

## VARIACIÓN DE LOS ÍNDICES MORFOFISIOLÓGICOS DE LA ALMEJA MANO DE LEÓN *Nodipecten subnodosus* (SOWERBY, 1835) EN BAHÍA DE LOS ÁNGELES, B.C., GOLFO DE CALIFORNIA

Yee-Duarte, J. A., B. P. Ceballos-Vázquez & M. Arellano-Martínez

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN, Av. Instituto Politécnico Nacional, S/N, Col. Playa Palo de Santa Rita. Apartado postal 592, La Paz, Baja California Sur, México. CP 23096. Tel: (612)1225366, Fax: (612)1225322, email: bceballo@ipn.mx

**RESUMEN.** De enero a diciembre de 2006 se analizó la variación en los valores de los índices gonadosomático (IGS), de músculo (IM), de glándula digestiva (IGD) y del manto (IMA) de *Nodipecten subnodosus* en Bahía de los Ángeles, B.C., México. Se analizaron un total de 334 organismos dentro de un intervalo de tallas de 48 a 172 mm de altura de concha. El IGS mostró un patrón estacional, indicando que la madurez gonádica se presentó de abril a junio. Tanto el IGD como el IMA presentaron correlación significativa con el IGS ( $P < 0.05$ ). El IM no presentó correlación significativa con el IGS ( $P > 0.05$ ). El análisis de la variación de los índices morfofisiológicos indica que es posible que en Bahía de los Ángeles, B.C., *N. subnodosus* presente un ciclo de almacenamiento y transferencia de energía desde tejidos somáticos hacia la gónada, para soportar la gametogénesis. *N. subnodosus* se reproduce en un rango de temperatura bien definido (inicia su gametogénesis entre los 17 °C y 18 °C de temperatura superficial del mar y alcanza su máxima madurez entre los 23.5 °C y 26.8 °C).

**Palabras clave:** Índices morfofisiológicos, reproducción, pectínidos.

### Variation in the morphophysiological indices of the lion paw scallop *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835) in Bahía de los Ángeles, B.C., Gulf of California

**ABSTRACT.** From January to December, 2006 the variation of the gonadosomatic (IGS), muscle (IM), digestive gland (IGD) and mantle indices (IMA) of *Nodipecten subnodosus* in Bahía de Los Angeles, B.C., Mexico were analyzed. A total of 334 organisms were examined, all within an interval of 48 to 172 mm of shell height. The IGS showed a seasonal pattern indicating that the gonadic ripeness appeared from April to June. Both, the IGD and the IMA had a significant correlation with the IGS ( $P < 0.05$ ). The IM did not show a significant correlation with the IGS ( $P > 0.05$ ). The analysis of the variation of the morphophysiological indices indicates that it is possible that in the Bahía de Los Angeles, B.C., *N. subnodosus* presents a cycle of storage and transference of energy from somatic tissues to the gonad to support gametogenesis. *N. subnodosus* reproduces in a defined rank of temperature, it begins its gametogenesis between 17 °C and 18 °C of temperature of the water and reaches its maximum ripeness between 23.5 °C and 26.8 °C.

**Keywords :** Morphophysiological indices, reproduction, pectinids.

Yee-Duarte, J. A., B. P. Ceballos-Vázquez & M. Arellano-Martínez. 2009. Variación de los índices morfofisiológicos de la almeja mano de león *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835) en Bahía de los Ángeles, B.C., Golfo de California. *CICIMAR Oceánides*, 24(2): 91-99.

### INTRODUCCIÓN

La almeja mano de león, *Nodipecten subnodosus* es un pectínido hermafrodita funcional que se distribuye desde la Laguna Ojo de Liebre en Baja California Sur, México, incluyendo el Golfo de California, hasta las costas del noroeste de Perú (Keen, 1971). Representa un recurso pesquero importante debido a que su gran músculo aductor o "callo" es apreciado en el mercado internacional. En México, su pesquería se limita exclusivamente a la zo-

na de la Laguna Ojo de Liebre; en diversos cuerpos de agua de la Península de Baja California se considera una especie sobreexplotada (Taylor *et al.*, 2006). Por lo anterior y aunado a su alta tasa de crecimiento (Villalajo-Fuerte *et al.*, 2004), se considera que *N. subnodosus* tiene un alto potencial para la acuicultura (Arellano-Martínez *et al.*, 2004a; Koch *et al.*, 2005).

