

Larval abundance and spat collection of the lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus* in Ojo de Liebre Lagoon, Baja California Sur, Mexico

Abundancia larvaria y captación de semilla de la almeja mano de león *Nodipecten subnodosus* en la Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México

R Maguiño-Napurí¹, AN Maeda-Martínez^{1*}, T Moctezuma-Cano¹, G Valle-Meza²,
H Acosta-Salmón¹

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Mar Bermejo 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz 23096, Baja California Sur, México.

² Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Guerrero Negro, Baja California Sur, México.

* Corresponding author. E-mail: amaeda04@cibnor.mx

ABSTRACT. Large numbers of spat of giant lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus* are required for the development of the scallop aquaculture industry. Despite the large adult populations of this species in Ojo de Liebre Lagoon, Baja California Sur, Mexico, attempts to collect spat with onion bag collectors during the reproductive season (September–November) have not been successful. We assessed lion's paw spatfall at three sites (La Ventana, El Conchalito, and El Borbollón) within the lagoon, where high recruitment was previously recorded. Netlon collectors instead of onion bags were used and they were deployed at each site at a depth of 1 m on two occasions (October and November 2007) when pediveliger larvae were more abundant. Collectors were retrieved and evaluated in February 2008, after being submerged for 118 or 82 days. Pediveliger larvae were present from late September to late November at all three sites. Densities peaked at 1 m in mid-November and were significantly higher at La Ventana, accounting for 12,400 larvae m⁻³. Collectors installed in October at El Conchalito showed higher ($P < 0.05$) mean recruitment (1.7 ± 0.2 spat per collector) than collectors set in November (0.4 ± 0.3 spat per collector). Collectors installed in October and November at La Ventana had 0.6 ± 0.3 and 0.9 ± 0.2 spat per collector, respectively. No significant differences were observed in the growth rates of the juveniles collected. High densities of larvae in the plankton during November indicated that high reproductive activity occurred earlier that month or in late October. La Ventana showed the highest potential for spat collection based on larval abundance, followed by El Borbollón and El Conchalito; however, El Conchalito showed the highest spat recruitment, followed by La Ventana and El Borbollón. Since spat collection was relatively low at all sites, more efforts to determine better collection sites and techniques, as well as appropriate deployment times are required.

Key words: *Nodipecten subnodosus*, pediveliger larvae, recruitment, scallops, settlement.

RESUMEN. La acuicultura de la almeja mano de león *Nodipecten subnodosus* requiere de una oferta confiable de jóvenes para su desarrollo. A pesar de que existen grandes poblaciones de esta especie en la Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México, los intentos de captación de semilla en costales cebolleros durante la temporada reproductiva (septiembre a noviembre) no han sido exitosos. En el presente estudio se evaluó el reclutamiento de jóvenes de *N. subnodosus* en tres sitios (La Ventana, El Conchalito y El Borbollón) dentro de la laguna, donde previamente se había registrado un mayor reclutamiento. Se emplearon colectores de malla Netlon en vez de costales cebolleros, los cuales se instalaron a 1 m de profundidad en los sitios de captación en dos ocasiones (octubre y noviembre de 2007) cuando las larvas pediveliger eran más abundantes. Los colectores se retiraron y evaluaron en febrero de 2008, después de estar sumergidos durante 118 ó 82 días. Se observaron larvas pediveliger desde finales de septiembre hasta finales de noviembre en los tres sitios de recolección. Las máximas densidades fueron obtenidas a 1 m de profundidad a mediados de noviembre y éstas fueron significativamente mayores en La Ventana, con un total de 12,400 larvas m⁻³. Los colectores instalados en octubre en El Conchalito mostraron un reclutamiento medio significativamente mayor ($P < 0.05$, 1.7 ± 0.2 semillas por colector) que los colectores instalados en noviembre (0.4 ± 0.3 semillas por colector). Los colectores instalados en octubre y noviembre en La Ventana tuvieron un reclutamiento medio de 0.6 ± 0.3 y 0.9 ± 0.2 semillas por colector, respectivamente. No se observaron diferencias significativas en las tasas de crecimiento de los jóvenes recolectados. Las altas densidades de larvas pediveliger observadas en el mes de noviembre indican que la actividad reproductiva se presenta a finales de octubre o principios de noviembre. Con base en la abundancia de larvas pediveliger, La Ventana presentó el mayor potencial para la captación de semillas, seguida por El Borbollón y El Conchalito; sin embargo, El Conchalito mostró el mayor reclutamiento de jóvenes, seguido por La Ventana y El Borbollón. Debido a que la captación de semillas fue relativamente baja en los tres sitios, se requieren más esfuerzos para determinar sitios y técnicas de captación óptimos, así como tiempos apropiados de inmersión de colectores.

Palabras clave: *Nodipecten subnodosus*, larva pediveliger, reclutamiento, pectínidos, asentamiento.

