

Characterization of the fouling community of macroinvertebrates on the scallop *Nodipecten nodosus* (Mollusca, Pectinidae) farmed in Santa Catarina, Brazil

Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados incrustantes sobre la vieira *Nodipecten nodosus* (Mollusca, Pectinidae) cultivada en Santa Catarina, Brasil

JL Carraro^{1,2*}, GS Rupp³, B Mothes², C Lerner², NL Würdig¹

¹ Programa de Pós Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus do Vale, Porto Alegre, RS, Brasil.

² Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Museu de Ciências Naturais, Rua Dr. Salvador França 1427, 90690-000, Porto Alegre, RS, Brasil.

³ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina SA, Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca. Rod. Admar Gonzaga 1188, Itacorubi, 88034-901, Caixa-Postal 502, Florianópolis, SC, Brasil.

* Corresponding author. E-mail: joao.carraro@ufrgs.br

ABSTRACT. The culture of marine molluscs became, in the last ten years, an important source of income for communities living along the coast of Santa Catarina State, Brazil. The scallop *Nodipecten nodosus* is a species with high potential for aquaculture, and cultivation at pilot/experimental scale has been carried out in the state with excellent prospects. The present study aimed to identify and characterize the fouling organisms on *N. nodosus* and also assess scallop growth and survival. Samples were collected from *N. nodosus* shells cultured at Canto Grande Beach, Santa Catarina State, from June 2006 to July 2007. Thirty-one taxa of eight groups were collected from scallop valves, but only 10 taxa represented more than 98% of the total abundance. Despite increased richness of species and differences in abundance and diversity, no evidence of ecological succession was found. Even after 467 days of study without cleaning the valves, scallops presented high growth (5.58 mm month⁻¹) and survival rates (~90%).

Key words: Pectinidae, epibionts, Santa Catarina, Brazil, *Nodipecten nodosus*.

RESUMEN. El cultivo de moluscos marinos se ha convertido en los últimos años en una importante fuente de ingresos para comunidades del litoral del estado de Santa Catarina, Brasil. La vieira *Nodipecten nodosus* es una especie con alto potencial para la acuicultura, y su cultivo a escala experimental/piloto ya se desarrolla con excelentes perspectivas. El presente trabajo tuvo como objetivo identificar y caracterizar los organismos incrustantes sobre las valvas de *N. nodosus* y evaluar el crecimiento y la supervivencia de las vieiras. Se recolectaron muestras de conchas de *N. nodosus* cultivada en la playa de Canto Grande, Santa Catarina, entre junio de 2006 y julio de 2007. Se recolectaron 31 taxones de ocho grupos de las valvas de las vieiras, pero sólo 10 taxones representaron más del 98% de la abundancia total. A pesar de la alta riqueza de especies y diferencias en la abundancia y diversidad, no se encontró evidencia de sucesión ecológica. Luego de 467 días de cultivo sin limpiar las valvas, las vieiras presentaron altas tasas de crecimiento (5.58 mm mes⁻¹) y supervivencia (~90%).

Palabras clave: Pectinidae, epibiontes, Santa Catarina, Brasil, *Nodipecten nodosus*.

INTRODUCTION

Epibiosis and fouling are extremely common phenomena in marine environments of hard substrate, so submersed culture structures, ship hulls, oil platforms, and sea shells that can serve as substrates are quickly colonized by fouling organisms (Claereboudt *et al.* 1994, Lodeiros and Himmelman 1996, Brake and Parsons 1998, Rupp 2007, Mol *et al.* 2009). The lack of free substrate becomes a limiting factor to a number of filter-feeding species, even when resources are favorable to the settlement of sessile organisms (Wahl 1989). The colonization of a new substrate occurs in four subsequent steps: chemical conditioning, bacterial colonization,

INTRODUCCIÓN

La epibiosis y la bioincrustación son fenómenos muy comunes en ambientes marinos de sustrato duro, y las estructuras de cultivo sumergidas, los cascos de buques, las plataformas petroleras y las conchas marinas que pueden servir como sustratos son rápidamente colonizadas por organismos incrustantes (Claereboudt *et al.* 1994, Lodeiros y Himmelman 1996, Brake y Parsons 1998, Rupp 2007, Mol *et al.* 2009). La falta de sustrato libre se convierte en un factor limitante para varias especies filtradoras aun cuando los recursos son favorables para el asentamiento de organismos sésiles (Wahl 1989). La colonización de un sustrato nuevo

unicellular eukaryote, and multicellular eukaryote (Butman 1987).

Epibiotic organisms, such as bivalve molluscs, barnacles, ascidians, bryozoans, sponges, and some species of polychaetes attached to a substrate, are known to form fouling communities. Most of them are filter-feeders and may compete for suspended particles with cultured organisms (Claereboudt *et al.* 1994). Additionally, fouling on scallop shells can interfere with their vital functioning (for example, the correct opening and closure of the valves and reduced filtration rate) and consequently affects growth (Lodeiros and Himmelman 1996). However, the interspecific relationship between fouling organisms and cultured bivalve molluscs is not necessarily negative. Chernoff (1987) reported mutualism between epibiotic sponges and the scallop *Chlamys asperina*, which was in turn less predated by starfish. Accordingly, Armstrong *et al.* (1999) reported that when the scallop *Chlamys opercularis* was covered by sponges no other invertebrates were found colonizing the valves. Other studies reported no negative effects of fouling communities on the development of juvenile scallops from nursery (Widman and Rhodes 1991) to commercial size adults.

In the culture of *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819) in Tongoy Bay, Chile, Uribe *et al.* (2001) observed a number of benthic organisms attached to the scallop valves and to the suspended culture structures. These epibiotic species interfered negatively with scallop growth and survival as they obstructed water flow through the nets, reduced availability of food and oxygen, and consequently caused serious economic losses.

In the last decade, the culture of marine molluscs has become an important source of income for the communities living along the coast of Santa Catarina. The state is the largest producer of cultured bivalve molluscs in Brazil and the second in Latin America (Rupp *et al.* 2008). The lion's paw scallop *Nodipecten nodosus* (Linnaeus 1758) is a promising species for aquaculture, and experimental and pilot scale cultures have been carried out in Santa Catarina with excellent perspectives (Rupp and De Bem 2004, Rupp *et al.* 2005). Nevertheless, Rupp (2007) observed that the incidence of epibiotic organisms on the valves of *N. nodosus* scallops cultured at Caieira da Barra do Sul, Santa Catarina, for more than four months could interfere with scallop growth.

The present study aimed to identify and characterize the sessile invertebrate organisms fouling on the valves of the *N. nodosus* cultured in a suspended system and, additionally, characterize scallop growth and survival. During the 467 days of study, samples were taken at three- to four-month intervals to assess the occurrence of such sessile organisms and determine any possible negative effects on the growth and survival of the scallops.

se realiza en cuatro pasos sucesivos: acondicionamiento químico, colonización bacteriana, eucarionte unicelular y eucarionte multicelular (Butman 1987).