Debido a su importancia pesquera y acuícola se han realizado diversos estudios sobre

la biología de esta almeja, enfocados en evaluar el crecimiento y acondicionamiento en sistemas de cultivo (García-Domínguez *et al.*, 1992; Morales-Hernández & Cáceres-Martínez, 1996; Félix-Pico *et al.*, 1999; Barrios-Ruíz *et al.*, 2003; Quintero-Ojeda, 2003; Villalejo-Fuerte *et al.*, 2004; Koch *et al.*, 2005; Osuna-García, 2006; Pérez-De León, 2006; Taylor *et al.*, 2006), así como para evaluar aspectos sobre su estado fisiológico y su reproducción (Reinecke-Reyes, 1996; Racotta *et al.*, 2003; Arellano-Martínez *et al.*, 2004a; Arellano-Martínez *et al.*, 2004b). Sin embargo, ninguno de estos estudios se ha realizado en Bahía de los Ángeles, B.C., lugar en el que existe el interés por iniciar la pesquería comercial de la especie.

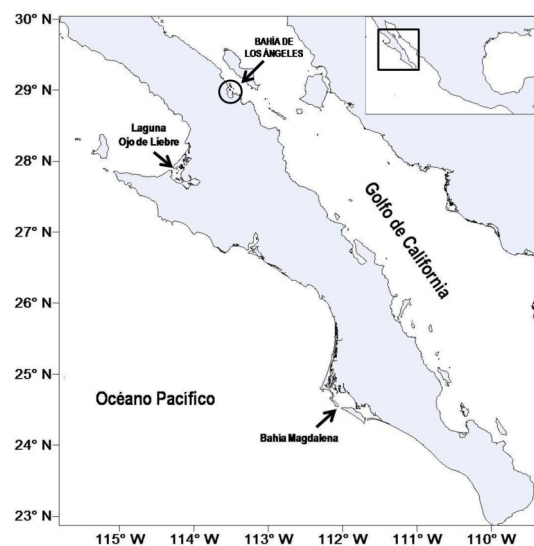
La variación del peso de la gónada, manto, músculo o glándula digestiva ha sido asociada al estado fisiológico de los organismos (Sastry, 1968; Villalejo-Fuerte & Ceballos-Vázquez, 1996; Barrios-Ruíz *et al.*, 2003; Marín *et al.*, 2003; Arellano-Martínez *et al.*, 2004b; Barber & Blake, 2006; Didri *et al.*, 2007; Kang *et al.*, 2007), debido a que dichos órganos funcionan como reservorios de nutrientes, que posteriormente son utilizados para diversos procesos metabólicos, tales como la reproducción, que se caracteriza por tener un alto gasto energético (Barber & Blake, 1981; Arellano-Martínez *et al.*, 2004b; Darriba *et al.*, 2005; Matus de La Parra *et al.*, 2005; Villalejo-Fuerte *et al.*, 2005; Mercado-Silva, 2005; Sahin *et al.*, 2006). Esta variación puede ocurrir en relación directa con el desarrollo de la gónada (Aldrich & Crowley, 1986; Sahin *et al.*, 2006) o de forma inversa entre el tejido gonádico y los tejidos somáticos, sugiriendo que existe una transferencia de reservas de energía desde los tejidos somáticos a la gónada (Gabbott, 1975; Bayne, 1976; Epp *et al.*, 1988; Park *et al.*, 2001; Arellano-Martínez *et al.*, 2004b; Barber & Blake, 2006). Esta transferencia depende de la especie y las condiciones ambientales que presente la zona en que habita (Bricelj *et al.* 1987; Epp *et al.* 1988).