INTRODUCTION

The giant lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus* (GB Sowerby I 1835) has been considered one of the most important commercial shellfish species from the Baja California Peninsula (Mexico) since 1990 (Morales-Hernández and Cáceres-Martínez 1996), and there is strong interest in developing cultivation methods for this species (Villalejo-Fuerte *et al.* 2004, Pérez de León *et al.* 2005). Although studies on the reproductive biology of *N. subnodosus* have been conducted (Reinecke-Reyes 1996, Arellano-Martínez *et al.* 2004, Pérez de León *et al.* 2005), little is known about spat settlement. There have been attempts to develop hatchery-rearing protocols, but even though there has been successful hatchery production of this species, commercial production is still unreliable (Uriarte *et al.* 2001). Currently, a major bottleneck in cultivating giant lion's paw scallop is the unreliable supply of spat (Osuna-García *et al.* 2008).

A method used in most countries with significant commercial production (e.g., Japan, China, and Chile) to collect scallop spat from the wild consists in placing collecting substrates where the pediveliger larvae settle (García-Domínguez *et al.* 1992, González-Ramos *et al.* 1997). For example, wild spat collection on artificial collectors is the most important source of juveniles for the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* industry (Avendaño and Cantillán 1992, Acosta *et al.* 1999, Cantillán *et al.* 2007, Avendaño *et al.* 2008).

Studies on larval abundance during the main reproductive peaks have been used to evaluate the potential for scallop spat collection with successful results in Chile (Cantillán *et al.* 2001). The giant lion's paw scallop generally reproduces once a year from August to November (Arellano-Martínez *et al.* 2004), which also coincides with the highest abundance of spatfall (García-Domínguez *et al.* 1992). Studying the abundance of larvae helps to predict spat recruitment and provides an indication of when spat collectors can be deployed to obtain higher recruitment. For example, densities of $\sim 29,000$ larvae m^{-3} were present in March 2002 at La Rinconada Marine Reserve, Chile. Maximum settlement was $>2,100$ spat per collector immersed for two and a half months; collectors immersed for three months had a settlement of ~ 540 spat per collector (Avendaño-Díaz *et al.* 2006).

There are over 17 *N. subnodosus* stocks distributed within Ojo de Liebre Lagoon (Scammon's Lagoon), Baja California Sur, Mexico (Massó-Rojas *et al.* 2000); however, the sites where natural settlement occurs are not known. Previous attempts to collect spat with onion bag collectors in the lagoon have not been successful (García-Domínguez *et al.* 1992).

The objective of the present study was to evaluate larval abundance and the potential for commercial spat collection of *N. subnodosus* at three sites in Ojo de Liebre Lagoon

INTRODUCCIÓN

La almeja mano de león *Nodipecten subnodosus* (GB Sowerby I 1835) ha sido considerada una de las especies de moluscos comerciales más importantes de la península de Baja California (México) desde 1990 (Morales-Hernández y Cáceres-Martínez 1996) y existe un gran interés en desarrollar métodos de cultivo para esta especie (Villalejo-Fuerte *et al.* 2004, Pérez de León *et al.* 2005). Aunque se han llevado a cabo estudios sobre la biología reproductiva de *N. subnodosus* (Reinecke-Reyes 1996, Arellano-Martínez *et al.* 2004, Pérez de León *et al.* 2005), poco se sabe del asentamiento de semilla. Se han realizado esfuerzos para desarrollar protocolos de cultivo, pero aunque la producción de esta especie ha sido exitosa en criaderos, la producción comercial es aún inestable (Uriarte *et al.* 2001). Actualmente, el gran cuello de botella en el cultivo de la almeja mano de león es el suministro incierto de semilla (Osuna-García *et al.* 2008).

Un método utilizado en varios países con una considerable producción comercial de pectínidos (e.g., Japón, China y Chile) para la captación de semilla consiste en colocar sustratos artificiales en los ambientes naturales donde se asientan las larvas pediveliger (García-Domínguez *et al.* 1992, González-Ramos *et al.* 1997). Por ejemplo, la captación de semillas silvestres en colectores artificiales es la fuente principal de jóvenes para la industria chilena de *Argopecten purpuratus* (Avendaño y Cantillán 1992, Acosta *et al.* 1999, Cantillán *et al.* 2007, Avendaño *et al.* 2008).

Se han empleado estudios sobre la abundancia larvaria durante los picos de actividad reproductiva para evaluar el potencial para la captación de semilla de bivalvos, y en Chile se han obtenido resultados exitosos (Cantillán *et al.* 2001). La almeja mano de león generalmente se reproduce una vez al año, de agosto a noviembre (Arellano-Martínez *et al.* 2004), lo cual coincide con la mayor abundancia de semillas (García-Domínguez *et al.* 1992). Estudiar la abundancia de larvas permite predecir el reclutamiento de jóvenes y determinar cuándo deberían instalarse los colectores de semilla para obtener una mayor fijación. Por ejemplo, en la Reserva Marina La Rinconada, Chile, se registraron densidades de $\sim 29,000$ larvas m^{-3} en marzo de 2002. La máxima captación fue de $>2,100$ semillas por colector sumergido durante dos meses y medio, mientras que los colectores sumergidos durante tres meses presentaron un asentamiento de ~ 540 semillas por colector (Avendaño-Díaz *et al.* 2006).