Los organismos epibióticos, tales como moluscos bivalvos, balanos, ascidias, briozoarios, esponjas y algunas especies de poliquetos adheridos a un sustrato, forman comunidades incrustantes. La mayoría son organismos filtradores y pueden competir por partículas suspendidas con organismos cultivados (Claereboudt *et al.* 1994). Además, la bioincrustación de las conchas de pectínidos puede interferir con su funcionamiento vital (por ejemplo, la correcta apertura y cierre de las valvas y una tasa de filtración reducida) y, por ende, afecta el crecimiento (Lodeiros y Himmelman 1996). Aun así, la relación interespecífica entre los organismos incrustantes y los moluscos bivalvos cultivados no es necesariamente negativa. Chernoff (1987) documentó la existencia de mutualismo entre esponjas epibióticas y *Chlamys asperina*, que a su vez es menos predada por estrellas de mar. Armstrong *et al.* (1999) informaron que cuando *Chlamys opercularis* se encontraba cubierta de esponjas no se observaban otros invertebrados colonizando las valvas. Según otros estudios, no se encontraron efectos negativos de las comunidades incrustantes durante el desarrollo de pectínidos juveniles (Widman y Rhodes 1991) hasta talla comercial.

En un cultivo de *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819) en la bahía de Tongoy, Chile, Uribe *et al.* (2001) observaron varios organismos bentónicos adheridos a las valvas de los pectínidos y a las estructuras de cultivo suspendidas. Estas especies epibióticas interfirieron negativamente con el crecimiento y la supervivencia de los organismos ya que obstruyeron el flujo de agua a través de las redes y redujeron la disponibilidad de alimento y oxígeno, ocasionando serias pérdidas económicas.

En la última década, el cultivo de moluscos marinos se ha convertido en una importante fuente de ingresos para las comunidades que habitan a lo largo de la costa de Santa Catarina. Este estado es el principal productor de moluscos bivalvos en Brasil y el segundo en Latinoamérica (Rupp *et al.* 2008). La vieira *Nodipecten nodosus* (Linnaeus 1758) es una especie con alto potencial para la acuicultura, y su cultivo a escala experimental/piloto se realiza en Santa Catarina con excelentes perspectivas (Rupp y De Bem 2004, Rupp *et al.* 2005). No obstante, Rupp (2007) observó que la incidencia de organismos epibióticos en las valvas de *N. nodosus* cultivada en Caieira da Barra do Sul, Santa Catarina, durante más de cuatro meses podía afectar su crecimiento.

El objetivo del presente trabajo fue identificar y caracterizar los invertebrados sésiles incrustantes sobre las valvas de *N. nodosus* cultivada en un sistema suspendido, así como caracterizar el crecimiento y la supervivencia de las vieiras. Durante los 467 días de estudio, se tomaron muestras cada tres a cuatro meses para evaluar la presencia de tales organismos sésiles y determinar los posibles efectos negativos en el crecimiento y la supervivencia de las vieiras.

MATERIAL AND METHODS

Sampling site

Samples were collected from a scallop, *N. nodosus*, culture at Canto Grande Beach, Bombinhas, Santa Catarina State, Brazil (27°13' S, 48°30' W) (fig.1).

Field activities

Scallops were cultured in 5–8 layer lantern nets suspended in longlines at a depth of 2 m from the surface. Initial lantern nets were 40 mm in diameter (6-mm mesh) and in the second sampling scallops were transferred to 42-mm diameter lantern nets (15-mm mesh). Depth at the culture site was approximately 5 m. The scallops used in this study were obtained by induced spawning at the Marine Mollusc Laboratory, Federal University of Santa Catarina (Laboratório de Moluscos Marinhos, Universidade Federal de Santa Catarina). Juvenile scallops were retrieved from the collector bags in April and maintained in a sea-based nursery until June 2006, when sampling started. A total of 480 scallops were used in the study. Initial scallop mean valve length was 15.94 mm. Initially, 80 scallops were stocked in each of two compartments of three lantern nets. During the culture period, scallop density was reduced and they were divided among the five compartments of the lantern nets. Scallop density occupied 30% of the bottom area of the compartment. Water temperature was recorded at hourly intervals from 21 June 2006 to 04 July 2007 with a continuous temperature logger (TidBit) attached to the lantern nets.



Figure 1. Location of the sampling site (●) where the scallop *Nodipecten nodosus* was cultured: Canto Grande Beach, Bombinhas, Santa Catarina, Brazil.

Figura 1. Localización del sitio de muestreo (●) donde se cultivó la vieira *Nodipecten nodosus*: playa de Canto Grande, Bombinhas, Santa Catarina, Brasil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de muestreo

Se obtuvieron muestras de la vieira *N. nodosus* de un cultivo en la playa de Canto Grande, Bombinhas, estado de Santa Catarina, Brasil (27°13' S, 48°30' W) (fig.1).

Actividades de campo

Las vieiras se cultivaron en cestas tipo linterna (*lantern nets*) de 5 a 8 niveles suspendidas en una línea madre (*longline*) a una profundidad de 2 m de la superficie. Las cestas iniciales tuvieron un diámetro de 40 mm (6 mm de luz de malla), pero en el segundo muestreo se transfirieron las vieiras a cestas de 42 mm de diámetro (15 mm de luz de malla). La profundidad en el sitio de cultivo fue de alrededor de 5 m. Las vieiras utilizadas en este estudio se obtuvieron mediante desove inducido en el Laboratorio de Moluscos Marinos, Universidad Federal de Santa Catarina (Laboratório de Moluscos Marinhos, Universidade Federal de Santa Catarina). Se retiraron vieiras juveniles de las bolsas recolectoras en abril y se mantuvieron en un criadero en el mar hasta junio de 2006, cuando inició el muestreo. Se utilizaron 480 vieiras para el estudio. La longitud media inicial de las valvas fue de 15.94 mm. Inicialmente, se sembraron 80 vieiras en cada uno de dos compartimientos de tres cestas. Durante el periodo de cultivo, se redujo la densidad de vieiras y se dividieron entre cinco compartimientos de las cestas, ocupando 30% del área de fondo del compartimiento. La temperatura del agua se registró cada hora desde el 21 de junio de 2006 hasta el 04 de julio de 2007 con un registrador de temperatura continuo (TidBit) sujetado a las cestas.

Las muestras se recolectaron en junio, septiembre y diciembre de 2006 y en abril y julio de 2007 para cubrir las cuatro estaciones del año. Las vieiras de los diferentes niveles de cada cesta se juntaron en tanques de plástico de 100 L y se contaron. De cada tanda de vieiras, se escogieron 18 individuos al azar, de los cuales 10 se utilizaron para analizar la comunidad de organismos invertebrados asociados con las valvas y 8 se usaron para analizar el peso seco del músculo aductor, las gónadas y los tejidos, así como el peso seco total. El peso seco de la bioincrustación se determinó por la diferencia entre las valvas con organismos incrustantes y sin organismos incrustantes después de limpiar las conchas. Se analizaron un total de 270 vieiras, de las cuales 150 se utilizaron para analizar la comunidad de invertebrados asociados y 120 se utilizaron para el análisis de crecimiento. Las vieiras se fotografiaron, fijaron en formalina al 4% y se transportaron al laboratorio donde se mantuvieron en alcohol de 70°. Debido al método empleado en este estudio, no se analizaron los microcrustáceos móviles. Sólo se analizaron los organismos incrustantes sobre ambas valvas (la bioincrustación de las cestas no se incluyó) ya que las cestas se reemplazaban cada dos meses para evitar su congestión, lo cual podría

Samples were collected so as to include the four seasons, i.e., in June, September, December 2006, and April and July 2007. Scallops from the different layers of each lantern net were pooled in 100-L plastic tanks and counted. From each pool of scallops, 18 individuals were randomly chosen. From these, 10 individuals were used to analyze the community of invertebrate organisms associated with the valves and 8 were used for the analysis of dry weight of the adductor muscle, gonads, and tissues, and total dry weight. Dry weight of fouling was determined by the difference between valves with fouling and without fouling after the cleaning of shells. A total of 270 scallops were analyzed, of which 150 were used for the analysis of the associated community of invertebrates and 120 were used for growth analysis. Scallops were photographed, fixed in 4% formalin, and transported to the screening laboratory where they were kept in 70° alcohol. Due to the method used in this study, moving micro-crustaceans were not analyzed. Only the fouling organisms on both scallop valves were analyzed (fouling on the lantern nets was not included), as lantern nets were replaced every two months to avoid net clogging that could interfere with water flow and scallop growth, as demonstrated by Brake and Parsons (1998).

Dry weight and growth parameters were determined at the laboratory of the Center for the Development of Aquaculture and Fisheries (Centro de Desenvolvimento em Aqüicultura e Pesca/Epagri). Fouling organisms were identified at the Museum of Natural Sciences of the Rio Grande do Sul Zoobotanic Foundation (Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul).

Data analysis

Species richness was determined by the sum of species in each of the sampling months. Mean wet and dry weights of scallops were calculated by summing the weight of each scallop and dividing by the number of scallops per sampling. The definition of constancy of occurrence of each taxon per sample was based on the percentages suggested by Dajoz (1973): zero (0%) to 25%, occasional; >25% to 50%, accessory; and >50%, constant. The differences in the values of the epifauna structure and the scallop growth measurements were analyzed by one-way analysis of variance using the program R v2.9.0.

RESULTS

A total of 18,477 epibiotic individuals were found distributed on the scallop valves, and the screening of the organisms resulted in 32 species belonging to eight major groups (table 1). The main groups in number of species (total richness) were Mollusca (28%) and Porifera (25%), representing 53% of the species found in the culture. Urocordata (15.6%) and Polychaeta (15.6%) represented 31.2% of the species. These four groups represented more than 80% of the total

interferir con el flujo de agua y el crecimiento de las vieiras, como fue demostrado por Brake y Parsons (1998).

Los parámetros de crecimiento y peso seco se determinaron en el laboratorio del Centro para el Desarrollo de la Acuicultura y Pesca (Centro de Desenvolvimento em Aqüicultura e Pesca/Epagri). Los organismos incrustantes se identificaron en el Museo de Ciencias Naturales de la Fundación Zoobotánica de Rio Grande do Sul (Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul).

Análisis de datos

La riqueza de especies se determinó mediante la suma de las especies en cada uno de los meses de muestreo. El peso húmedo y el peso seco medio de las vieiras se calcularon sumando el peso de cada vieira y dividiendo por el número de vieiras por muestreo. La definición de la constancia de ocurrencia de cada especie por muestra se basó en los porcentajes propuestos por Dajoz (1973): cero (0%) a 25%, ocasional; >25% a 50%, secundaria; y >50%, constante. Las diferencias en los valores de la estructura de la epifauna y las mediciones de crecimiento de las vieiras se analizaron mediante un análisis de varianza de una vía con el programa R v2.9.0.

RESULTADOS

Se encontraron un total de 18,477 individuos epibióticos distribuidos en las valvas de las vieiras, los cuales se clasificaron en 32 especies pertenecientes a ocho grupos principales (tabla 1). Los principales grupos en número de especies (riqueza total) fueron Mollusca (28%) y Porifera (25%), que representaron 53% de las especies. Urocordata (15.6%) y Polychaeta (15.6%) representaron 31.2% de las especies. Estos cuatro grupos representaron más del 80% del número total de especies en el presente estudio (tabla 1). Las especies con el mayor número de individuos fueron *Crassostrea rhizophorae* (31.7%), *Ostrea equestris* (24.9%), *Balanus* spp. (15%), *Bugula neritina* (10%) y Serpulidae-morfotipo I (8%), los cuales representaron 89% (16,493) del número total de individuos muestreados.

El número total de especies incrementó continuamente durante los meses de muestreo, con conteos más altos en abril y julio de 2007, con 30 especies en cada ocasión (tabla 1). El número promedio de especies por vieira aumentó significativamente hasta diciembre de 2006 y luego se estabilizó (fig. 2). El número máximo de especies incrustantes sobre una sola vieira fue 13. Según la definición de la constancia de especies (Dajoz 1973), de las 32 especies encontradas, 20 (61%) pueden considerarse constantes, 9 secundarias y 2 ocasionales (tabla 2).

El peso seco de la bioincrustación por vieira aumentó continuamente durante los meses de muestreo ($F_{(4,121)} = 75,486$; $P = 0.00001$), de 0.04 g por vieira en junio de 2006 a 26.83 g por vieira en julio de 2007. El peso seco de las conchas también aumentó significativamente durante el

Table 1. Total abundance of epibiotic fauna on the valves of *Nodipecten nodosus* cultured at Canto Grande, Santa Catarina, Brazil, between June 2006 and July 2007.**Tabla 1.** Abundancia total de la fauna epibiótica en las valvas de la vieira *Nodipecten nodosus* cultivada en Canto Grande, Santa Catarina, Brasil, entre junio de 2006 y julio de 2007.

Species	June 06	September 06	December 06	April 07	July 07	Total
Porifera						
<i>Arenosclera brasiliensis</i>	–	9	50	57	50	166
<i>Halichondria (Halichondria) sp.</i>	–	2	9	20	24	55
<i>Hymeniacidon heliophila</i>	–	–	–	2	1	3
<i>Lissodendoryx isodictyalis</i>	–	1	–	5	1	7
<i>Mycale (Carmia) sp.</i>	–	–	–	1	–	1
<i>Mycale microsigmatosa</i>	–	–	–	8	12	20
<i>Prosuberites sp.</i>	–	–	–	7	2	9
<i>Tedania ignis</i>	–	–	–	1	1	2
Cnidaria						
Anthozoa, morphotype I	–	–	1	12	4	17
Polychaeta						
Serpulidae, morphotype I	49	348	313	369	322	1401
Terebellidae, morphotype I	3	573	185	85	260	1106
<i>Polydora sp.</i>	–	–	–	4	2	6
Sabellidae, morphotype I	–	12	72	16	6	106
Errantia, morphotype I	–	3	4	7	9	23
Platyhelminthes						
Polycladia, morphotype I	–	1	–	–	5	6
Mollusca						
<i>Crassostrea rhizophorae</i>	156	839	3510	716	649	5870
<i>Ostrea equestris</i>	96	583	2647	661	622	4609
<i>Litophaga sp.</i>	–	–	–	22	9	31
Bivalvia, morphotype I	–	5	28	3	5	40
<i>Pteria sp.</i>	–	–	–	1	2	3
Bivalvia, morphotype II	–	–	4	3	2	9
Pectinidae, morphotype I	–	2	2	–	–	4
<i>Perna perna</i>	–	–	4	6	1	11
Littorinidae, morphotype I	–	–	4	1	3	8
Crustacea						
<i>Balanus spp.</i>	29	921	832	532	406	2720
Bryozoa						
<i>Bugula netirina</i>	973	219	315	239	147	1307
<i>Schizoporella sp.</i>	–	3	21	32	19	75
Urochordata						
Styelidae, morphotype I	–	19	14	30	36	99
Didemnidae, morphotype I	3	3	18	64	57	145
Didemnidae, morphotype II	–	4	7	10	1	22
Polycinidae, morphotype I	–	–	–	2	2	4
Asciidiidae, morphotype I	–	–	–	1	4	5
Richness	7	18	20	30	30	32
Total individuals	1309	3547	8040	2917	2664	18,477

number of species in the present study (table 1). The species with the larger number of individuals were *Crassostrea rhizophorae* (31.7%), *Ostrea equestris* (24.9%), *Balanus* spp. (15%), *Bugula neritina* (10%), and Serpulidae-morphotype I (8%), representing 89% (16,493) of the total number of individuals sampled.

The total number of species continuously increased throughout the sampling months with higher counts in April and July 2007, with 30 species in each event (table 1). The mean number of species per scallop increased significantly until December 2006 and then stabilized (fig. 2). The maximum number of fouling species on an individual scallop was 13. According to the definition of constancy of species (Dajoz 1973), out of the 32 species found, 20 (61%) may be considered constant, 9 were accessory, and 2 occasional (table 2).

Dry weight of the fouling per scallop increased continuously during the sampling months ($F_{(4,121)} = 75,486$; $P = 0.00001$). In June 2006, fouling dry weight was 0.04 g per scallop and in July 2007 it had reached 26.83 g per scallop. Dry weight of shells also increased significantly during the study ($F_{(4,121)} = 102,555$; $P = 0.00001$). Shell dry weight was always higher than the fouling dry weight (fig. 3). Scallop growth in shell length was also continuous and significant during the sampling months ($F_{(4,145)} = 306,385$; $P = 0.00001$) (fig. 4). Mean initial and final heights of the scallops were 15.94 and 89 mm, respectively, representing a mean growth rate of 5.58 mm per month. Wet weight of the adductor muscle (fig. 5) followed the same pattern with significant growth during the sampling period ($F_{(1,69)} = 19,947$; $P = 0.0001$). During the first 10 months of the study, mean wet weight of the adductor muscle attained 8 g, which can be considered adequate for commercialization.

Water temperature reached the highest values in February 2007 (summer) and the lowest in September 2006 (winter): 27.31 and 16.44 °C, respectively (fig. 6).

According to figures 4 and 5, the scallops increased continuously in size and mass throughout the study, demonstrating that they continued to grow despite the fouling community on the valves. Final survival was 90%.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

According to previous studies, richness of epibiotic species reported to settle on *N. nodosus* scallops cultured in Brazil and Venezuela was 20 and 11 species, respectively (Rupp and Parsons 2006, Uribe *et al.* 2001). In the present study, the number increased to 31 taxa (table 1). In Chile, in *Argopecten purpuratus* cultures, as high as 63 taxa have been reported (Uribe *et al.* 2001). In the present study, the maximum number of fouling species on one individual scallop was 13, whereas the total number of species recorded throughout the study was 32. After seven months, the number of species tended to stabilize (December 2006) (fig. 2).

estudio ($F_{(4,121)} = 102,555$; $P = 0.00001$). El peso seco de las conchas siempre fue mayor que el peso seco de la bioincrustación (fig. 3). El crecimiento en longitud de la concha de las vieiras también fue continuo y significativo durante el periodo de muestreo ($F_{(4,145)} = 306,385$; $P = 0.00001$) (fig. 4). La altura promedio inicial de las vieiras fue de 15.94 mm y la final de 89 mm, lo que representa una tasa de crecimiento promedio de 5.58 mm por mes. El peso seco del músculo aductor (fig. 5) presentó el mismo patrón, con un crecimiento significativo durante el periodo de muestreo ($F_{(1,69)} = 19,947$; $P = 0.0001$). Durante los primeros 10 meses del estudio, el peso seco promedio del músculo aductor alcanzó 8 g, lo cual puede considerarse adecuado para su comercialización.

La temperatura del agua alcanzó los valores mayores en febrero de 2007 (verano) y los menores en septiembre de 2006 (invierno): 27.31 y 16.44 °C, respectivamente (fig. 6).

Según las figuras 4 y 5, las vieiras aumentaron continuamente en talla y masa durante el estudio, lo que indica que continuaron creciendo a pesar de la comunidad incrustante sobre las valvas. La supervivencia final fue de 90%.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Según estudios previos, la riqueza de especies epibióticas encontradas sobre individuos de *N. nodosus* en Brasil y Venezuela fue de 20 y 11 especies, respectivamente (Rupp y Parsons 2006, Uribe *et al.* 2001). En el presente trabajo, el número incrementó a 31 taxones (tabla 1). En cultivos de *Argopecten purpuratus* en Chile, se han registrado hasta 63 taxones (Uribe *et al.* 2001). En nuestro estudio, el número máximo de especies incrustantes sobre una sola vieira fue

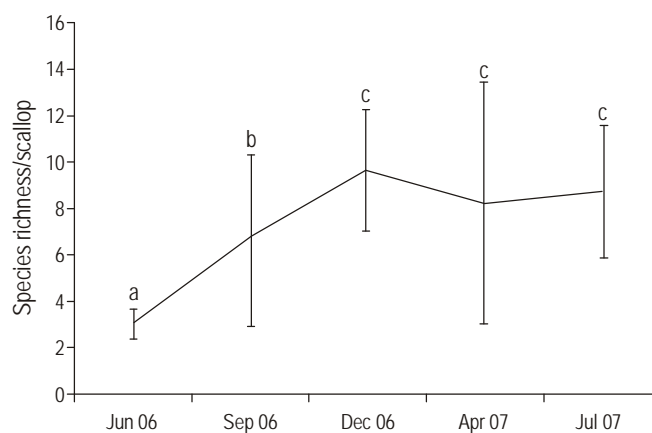


Figure 2. Variation in mean richness of fouling species per scallop between June 2006 and July 2007 in the *Nodipecten nodosus* culture at Canto Grande Beach, Santa Catarina, Brazil (different letters indicate significant difference between sampling periods).

Figura 2. Variación de la riqueza media de especies incrustantes por vieira, muestreadas entre junio de 2006 y julio de 2007 en el cultivo de *Nodipecten nodosus* en Canto Grande, Santa Catarina, Brasil (las letras diferentes indican una diferencia significativa entre los periodos de muestreo).

One difference of the *N. nodosus* culture at Canto Grande was the high number of species of sponges, whereas elsewhere in Brazil, Chile, Venezuela, and Mexico, only one species of the genus *Cliona* was found (Rupp and Parsons 2006, Uribe *et al.* 2001). This genus is known to include species that excavate calcium carbonate substrates (Rützler and Rieger 1973). Studies on *Saccostrea commercialis* and *Pinctada maxima* oyster cultures reported the presence of such boring sponges (Wesche *et al.* 1997, Fromont *et al.*

13, mientras que el número total de especies registradas durante el periodo de muestreo fue de 32. Después de siete meses, el número de especies tendió a estabilizarse (diciembre de 2006) (fig. 2).

Una diferencia del cultivo de *N. nodosus* de Canto Grande es el alto número de especies de esponjas encontradas, en comparación con otras partes de Brasil y en Chile, Venezuela y México donde sólo se ha encontrado una especie del género *Cliona* (Rupp y Parsons 2006, Uribe *et al.* 2001).

Table 2. Constancy of species, according to Dajoz (1973), on the valves of *Nodipecten nodosus* cultured between June 2006 and July 2007 at Canto Grande, Santa Catarina, Brazil.

Tabla 2. Constancia de las especies, según Dajoz (1973), en las valvas de la vieira *Nodipecten nodosus* cultivada entre junio de 2006 y julio de 2007 en Canto Grande, Santa Catarina, Brasil.

Species	% from total	Group	Constancy
1. <i>Crassostrea rhizophorae</i>	100	Mollusca	Constant
2. <i>Ostrea equestris</i>	100	Mollusca	Constant
3. <i>Balanus</i> spp.	100	Cirripedia	Constant
4. Serpulidae	100	Polychaeta	Constant
5. Terebelidae	100	Polychaeta	Constant
6. <i>Bugula neritina</i>	100	Bryozoa	Constant
7. <i>Arenosclera brasiliensis</i>	80	Porifera	Constant
8. <i>Halichondria</i> (H.) sp.	80	Porifera	Constant
9. Sabellidae	80	Polychaeta	Constant
10. Errantia, morphotype I	80	Polychaeta	Constant
11. Bivalvia, morphotype I	80	Mollusca	Constant
12. <i>Schizoporella</i> sp.	80	Bryozoa	Constant
13. Styelidae	80	Ascidaceae	Constant
14. Didemnidae, morphotype 1	80	Ascidaceae	Constant
15. Didemnidae – morphotype 2	80	Ascidaceae	Constant
16. <i>Lissodendoryx isodictyalis</i>	60	Porifera	Constant
17. Anthozoa	60	Cnidaria	Constant
18. Bivalvia, morphotype 2	60	Mollusca	Constant
19. <i>Perna perna</i>	60	Mollusca	Constant
20. Littorinidae	60	Mollusca	Constant
21. <i>Hymeniacidon heliophila</i>	40	Porifera	Occasional
22. <i>Mycale microsigmatosa</i>	40	Porifera	Occasional
23. <i>Prosuberites</i> sp.	40	Porifera	Occasional
24. <i>Tedania ignis</i>	40	Porifera	Occasional
25. <i>Polydora</i> sp.	40	Polychaeta	Occasional
26. Polycladia, morphotype 1	40	Platyhelminthes	Occasional
27. <i>Pteria</i> sp.	40	Mollusca	Occasional
28. <i>Litophaga</i> sp.	40	Mollusca	Occasional
29. Pectinidae, morphotype I	40	Mollusca	Occasional
30. Polycinidae, morphotype I	40	Ascidaceae	Occasional
31. Ascidiidae, morphotype I	40	Ascidaceae	Occasional
32. <i>Mycale</i> (<i>Carmia</i>) sp.	20	Porifera	Accessory

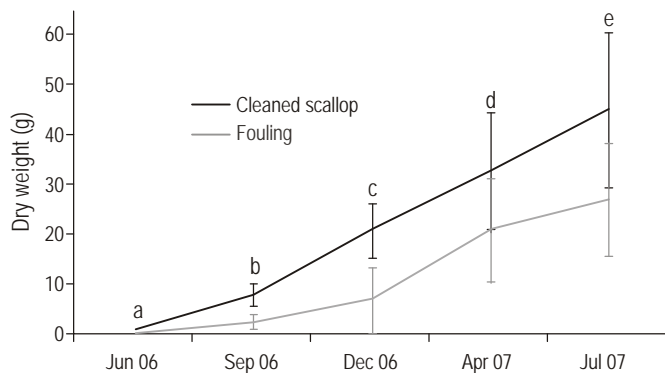


Figure 3. Variation of fouling and cleaned scallop dry weight between June 2006 and July 2007 in the *Nodipecten nodosus* culture at Canto Grande, Santa Catarina, Brazil (different letters indicate significant difference between sampling periods).

Figura 3. Variación del peso seco de la bioincrustación y de los ejemplares de *Nodipecten nodosus* limpiados, muestreados entre junio de 2006 y julio de 2007 en el cultivo de Canto Grande, Santa Catarina, Brasil (las letras diferentes indican una diferencia significativa entre los periodos de muestreo).

2005), and sponges may compete for food with *Crassostrea gigas* oysters during growout (Arakawa 1990). Boring sponges were not observed in the present study and the species found did not prevent the settlement of other organisms, as hypothesized by Armstrong *et al.* (1999) for the scallop *Chlamys opercularis*. Most of the sponge species started occurring from December 2006, when scallop valves were already fouled with more than 60% of the species, demonstrating the ability of sponges to settle on highly occupied substrates, as reported by Forester (1979) and Faulkner (1984).

Polychaeta, Bivalvia, and Cirripedia, the main groups found in the *N. nodosus* culture at Canto Grande, tended to be the same groups found in scallop cultures in Daya Bay (China), in the Gulf of Cariaco (Venezuela), and in Magdalena Bay and La Paz Bay (Mexico) (Lodeiros and Hilmelman 1996, 2000; Lodeiros *et al.* 1998; Uribe *et al.* 2001; Zhenxia *et al.* 2008). However, mortality rates of *Crassostrea rhizophorae* and *Ostrea equestris* were high, and usually around 70% of the individuals larger than 3 cm found on the scallop shells were dead. In turn, *Balanus* spp. and individuals of the families Serpullidae and Terebellidae, despite the high density, were small in size and did not affect the valves of *N. nodosus* as other species from the same groups did on the aforementioned cultures. Not even the presence of *Litophaga* molluscs and *Polydora* polychaetes seemed to affect the growth of the scallops. Both are boring species and Uribe *et al.* (2001) considered them pests causing enormous losses to mollusc cultures. Rupp (1997) reported heavy incrustation by species of the genus *Polydora* on *N. nodosus* scallops cultured in Caiera da Barra do Sul, Santa Catarina. The same was observed in cultures of *A. purpuratus*,

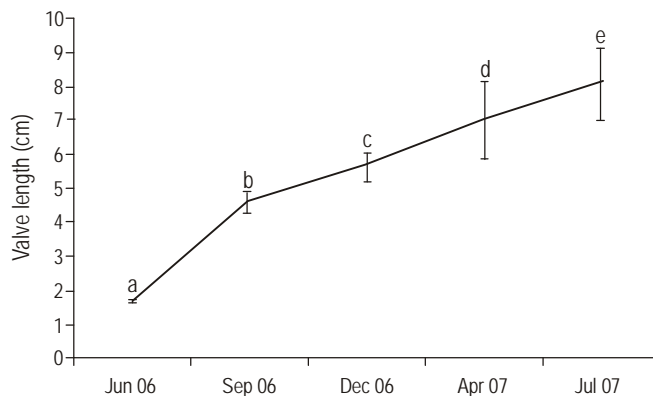


Figure 4. Scallop growth in shell length from June 2006 to July 2007 in the *Nodipecten nodosus* culture at Canto Grande Beach, Santa Catarina, Brazil (different letters indicate significant difference between sampling periods).

Figura 4. Crecimiento en longitud de la concha de los ejemplares de *Nodipecten nodosus*, muestreados entre junio de 2006 y julio de 2007 en el cultivo de Canto Grande, Santa Catarina, Brasil (las letras diferentes indican una diferencia significativa entre los periodos de muestreo).

Se sabe que este género incluye especies que excavan sustratos de carbonato de calcio (Rützler y Rieger 1973). Trabajos sobre cultivos de los ostiones *Saccostrea commercialis* y *Pinctada maxima* han documentado la presencia de esponjas excavadoras (Wesche *et al.* 1997, Fromont *et al.* 2005), y las esponjas pueden competir por alimento con el ostión *Crassostrea gigas* durante el periodo de engorda (Arakawa 1990). No se observaron esponjas excavadoras durante el presente estudio y las especies encontradas no impidieron el asentamiento de otros organismos, según la hipótesis propuesta por Armstrong *et al.* (1999) para la volandeira *Chlamys opercularis*. La mayoría de las especies de esponjas se observaron a partir de diciembre de 2006, cuando las valvas ya estaban incrustadas por más del 60% de las especies, lo que demuestra la habilidad de las esponjas de asentarse sobre sustratos muy ocupados, como lo indican Forester (1979) y Faulkner (1984).

Los principales grupos encontrados en el cultivo de *N. nodosus* de Canto Grande fueron Polychaeta, Bivalvia y Cirripedia, los cuales fueron los mismos grupos encontrados en cultivos de pectínidos en la bahía de Daya (China), en el golfo de Cariaco (Venezuela), y en las bahías de La Paz y Magdalena (México) (Lodeiros y Hilmelman 1996, 2000; Lodeiros *et al.* 1998; Uribe *et al.* 2001; Zhenxia *et al.* 2008). Sin embargo, las tasas de mortalidad de *Crassostrea rhizophorae* y *Ostrea equestris* fueron altas, y generalmente alrededor de 70% de los individuos mayores que 3 cm sobre las conchas estaban muertos. En cambio, *Balanus* spp. e individuos de las familias Serpullidae y Terebellidae, a pesar de su alta densidad, eran de talla pequeña y no afectaron las valvas de *N. nodosus* como lo hicieron otras especies de los mismos grupos en los cultivos mencionados. Ni la presencia

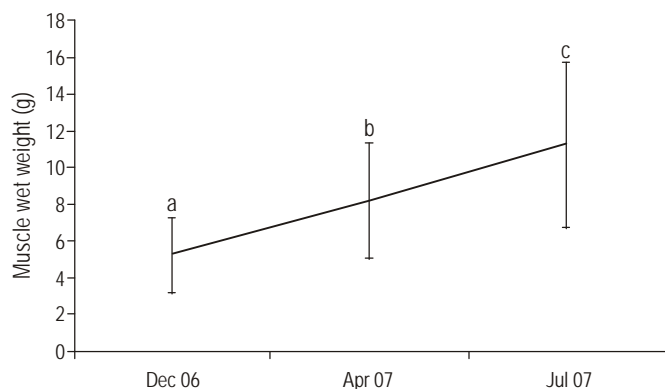


Figure 5. Wet weight of adductor muscle from *Nodipecten nodosus*, sampled from December 2006 to July 2007 in the culture at Canto Grande Beach, Santa Catarina, Brazil (different letters indicate significant difference between sampling periods).

Figura 5. Peso húmedo del músculo aductor de los ejemplares de *Nodipecten nodosus*, muestreados entre junio de 2006 y julio de 2007 en el cultivo de Canto Grande, Santa Catarina, Brasil (las letras diferentes indican una diferencia significativa entre los periodos de muestreo).

Aequipecten tehuelchus, *Euvola ziczac*, *Nodipecten subnodosus*, and *Argopecten ventricosus*, respectively, in Chile, Argentina, Venezuela, and Mexico by Uribe *et al.* (2001). In the present study, however, the frequency of *Polydora* on the scallops cultured at Canto Grande was very low (table 1). A possible explanation for the heavy incrustation of *Polydora* sp. reported in those studies may be the sand-muddy sediment in the culture bottom, which is preferred by this polychaete, whereas the bottom of Canto Grande is sandy and the occurrence of polychaetes is low.

In this study, 61% of the species were found during summer and winter, whereas 42% has been reported for other cultures in Chile (Uribe *et al.* 2001). Differently from the study by Field (1982), no indication of a succession process was observed on the fouling composition on scallop shells at Canto Grande as no species were replaced and only two taxa, *Mycale (Carmia)* sp. and *Chlamys bavas*, occurred exclusively in one sampling month.

Fouling dry weight at the end of the culture period (27 g per scallop) was lower than that found in *A. purpuratus* cultures in Chile, which varied widely between 30 and 170 g per scallop (Uribe *et al.* 2001). Fouling dry weight in relation to scallop dry weight varied from a peak of 38.5% in April 2007 to 36.8% in July 2007, last month of sampling. These values were also lower than those found in cultures of *Chlamys nobilis*, *Lyropecten (Nodipecten) nodosus*, and *Euvola ziczac* scallops of 42.65–56.98%, 10–60% (8 m), and 10–37% (8 m), respectively (Lodeiros *et al.* 1998, Lodeiros and Himmelman 2000, Zhenxia *et al.* 2008). In these cultures in China and Venezuela, scallop shells were cleaned but growth problems were still reported, fouling being one but not the only factor influencing growth and survival.

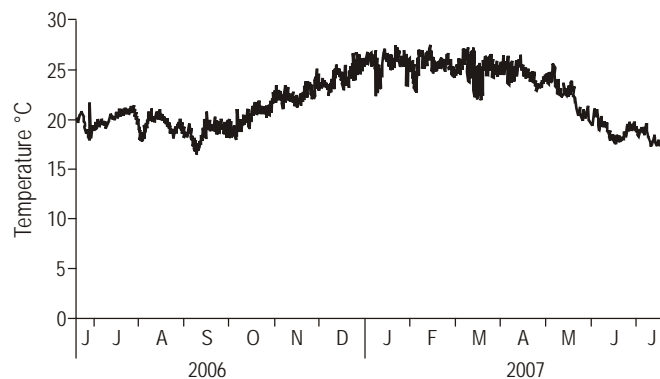


Figure 6. Water temperature variation between June 2006 and July 2007 in the *Nodipecten nodosus* culture at Canto Grande Beach, Santa Catarina, Brazil.

Figura 6. Variación de la temperatura del agua entre junio de 2006 y julio de 2007 en el cultivo de *Nodipecten nodosus* en Canto Grande, Santa Catarina, Brasil.

de moluscos *Litophaga* y poliquetos *Polydora* parece haber afectado el crecimiento de las vieiras. Ambas son especies perforadoras y según Uribe *et al.* (2001) son plagas que causan grandes pérdidas a los cultivos de moluscos. Rupp (1997) documentó una fuerte incrustación del género *Polydora* sobre individuos de *N. nodosus* cultivados en Caeira da Barra do Sul, Santa Catarina. Lo mismo se observó en cultivos de *A. purpuratus*, *Aequipecten tehuelchus*, *Euvola ziczac*, *Nodipecten subnodosus* y *Argopecten ventricosus*, respectivamente, en Chile, Argentina, Venezuela y México por Uribe *et al.* (2001). En el presente estudio, sin embargo, la frecuencia de *Polydora* sobre las vieiras cultivadas en Canto Grande fue muy baja (tabla 1). Una posible explicación para la fuerte incrustación de *Polydora* sp. documentada en esos trabajos podría ser el sedimento arenoso-limoso del fondo, que prefiere este poliqueto, mientras que el fondo en Canto Grande es arenoso y hay baja presencia de poliquetos.

En el presente estudio, 61% de las especies se encontraron en el verano e invierno, mientras que para otros cultivos en Chile se ha documentado 42% (Uribe *et al.* 2001). A diferencia del estudio de Field (1982), no se encontró evidencia de un proceso de sucesión de la composición incrustante sobre las conchas de las vieiras de Canto Grande ya que ninguna especie fue reemplazada y sólo dos taxones, *Mycale (Carmia)* sp. y *Chlamys bavas*, se presentaron en un solo mes de muestreo.

El peso seco de la bioincrustación al final del periodo de cultivo (27 g por vieira) fue menor que el registrado para *A. purpuratus* de Chile, que varió entre 30 y 170 g por individuo (Uribe *et al.* 2001). El peso seco de la bioincrustación en relación con el peso seco de la vieira varió de un máximo de 38.5% en abril de 2007 a 36.8% en julio de 2007, el último mes del muestreo. Estos valores también son menores que los encontrados en cultivos de *Chlamys nobilis*, *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* y *Euvola ziczac* de 42.65–56.98%,

According to the scallop growth data, fouling did not seem to significantly affect the growth and survival rates of *N. nodosus* in the present study, although fouling biomass increased throughout the period. Also, scallops reached commercial size after 10 months of culture with high survival rates (~90%). The values for shell growth (fig. 4) and adductor muscle growth (fig. 5) are similar to those reported by Rupp (2007) for a culture in Caieira da Barra do Sul, Florianópolis Island, Santa Catarina, conducted with and without cleaning of the *N. nodosus* shells.

Rupp (2007) also reported that the progressive increase in the mean dry weight of the fouling mass on the scallop valves without cleaning tended to result in low mean weight of scallop soft tissue and a smaller size, suggesting that a period longer than 120 days without cleaning the shells may negatively affect the growth and/or survival of the scallops in Caieira da Barra do Sul. However, in the culture at Canto Grande, scallop shells were not cleaned for approximately 467 days, but the results were similar to those for scallops that were cleaned at Caieira da Barra do Sul. A possible explanation for the good performance of *N. nodosus*, despite the high load of fouling organisms at Canto Grande, is the hypothesis that they are better adapted to cope with fouling than other pectinids. *Nodipecten nodosus* is an epibenthic scallop and the shell surfaces are exposed to settlement of fouling organisms in their natural habitat; therefore, it is probably less vulnerable to the deleterious effects of fouling than other infaunal scallops under culture conditions such as *E. ziczac* (Lodeiros *et al.* 1998).

Unlike the scallops cultured in Venezuela, Chile, and China (Lodeiros and Himmelman 1996, 2000; Uribe *et al.* 2001; Zhenxia *et al.* 2008), which displayed high mortalities due to fouling organisms such as *Polydora* spp., *Ciona intestinalis*, and oysters, the scallops cultured at Canto Grande, Brazil, did not seem to be significantly affected by fouling. Although we recorded a high abundance and diversity of the fouling organisms settled on scallop shells in the present study, it seemed not to significantly affect the growth and survival of *N. nodosus*. These results suggest that *N. nodosus* is more resistant to fouling than other scallop species and/or the fouling community at Canto Grande is less aggressive than in the places where the above mentioned studies were carried out.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the Brazilian Council for Scientific and Technological Development (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq) for providing a master's degree scholarship to the first author; all the colleagues at the Laboratory of Benthic Invertebrates, UFRGS, for their unconditional assistance during the study; Epagri for providing space in the experimental cultures; Cedap/Epagri students and technicians for the unconditional assistance in

10–60% (8 m) y 10–37% (8 m), respectivamente (Lodeiros *et al.* 1998, Lodeiros y Himmelman 2000, Zhenxia *et al.* 2008). En estos cultivos en China y Venezuela, a pesar de que se limpiaron las conchas se presentaron problemas de crecimiento, la bioincrustación siendo uno pero no el único factor que afectó el crecimiento.

Según los datos de crecimiento obtenidos en este estudio, la bioincrustación no parece haber afectado significativamente las tasas de crecimiento y supervivencia de *N. nodosus*, a pesar de que la biomasa de la bioincrustación incrementó a lo largo del periodo de muestreo. Las vieiras alcanzaron su tamaño comercial después de 10 meses de cultivo con altas tasas de supervivencia (~90%). Los valores obtenidos para el crecimiento de la concha (fig. 4) y del músculo aductor (fig. 5) son similares a los documentados por Rupp (2007) para un cultivo en Caieira da Barra do Sul, isla de Florianópolis, Santa Catarina, realizado con y sin la limpieza de las conchas de *N. nodosus*.

Rupp (2007) también documentó que el aumento progresivo del peso seco promedio de la bioincrustación sobre las valvas de las vieiras que no se limpiaron resultó en un peso promedio bajo del tejido blando y un menor tamaño; esto sugiere que un periodo mayor que 120 días sin limpiar las conchas podría afectar negativamente el crecimiento y/o la supervivencia de las vieiras en Caieira da Barra do Sul. Sin embargo, en el cultivo en Canto Grande, las conchas de *N. nodosus* no se limpiaron durante aproximadamente 467 días, pero los resultados fueron similares a los obtenidos para las vieiras que se limpiaron en Caieira da Barra do Sul. Una posible explicación para el buen desempeño de *N. nodosus*, a pesar de la gran cantidad de organismos incrustantes en Canto Grande, es la hipótesis de que se adaptan mejor a la bioincrustación que otros pectínidos. *Nodipecten nodosus* es una vieira epibentónica y la superficie de la concha queda expuesta al asentamiento de organismos incrustantes en su hábitat natural; por lo tanto, probablemente sea menos vulnerable a los efectos nocivos de la bioincrustación que otros pectínidos en condiciones de cultivo, como *E. ziczac* (Lodeiros *et al.* 1998).

Al contrario que los pectínidos cultivados en Venezuela, Chile y China (Lodeiros y Himmelman 1996, 2000; Uribe *et al.* 2001; Zhenxia *et al.* 2008), que muestran altas mortalidades debido a organismos incrustantes como *Polydora* spp., *Ciona intestinalis* y ostiones, las vieiras cultivadas en Canto Grande, Brasil, no fueron afectadas significativamente por la bioincrustación. Aunque se registró una alta abundancia y diversidad de organismos incrustantes sobre las conchas de *N. nodosus*, su crecimiento y supervivencia no parecen haber sido significativamente impactados. Estos resultados sugieren que *N. nodosus* es más resistente a la bioincrustación que otras especies de pectínidos y/o que la comunidad incrustante en Canto Grande es menos agresiva que en los lugares donde se realizaron los otros estudios.

the field activities and handling of culture structures; all colleagues from the Zoobotanical Foundation for providing access to the laboratory facilities and purchase of materials for the study; all colleagues from the Marine Porifera Laboratory who helped in the screening and identification of the samples; Dr. Facelucia (UFBA) for helping to identify bryozoans; Dr. Tatiana (Unicamp) for helping to identify polychaetes; Á Migotto (USP) for sending material to identify hydrozoans; F Joner (UFRGS) for help with the statistical analysis; and LMM/UFSC for providing scallop seeds for the study.

REFERENCES

- Armstrong E, Mckenzie JD, Goldsworthy GT. 1999. Aquaculture of sponges on scallops for natural products research and antifouling. *Prog. Ind. Microbiol.* 35: 163–174.
- Arakawa K. 1990. Competitors and fouling organisms in the hanging culture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Mar. Behav. Physiol.* 17: 67–94.
- Brake J, Parsons GJ. 1998. Flow rate reduction in scallop grow-out trays. *Bull. Aquacult. Assoc. Canada* 98(2): 62–64.
- Butman CA. 1987. Larval settlement of soft-sediment invertebrates: The spatial scales of patterns explained by active habitat selection and the emerging role of hydrodynamical processes. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 25: 113–165.
- Chernoff H. 1987. Factors affecting mortality of the scallop *Chlamys asperrina* (Lamarck) and its epizootic sponges in South Australian waters. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 109: 155–171.
- Claereboudt MR, Bureau D, Côté J, Himmelman JH. 1994. Fouling development and its effect on the growth of juvenile giant scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended culture. *Aquaculture* 121: 327–342.
- Dajoz R. 1973. *Ecologia Geral*. Ed Vozes, São Paulo, Brazil, 472 pp.
- Faulkner DJ. 1984. Marine natural products: Metabolites of marine invertebrate. *Nat. Prod. Rep.* 1: 551–598.
- Field B. 1982. Structural analysis of fouling community development in the Damariscotta River estuary, Maine. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 57(1): 25–33.
- Forester AJ. 1979. The association between the sponge *Halichondria panicea* (Pallas) and scallop *Chlamys varia* (L.): A commensal-protective mutualism. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 36: 1–10.
- Fromont J, Craig R, Rawlinson L, Alder J. 2005. Excavating sponge that are destructive to farmed pearl oyster in Western and Northern Australia. *Aquacult. Res.* 36: 150–162.
- Lodeiros C, Himmelman J. 1996. Influence of fouling on the growth and survival of the tropical scallop, *Euvola (Pecten) ziczac* (L. 1758) in suspended culture. *Aquacult. Res.* 27: 749–756.
- Lodeiros C, Himmelman J. 2000. Identification of factors affecting growth and survival of the tropical scallop *Euvola (Pecten) ziczac* in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture* 182: 91–114.
- Lodeiros CJ, Rengel JJ, Freitas L, Morales F, Himmelman JH. 1998. Growth and survival of the tropical scallop *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* maintained in suspended culture at three depths. *Aquaculture* 165: 41–50.
- Mol VPL, Raveendran TV, Parameswaran PS. 2009. Antifouling activity exhibited by secondary metabolites of the marine sponge, *Haliclona exigua* (Kirkpatrick). *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 63: 67–72.

AGRADECIMIENTOS

Estamos agradecidos con el Consejo Nacional para el Desarrollo Científico y Tecnológico de Brasil (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq) por otorgar una beca de maestría al primer autor; con todos los colegas del Laboratorio de Invertebrados Bentónicos, UFRGS, por su asistencia incondicional durante el estudio; con Epagri por proporcionar espacio en los cultivos experimentales; con los estudiantes y técnicos de Cedap/Epagri por su asistencia en las actividades de campo y manejo de estructuras de cultivo; con todos los colegas de la Fundación Zoobotánica por permitir el acceso a los laboratorios y proporcionar los materiales para el estudio; con todos los colegas del Laboratorio de Poríferos Marinos quienes ayudaron a identificar las muestras; con los doctores Facelucia (UFBA) y Tatiana (Unicamp) por su ayuda con la identificación de los briozoarios y poliquetos, respectivamente; con Á Migotto (USP) por enviar material para identificar los hidrozoos; con F Joner (UFRGS) por su ayuda con el análisis estadístico; y con LMM/UFSC por proporcionar las semillas para el estudio.

Traducido al español por Christine Harris.

-
- Rupp GS. 1997. Desenvolvimento de tecnologia de produção de sementes de *Nodipecten nodosus* (Linnaeus 1758) (Bivalvia, Pectinidae). *Prog. RHAIE/PIBIO/UFSC*, 71 pp.
- Rupp GS. 2007. Cultivo de vieira *Nodipecten nodosus* em Santa Catarina: Influência da profundidade, densidade e frequência de limpeza. *Bol. Téc. Epagri, Santa Catarina*, 135: 1–82.
- Rupp GS, De Bem MM. 2004. Cultivo de vieiras. In: Poli CR, Poli ATB, Andreatta ER, Beltrame E (eds.), *Aquicultura: A Experiência Brasileira*. Universidade Federal de Santa Catarina, Editora Multitarefa, pp. 289–308.
- Rupp GS, Parsons GJ. 2006. Scallop aquaculture and fisheries in Brazil. In: Shumway SE, Parsons GJ (eds.), *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. Elsevier Science Publishing Co., New York, pp. 1225–1250.
- Rupp GS, Parsons GJ, Thompson RJ, De Bem MM. 2005. Influence of environmental factors, season and size at deployment on growth and retrieval of the postlarval lion's paw scallop, *Nodipecten nodosus* (Linnaeus 1758) from a subtropical environment. *Aquaculture* 243: 195–216.
- Rupp GS, Oliveira Neto FM, Guzinski J. 2008. Estado actual del cultivo de moluscos bivalvos en la región sudeste-sur de Brasil. In: Lovatelli A, Fariás A, Uriarte I (eds.), *Taller Regional de la FAO sobre el Estado Actual del Cultivo y Manejo de Moluscos Bivalvos y su Proyección Futura: Factores que Afectan su Sustentabilidad en América Latina*. FAO Actas de Pesca y Acuicultura 12, Roma, pp. 77–89.
- Rützler K, Rieger G. 1973. Sponge burrowing: A fine structure of *Cliona lampa* penetrating calcareous substrata. *Mar. Biol.* 21: 144–162.
- Uribe E, Lodeiros C, Félix-Pico E, Etchepare I. 2001. Epibiontes em Pectínidos de Iberoamérica. In: Maeda-Martinez N (ed.), *Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciência y Acuicultura*. Editorial Limusa, México, pp. 249–266.

- Wahl M. 1989. Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: Some basics aspects. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 58: 175–189.
- Wesche SA, Adlard RD, Hooper JNA. 1997. The first incidence of clionid sponges (Porifera) from the Sydney rock oyster *Saccostrea commercialis* (Iredale and Roughley 1933). *Aquaculture* 157: 173–180.
- Widman JC, Rhodes EW. 1991. Nursery culture of the bay scallop, *Argopecten irradians*, in suspended mesh nets. *Aquaculture* 99: 257–267.
- Zhenxia SU, Xiao H, Yan Y, Huang L. 2008. Effect of fouling organisms on food uptake and nutrient release of scallop (*Chlamys nobilis*, Reeve) cultured in Daya Bay. *J. Ocean Univ. China* 7(1): 93–96.

*Received March 2011,
received in revised form June 2012,
accepted June 2012.*