Con la finalidad de detectar la posible existencia de un ciclo de transferencia de energía desde los tejidos somáticos hacia la gónada, en este trabajo se analizó la variación temporal de los índices morfofisiológicos de *N. subnodosus* en Bahía de los Ángeles, B.C., México. Adicionalmente, se probó la posible influencia de la temperatura superficial del mar sobre la reproducción de la especie.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se recolectaron al azar entre 20 y 30 ejemplares de *N. subnodosus* mensualmente durante 2006 por medio de buceo semiautónomo en Bahía de los Ángeles, B.C. (Golfo de California) (29° 00' N y 113° 30' W) (Fig. 1). De cada organismo se registró el peso total y sin concha, así como la altura de la concha (AC). Las almejas se disectaron en fresco para obtener los pesos de la gónada, del músculo aductor, de la glándula digestiva y del manto. La temperatura superficial del mar se obtuvo de información obtenida mediante sensores remotos (Pacheco-Ayub & Bautista-Romero, 2009).

Con los pesos obtenidos se calcularon los siguientes índices morfofisiológicos: gonadosomático (IGS), del músculo (IM), de la glándula digestiva (IGD) y del manto (IMA) como la razón del peso del órgano y el peso sin concha; los resultados se expresaron en porcentaje (Sastry, 1970). Los valores del IGS se consideraron valores cuantitativos que representan la actividad reproductiva (Arellano-Martínez *et al.*, 2004b). De acuerdo a los criterios establecidos por Barber & Blake (2006), un aumento en el IGS se consideró como indicador de maduración gonádica, mien-



**Figura 1.** Localización del sitio de estudio (O) y de las localidades en donde se ha estudiado *Nodipecten subnodosus* en la Península de Baja California.

Figure 2. Location of study site (O) and localities where *Nodipecten subnodosus* has been studied along the Baja California Peninsula.

tras una disminución se consideró como ocurrencia de desove. Asimismo, un incremento en el IM, IGD e IMA se consideró como un almacenamiento de reservas energéticas y un decremento se consideró como utilización o transferencia de energía.

Para verificar si existía variación significativa de todos los índices a lo largo del periodo de estudio, se aplicaron análisis de varianza de una vía (ANDEVA), usando como factor el tiempo (12 niveles: meses); cuando se encontraron diferencias significativas se realizó una prueba *a posteriori* para comparación de medias (Tukey). Debido a que los valores del IGS, IM, IGD e IMA son porcentajes, se les aplicó la transformación arcoseno (arcoseno p) (Zar, 1996) con la finalidad de normalizar la distribución de los datos. Además, se hicieron correlaciones de Pearson para establecer la posible relación del IGS (indicador del proceso reproductivo) con los otros tres índices; para determinar si el IGS tiene alguna relación con la temperatura se hizo una correlación de rangos de Spearman (Zar, 1996). El nivel de significancia fue establecido en  $\alpha = 0.05$ .

## RESULTADOS

Se recolectaron 334 organismos, cuyo intervalo de tallas fue de 48 a 172 mm de AC (media = 117 mm, d. s. = 27.5 mm).

En la figura 2 se presentan las variaciones anuales de los cuatro índices. En todos los casos se encontraron diferencias significativas entre los meses analizados (ANDEVA,  $P < 0.05$ ).

De febrero a julio, el IGS presentó valores significativamente más altos, encontrando los mayores en abril, mayo y junio (15%, 15% y 14%, respectivamente). Sin embargo, a partir de julio se observó un decremento hasta alcanzar los valores significativamente más bajos en noviembre y diciembre (5% y 5.7%, respectivamente) (Fig. 2a).