Hay más de 17 poblaciones de *N. subnodosus* distribuidas dentro de la Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, Mexico (Massó-Rojas *et al.* 2000); sin embargo, aún no se han identificado los sitios donde sucede el asentamiento natural. Previos intentos de captación de semilla en costales cebolleros en la laguna no han sido exitosos (García-Domínguez *et al.* 1992).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la abundancia larvaria y el potencial para la captación comercial de semilla

using Netlon collectors instead of onion bags because they are considered the optimum gear for this purpose in the Canadian, Japanese, and Chilean aquaculture industry.

MATERIAL AND METHODS

Ojo de Liebre Lagoon is located on the west coast of the state of Baja California Sur (fig. 1) and extends up to 40 km inland. Three sites were selected to determine the abundance of pediveliger larvae and their potential for spat collection (fig. 1): La Ventana (LV), El Conchalito (EC), and El Borbollón (BB). Preliminary surveys showed greater recruitment at these sites. Mean depths are 4 m for LV and EB, and 5 m for EC. Mean tide amplitude for the lagoon was 1.15 m during the months of the study.

Larval density at the three sites was recorded from September to December 2007. Water samples were taken three times every week with a water pump (20 L min⁻¹) at two depths (1 and 3 m) at each site. Care was taken not to obtain samples during low tide to avoid pumping sediment. Pediveliger larvae in the water samples were identified and quantified using optical and stereoscopic microscopes. Water temperature was recorded every 30 min throughout the study with a digital thermograph data logger (WTA32-5+37, Onset Computer, Bourne, MA).

Spat collectors were made from 2-mm-mesh nylon bags (polypropylene polyfilament) containing 2 m of Netlon blue screen that is widely used for scallop spat collection. A total of 150 collectors were installed in October 2007 and 150 in November 2007. Three collectors were tied to a rope to cover from the surface to 3 m depth to prevent the collectors from reaching the bottom during low tides. Collectors were installed during the annual peak of reproduction (Arellano-Martínez *et al.* 2004), once larvae were collected in the water samples at each site. Six collectors from each site were randomly retrieved after one month of deployment and showed nil recruitment; thus, all the remaining collectors were retrieved in February 2008, after three and four months of deployment. Spat collectors were placed in plastic bags and sent to the laboratory for analysis of recruitment. Scallops attached to the collector mesh were manually detached. The remaining residues from the collectors were carefully sifted through mesh screens of several sizes. Spat in the residues were added to the manually detached spat to determine abundance at each site. To determine size distribution, juvenile scallops were measured with a digital image analyzer under an optical microscope.

One-way analysis of variance was used to determine differences ($P < 0.05$) in larval density, recruitment, and spat growth among the three sites. When significant differences were found, the Tukey test was used to determine homogeneous groups. Statistica version 6.0 software (StatSoft, Tulsa, OK) was used for all statistical analyses.

de *N. subnodosus* en tres sitios de la Laguna Ojo de Liebre usando colectores de malla Netlon en vez de costales cebollos por ser los que se usan en la industria del cultivo de pectínidos en Canadá, Japón y Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Laguna Ojo de Liebre se localiza en la costa occidental del estado de Baja California Sur (fig. 1) y se extiende 40 km tierra adentro. Para determinar la abundancia de larvas pediveliger y su potencial para la captación de semilla, se seleccionaron tres sitios dentro de la laguna (fig. 1): La Ventana (LV), El Conchalito (EC) y El Borbollón (BB). Muestreos preliminares mostraron un mayor reclutamiento en estos sitios. La profundidad media en LV y EB es de 4 m y en EC de 5 m. La amplitud media de la marea en la laguna durante los meses de muestreo fue de 1.15 m.

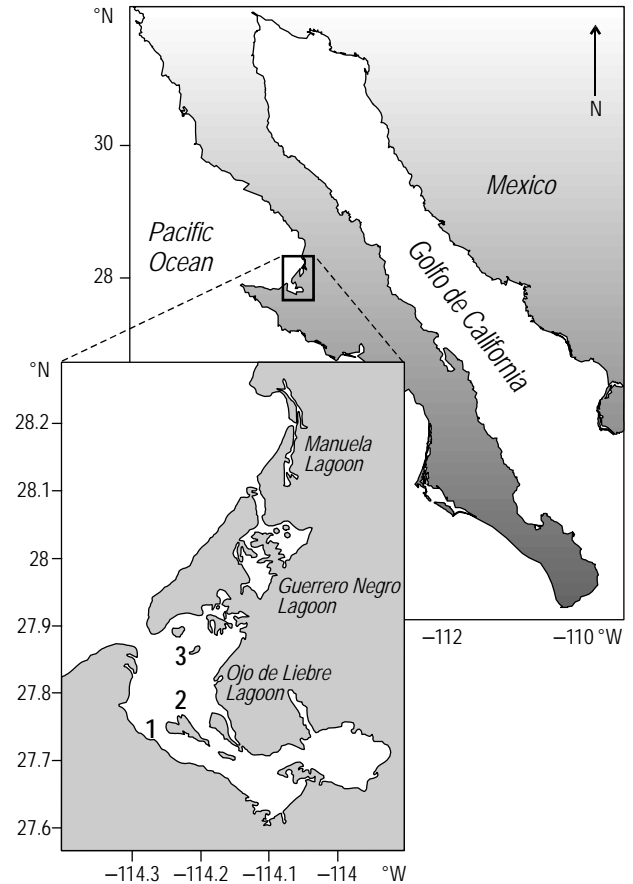


Figure 1. Ojo de Liebre Lagoon in the state of Baja California Sur (Mexico). The numbers indicate the sites where *Nodipecten subnodosus* spat were collected: (1) La Ventana, (2) El Borbollón, and (3) El Conchalito.

Figura 1. Laguna Ojo de Liebre en el estado de Baja California Sur (México). Los números indican los sitios donde se recolectaron semillas de *Nodipecten subnodosus*: (1) La Ventana, (2) El Borbollón y (3) El Conchalito.

RESULTS

Water temperature steadily decreased from 24 °C in September to 16 °C in December 2007 (fig. 2a–c). There were no significant differences between temperatures at the different sites in the same month. Except for September, pediveliger larvae were observed during most of the sampling period (fig. 2a–c). Peaks of larval density occurred in October and November, with the most abundant larval density (12,400 larvae m⁻³) occurring in November at 1 m at LV (fig. 2a). Maximum densities of 571 and 580 larvae m⁻³ were recorded at EC and BB, respectively (fig. 2b–c), also in November. Larval density was not significantly different between depths and between EC and BB, while LV showed significantly higher larval density ($P < 0.05$).

In general, low spat settlement occurred at the three sites in both periods of deployment (fig. 3). Collectors installed in October at EC showed higher ($P < 0.05$) mean recruitment (1.7 ± 0.2 spat per collector) than collectors set in November (0.4 ± 0.3 spat per collector). Collectors installed in October and November at LV had 0.6 ± 0.3 and 0.9 ± 0.2 spat per collector, respectively (fig. 3). Mean (\pm SD) height and length of spat are shown in table 1. There were no significant differences in the sizes of juveniles among collection sites or between collection times.

DISCUSSION

Of the three sites, LV showed the highest potential for spat collection based on larval abundance, followed by BB and EC; however, EC showed the highest spat recruitment, followed by LV and BB. Since spat collection was relatively low at all sites, more efforts to determine better collection sites and techniques, and appropriate deployment times are required. Recruitment results were within the range of 37 to 38 spat per collector previously reported for the giant lion's paw scallop in Ojo de Liebre Lagoon in 1989–1990 (García-Domínguez *et al.* 1992). The current level of recruitment is far from sufficient to sustain a commercial operation.

Densities of up to 5000 larvae m⁻³ have been reported for the calico scallop *Argopecten purpuratus* in Chile. With this abundance, recruitment ranged from 400 to 15,340 spat per collector (Avendaño-Díaz *et al.* 2006). Although larvae of the giant lion's paw scallop were observed in similar densities in the water column, they failed to settle on the spat collectors. This may have been caused by the following reasons. First, preference for settlement substrate different to that offered by the artificial spat collectors (Kingsford *et al.* 2002, Encomendero and Dupré 2003). Although nylon monofilament is a universally used substrate for bivalve spat, it may not be the preferred substrate for this species. There are no studies on substrate preference of *N. subnodosus* spat but these materials have been successfully used in the hatchery to produce giant lion's paw scallop (M Osuna pers. comm.). Second, larvae drift out of the lagoon driven by strong

La densidad de larvas en los tres sitios se registró de septiembre a diciembre de 2007. Se tomaron muestras de agua tres veces a la semana con una bomba de agua (20 L min⁻¹) a dos profundidades (1 y 3 m) en cada sitio, teniendo cuidado de no obtener muestras durante la marea baja para evitar el bombeo de sedimento. Las larvas pediveliger en las muestras de agua fueron identificadas y cuantificadas mediante microscopios ópticos y estereoscópicos. La temperatura del agua se registró cada 30 min a lo largo del estudio con un termógrafo digital (WTA32-5+37, Onset Computer, Bourne, MA).

Los colectores de semilla consistieron de bolsas de nilón (polifilamento de polipropileno) de 2 mm de luz de malla con una malla Netlon azul de 2 m que es ampliamente utilizada para la captación de semilla de bivalvos. Se instalaron un total de 150 colectores en octubre de 2007 y 150 en noviembre de 2007. Se amarraron tres colectores a una cuerda, cubriendo desde la superficie hasta 3 m de profundidad para evitar que los colectores alcanzaran el fondo durante la marea baja. Los colectores fueron instalados durante el pico anual de actividad reproductiva (Arellano-Martínez *et al.* 2004), cuando ya se habían recolectado larvas en las muestras de agua de cada sitio. Después de un mes se retiraron aleatoriamente seis colectores de cada sitio y no se observó reclutamiento; por lo tanto, los demás colectores fueron retirados en febrero de 2008 después de estar sumergidos tres o cuatro meses. Se colocaron los colectores en bolsas de plástico y se transportaron al laboratorio para el análisis de reclutamiento. Las almejas fijadas a la malla se desprendieron de forma manual. Los residuos restantes en los colectores fueron tamizados a través de mallas de varios tamaños. Las semillas en los residuos se juntaron con las semillas desprendidas manualmente para determinar la abundancia en cada sitio. Para evaluar la distribución de tallas, los organismos jóvenes se midieron con un analizador digital de imágenes bajo un microscopio óptico.

