

## Morfometría del tubo digestivo y alimentación del pepino de mar *Athyonidium chilensis* (Semper, 1868) (Echinodermata: Holothuroidea)

Gut morphometry and feeding of the sea cucumber *Athyonidium chilensis* (Semper, 1868) (Echinodermata: Holothuroidea)

J. Francisco Ruiz<sup>1</sup>, Christian M. Ibáñez<sup>2</sup> y Cristian W. Cáceres<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ecología Costera, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Casilla 297, Concepción, Chile

<sup>2</sup> Instituto de Ecología y Biodiversidad, Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Casilla 653, Ñuñoa, Santiago, Chile  
christianibez@yahoo.com

**Abstract.** Holothurians are characterized for being deposit-feeders and can remove important amounts of biomass of organic matter of the marine bottom in zones where they are abundant. In Chile, *Athyonidium chilensis* is the species of greater body size within its class and poorly studied in spite of its commercial importance. Thirty samples of *A. chilensis* were obtained from Caleta Chome (36°40' S, 73°10' W) Chile, to make morphometric measures of their intestine and to analyze their relation with the body size and intestinal content. The diet was quantified by gravimetric method and frequency of occurrence, as also its relative abundance of four categories was quantified: microalgae, macroalgae, invertebrates and detritus, which were correlated with the body size of cucumbers. Thirty six prey items were identified mainly macroalgae and invertebrates. The relationships between the morphometric measures of the individuals and their intestine were positive as also these in relation to the weight of intestinal content. The relative abundance of macroalgae showed a negative tendency in relation to the size of sea cucumbers. The invertebrates, microalgae and the detritus showed a positive increase in relation to the body size of *A. chilensis*. This sea cucumber would be a key-species in the structure of sediments in intertidal and subtidal environments in the Chilean coast, with special emphasis to the places where they are very abundant.

Key words: Holothurians, deposit-feeding, body size, intestine size

**Resumen.** Los holotúridos se caracterizan por ser animales que se alimentan de materia del fondo marino y pueden remover importantes cantidades de biomasa de materia orgánica del fondo marino, en las zonas donde ellos son abundantes. En Chile, *Athyonidium chilensis* es la especie de mayor tamaño dentro de su clase, y poco estudiada a pesar de su importancia comercial. Se obtuvieron 30 ejemplares de *A. chilensis* desde caleta Chome (36°40' S, 73°10' W) Chile, para realizar medidas morfométricas de su intestino y analizar su relación con el tamaño corporal y el contenido intestinal. Los ítems alimenticios fueron cuantificados por método gravimétrico y frecuencia de ocurrencia, como también se cuantificó la abundancia relativa de cuatro categorías alimenticias: microalgas, macroalgas, invertebrados y detrito, las cuales se relacionaron con el tamaño corporal de los pepinos. Se encontraron 36 ítems alimenticios, principalmente macroalgas e invertebrados. Las relaciones entre las medidas morfométricas de los individuos y su intestino resultaron positivas como también éstas con relación al peso del contenido intestinal. La abundancia relativa de macroalgas mostró una tendencia negativa en relación al tamaño de los pepinos. La abundancia de invertebrados, microalgas y detrito tuvieron un incremento positivo con relación al tamaño corporal de los individuos de *A. chilensis*. Esta especie de pepino sería clave en la estructura de los sedimentos en los ambientes submareales y pozas intermareales en la costa de Chile, con especial énfasis a los lugares donde son muy abundantes.

Palabras clave: Holotúridos, suspensivoria, tamaño corporal, tamaño del intestino