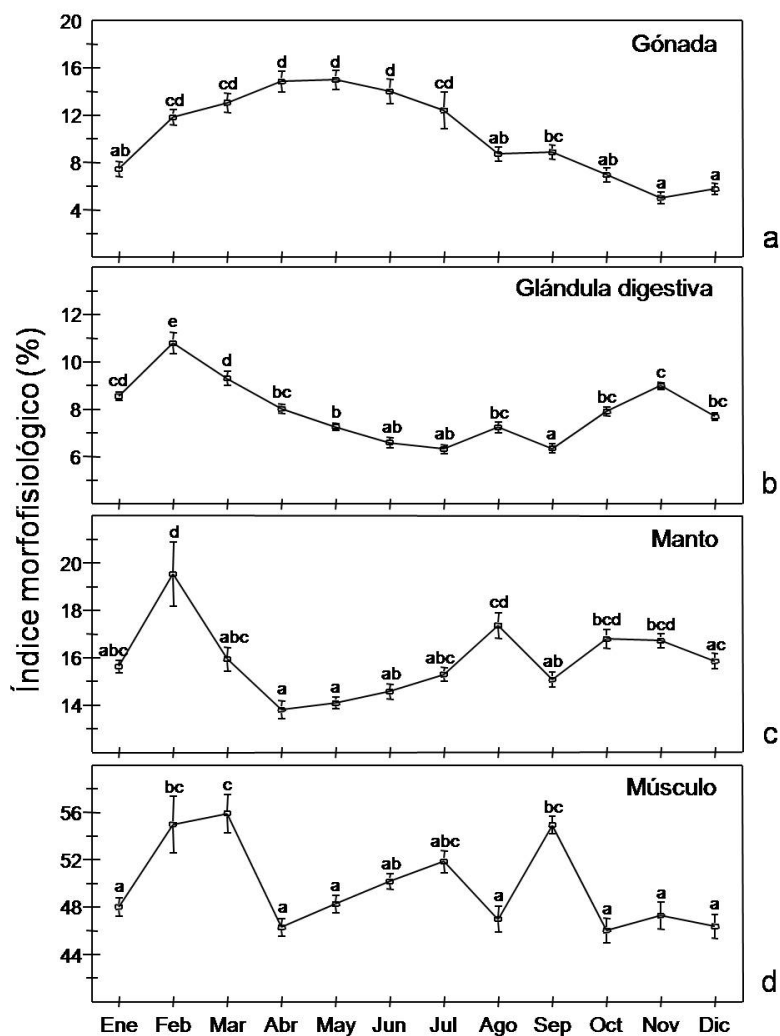
Tanto el IGD como el IMA mostraron variaciones similares (Fig. 2b y c). Sus valores significativamente más altos se presentaron en febrero, comenzaron a disminuir concomitantemente en los siguientes meses hasta alcanzar un mínimo en abril y mayo en el caso del IMA, y en junio y julio en el caso del IGD. Los valores de ambos índices aumentaron en agosto; se presentó una segunda disminución significativa en septiembre para volver a aumentar en los siguientes meses.

Por su parte, el IM mostró mayor variación durante el periodo de estudio (Fig. 2d). En febrero-marzo y septiembre se presentaron los valores más altos (56.7%, 55.9% y 54.2%, respectivamente). Mientras que en abril y octubre se observaron disminuciones significativas en sus valores.

Se encontró una correlación negativa baja pero significativa del IGS con el IGD ( $r = -0.12$ ,  $P < 0.05$ ) y con el IMA ( $r = -0.27$ ,  $P < 0.05$ ), pero el IGS no se correlacionó significativamente con el IM ( $r = 0.01$ ,  $P > 0.05$ ). Por su parte, no se presentó una correlación entre el IGS y la temperatura superficial del mar ( $P > 0.05$ ), la cual varió de manera estacional (Fig. 3). Los valores más bajos se presentaron de enero a marzo (16 °C), de abril a septiembre la temperatura aumentó de 19 °C a 30 °C, posteriormente se observó una disminución a partir de octubre y hasta alcanzar una temperatura de 19 °C en diciembre.

## DISCUSIÓN

A partir de un estudio realizado en la Laguna Ojo de Liebre, en el que se contrastó la variación estacional de los valores del IGS con las fases de desarrollo gonádico establecidas histológicamente, se encontró que el IGS es un buen indicador de la estacionalidad de la reproducción de *N. subnodosus* (Arellano-Martínez *et al.* 2004a). Considerando lo anterior, en Bahía de los Ángeles, B.C., Golfo de California, la variación del IGS indica que *N. subnodosus* se reproduce estacionalmente, iniciando el desarrollo de la gónada durante el invierno y madurando durante la primavera. Sin embargo, en localidades de la Península de Baja California ubicadas en la costa del Pacífico (Bahía Magdalena y Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., México) esta especie inicia su desarrollo gonádico durante primavera y madura durante verano-otoño (Reineke-Reyes, 1996; Racotta *et al.*, 2003; Arellano-Martínez *et al.*, 2004a). Está bien documentado que la temperatura del agua es uno de los factores ambientales más importantes que modulan la reproducción de muchos moluscos bivalvos (Sastry, 1979; Mackie, 1984; Román *et al.*, 2001; Gosling, 2004; Barber & Blake, 2006), ya sea como iniciador de la gametogénesis o como disparador del desove (Sastry, 1970; Sastry, 1979; Giguere *et al.*, 1994; Barber & Blake, 2006). En este estudio, la variación del IGS indica que la gametogénesis de *N. subnodosus* en Bahía de Los Ángeles, B.C., comenzó entre enero y febrero (evidenciada por el in-



**Figura 2.** Variación estacional de (a) índice gonadosomático, (b) índice de la glándula digestiva, (c) índice del manto, (d) índice del músculo de *Nodipecten subnodosus* en Bahía de los Ángeles, B.C., México. Las medias que no tienen la misma letra son significativamente diferentes. Las barras corresponden al error estándar.

**Figure 2.** Seasonal variation of (a) gonadosomatic, (b) digestive gland, (c) mantle and (d) muscle indices of *Nodipecten subnodosus* in Bahía de los Ángeles, B.C., México. Distinct literals represent a significant difference. Bars represent the standard error.

cremento en sus valores), cuando la temperatura superficial del mar era la más baja (17.2 °C). Por su parte, la máxima madurez (IGS entre 14% y 15%) se presentó de abril a junio con temperaturas de entre 23 °C y 26.8 °C, mientras que el desove (indicado por la disminución en los valores del IGS) se presentó de junio a agosto. En contraste, en un estudio realizado en la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S. (costa W de la península), la gametogénesis de *N. subnodosus* inició en abril cuando la temperatura superficial del mar comenzó a incremen-

tarse (18 °C) y la máxima madurez se dio en agosto, justo cuando la temperatura fue la más alta (23.5 °C) y los desoves se presentaron de septiembre a noviembre (Arellano-Martínez *et al.*, 2004a). Este patrón general fue también observado por Reinecke-Reyes (1996) en la misma zona y por Racotta *et al.* (2003) en Bahía Magdalena, B.C.S. (450 km al sur de la Laguna Ojo de Liebre). Este aparente contraste en el patrón reproductivo de *N. subnodosus* entre localidades del Océano Pacífico y el Golfo de California se explica porque



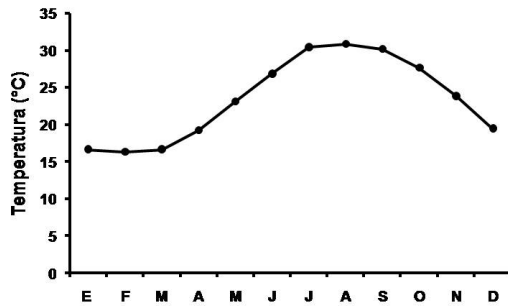


Figura 3. Variación estacional de la temperatura superficial del mar en Bahía de los Ángeles, B.C., durante el periodo de estudio.

Figure 3. Seasonal variation of sea surface temperature in Bahía de los Ángeles, B.C., during the study period.

éste último presenta regímenes de temperaturas más altos (de 16.6 °C a 30.8 °C), mientras que en Laguna Ojo de Liebre y Bahía Magdalena (costa W) las temperaturas máximas no sobrepasan los 23.5 °C y 27 °C, respectivamente (Lluch-Belda *et al.*, 2000; Arellano-Martínez *et al.*, 2004a). Lo anterior permite suponer que *N. subnodosus* se reproduce en un rango de temperatura bien definido (inicia su gametogénesis entre los 17 °C y 18 °C de temperatura superficial del mar y alcanza su máxima madurez entre los 23.5 °C y 26.8 °C), independientemente del mes en que éstas se presentan en cada localidad.

Por otro lado, la relación entre los índices de los tejidos somáticos y el IGS (actividad reproductiva) se ha reportado en distintos trabajos como un indicador de almacenamiento y utilización de reservas energéticas relacionado con la reproducción (Barber & Blake 1981; Villalejo-Fuerte & Ceballos-Vázquez, 1996; Barrios-Ruíz *et al.*, 2003; Arellano-Martínez *et al.*, 2004b). En este sentido, la correlación negativa del IGD y del IMA con el IGS, muestra una probable transferencia/utilización de reservas energéticas relacionada con la actividad reproductiva, indicada por valores bajos de los índices (IGD e IMA), principalmente durante el inicio de la gametogénesis (valores ascendentes del IGS) y durante la fase de madurez (valores máximos del IGS) de *N. subnodosus* en Bahía de los Ángeles B.C. En un contexto general, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Arellano-Martínez *et al.* (2004b) para la misma especie en la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., quienes encontraron que los individuos de esta especie almacenan (en tejidos somáticos) y transfieren

(a tejido gonádico) lípidos y proteínas, posiblemente para utilizarse con propósitos estructurales durante la diferenciación y el desarrollo de los ovocitos y para la formación de vitelo (Epp *et al.*, 1988; Racotta *et al.*, 2003). Esto mismo se ha reportado en otros pectínidos, tales como *Chlamys septemradiata* (Ansell, 1974), *Pecten maximus* (Comely, 1974), *Argopecten irradians concentricus* (Barber & Blake, 1981) y *A. irradians irradians* (Epp *et al.*, 1988).

Por otro lado, aunque en este estudio no se encontró una correlación significativa entre el IGS y el IM, se aprecia que hay una disminución significativa del IM durante el inicio de la fase de máxima madurez (abril-junio), lo cual sugiere una transferencia de sustratos metabólicos desde este tejido hacia la gónada en esta fase. Se ha reportado el almacenamiento y movilización de sustratos metabólicos desde el músculo aductor a la gónada durante la gametogénesis, en varias especies de pectínidos tales como *A. irradians* (Barber & Blake, 1981; Epp *et al.*, 1988), *C. opercularis* (Taylor & Venn, 1979), *P. maximus* (Comely, 1974), *A. ventricosus* (Racotta *et al.*, 1998), *A. purpuratus* (Martínez, 1991), y *N. subnodosus* (Racotta *et al.*, 2003; Arellano-Martínez *et al.*, 2004b), sugiriendo que éstos son usados para la maduración final y el desove.

Bayne (1976) dividió a los bivalvos en dos grupos basado sobre su estrategia o patrón gametogénico: 1) “conservativa” especies donde su gametogénesis ocurre a expensas de la energía almacenada en sus tejidos; 2) “oportunista” especies en las que la gametogénesis ocurre a expensas del alimento ingerido recientemente y cuando el fitoplancton es abundante. En este sentido, el análisis de la variación de los índices morfofisiológicos indica que es posible que en Bahía de Los Ángeles, *N. subnodosus* presente un ciclo de almacenamiento y transferencia de energía desde tejidos somáticos (estrategia conservativa, Bayne, 1976) hacia la gónada para soportar la gametogénesis, tal como fue reportado para la misma especie en la Laguna Ojo de Liebre, (Arellano-Martínez *et al.*, 2004b). En contraste, los resultados obtenidos por Racotta *et al.* (2003) para la misma especie, pero de Bahía Magdalena, B.C.S., indican que la energía para la actividad reproductiva depende mínimamente de las reservas energéticas previamente almacenadas y el gasto energético recae sobre el alimento ingerido por el organismo

(estrategia oportunista; Bayne, 1976). Se sabe que ambas estrategias pueden ser adoptadas por la misma especie para soportar la gametogénesis y depende de la disponibilidad de alimento en una localidad específica (Barber & Blake, 2006). No obstante, para comprobar estos resultados es necesario realizar un análisis bioquímico de los tejidos (Racotta *et al.*, 2003; Arellano-Martínez *et al.*, 2004b).

### AGRADECIMIENTOS

La presente investigación se deriva de los proyectos SIP 20070215 y CONACyT-52818-Q. Yee-Duarte, J. A. es becario del PIFI (IPN) y CONACyT. Los resultados que se presentan aquí son parte de su tesis de maestría. B.P. Ceballos-Vázquez y M. Arellano-Martínez reciben apoyo de SIBE (COFAA), EDI (IPN) y SNI-CONACyT.

### REFERENCIAS

- Aldrich, J. & M. Crowley. 1986. Condition and variability in *Mytilus edulis* (L.) from different habitats in Ireland. *Aquaculture*, 52: 273-286.
- Ansell, A. 1974. Seasonal changes in biochemical composition of the bivalve *Chlamys septemradiata* from the Clyde Sea area. *Mar. Biol.*, 25: 85-99.
- Arellano-Martínez, M., B. P. Ceballos-Vázquez, M. Villalejo-Fuerte, F. García-Domínguez, J. F. Elorduy-Garay, A. Esliman-Salgado & I. S. Racotta. 2004a. Reproduction of the lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus* Sowerby, 1835 (Bivalvia:Pectinidae) from Laguna Ojo de Liebre, B.C.S. México. *J. Shellfish Res.*, 23(3): 723-729.
- Arellano-Martínez, M., I. S. Racotta, B. P. Ceballos-Vázquez & J. F. Elorduy-Garay. 2004b. Biochemical composition, reproductive activity and food availability of the lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus* in the Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México. *J. Shellfish Res.*, 23(1): 15-23.
- Barber, B. J. & N. J. Blake. 1981. Energy storage and utilization in relation to gametogenesis in *Argopecten irradians concentricus* (Say). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 5: 121-134.
- Barber, B. J. & N. J. Blake. 2006. Reproductive physiology, 357-416. En: Shumway, S. E. & G. Jay Parsons (Eds.) *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. Elsevier, Amsterdam, 1460 p.
- Barrios-Ruíz, D., J. Chávez-Villalba & C. Cáceres-Martínez. 2003. Growth of *Nodipecten subnodosus* (Bivalvia: Pectinidae) in La Paz, Bay. *Aquacult. Res.*, 34: 633-639.
- Bayne, B. L. 1976. Aspect of reproduction in bivalve mollusks, 432-448. En: Wiley, M. L. (Ed.). *Estuarine Processes*. Academic Press, New York, 451 p.
- Bricelj, V. M., J. Epp & R. E. Malouf. 1987. Intraspecific variation in reproductive and somatic growth cycles of bay scallops *Argopecten irradians*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 36: 123-137.
- Comely, C. A. 1974. Seasonal variations in the flesh weights and biochemical content of the scallop *Pecten maximus* (L.) in the Clyde Sea Area. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 35: 281-295.
- Darriba, S., F. San Juan & A. Guerra. 2005. Energy storage and utilization in relation to the reproductive cycle in the razor clam *Ensis arcuatus* (Jeffreys, 1865). *J. Mar. Sci.*, 62: 886-896.
- Dridi, S., M. S. Romdhane & M. Elcafsi. 2007. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* in relation to the gametogenic cycle and environmental conditions of the Bizert lagoon, Tunisia. *Aquaculture*, 263: 238-248.
- Epp, J., V. M. Bricelj & R. E. Malouf. 1988. Seasonal partitioning and utilization of energy reserves in two age classes of the Bay scallop *Argopecten irradians irradians* (L.) *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 121: 113-136.
- Félix-Pico, E. F., M. Villalejo-Fuerte, A. Tripp-Quezada & O. