilumnoides perlatus</i>	predador	23	462,7	94	64,7
<b>BRYOZOA</b>					
14 <i>Bugula cuculífera</i>	filtrador		274,5		3,4
15 <i>Bugula nerítina</i>	filtrador		5072,1		1,5
16 <i>Tubularia</i> sp.	filtrador		123,0		1644,9
<b>CHORDATA</b>					
<b>Ascidae</b>					
17 <i>Botryllus</i> sp.	filtrador	17	139,2		
18 <i>Ciona intestinalis</i>	filtrador	4675	19736,5	3324	16315,8
<b>CNIDADRIA</b>					
<b>Actiniaria</b>					
19 <i>Actinaria</i> sp.	predador	9	1,1	257	137,5
20 <i>Actinostola</i> sp.	predador	4	0,6	18	72,7

Continúa Tabla 1...

21 <i>Phymactis</i> sp.	predador			5	2,5
<b>ECHINODERMATA</b>					
<b>Asterozoa</b>					
22 <i>Ophiothrix</i> sp.	detrívoro	12	0,6	44	5,3
<b>Echinozoa</b>					
23 <i>Arbacia spatuligera</i>	predador	8	2,3	13	3,1
24 <i>Tetrapygu sniger</i>	herbívoro	5	1,0	160	37,9
<b>Holothurozoa</b>					
25 <i>Cucumaria dubiosa</i>	filtrador	3	1,2	44	12,9
26 <i>Cucumaria</i> sp.	filtrador			5	0,3
<b>MOLLUSCA</b>					
<b>Bivalvia</b>					
27 <i>Argopecten purpuratus</i>	filtrador	67	5,6	27	11,5
28 <i>Hiatella solida</i>	filtrador	194	21,1	1521	95,4
29 <i>Semimytilus algosus</i>	filtrador	92885	39933,1	110206	53597,7
30 <i>Petricola olsoni</i>	omnívoro/raspador			66	13,8
31 <i>Pteria sterna</i>	filtrador			3	2,4
32 <i>Transennella</i> sp.	filtrador			6	8,4
<b>Gastropoda</b>					
33 <i>Crassilabrum crassilabrum</i>	predador			3	9,6
34 <i>Crepidula dilatata</i>	detrívoro	7	12,4	3	8,9
35 <i>Crucibulum monticulos</i>	herbívoro	2	1,1	5	8,2
36 <i>Stramonita haemastoma</i>	predador			6	3,4
<b>PLATYHELMINTHES</b>					
<b>Turbellaria</b>					
37 <i>Notoplana</i> sp.	predador/necrófago			5	1,0
<b>PORIFERA</b>					
38 <i>demospongiae</i> sp.1	filtrador		13,3		44,5
39 <i>demospongiae</i> sp.2	filtrador				11,7
<b>RHODOPHYTA</b>					
<b>Rhodymeniales</b>					
40 <i>Rhodymenia howeana</i>	productor				3,5
Total por linterna		1169019	68038,6	117139	73420,4
Número de especies			29		38

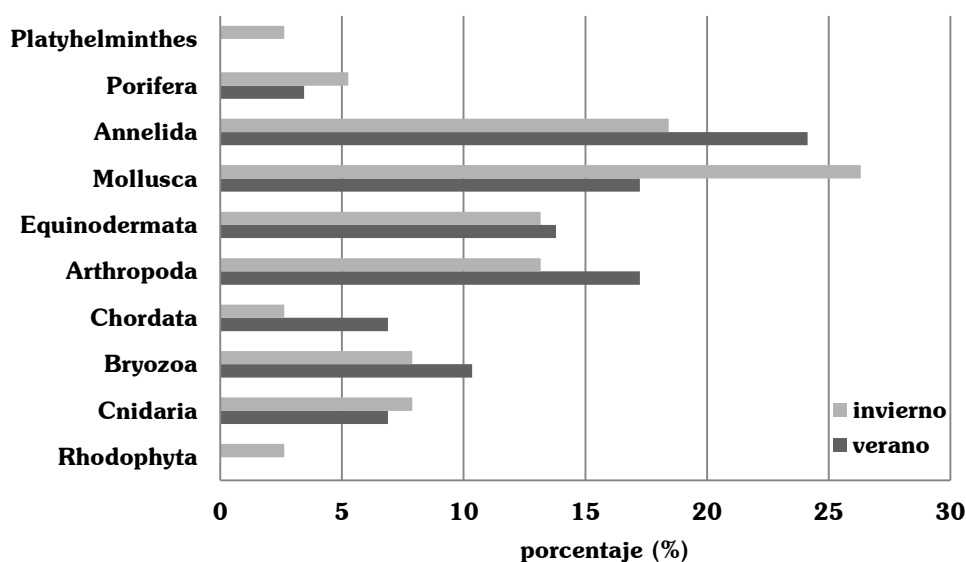
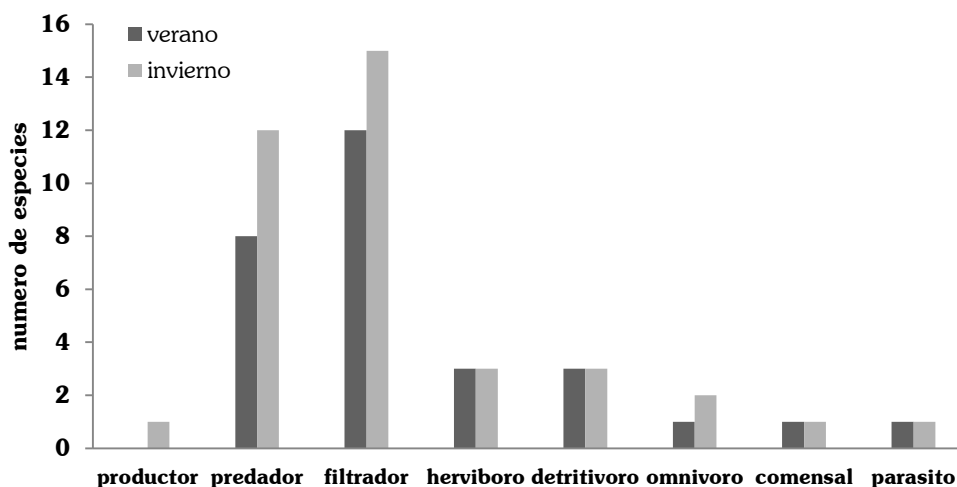


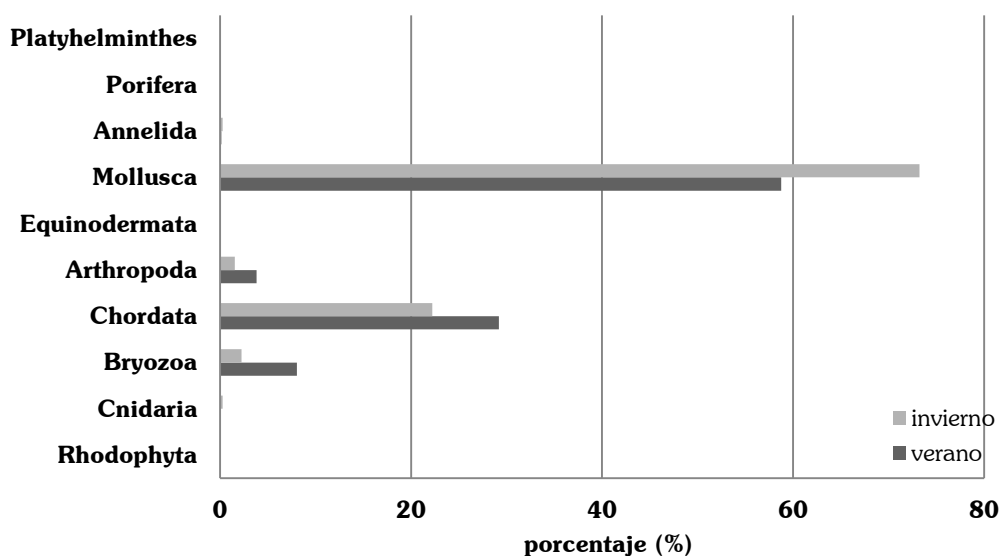
Fig. 2. Composición porcentual del número de especies del biofouling por filo y por linterna de cultivo de *A. purpuratus* en la bahía de Samanco (Perú), en el verano e invierno de 2009.

Durante los periodos de estudio se identificaron 8 formas de nutrición, destacando claramente los predadores y filtradores, en ambas estaciones estudiadas (Fig.3). Con relación a la importancia según

los filos registrados, en función de la biomasa fresca, es importante destacar que el grupo de los moluscos es el que tiene mayor importancia, tanto en verano como en invierno, superando en ambos casos el 50% de la biomasa (Fig. 4).



**Fig. 3.** Composición de especies del biofouling, según su nicho ecológico, en verano e invierno en las linterna de cultivo de *A. purpuratus* en la bahía de Samanco (Perú).

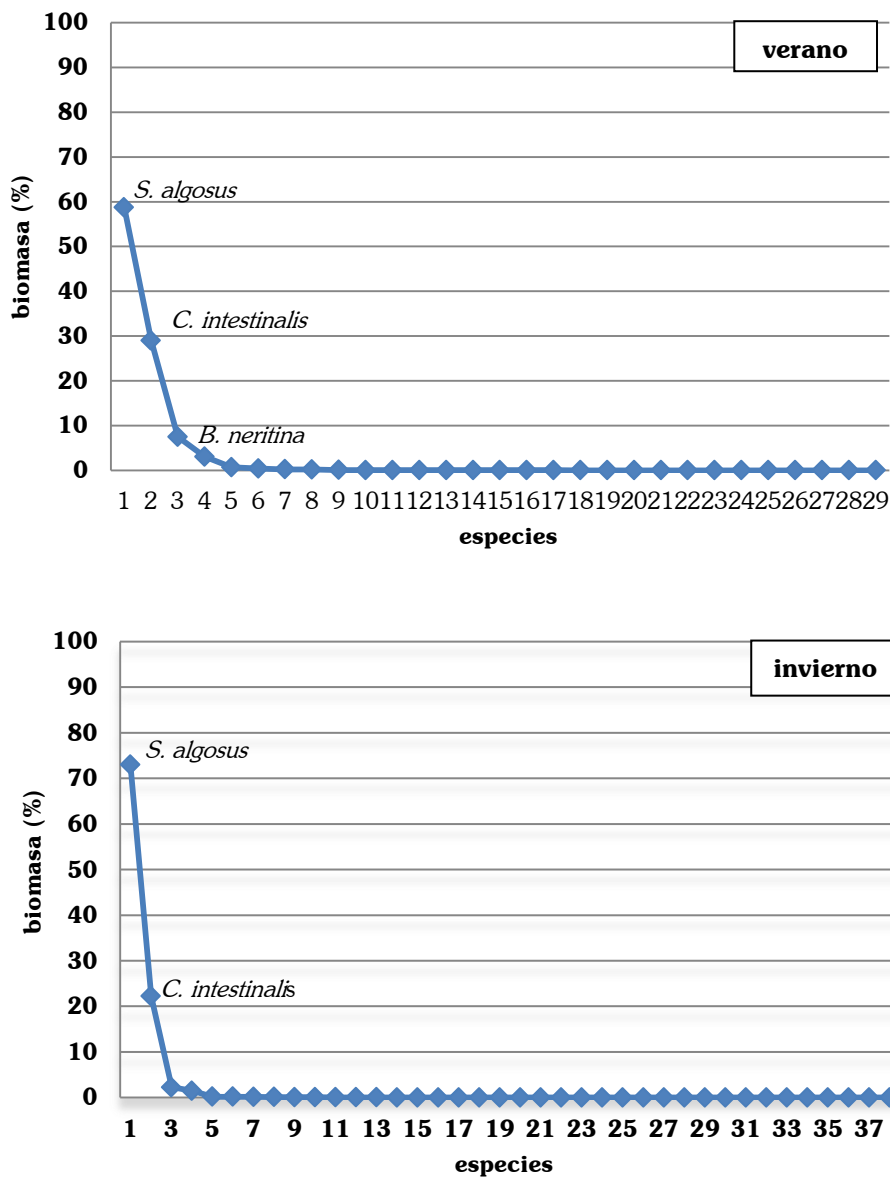


**Fig. 4.** Composición porcentual de la biomasa por filos del biofouling por linterna de cultivo de *A. purpuratus* en la bahía de Samanco (Perú), en el verano e invierno de 2009.

El análisis de t Student mostró que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los valores de biomasa fresca producidos en las linternas en los periodos de verano (68,04 kg) e invierno (73,42 kg), ( $t_{0,05, 39 \text{ gl}}, t_{\text{calculado}} = 2,180 > t_{\text{tabulado}} = 2,023$ ).

Con relación a la composición biomásica fresca por especie por linterna, *Semimytilus algosus*, represento el 58,69 y 73,00%, en los periodos de verano e invierno, respectivamente, seguido por *Ciona intestinalis* que represento el 29,12 y 22,22%, para los periodos de verano e invierno, respectivamente. *B. neritina* solo apporto con el 7,5% en el periodo de verano. Las especies

acompañantes, en conjunto representaron el 4,84% y 4,78% de la biomasa fresca total, en los periodos de verano e invierno, respectivamente (Fig. 5).



**Fig. 5.** Composición porcentual de la biomasa por especies del biofouling por linterna de cultivo de *A. purpuratus* en la bahía de Samanco (Perú), en el verano e invierno de 2009.

En el muestreo de verano, las especies más importantes por su cobertura externa sobre las linternas fueron *S. algosus* y *B. neritina*: *S. algosus* cubrió densamente el 100% de las linternas, preponderantemente con organismos pequeños y hasta 4,5 cm de talla, y *B. neritina*, con tallas entre 4 a 7,5 cm, ocupó aproximadamente el 40% del área. Con relación a la cobertura interna, *C. intestinalis*, de 5,7 cm y 5,9 g promedio, formaba un "tapiz" muy denso en el 100% del interior las linternas.

En el muestreo correspondiente al invierno, *S. algosus* y *C. intestinales* cubrieron densamente el 100% de la superficie externa e interna de las linternas, respectivamente, en tanto que *B. neritina*, prácticamente desapareció en este periodo.

La temperatura promedio del agua y la concentración del oxígeno disuelto en el área de muestreo a 7 m de profundidad, fue de 19,7 °C y 6,1 mg l<sup>-1</sup> y 16,3 °C y 3,0 mg l<sup>-1</sup>, para el verano e invierno, respectivamente.

#### IV. DISCUSIÓN

Durante el presente estudio se pudo registrar una riqueza taxonómica de 40 especies: 29 especies en el verano y 38 en el invierno (Tabla 1), de las cuales 27 especies fueron comunes para ambas estaciones, pudiéndose advertir que en invierno se encontraron 31% más especies que en el verano. Esta diferencia en el número de especies podría ser debido a un efecto combinado del tiempo de exposición (22 días más que en el verano), a la variación de factores ambientales, como la temperatura (19,7 °C en verano y 16,3 °C en invierno), oxígeno disuelto en el agua (6,1 mg l<sup>-1</sup> en verano y 3,0 mg l<sup>-1</sup> en invierno), y al comportamiento reproductivo de las especies.

Respecto a la variación del número de especies del biofouling en el cultivo de *A. purpuratus* en la bahía de Samanco, Pacheco y Garate (2005), en un estudio cualitativo sobre las estructuras (boya, linterna, cuerda, pearl net, bolsa colectora) y epibiontes, realizado en octubre de 1998 en condiciones de evento “El Niño”, encontraron 33 especies, de las cuales 15 correspondieron a las linternas de cultivo de *A. purpuratus*, valor que difiere del encontrado en el presente estudio: 29 especies en verano y 38 en invierno.

En la bahía Independencia (Perú), Aguilar y Mendo (2002) encontraron 38 especies de la macrofauna asociados a bolsas colectoras de semilla de *A. purpuratus*, indicando que *Semimitylus algosus* fue el componente más significativo, y en las bahías Tongoy, Guanaqueros e Inglesa (Chile), donde se cultiva industrialmente *A. purpuratus*, Uribe *et al.* (2001) reportan 63 especies de biofouling, de las cuales 27 fueron comunes en invierno y verano. Los datos encontrados en el presente estudio, aun cuando difieren de la estructura de cultivo para el caso de la bahía Independencia, son similares en número de especies, así como para la especie más abundante (*S. algosus*), difiriendo de modo importante con los valores para las especies encontradas en las bahías de Chile.

En el presente estudio se registró que en la comunidad del biofouling de las linternas de cultivo de *A. purpuratus*, interactúan organismos pertenecientes a 10 filos (Fig. 2), por lo que se podría considerar que se trata de una comunidad compleja y organizada, si se toma en cuenta que se desarrolla sobre un sustrato discontinuo en 3,53 m<sup>2</sup>, constituido por malla monofilamento de 2 cm de abertura. Por otro lado, en la Fig. 3 se muestra que la composición específica discriminada de acuerdo a su forma de nutrición, está conformada por 8 grupos (productor, predador, filtrador, herbívoro, detritívoro, omnívoro, comensal y parásito), que en términos generales se puede señalar que se mantuvo tanto en verano como en invierno, habiendo sido los predadores y filtradores los que predominaron en ambas estaciones; destacando como filtradores, en ambas estaciones, *C. intestinalis* y *S. algosus*, y como predadores *Caprella equilibra* (durante el verano) y *Nereis callaona* (tanto en invierno como en verano).

Con relación a la alta biodiversidad (29 y 38 especies registradas en verano e invierno, respectivamente), y la importante heterogeneidad de filos que se aprecia en la comunidad del biofouling de las linternas de cultivo de *A. purpuratus*, ello puede ser atribuido al rol funcional, en base a Thiel y Ullrich (2002), o “especie ingeniera del ecosistema”, según Jones *et al.* (1994) y Lavelle (1996), que desempeña *S. algosus*. Los dos últimos autores sostienen que una especie “ingeniera de ecosistemas” es aquella que manifiesta la capacidad de estructurar físicamente el medio en el cual vive, mediante la producción de estructuras biogénicas, influyendo en la disponibilidad o accesibilidad de uno o más recursos utilizados por otros organismos, y por tanto en la abundancia o la estructura comunitaria de otras poblaciones de organismos, sin que ello implique alguna relación directa de tipo trófico (predación, parasitismo, mutualismo o competencia), entre los organismos. En este sentido, la matriz formada por *S. algosus* en la comunidad del biofouling, de acuerdo con Thiel y Ullrich (2002), posibilita sustrato y refugio, o micrositios a juicio de Halffter *et al.* (2001), para la mayoría de las especies acompañantes. Por otro lado, las heces, pseudoheces y secreciones mucosas, sirven de alimento para filtradores (como poliquetos, asteroideos, gasterópodos), y detritívoros (como cirrípedos, briozoos, ascidáceos, holoturoideos, bivalvos, poríferos).



Como se puede deducir del párrafo anterior, son funciones que *S. algosus* desarrolla sin guardar una relación trófica directa con las especies a las cuales beneficia, otorgándoles estabilidad y contribuyendo a la armonía ecosistémica, de acuerdo con Halffter *et al.* (2001). Con relación a las especies beneficiadas por *S. algosus*, Paredes y Tarazona (1980) señalan que en un estudio sobre las comunidades de mitilidos en sustrato mediolitoral rocoso del departamento de Lima (Perú), pudieron encontrar parches de poliquetos asociados a *S. algosus*, que para el presente estudio estarían referidos a *Halosydna brevisetosa*, *Neanthes succinea*, *Nerereis callaona* y *Steggoa peruana*.

En verano, el complejo consorcio de organismos del biofouling está dominado por la asociación *Semimytilus-Ciona-Bugula* (Fig. 5). Esta asociación logra mantener estratos densos y en equilibrio en tanto que *S. Algosus* y *B. neritina* colonizan el exterior de las linternas y *C. intestinalis* las paredes internas. Se debe tener en cuenta que la cobertura y densidad externa generada por *Semimytilus-Bugula*, limita el flujo de agua hacia el interior de la linterna, y con ello la provisión de oxígeno para *C. intestinalis*, y obviamente también para los organismos en cultivo. En invierno (Fig. 5), la asociación cambio a *Semimytilus-Ciona*, periodo en el que el lado exterior de las linternas es colonizado en 100% por *S. algosus*, y en la cara interna fue colonizada también en un 100% por *C. intestinalis*. En este periodo, la disminución significativa de *B. neritina* habría permitido que *S. algosus* tenga menor competencia por espacio y alimento, y eleve su biomasa.

Las variaciones de los factores ambientales también son los que ayudan a explicar la diferencia entre la composición porcentual del número de especies encontradas en verano e invierno (Fig. 2). *Bugula cuculifera*, *Bugula neritina*, *Botryllus* sp., *Ampelisca* sp. y *Caprella equilibra*, no habrían tenido capacidad para tolerar la disminución principalmente de la temperatura, y disminuyeron sustantivamente su densidad en invierno. Por otro lado, *C. intestinalis* es una especie cosmopolita (Mazouni *et al.*, 2001; Liu *et al.*, 2006), que tolera variaciones principalmente de temperatura y salinidad (Therriault y Herborg, 2008) y *S. algosus* es una especie que habita en toda la costa peruana, con capacidad para enfrentar inclusive los eventos "El Niño" (Díaz y Ortlieb, 1993), características que explican la presencia de estas dos especies como parte del biofouling durante todo el año.

La biomasa fresca alcanzada por el biofouling, que muestra diferencia estadísticamente significativas ( $t_{0,05}, 39 \text{ gl}, t_{\text{calculado}} = 2,180 > t_{\text{tabulado}} = 2,023$ ) entre el verano (68,04 kg) e invierno (73,42 kg), estaría debida, por un lado, a que las linternas en invierno estuvieron sumergidas 22 días más que en verano, y por otro lado al acrecentamiento del evento de surgencia que ocurre en invierno frente al centro de surgencia localizado a los 9°S frente a Chimbote (Graco *et al.*, 2007), si se tiene en cuenta la baja concentración de oxígeno ( $3,0 \text{ mg l}^{-1}$ ) registrado en ese periodo en la bahía de Samanco. En esta bahía, se ha demostrado que los eventos de surgencia generan una elevada productividad primaria, con núcleos de clorofila de 5,0 a  $8,0 \mu\text{gl l}^{-1}$  y volúmenes de plancton promedio de  $3,4 \text{ ml m}^{-3}$  (IMARPE, 2009).

En el presente trabajo se ha calculado que *S. algosus* representó entre el 58,69% (invierno) al 73,00% (invierno) de la biomasa fresca de las linternas de cultivo de *A. purpuratus* (Fig.5), valores que son parecidos a los reportados por Clarke *et al.* (en Ayala *et al.*, 2005), entre 52 y 64%, para la misma especie, en el otoño del año 2003 en el cultivo de *A. purpuratus* en la bahía de San Jorge (Antofagasta, Chile); información que confirmaría que esta especie es una de las más importantes del biofouling en los cultivos de *A. purpuratus* en la costa del Pacífico Sur.

Uribe y Blanco (2001), señalan que luego de 3 meses de inmersión, una linterna limpia en cultivo de *A. purpuratus* en la bahía de Tongoy (Chile), de 20 kg, puede llegar a pesar 120 kg, es decir unos 100 kg de biofouling. Comparativamente, los valores encontrados en el presente estudio: 68,04 kg en verano y 73,42 kg en invierno, con 2,7 y 3,4 meses de inmersión, respectivamente, podrían ser considerados altos, y las diferencias podrían guardar relación con el nivel de productividad primaria, temperatura y condiciones oceanográficas, de los ecosistemas.

*C. intestinalis* es un tunicado cosmopolita, filtrador (Liu *et al.*, 2006), solitario, que comúnmente vive en agregaciones densas (Hayes *et al.*, 2005), y que conjuntamente con *S. algosus*, son las especies más importantes del biofouling en las estructuras de cultivo de *A. purpuratus* en la bahía de Samanco y por tanto las de mayor interés para estudiarlas por los impactos negativos que ocasionan a los organismos materia de cultivo, y también por sus desprendimientos, al sistema bentónico.

En Chile, Uribe y Blanco (2001) al desarrollar una metodología para determinar la capacidad de carga en Bahía Tongoy (Chile), consideran que *C. intestinalis*, por su elevada biomasa en las estructuras de cultivo de *A. purpuratus*, pueden producir una drástica disminución del flujo de agua que pasa por los sistemas de cultivo e influir en la tasa de ingestión de los filtradores, reportando que a flujos de corrientes muy lentos, la capacidad de crecimiento de *Crassostrea gigas* disminuye. En el presente estudio se ha podido observar que *S. algosus* y *C. intestinalis* forman densos mantos (100% cobertura) sobre las linternas de cultivo, y consecuentemente reducen el flujo de agua para proveer la cantidad necesaria de oxígeno disuelto al interior de la linterna para el adecuado crecimiento los organismos en cultivo. Por otro lado, también se reduce la remoción de metabolitos producidos por la actividad bacteriana sobre las heces y pseudoheces del biofouling y de los propios organismos en cultivo, que resulta de su alta tasa de filtración (Uribe y Blanco, 2001).

*Bugula neritina* es un queilostomado del filo Bryozoa, de colonias arborescente, tupidas, flexibles y de color marrón-púrpura (Viilela, 1948; Abdel-Salamy Ramadan, 2008), de crecimiento erecto y cosmopolita (Mendola, 2003; Lim y Haygood, 2004), generalmente de aguas costeras templado-cálidas y subtropicales (Ryland, 2011). Aun cuando en este estudio se pudo observar que su presencia fue importante durante la estación de verano, reduciendo su población a la mínima expresión en invierno (Tabla 1), sin embargo, y tal como lo señala Keough (1989), su desarrollo es sumamente variado aun tratándose de ambientes aparentemente idénticos. Uribe *et al.* (2001), señalan que en los cultivos de *A. purpuratus* en la bahía Tongoy (Chile), *B. neritina* se presenta durante casi todo el año, y que debido a su estructura ramificada, se constituye en sustrato para las especies de anfípodos, como *Ampelisca* sp. y *Caprella equilibra* encontrados en el presente estudio.

*Caprella equilibra* es un crustáceo peracarido, cosmopolita (McCaink, 1968), que según Keith (1971) y Riera *et al.* (2003) no muestra preferencia clara por algún tipo de sustrato, habitando poblaciones de algas verdes y rojas, colonias de esponjas, hidroideos, briozoos y ascidias, y que se alimenta filtrando detritus, copépodos, hidroides y algas, pero también depredando crustáceos y poliquetos haciendo uso de sus gnatopodos (Guerra-García *et al.*, 2010). Sobre esta especie, Sconfiatti y Lupari (1995), señalan que en el Mar Adriático tienen su pico de reproducción en la época de verano, deteniéndose en invierno, y de igual modo al sur de España su pico de reproducción ocurre en la primavera y principios de otoño (Guerra-García *et al.*, 2010). Por otro lado, Conradi (1995 en Guerra-García *et al.*, 2010) reporta densidades por encima de 10595 individuos por cada 100 g de *C. equilibra* asociado al briozoo *Bugula neritina* en la bahía de Algeciras, Cádiz, al sur de España. En el presente estudio se pudo, en primer lugar, comprobar que *C. equilibra* estuvo íntimamente ligada a la presencia de *B. neritina*, especie que ofrecería el micrositio adecuado para su desarrollo. Por otro lado, se pudo registrar que en el periodo de verano la densidad de *C. equilibra* fue de 49651 individuos por cada 100 g de biomasa fresca, y coincidentemente con los reportes sobre su reproducción, en invierno su población se redujo a mínima expresión. Dado el elevado número de *C. equilibra* presente durante el verano en las estructuras de cultivo de *A. purpuratus*, también, como lo sostienen Guerra-García y Thiel (2001) y Guerra-García (2009), estaría cumpliendo un rol importante en la trofodinámica del ecosistema ya que se estarían constituyendo en alimento, conjuntamente con *Ampelisca* sp. y *Tubularia* sp., para otros organismos, como peces del ecosistema costero.

*Tubularia* sp. es una especie que incremento en 13,4 veces su biomasa en el invierno, demostrando con ello que es una especie con presencia anual en la bahía de Samanco. Zintzen *et al.* (2008), reportan que en general, las especies de *Tubularia* sp. son colonizadores pioneros de sustratos, debido a su vida corta, y además contribuyen con el asentamiento larval de otras especies sésiles y móviles.

Con relación al grupo de los poliquetos, Leblanc *et al.* (2002) señalan que en la comunidad del fouling, son poco importantes, desde el punto de vista cuantitativo. Encomendero *et al.* (2006) reportan 4 especies de poliquetos epibiontes sobre *A. purpuratus* (*Neanthes succinea*, *Nereis pelagica*, *Halosydna brevisetosa* e *Hydroidessp.*) en la bahía de Samanco, y en el presente estudio se encontró además *Halosydna johnsoni*, *Nereis callaona*, *Steggoa peruana*. Como se puede apreciar, este grupo solo es relativamente importante por su biodiversidad; sin embargo, como se aprecia en la Tabla 1, son poco importantes en sus densidades, numérica y biomásica, tanto en invierno como en verano. No obstante esta situación, Báez y Ardila (2003) consideran que en el ambiente natural estos

organismos son vitales para la estructura, producción, dinámica y salud del bentos y ambiente marino, en tanto que, como lo encontrado en el presente estudio, cumplen rol de especies depredadoras, detritívoras y comensales, y en menor proporción por el grupo *Polydora* sp., considerado como especie parasita (Chambon *et al.*, 2007).

Sobre la presencia de los porífera registradas en presente trabajo, se puede decir que su participación no es significativa, dada la pequeña biomasa que representaron. Gómez y Green (1984) y Amaro y Liñero (2006) en estudios sobre esponjas en México y Venezuela, respectivamente, coinciden en señalar que es muy poco lo que se conoce de este grupo taxonómico, y Aguirre *et al.* (2011) sostienen que en el Perú solo se conocen 13 especies de esponjas. Será importante enfatizar el conocimiento taxonómico y su rol ecosistémico como parte del biofouling en las estructuras de cultivo de *A. purpuratus*.

En base a los altos valores de cobertura y biomasa fresca de biofouling que se produce en las linternas de cultivo de *A. purpuratus* en la bahía de Samanco (que se pueden considerar preliminares, porque se han realizado en una sola concesión marina), se hace necesario continuar con este tipo de estudios a fin de: a) determinar la biomasa que se produce en cada una de las concesiones, a fin de que conocer la biomasa fresca total para toda la bahía, y partir de ello establecer estrategias para disponerla adecuadamente fuera de la bahía, o aplicar algún tratamiento orientado a darle valor agregado, b) evaluar el efecto que origina la densa cobertura que se desarrolla en las superficies de las linternas sobre el flujo de agua hacia el interior de las mismas y con ello la provisión de alimento y oxígeno disuelto para los organismos en cultivo, c) determinar la producción de heces y pseudoheces generadas por el biofouling, ya que ello altera la cantidad de materia en suspensión en la columna de agua y eventualmente también sobre el sistema bentónico, d) determinar la producción de nitritos, amonio, amoniaco, sulfuros, en el interior de las linternas generadas por la degradación bacteriana de las heces y pseudoheces del biofouling atrapadas al interior de las linternas.

## V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha determinado que el número de especies que se desarrollan sobre las linternas de cultivo de *A. purpuratus* en la bahía de Samanco, es alta, en tanto se identificaron 29 en el verano y 38 en invierno y que las especies dominantes, tanto para el periodo de verano como en invierno son *Semimytilus algosus* y *Ciona intestinalis*, que llegan a cubrir densamente el 100% de las superficies externa e interna de las linternas.

Los resultados obtenidos de biomasa fresca que se produce sobre las linternas de cultivo de *A. purpuratus* en la bahía de Samanco indican que existen variaciones estadísticamente significativas en los periodos de verano (68,04 kg) e invierno (73,42 kg). Estos valores se pueden considerar altos y preocupantes, si se tiene en cuenta que en una hectárea de cultivo se instalan 3 líneas y en cada línea 100 linternas, por lo que en 1 hectárea, para la fase y periodos de cultivo motivo del estudio, en invierno estaría produciendo entre 20,4 toneladas de biofouling y en invierno 29,4 toneladas.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-SALAMKH, K.H., RAMADANSH, S.H. 2008. **Fouling Bryozoa from some Alexandria harbours, Egypt. (I) erectspecies.** Mediterranean Marine Science 9/1:31-47.
- AGUILAR, S., MENDO, J. 2002. **Análisis de la comunidad asociada a bolsas colectoras comerciales de concha de abanico *Argopecten purpuratus* en la bahía Independencia, Pisco.** En: J. Mendo & M. Wolf (eds.), Memorias I Jornada Científica "Bases ecológicas y socioeconómicas para el manejo de recursos vivos de la Reserva Nacional de Paracas. Univ. Nac. Agraria La Molina. Lima, Perú. pp. 33-36.

- AGUIRRE, L., HOOKER, Y., WILLENZ, P., HAJDU, E. 2011. **A new *Clathria* (Demospongiae, Microcionidae) from Peru occurring on rocky substrates as well as epibiotic on *Eucidaris thouarsi* sea urchins.** *Zootaxa* 3085:41–54.
- ÁLAMO, V., VALDIVIESO, V. 1987. **Lista sistemática de moluscos marinos del Perú.** Boletín Instituto del Mar del Perú (IMARPE), volumen extraordinario. 205 pp.
- ALDEA, C., VALDOVINOS, C. 2005. **Moluscos del intermareal rocoso del centro-sur de Chile (36° - 38°S): taxonomía y clave de identificación.** *Gayana* 69(2): 364-396.
- AMARO, M., LIÑERO, I. 2006. **Esponjas más comunes en ambientes someros (Porifera: Demospongiae) de la bahía de Mochima, Estado Sucre, Venezuela.** *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 45(2):109-125.
- AVENDAÑO, R., RIQUELME, C., ESCRIBANO, R., REYES, N. 2001. **Sobrevivencia y crecimiento de post-larvas de *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) en Bahía Inglesa, Chile: efectos del origen, distribución en la bahía y bacterioflora larval.** *Rev. chil. hist. nat.* 74(3):669-679.
- AYALA, C., RIQUELME, C., CLARKE, M. 2005. **Inhibición de la producción de biso en *Semimytilus algosus* (Gould, 1950) utilizando biopelículas y productos extracelulares de la bacteria *Alteromonas* Clon NI1-LEM.** Exposiciones Orales Bentos: moluscos, XV Congreso de Ciencias del Mar y XI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, Viña del Mar (Chile), 16-20 mayo 2005. (<http://www.alicmar.org/congresos/documentos/undécimo/exposicionesOrales/Sesiones%20Orales%20Miercoles%2018%20de%20mayo/Bentos%20Moluscos.pdf>; consultado el 01-02-2012).
- BÁEZ, D., ARDILA, N. 2003. **Poliquetos (Annelida: Polychaeta) del Mar Caribe colombiano.** *Biota Colombiana* 4(1)89–109.
- BANSE, K., HOBSON, K.D. 1974. **Benthic errantiate polychaetes of British Columbia and Washington.** *Bull. Fish. Res. Bd. Canadá* 1851-111.
- CAVERO, P., RODRÍGUEZ, P. 2008. **Producción sostenida de moluscos bivalvos en el Perú: acuicultura y repoblamiento.** En A. Lovatelli, A. Farías & I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. pp. 209–218.
- CHAMBON, C., LEGEAY, A., DURRIEU, G., GONZÁLEZ, P., CIRET, P., MASSABUAU, J. 2007. **Influence of the parasite worm *Polydora* sp. on the behaviour of the oyster *Crassostrea gigas*: a study of the respiratory impact and associated oxidative stress.** *Marine Biology* 152(2):329-338.
- CLAERBOUDT, M., BUREAU, D., COTE, J., HIMMELMAN, J. 1994. **Fouling development and its effect on the growth of juvenile giant scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended culture.** *Aquaculture* 121(4): 327-342.
- CRAB. 2006. **Mejores prácticas europeas en acuicultura y “biofouling”. Investigación colectiva en “biofouling” de acuicultura** ([http://www.crabproject.com/client/files/CRAB\\_Best\\_Practice\\_Guidelines-Spanish.pdf](http://www.crabproject.com/client/files/CRAB_Best_Practice_Guidelines-Spanish.pdf); consultado el 15-11-2012).
- DÍAZ, A., ORTLIEB, L. 1993. **El fenómeno “El Niño” y los moluscos de la costa peruana.** *Bull. Inst. Fr. Études andines* 22(1):159-177.

- ENCOMENDERO, E., MERINO, F., UCHPA, F., VÁSQUEZ, R. 2006. **Efecto de los poliquetos epibiontes sobre la concha de abanico, *Argopecten purpuratus*, cultivada en el Dorado, Chimbote-Perú.** V Seminario Virtual Pesca y Acuicultura. Los Ángeles, California.
- FAUCHALD, K. 1972. **Benthic polychaetous annelids from deep water off Western Mexico and adjacent areas in the eastern Pacific Ocean.** Allan Hancock Monogr. Mar. Biol. 7:1-575.
- FAO. 2012. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012.** Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.
- GÓMEZ, P., GREEN, G. 1984. **Sistemática de las esponjas marinas de Puerto Morelos, Quintana Roo, México.** An. Inst. Cienc. del Mar Limnol. Univ. Nat. Autón. México 11:65-90.
- GRACO, M., LEDESMA J., FLORES, G., GIRÓN, M. 2007. **Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de surgencias de la corriente de Humboldt frente a Perú.** Rev. perubiol. 14(1):117-128.
- GUERRA-GARCÍA, J., THIEL, M. 2001. **La fauna de caprellidos (Crustácea: Amphipoda: Caprellidea) de la costa de Coquimbo, centro-norte de Chile, con una clave taxonómica para la identificación de especies.** Revista Chilena de Historia Natural 74:873-883.
- GUERRA-GARCÍA, J. 2009. **Los crustáceos caprellidos: pequeños desconocidos del Parque Natural del Estrecho.** Migres Rev. Ecología 1:9-18.
- GUERRA-GARCÍA, J.M., ROS, M., GORDILLO, I., CABEZAS, M.P., BAEZA-ROJANO, E., IZQUIERDO, D., CORZO, J., DOMÍNGUEZ, J., VARONA, S. 2010. **Distribution patterns of intertidal and shallow water caprellids associated with macroalgae along the Iberian Peninsula.** Zool. baetica 21:101-129.
- GUZMÁN, N., SAA, S., ORTLIEB, L. 1998. **Catálogo descriptivo de los moluscos litorales (Gastropoda y Pelecypoda) de la zona de Antofagasta, 23°S (Chile).** Estud. Oceanol. 17:17- 86.
- HALFFTER, G., MORENO, C.E., PINEDA, E.O. 2001. **Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera.** M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 2. Zaragoza, España. 80p.
- HAYES, K., SLIWA, C., MIGUS, S., MCENNULTY, F., DUNSTAN, P. 2005. **National priority pests. Part II, Ranking of Australian marine pests.** An independent report undertaken for the Department of Environment and Heritage by CSIRO. Australia.
- HINCAPIÉ-CÁRDENAS, C. 2007. **Macrobiofouling on open-ocean submerged aquaculture cages in Puerto Rico.** A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Marine Sciences, University of Puerto Rico Mayagüez Campus. Mayagüez, Puerto Rico.
- IMARPE. 2009. **Informe final estudio de línea base en el ámbito marino de bahía de Samanco 13 - 24 diciembre 2008.** Instituto del Mar del Perú. Chimbote, Perú. 96 p.
- KEITH, D. 1971. **Substrate selection in caprellid amphipods of Southern California, with emphasis on *Caprella californica* Stimpson and *Caprella equilibra* Say (amphipoda).** Pac. Sci. 25(3):387-394.

- KEOUGH, M. 1989. **Variation in growth rate and reproduction of the bryozoan *Bugula neritina***. Biol. Bull. 177: 277-286.
- JONES, C.G., LAWTON, J.H., SHACHAK, M. 1994. **Organisms as ecosystem engineers**. Oikos 69: 373-386.
- LAVELLE, P. 1996. **Diversity of soil fauna and ecosystem function**. Biol. Int. 33: 3-16.
- LESSER, M.P., SHUMWAY, S., CUCCI, T., SMITH, J. 1992. **Impact of fouling organisms on mussel rope culture interspecific competition for food among suspension-feeding invertebrates**. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 165:91-112.
- LEBLANC, A., LANDRY, T., MIRON, G. 2002. **Fouling organisms in a mussel cultivation bay: their effect on nutrient uptake and release**. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2431:1-16.
- LIM, G.E., HAYGOOD, M. 2004. **"*Candidatus Endobugula glebosa*," a Specific Bacterial Symbiont of the Marine Bryozoan *Bugula simplex***. Appl. Environ. Microbiol. 70(8): 4921-4929.
- 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. SCIENCE B 7(6):467-474.
- LODEIROS, C., GARCÍA, N. 2004. **The use of sea urchins to control "fouling" during suspended culture of bivalves**. Aquaculture 231: 293-298.
- LOVATELLI, A., VANNUCCINI, S., MCLEOD, D. 2008. **Current status of world bivalve aquaculture and trade**. En Lovatelli, A., Farías, A. y Uriarte, I. (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20-24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. pp. 45-59.
- MAGUIRE, J., BURNELL, G. 1999. **The potential for scallop spat collection in Bantry Bay, Ireland. Biology and Environment: Proceedings Of The Royal Irish Academy** 99b(3):183-190.
- MAZOUNI, J., GAERTNER, C., DESLOUS-PAOLI, J. 1998. **Influence of oyster culture on water column characteristics in a coastal lagoon (Thau, France)**. Hydrobiologia 373-374:149-165.
- MAZOUNI, N., GAERTNER, J., DESLOUS-PAOLI, J. 2001. **Composition of biofouling communities on suspended oyster cultures: an *in situ* study of their interactions with the water column**. Mar. Ecol. Prog. Ser. 214: 93-102.
- MÉNDEZ, C. 2007. **Asentamiento de bioincrustantes en actividades de acuicultura**. Ciencia...Ahora 20(10):41-45.
- MENDOLA, D. 2003. **Aquaculture of three phyla of marine invertebrates to yield bioactive metabolites: process developments and economics**. Biomol. Eng. 20(4-6):441-458.
- MENDOZA, D. 2011. **Informe: Panorama de la Acuicultura Mundial, en América Latina y el Caribe y en el Perú**. Dirección General de Acuicultura, Ministerio de la Producción. Lima, Perú. 66p.
- MERINO, G., CORTEZ-MONROY, J., ABARCA, A., BARRAZA, J. 2001. **Diseño y operación de sistemas de cultivo**. En: A. Maeda-Martínez (ed.), Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura, Cap. 19: 375 - 404. Edit. Limusa, México, D.F., México.

- NAVARRO, J. 2001. **Fisiología energética de pectínidos Iberoamericanos**. En: A. Maeda-Martínez (ed.), Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura, Cap. 3:61-76. Edit. Limusa, México, D.F., México.
- PACHECO, A., GARATE, A. 2005. **Bioincrustantes en estructuras de cultivo de *Argopecten purpuratus* en bahía Samanco, Perú**. Ecología Aplicada 4(1,2):149-152.
- PAREDES, C., TARAZONA, J. 1980. **Las comunidades de mitílidos del mediolitoral rocoso del departamento de Lima**. Revista Peruana de Biología 2(1):59-71.
- QIAN, P.Y., XU, Y., FUSSETANI, N. 2010. **Natural products as antifouling compounds: recent progress and future perspectives**. Biofouling 26(2):223-234.
- RIERA, R., GUERRA-GARCÍA, J., BRITO, M., NÚÑEZ, J. 2003. **Estudio de los caprelídidos de Lanzarote, islas Canarias (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea)**. Vieraea 31:157-166.
- ROSS, K., THORPE, J., RAND, A. 2004. **Biological control of fouling in suspended scallop cultivation**. Aquaculture 229(1-4):99-116.
- RYLAND, J., BISHOP, J., DE BLAUWE, H., EL NAGAR, A., MINCHIN, D., WOOD, C., YUNNIE, A. 2011. **Alien species of *Bugula* (Bryozoa) along the Atlantic coasts of Europe**. Aquatic Invasions 6(1):17-31.
- SCHEFFLER, W. 1981. **Bioestadística**. Fondo Educativo Interamericano, S. A. México, D.F., México.
- SCONFIETTI, R., LUPARI, P. 1995. **Population Ecology of the Amphipod *Caprella equilibra* Say in a Lagoon Estuary (Northern Adriatic Sea, Italy)**. Marine Ecology 16(1):1-11.
- THIEL, M., ULLRICH, N. 2002. **Hard rock versus soft bottom: the fauna associated with intertidal mussel beds on hard bottom along the coast of Chile, and considerations on the functional role of mussel beds**. Helgoland Marine Research 56:21-30.
- TERRIAULT, T., HERBORG, L. 2008. **A qualitative biological risk assessment for vase tunicate *Ciona intestinalis* in Canadian waters: using expert knowledge**. International Council for the Exploration of the Sea 65(5):781-787.
- URIBE, E., LODEIROS, C., FÉLIX-PICO, E., ETCHEPARE, I. 2001. **Epibiontes en pectínidos de Iberoamérica**. En: A. Maeda-Martínez (ed.), Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura, Cap. 13:249-266. Edit. Limusa, México, D.F., México.
- URIBE, E., BLANCO, J. 2001. **Capacidad de los sistemas acuáticos para el sostenimiento del cultivo de pectínidos: el caso de *Argopecten purpuratus* en la Bahía Tongoy, Chile**. En: A. Maeda-Martínez (ed.), Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura, Cap. 12:233-248. Edit. Limusa, México, D.F., México.
- VILLELA, G. 1948. **Biocromos (pigmentos) de invertebrados marinhos I - Briozoarios**. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 46(2):549-471.
- VILLARROEL, E., BUITRAGO, E., LODEIROS, C. 2004. **Identificación de factores ambientales que afectan al crecimiento y la supervivencia de *Crassostrea rhizophorae* (Mollusca: Bivalvia) bajo condiciones de cultivo suspendido en el golfo de Cariaco, Venezuela**. Revista Científica, FCV-LUZ 14(1):28-35.
- VLADKOVA, T. 2007. **Surface engineering for non-toxic biofouling control (review)**. Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy 42(3):239-256.

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.

ZÚÑIGA, O. 2002. **Moluscos, Guía de biodiversidad N° 1, vol. 1 Macrofauna y algas marinas.** “Centro Regional de Estudios y Educación Ambiental”. Antofagasta, Chile. 43 p.