Se realizó un análisis de varianza de una vía para determinar las diferencias ($P < 0.05$) en la densidad, reclutamiento y crecimiento de larvas entre los tres sitios. Cuando se encontraron diferencias significativas, se usó la prueba de Tukey para determinar los grupos homogéneos. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistica versión 6.0 (StatSoft, Tulsa, OK).

RESULTADOS

La temperatura del agua decreció de 24 °C en septiembre a 16 °C en diciembre de 2007 (fig. 2a–c). No hubo diferencias significativas entre temperaturas en los diferentes sitios en el mismo mes. Con excepción de septiembre, se observaron larvas pediveliger durante la mayor parte del periodo de muestreo (fig. 2a–c). Se observaron picos de densidad larvaria en octubre y noviembre, registrándose la mayor densidad de larvas (12,400 larvas m⁻³) en noviembre a 1 m de profundidad en LV (fig. 2a). En EC y BB se registraron

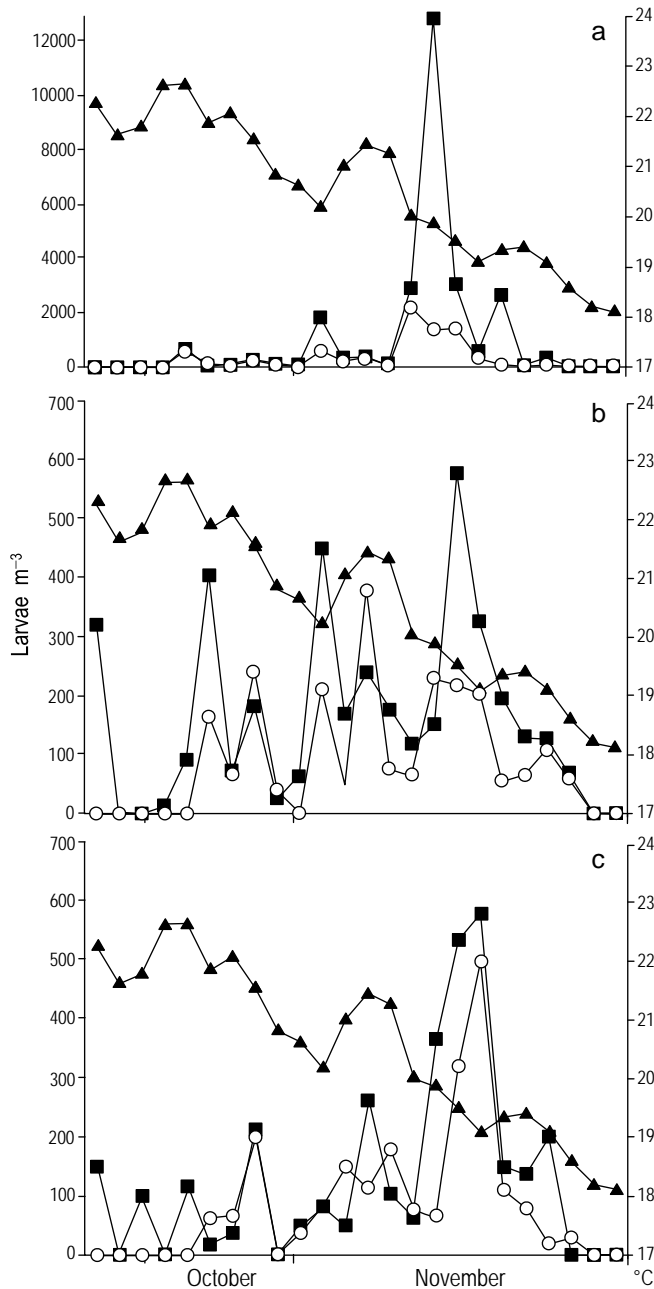


Figure 2. Abundance of pediveliger larvae of *Nodipecten subnodosus* from September to November 2007 at depths of 1 m (squares) and 3 m (circles) in relation to temperature (triangles): (a) La Ventana, (b) El Conchalito, and (c) El Borbollón.

Figura 2. Abundancia de larvas pediveliger de *Nodipecten subnodosus* entre septiembre y noviembre de 2007 a profundidades de 1 m (cuadrados) y 3 m (círculos) en relación con la temperatura (triángulos): (a) La Ventana, (b) El Conchalito y (c) El Borbollón.

currents observed in shallow regions. The presence of adults in the lagoon is only an indication of their distribution. Adult scallops may be migrating into the lagoon from outside the lagoon or from shallow waters within the lagoon where juveniles may settle and grow; occurrence of adult scallops in an

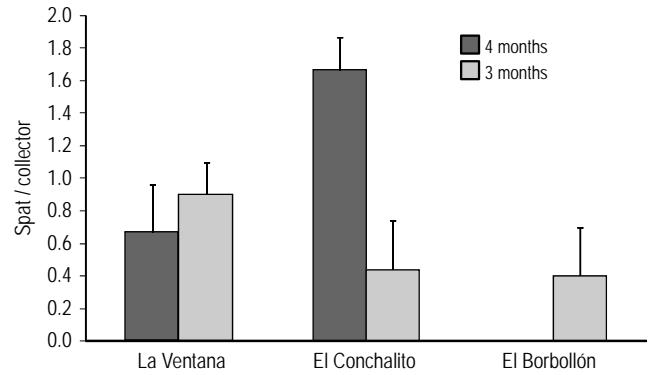


Figure 3. Mean number of *Nodipecten subnodosus* spat attached to collectors after immersion for three and four months. Vertical lines indicate the standard error.

Figura 3. Número medio de semillas de *Nodipecten subnodosus* fijadas a colectores después de tres y cuatro meses de inmersión. Las líneas verticales indican el error estándar.

densidades máximas de 571 y 580 larvas m^{-3} (fig. 2b–c), respectivamente, también en noviembre. La densidad de larvas no difirió significativamente entre profundidades y entre EC y BB, mientras que LV mostró una densidad larvaria significativamente mayor ($P < 0.05$).

En general, el asentamiento de semillas fue pobre en los tres sitios durante los dos periodos de inmersión (fig. 3). Los colectores instalados en octubre en EC mostraron una captación significativamente mayor ($P < 0.05$, 1.7 ± 0.2 semillas por colector) que los colectores instalados en noviembre (0.4 ± 0.3 semillas por colector). Los colectores instalados en octubre y noviembre en LV tuvieron un reclutamiento medio de 0.6 ± 0.3 y 0.9 ± 0.2 semillas por colector, respectivamente (fig. 3). Los datos de altura y longitud media (\pm desviación estándar) de las semillas se muestran en la tabla 1. No se observaron diferencias significativas en las tallas entre los sitios o los tiempos de captación.

DISCUSIÓN

De los tres sitios, LV mostró el mayor potencial para la captación de semilla con base en la abundancia de larvas, seguido por BB y EC; sin embargo, EC mostró la mayor captación de semilla, seguido por LV y BB. La captación de semilla fue relativamente baja en los tres sitios, por lo que se requieren más esfuerzos para determinar los sitios y métodos de recolección óptimos, así como los tiempos apropiados de inmersión. Los resultados de reclutamiento estuvieron dentro del intervalo de 37 a 38 semillas por colector previamente documentado para la almeja mano de león en la Laguna Ojo de Liebre en 1989–1990 (García-Domínguez *et al.* 1992). Tal nivel de reclutamiento no es suficiente para sostener una operación comercial.

Se han documentado densidades de hasta 5000 larvas m^{-3} para *Argopecten purpuratus* en Chile. Con esta abundancia,

Table 1. Mean (\pm SD) height and length of *Nodipecten subnodosus* spat obtained from collectors immersed for three and four months at three sites within Ojo de Liebre Lagoon.**Tabla 1.** Altura y longitud media (\pm desviación estándar) de las semillas de *Nodipecten subnodosus* obtenidas de los colectores sumergidos durante tres y cuatro meses en tres sitios dentro de la Laguna Ojo de Liebre.

	La Ventana		El Conchalito		El Borbollón	
	October	November	October	November	October	November
Height (mm)	17.5 \pm 2.1	12.6 \pm 2.2	17.4 \pm 2.4	12.7 \pm 1.7	15.3 \pm 2.2	12.1 \pm 2.3
Length (mm)	16.8 \pm 2.2	12.1 \pm 2.2	17.1 \pm 2.4	12.1 \pm 1.6	14.6 \pm 2.2	11.3 \pm 2.3

area does not mean that it is the site where they settle. Third, larvae of many marine invertebrates, including scallops, exhibit a shift from positive to negative phototaxis before the end of their larval life to settle in deeper waters or waters near the bottom (Thorson 1964, Brand *et al.* 1980, Avendaño and Cantillán 1992). Since the three sites are relatively shallow (<5 m), it may be possible that larvae drifted out with the currents to deeper waters and settled at different localities within the lagoon. Many studies on spat collection agree that settlement successfully occurs in the lower part of the water column. It would be useful to study the dynamics of the deep channels of Ojo de Liebre Lagoon to decide where else to deploy collectors to improve recruitment. The latter factors may have been the most influential causing the low settlement observed in this study.

High densities of larvae in the plankton during November indicate that high reproductive activity occurred earlier this month or late October. However, since larvae were present during most of the sampling period, this supports an active reproductive period with spawning from September through November, as has been previously reported (Arellano-Martínez *et al.* 2004).

The giant lion's paw scallop meets most of the criteria for a good candidate species for aquaculture (Mann 1984). It is fast growing and has high market value. Nevertheless, although spat can be collected from the wild or produced in the hatchery, the production numbers are too low to sustain commercial production. Aquaculture technologies still require further improvement.

ACKNOWLEDGEMENTS

The first author is a recipient of a graduate fellowship from the Mexican Council for Science and Technology (CONACYT). Funding was provided by Marimex del Pacífico (La Paz, BCS). We thank the Comité Pesquero Social y Privado de Guerrero Negro for their technical assistance, and A García, F Romero, and R Castillo from the Compañía Exportadora de Sal (Guerrero Negro, BCS) for their support and participation. DR López-Aguilar provided aquaculture facilities at the CIBNOR station in Guerrero Negro.

el reclutamiento varió de 400 a 15,340 semillas por colector (Avendaño-Díaz *et al.* 2006). Se observaron densidades similares de larvas de la almeja mano de león en la columna de agua, pero no se asentaron en los colectores artificiales, lo cual puede atribuirse a las siguientes razones. Primero, una preferencia por un sustrato de fijación diferente al ofrecido (Kingsford *et al.* 2002, Encomendero y Dupré 2003). Aunque el monofilamento de nilón es ampliamente utilizado como sustrato para semillas de pectínidos, es posible que no sea el sustrato preferido de *N. subnodosus*; no existen estudios sobre la preferencia de sustratos de esta especie pero estos materiales han sido utilizados exitosamente en criaderos para cultivar la almeja mano de león (M Osuna com. pers.). Segundo, las larvas son acarreadas fuera de la laguna por corrientes fuertes observadas en regiones someras. La presencia de adultos en la laguna es sólo una indicación de su distribución, y es posible que migren dentro de la laguna desde afuera de la laguna o desde aguas someras dentro de la laguna donde se asientan y crecen los jóvenes; la presencia de adultos en el área no significa que es el sitio donde se asientan. Tercero, las larvas de varios invertebrados marinos, incluyendo los pectínidos, exhiben un cambio de fototaxis positiva a negativa antes del final de su vida larvaria para asentarse en aguas más profundas o cerca del fondo (Thorson 1964, Brand *et al.* 1980, Avendaño y Cantillán 1992). En vista de que los tres sitios son relativamente someros (<5 m), es posible que las larvas fueron acarreadas por las corrientes a aguas más profundas dentro de la laguna donde se asentaron. Varios estudios sobre la captación de semilla indican que el asentamiento sucede exitosamente en la parte inferior de la columna de agua. Sería recomendable estudiar la dinámica de los canales profundos en la Laguna Ojo de Liebre para seleccionar otros lugares donde instalar colectores para obtener un mejor reclutamiento. Estos factores podrían haber sido los más influyentes en el reclutamiento pobre observado en este estudio.

Las densidades altas de larvas en el plancton durante el mes de noviembre indican que la actividad reproductiva fue alta y ocurrió a principios de este mes o a finales de octubre. No obstante, el hecho de que se observaron larvas durante casi todo el periodo de muestreo sugiere que hay un periodo reproductivo activo y que los organismos desovan desde

REFERENCES

- Acosta CP, Román G, Campos MJ, Cano J. 1999. On some factors affecting *Aequipecten* settlement: In: Strand Ø (ed.), Book of Abstracts, 12th International Pectinid Workshop, University of Bergen, Bergen, 5–11 May 1999, pp. 68–69.
- Arellano-Martínez M, Ceballos-Vázquez BP, Villalejo-Fuerte M, García-Domínguez F, Elorduy-Garay JF, Esliman-Delgado S, Racotta IS. 2004. Reproduction of the lion's paw scallop, *Nodipecten subnodosus* Sowerby 1835 (Bivalvia: Pectinidae) from Laguna Ojo de Liebre, BCS, Mexico. *J. Shellfish Res.* 23: 723–729.
- Avendaño M, Cantillán M. 1992. Colecta artificial de semilla de *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819) en la Bahía de Mejillones, Chile II: Observaciones sobre niveles óptimos de captación. *Est. Oceanol.* 11: 39–43.
- Avendaño-Díaz M, Cantillán-Silva M, Peña-Fórner J. 2006. Effect of immersion time of cultch on spatfall of the scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819) in the Marine Reserve at La Rinconada, Antofagasta, Chile. *Aquacult. Int.* 14: 267–283.
- Avendaño M, Cantillán M, Thouzeau G. 2008. Effects of water depth on survival and growth of *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819) spat in northern Chile. *Aquacult. Int.* 16: 377–391.
- Brand AR, Paul J, Hoogester J. 1980. Spat settlement of the scallops *Chlamys opercularis* (L) and *Pecten maximus* (L) on artificial collectors. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.* 60: 379–390.
- Cantillán M, Thouzeau G, Avendaño M. 2001. Reproductive cycle in *Argopecten purpuratus* during El Niño and La Niña conditions: A case study in Rinconada Bay (Chile). In: 13th International Pectinid Workshop, Coquimbo, Chile, 18–24 April 2001, pp. 86–88.
- Cantillán M, Thouzeau G, Avendaño M. 2007. Improving *Argopecten purpuratus* culture in northern Chile: Results from the study of larval and postlarval stages in relation to environment forcing. *Aquaculture* 272: 423–443.
- Encomendero L, Dupré E. 2003. Efecto del sustrato en la intensidad del asentamiento de larvas de *Argopecten purpuratus* Lamarck, 1819 (Bivalvia, Pectinidae) en ambiente controlado. *Invest. Mar. (Valparaíso)* 31: 25–32.
- García-Domínguez F, Castro-Moroyoqui P, Félix-Pico EF. 1992. Spat settlement and early growth of *Lyropecten subnodosus* (Sowerby 1835) in Laguna Ojo de Liebre, BCS, México: 1989–1990. Book of Abstracts, *Aquaculture* 92. World Aquaculture Society, Baton Rouge, 25–27 March 1992, 101 pp.
- González-Ramos P, García P, Chi B, García P, Medina H. 1997. Larval settlement of the scallop *Lyropecten subnodosus* in downweller. In: Book of Abstracts, 11th International Pectinid Workshop, La Paz, Mexico, 10–15 April 1997, pp. 164–165.
- Kingsford MJ, Leis JM, Shanks A, Lindeman KC, Morgan SG, Pineda J. 2002. Sensory environments, larval abilities and local self-recruitment. *Bull. Mar. Sci.* 70: 309–340.
- Mann R. 1984. On the selection of aquaculture species: A case study of marine molluscs. *Aquaculture* 39: 345–353.
- Massó-Rojas JA, Morales-Bojorques E, Talavera-Mayer J, Fajardo-León M, Hernández-Valenzuela R. 2000. La pesquería de almeja mano de león, Baja California. In: Cisneros-Mata MA, Beléndez-Moreno LF, Zárate-Becerra E, Gaspar-Dillanes MT, López-González L, Saucedo-Ruiz C, Tovar-Avliá J (eds.), *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México: Evaluación y Manejo*. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México, pp. 349–366.
- septiembre hasta noviembre, tal como se ha informado previamente (Arellano-Martínez *et al.* 2004).
- La almeja mano de león cumple con la mayoría de los criterios para ser considerado un buen candidato para la acuicultura (Mann 1984). Es una especie de crecimiento rápido y de alto valor comercial; sin embargo, aunque es posible captar semillas silvestres o producirlas en criaderos, los números de producción son demasiado bajos para sostener una producción comercial. Las técnicas acuiculturales necesitan mejorarse.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor recibió una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Este trabajo fue apoyado por Marimex del Pacífico (La Paz, BCS). Se agradece la asistencia técnica proporcionada por el Comité Pesquero Social y Privado de Guerrero Negro, así como el apoyo y la participación de A García, F Romero y R Castillo de la Compañía Exportadora de Sal (Guerrero Negro, BCS). DR López-Aguilar proporcionó facilidades acuiculturales en la estación del CIBNOR en Guerrero Negro.

Traducido al español por Christine Harris.

-
- Morales-Hernández R, Cáceres-Martínez C. 1996. Pesquería de almeja mano de león *Nodipecten subnodosus*. In: Casas-Valdez M, Ponce-Díaz G (eds.), *Estudio del Potencial Pesquero y Acuicola de Baja California Sur, México*. SEMARNAP, Gobierno de Baja California Sur, FAO, UABCS, CICIMAR-IPN, CRIP La Paz, pp. 87–100.
- Osuna-García M, Hernández-Llamas A, Mazón-Suástegui JM. 2008. Production dynamics of the giant lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus* cultivated off-bottom. *Aquaculture* 274: 260–267.
- Pérez de León E, Arellano-Martínez M, Ceballos-Vázquez BP. 2005. Reproduction of *Nodipecten subnodosus* (Sowerby 1835) in suspended culture in the Guerrero Negro Lagoon, Baja California Sur, Mexico. Book of Abstracts, 15th International Pectinid Workshop, Mooloolaba, Australia, 21–26 April 2005.
- Reinecke-Reyes MA. 1996. Madurez y desove de la almeja mano de león *Lyropecten subnodosus* Sowerby 1835 (Bivalvia: Pectinidae) en la Laguna Ojo de Liebre, BCS, México. *Boletín Pesquero SEMARNAP/INP-CRIP-La Paz, BCS*, 3: 17–20.
- Thorson G. 1964. Light as an ecological factor in the dispersal and settlement of larvae of marine bottom invertebrates. *Ophelia* 1: 167–208.
- Uriarte I, Rupp G, Abarca A. 2001. Producción de juveniles de pectínidos iberoamericanos bajo condiciones controladas. In: Maeda-Martínez AN (ed.), *Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura*. Limusa, Mexico, pp. 147–171.
- Villalejo-Fuerte M, Arellano-Martínez M, Robles M, Ceballos-Vázquez BP. 2004. Growth of lion-paw *Nodipecten* (= *Lyropecten*) *subnodosus* (Sowerby 1835) maintained in suspended culture in Bahía de Juncalito, Gulf of California, Mexico. *Hidrobiologica* 14: 1–5.

Received May 2010;
accepted December 2010.