---

## Introducción

Los holotúridos o pepinos de mar ingieren sedimento superficial, detrito y microorganismos asociados mediante sus tentáculos extendidos sobre la superficie con los que son capaces de atrapar cualquier partícula u organismo que colisione con ella (Roberts *et al.* 2001). Además, reciclan las partículas orgánicas y enriquecen los substratos (Ravest 2000, Hudson *et al.* 2004). *Athyonidium chilensis* (Semper, 1868) es la especie más grande de pepino del mar de Chile, tiene gran importancia comercial, desembarcándose hasta 1510 toneladas el año 2000 (SERNAPESCA 2006) y es una de las más abundantes dentro de las 74 especies nominales de holotúridos existentes a lo largo de la costa chilena (Larraín 1995). Se distribuye desde Ancón (Perú) (11° 45' 40"S) hasta Punta Gaviota, Chiloé (Chile) (42° 03' 50"S) (Urbina 1981, Ravest 2000). *Athyonidium chilensis* se encuentra generalmente enterrado en el substrato arenoso-rocoso del intermareal y del submareal somero. La corona de tentáculos se encuentra expuesta, con la cual se alimentan de restos de macroalgas e invertebrados del fondo marino (Pawson 1983).

El tracto digestivo de los holotúridos es muy largo y tiene otras funciones además de la digestión y absorción de nutrientes, ya que acumula lípidos y proteínas, considerándose un órgano almacenador, que puede estar asociado a una flora bacteriana que degrada la materia orgánica (Feral & Massin 1982). Sin embargo, aunque el intestino puede atrofiarse en ciertos períodos de inactividad (Frankboner & Cameron 1985) poseen células llamadas enterocitos, que desempeñan las funciones de absorción, digestión intracelular y lubricación de las paredes estomacales junto a la mucosa (Feral & Massin 1982). Con respecto al peso seco y largo del intestino, este tiende a ser menor en ejemplares del intermareal que en los del submareal, y el tamaño del intestino se relaciona positivamente con el tamaño corporal (Cariman 2002).

La selección y preferencia alimenticia dependen de los compromisos establecidos entre los factores ecológicos, conductuales y fisiológicos; dentro de estos últimos, la absorción del alimento ingerido depende de la plasticidad y de las reacciones fisiológicas y anatómicas del tracto digestivo (Bozinovic & Muñoz 1995, Bozinovic & Martínez del Río 1996). En peces es posible observar cambios morfométricos en el tubo digestivo tanto en juveniles como adultos en función de la composición trófica del contenido intestinal (Fuentes

& Cancino 1990, Benavides *et al.* 1994a, b). También se ha observado en moluscos poliplacóforos que la longitud del intestino depende del tipo de dieta (Sirenko 2004). De acuerdo con la teoría de digestión óptima (Sibly 1981), los animales que se alimentan de ítems de baja calidad alimenticia deberían tener tractos digestivos más largos que los que se alimentan de ítems de alta calidad. Considerando que los pepinos de mar poseen un gran tracto digestivo, es muy probable que el tamaño de este se relacione directamente con el tamaño corporal del individuo y que esté estrechamente relacionado con la cantidad y composición de alimento que ingieren en su hábitat. Por lo tanto, este trabajo tiene por objetivo el determinar si existe un cambio en las dimensiones del tracto digestivo y la alimentación de *Athyonidium chilensis* asociado al tamaño corporal.

## Material y métodos

En la primavera de 2001 se capturaron 30 ejemplares de *Athyonidium chilensis* extraídos manualmente desde pozas intermareales y, mediante buceo autónomo, en la zona submareal somera (2 a 3 m de profundidad) de caleta Chome (36°40'S, 73°10'W), Chile, en substratos mixtos, donde son más abundantes (Cariman 2002), en un área de 100 m<sup>2</sup>. Posterior a la captura, los animales fueron transportados al laboratorio a baja temperatura para disminuir su metabolismo evitando que estos por estrés tuvieran una laceración del cuerpo y como consecuencia, expulsaran partes del intestino (Ginger *et al.* 2001).

En el laboratorio, a los individuos se le determinó su longitud (cm) y peso húmedo (g), fueron colocados individualmente en bolsas plásticas y fueron congelados a -10°C para su conservación. Cada individuo fue diseccionado para separar el tracto digestivo del resto del cuerpo. El área del intestino se obtuvo midiendo el largo del intestino y multiplicándolo por el ancho del intestino abierto del individuo. Mientras que el volumen del intestino se calculó como el volumen de un cilindro que se expresa de la siguiente manera:

$$V_i = \pi \times r^2 \times L_i$$

Donde  $V_i$  es el volumen del intestino,  $r$  es el radio del intestino y  $L_i$ , la longitud del intestino.

El contenido intestinal fue pesado en su forma húmeda y luego tratado con una solución de etanol al 70% para evitar la descomposición de las muestras.

Con respecto del tejido intestinal se obtuvo su peso de la misma manera que del contenido, con una balanza analítica tipo Bell mod. Mark 4500. Posteriormente, se identificaron los ítems presentes en el intestino hasta el nivel taxonómico más bajo posible siguiendo a Santelices (1988) para las macroalgas, Retamal (1981) para crustáceos decápodos y Osorio *et al.* (1979) para los moluscos. El análisis cuantitativo para determinar los ítems alimenticios que componen la dieta de *Athyonidium chilensis* se realizó según los métodos de frecuencia ocurrencia (F) y gravimétrico (G) (Hyslop 1980). La frecuencia de ocurrencia de invertebrados y macroalgas se compararon entre tres clases de tamaños: pequeños (47 a 155 g), medianos (160 a 285 g) y grandes (300 a 801 g), mediante una tabla de contingencia de 2x3; su significancia estadística se evaluó por medio de chi-cuadrado (Zar 1984). El contenido estomacal de los individuos fue filtrado con un tamiz de 350 µm y el sobrenadante se pesó para determinar el detrito. El material filtrado fue observado bajo microscopio para estimar, en porcentaje, la abundancia relativa de microalgas mediante el conteo con una reglilla Neubauer; la abundancia relativa de las macroalgas e invertebrados fue expresada en porcentaje, con respecto de la biomasa total.

Se realizaron regresiones lineales para determinar el tipo de relación entre el peso total y la longitud total; peso total y longitud, área y volumen del intestino; como también entre el peso total, área y volumen del intestino con respecto al peso del contenido intestinal. Sus significancias se evaluaron mediante análisis de varianza (Zar 1996). Para evaluar los cambios en la

abundancia relativa de los diversos ítems (macroalgas, microalgas, detrito e invertebrados) en la dieta, se realizaron correlaciones de Spearman (Zar 1996) con respecto al peso total de los pepinos.

## Resultados

Los individuos de *Athyonidium chilensis* registraron un peso promedio de 273 g (48 a 811 g) y un área intestinal promedio de 258 cm<sup>2</sup> (30 a 943 cm<sup>2</sup>). La mayor cantidad de individuos pequeños (ca. 50 a 150 g) se encontraron en pozas intermareales, mientras que los de mayor tamaño fueron recolectados tanto en el intermareal como en el submareal. Se encontró una dependencia significativa y positiva entre todas las medidas morfométricas de los individuos y de su intestino, como también entre estas medidas y el peso del contenido intestinal (Tabla 1).

La dieta en *Athyonidium chilensis* estuvo compuesta por cuatro grupos tróficos más importantes: macroalgas, invertebrados, microalgas y detrito. Se encontraron 36 taxa presas de las cuales 18 fueron restos de macroalgas y 18 restos de invertebrados (Tabla 2). Todos los ítems fueron poco frecuentes (<10%), pero en biomasa, *Lessonia nigrescens* y *Corallina* spp. tuvieron un porcentaje mayor al 20% (Tabla 2). En cada individuo se encontraron 10 a 20 ítems dietarios distintos lo que no varió con respecto al tamaño corporal. No se encontró una asociación en la frecuencia de ocurrencia de invertebrados y macroalgas en la dieta entre pepinos pequeños, medianos y grandes ( $X^2 = 1,02$ , g.l. = 2,  $P = 0,59$ ).

**Tabla 1**

**Regresiones lineales entre las medidas morfométricas y el contenido intestinal de *A. chilensis***

Lineal regression analysis of morphometric measures and intestinal content of *A. chilensis*

Variables	a	b	R <sup>2</sup>	F	g.l.	P
Longitud total x peso total	-208,3	20,81	0,88	211,56	1, 28	< 0,001
Peso total x longitud intestino	45,18	0,23	0,58	39,74	1, 28	< 0,001
Peso total x área intestino	0,25	1,08	0,80	113,61	1, 28	< 0,001
Peso total x volumen intestino	-409,4	3,41	0,73	78,47	1, 28	< 0,001
Peso total x peso contenido	-2,34	0,08	0,81	122,43	1, 28	< 0,001
Área intestino x peso contenido	0,07	1,86	0,80	114,16	1, 28	< 0,001
Volumen intestino x peso contenido	11,33	0,02	0,66	54,59	1, 28	< 0,001

Tabla 2

Contenido intestinal de los individuos de *A. chilensis* del submareal de caleta Chome, Chile. F = frecuencia y G = gravimetría

Intestinal content of *A. chilensis* from subtidal of Caleta Chome, Chile, F = frequency and G = gravimetry

Especies	F	%F	G	%G
<b>Algas</b>				
<i>Ulva</i> spp.	24	7,84	2,34	2,25
<i>Glossophora kuntii</i>	2	0,65	0,02	0,02
<i>Lessonia nigrescens</i>	15	4,90	24,41	23,52
<i>Corallina</i> spp.	27	8,82	34,48	33,22
<i>Durvillaea antarctica</i>	10	3,27	1,83	1,76
<i>Mazzaella laminarioides</i>	24	7,84	5,87	5,66
Ceramial 1	13	4,25	0,14	0,13
Ceramial 2	4	1,31	0,07	0,07
<i>Laurencia</i> sp.	3	0,98	0,03	0,03
<i>Gelidium</i> sp.	9	2,94	0,09	0,09
<i>Porphyra columbina</i>	17	5,56	4,09	3,94
<i>Chaetomorpha</i> sp.	12	3,92	0,13	0,13
<i>Codium dimorphum</i>	9	2,94	0,09	0,09
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	3	0,98	0,03	0,03
<i>Gracilaria chilensis</i>	7	2,29	0,15	0,14
<i>Chondrus</i> sp.	5	1,63	0,05	0,05
Calcárea crustosa	6	1,96	0,72	0,69
<i>Callophyllis</i> sp.	4	1,31	0,04	0,04
<b>Invertebrados</b>				
Isopoda	2	0,65	0,02	0,02
<i>Tonicia elegans</i>	1	0,33	0,10	0,10
<i>Fissurella picta</i>	4	1,31	2,60	2,50
<i>Austrolittorina araucana</i>	1	0,33	0,08	0,08
<i>Tegula atra</i>	3	0,98	1,10	1,06
<i>Scurria</i> spp.	7	2,29	1,75	1,69
<i>Jehlius cirratus</i>	4	1,31	1,81	1,74
<i>Balanus fluscus</i>	10	3,27	10,50	10,12
<i>Semimytilus algosus</i>	2	0,65	0,02	0,02
<i>Perumytilus purpuratus</i>	4	1,31	1,31	1,26
Mytilidae	7	2,29	0,07	0,07
<i>Tagelus dombeii</i>	3	0,98	0,03	0,03
<i>Tetrapygius niger</i>	5	1,63	0,05	0,05
<i>Homalaspis plana</i>	8	2,61	3,81	3,67
<i>Petrolisthes</i> sp.	23	7,52	4,52	4,35
<i>Taliepus dentatus</i>	5	1,63	0,82	0,79
Decapoda	8	2,61	0,08	0,08
Hidrozoa	14	4,58	0,15	0,14
TOTAL	306		103,8	100

Tabla 3

Correlación entre la abundancia relativa de las cuatro categorías de alimento y el tamaño corporal de *A. chilensis*

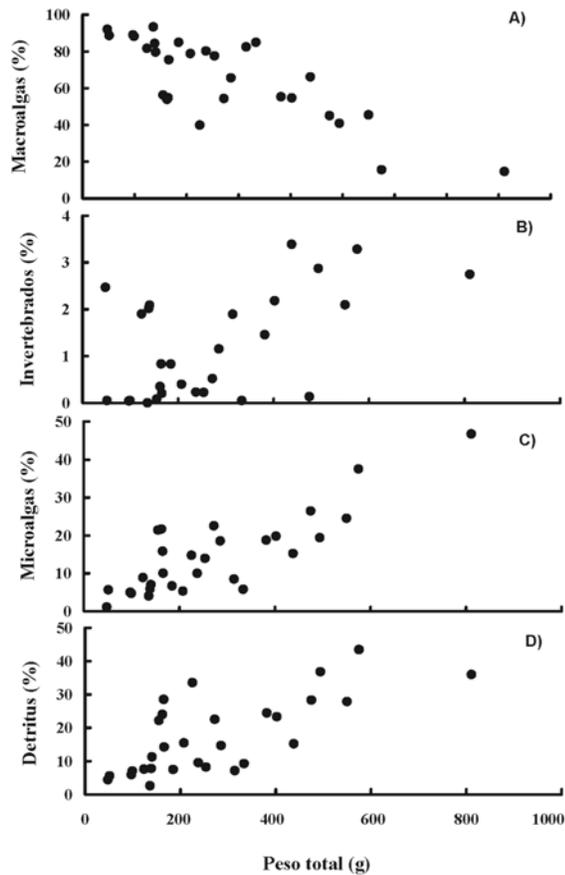
Correlation analysis of the relative abundance of four food categories and body size of *A. chilensis*

Variables	N	Rs	P
Peso total x % macroalgas	30	-0,73	< 0,001
Peso total x % invertebrados	29	0,49	0,007
Peso total x % microalgas	30	0,74	< 0,001
Peso total x % detrito	30	0,72	< 0,001

La composición de la dieta de *A. chilensis* presentó claras tendencias por los cuatro grupos de alimento en relación al tamaño corporal de los individuos. La abundancia de macroalgas mostró una tendencia negativa en relación al tamaño de los pepinos (Tabla 3, Fig. 1A). Los invertebrados presentaron una tendencia positiva y significativa (Tabla 3, Fig. 1B) al eliminar un dato que tenía más de 4 desviaciones estándares con respecto al promedio (n = 29). De la misma manera, las microalgas y el detrito mostraron un incremento positivo con relación al tamaño corporal de los individuos de *A. chilensis* (Tabla 3, Fig. 1C y D).

## Discusión

Las medidas morfométricas del tracto digestivo de *Athyonidium chilensis* se relacionaron positivamente con el peso corporal y el peso del contenido intestinal. Por lo tanto, individuos de mayor tamaño tienen un intestino de mayor volumen y así podrían consumir y digerir una mayor cantidad de alimento que los individuos de menor tamaño. El crecimiento del tracto digestivo, en general, es isométrico con el incremento del tamaño corporal, mientras que las demandas metabólicas se incrementan alométricamente con una pendiente menor a 1. Por esto, individuos de tamaño mayor pueden procesar una mayor cantidad de alimento y/o ingerir alimento de un menor valor nutricional (Benavides *et al.* 1994b). El incremento del tamaño del tracto digestivo está muy relacionado con los cambios dietarios de *A. chilensis*, similar a lo reportado en peces de la costa chilena (Fuentes & Cancino 1990, Benavides *et al.* 1994a, b), reafirmando la predicción de la teoría de digestión óptima (Sibly 1981). Cambios dietarios en la ontogenia también han sido indicados para otras especies de invertebrados, pero sin la existencia de un correlato morfológico (Gaines *et al.* 2002).



**Figura 1**

**Abundancia relativa (%) del alimento en relación al peso corporal de *A. chilensis*. A) macroalgas; B) invertebrados; C) microalgas; D) detrito**

Relative abundance (%) of food in relation to body size in *A. chilensis*. A) macroalgae; B) invertebrates; C) microalgae; D) detritus

En el contenido intestinal de *Athyonidium chilensis* se identificaron 36 ítems alimentarios correspondientes a restos de 18 macroalgas y 18 invertebrados a los que se agregó el ítem de microalgas como filtrado y detrito como sobrenadante. Estos antecedentes permiten concluir que esta especie consume una dieta mixta principalmente de alimento de baja calidad, para lo cual, como en otras especies de pepinos, deberían poseer una flora bacteriana que degrade este tipo de alimento (Lopez & Levinton 1987, Roberts *et al.* 2001). Esto basado en el bajo índice de asimilación con promedio 0,42 (rango = 0,04 a 0,97, n = 16) de algunos individuos analizados (datos no incluidos). Sin embargo, estos ítems mixtos pobres y de baja digestibilidad podrían contener fuentes importantes de

vitaminas y minerales (Bozinovic & Martínez del Río 1996). Mejorar la eficiencia de digestibilidad de estos alimentos pobres se puede alcanzar incrementando el tiempo de retención en el intestino (Sibly & Calow 1986). Asimismo, estos animales necesitan ingerir grandes cantidades de sedimento para maximizar una entrada neta de energía (Hudson *et al.* 2004), por lo tanto su digestión debería ser un proceso de larga duración.

Se encontró un cambio dietario en relación con el tamaño corporal de los pepinos, ya que los individuos de menor tamaño poseen una proporción mayor de macroalgas decreciendo con el tamaño corporal, en cambio las microalgas y detrito se incrementan positivamente, siendo estos alimentos de menor valor nutricional (Bowen *et al.* 1995). Esto nos permite inferir que los pepinos cambian su dieta en relación al tamaño corporal ya que el volumen del tracto digestivo aumenta, permitiéndoles ingerir un mayor volumen de material compuesto principalmente de detrito y microalgas. Aquí no afirmamos que *A. chilensis* seleccione su alimento, sino que los individuos de menor tamaño tendrían una mayor oferta de macroalgas en las pozas intermareales, ya que la cantidad ingerida de los otros tipos de alimentos se incrementa con el tamaño corporal independiente del tipo de hábitat. Además, la composición y frecuencia de los diferentes ítems alimenticios no presentaron diferencias entre pepinos pequeños, medianos y grandes, siendo la abundancia relativa la única fuente de variación con respecto al tamaño de los pepinos.

Coulon & Jangoux (1993) encontraron que la tasa de filtrado de *Holothuria tubulosa* se acentúa con el aumento del tamaño corporal de los pepinos. Además, estos autores estimaron que una población de *H. tubulosa* puede filtrar de 6 a 13 kg m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> de sedimento dependiendo de los regímenes de temperatura y tamaño corporal. Debido a esta actividad de alimentación, los holoturoideos pueden alterar la estabilidad del fondo marino donde habitan (Massin 1982, Coulon & Jangoux 1993, Dar & Ahmad 2006), por lo cual *A. chilensis* serían una especie clave en la estructura de los sedimentos en los ambientes submareales y pozas intermareales en la costa de Chile, con especial énfasis a los lugares donde son muy abundantes.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a dos evaluadores anónimos por su valiosa contribución para mejorar esta publicación.

## Literatura citada

- Benavides AG, JM Cancino & FP Ojeda. 1994a.** Ontogenic changes in gut dimensions and macroalgal digestibility in marine herbivorous fish, *Aplodactylus punctatus*. *Functional Ecology* 8: 46-51.
- Benavides AG, JM Cancino & FP Ojeda. 1994b.** Ontogenic changes in the diet of *Aplodactylus punctatus* (Pisces: Aplodactylidae); and ecophysiological explanation. *Marine Biology* 118: 1-5.
- Bowen SH, EV Lutz & MO Ahlgren. 1995.** Dietary protein and energy as determinants of food quality: trophic strategies compared. *Ecology* 76: 899-907.
- Bozinovic F & A Muñoz-Pedreiros. 1995.** Dieta mixta y energética nutricional de un roedor micófago en el sur de Chile: interacciones entre ítemes dietarios. *Revista Chilena de Historia Natural* 68: 383-389.
- Bozinovic F & C Martínez del Río. 1996.** Animals eat what they should not: why do they reject our foraging models? *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 15-20.
- Cariman A. 2002.** Patrones de distribución y morfología de *Athyonidium chilensis* (Echinodermata: Holothuroidea) en dos localidades de la VIII Región. Tesis de Biología Marina, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, 27 pp.
- Coulon P & M Jangoux. 1993.** Feeding rate and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed. *Marine Ecology Progress Series* 92: 201-204.
- Dar MA & HO Ahmad. 2006.** The feeding selectivity and ecological role of shallow water holothurians in the Red Sea. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin* 24: 11-21.
- Frankboner PV & JL Cameron. 1985.** Seasonal atrophy of the visceral organs in a sea cucumber. *Canadian Journal of Zoology* 63: 2888-2892.
- Fuentes S & JM Cancino. 1990.** Cambios morfométricos en el tubo digestivo de juveniles de *Girella laevis* (Kyphosidae) en función de la dieta y del nivel de repleción. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 25 (2): 19-26.
- Feral JP & C Massin. 1982.** Digestive systems: Holothuroidea. En: Jangoux M & JM Lawrence (eds) *Echinoderm Nutrition*, pp. 191-212. Balkema, Rotterdam.
- Gaines EF, RH Carmichael, SP Grady & I Valiela. 2002.** Stable isotopic evidence for changing nutritional sources of juvenile horseshoe crabs. *The Biological Bulletin* 203: 228-230.
- Ginger ML, D Billett, K Mackenzie, K Kiriakoulakis, R Neto, D Boardman, V Santos, I Horsfall & G Wolff. 2001.** Organic matter assimilation and selective feeding by holothurians in the deep sea: some observations and comments. *Progress in Oceanography* 50: 407-421.
- Hudson IR, BD Wigham & PA Tyler. 2004.** The feeding behaviour of a deep-sea holothurian, *Stichopus tremulus* (Gunnerus) based on in situ observations and experiments using a Remotely Operated Vehicle. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 301: 75-91.
- Hyslop E. 1980.** Stomach contents analysis - a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17: 411-429.
- Larraín A. 1995.** Biodiversidad de equinodermos chilenos: estado actual del conocimiento y sinopsis biosistemática. *Gayana Zoología* 59(1): 73-96.
- Lopez GR & JS Levinton. 1987.** Ecology of deposit feeding animals in marine sediments. *Quarterly Review of Biology* 62: 235-260.
- Massin C. 1982.** Effect of feeding on the environment Holothuroidea. En: Jangoux M & JM Lawrence (eds) *Echinoderm Nutrition*, pp. 493-496. Balkema, Rotterdam.
- Osorio C, J Atria & SF Mann. 1979.** Moluscos marinos de importancia económica en Chile. *Biología Pesquera* 11: 3-47.
- Pawson DL. 1983.** Holothuroidea from Chile. Report N° 46 of the Lund University Chile Expedition 1948-1949. *Sarsia* 38: 121-145.
- Ravest C. 2000.** *Athyonidium chilensis*. SPC Beche-de-mer Information Bulletin 13: 1-9.
- Retamal M. 1981.** Catálogo ilustrado de los crustáceos decápodos de Chile. *Gayana Zoología* 44: 1-110.
- Roberts D, HM Moore, J Berges, JW Patching, MW Carton & DF Eardly. 2001.** Sediment distribution, hydrolytic enzyme profiles and bacterial activities in the guts of *Oneirophanta mutabilis*, *Psychropotes longicauda* and *Pseudostichopus villosus*: what do they tell us about digestive strategies of abyssal holothurians? *Progress in Oceanography* 50: 443-458.
- Santelices B. 1988.** *Algas Marinas de Chile*, 399 pp. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.
- SERNAPESCA 2006.** Anuario estadístico de pesca 2005. Servicio Nacional de Pesca. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Chile.
- Sibly RM. 1981.** Strategies in digestion and defecation. En: Townsend CR & P Calow (eds). *Physiological ecology*, pp. 109-139. Sinauer Assoc. Sunderland, Massachusetts.
- Sibly RM & P Calow. 1986.** *Physiological ecology of animals: An evolutionary approach*, 179 pp. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Sirenko BI. 2004.** The ancient origin and persistence of chitons (Mollusca, Polyplacophora) that live and feed on deep submerged land plant matter (xylophages). *Bolletino Malacologico* 5: 105-110.
- Urbina M. 1981.** Sinopsis y clave para las especies de Holothuroideos (Clase Holothuroidea) de Chile. Tesis de Licenciatura, Universidad de Concepción, Concepción, 45 pp.
- Zar J. 1996.** *Biostatistical Analysis*, 745 pp. Prentice-Hall, New Jersey.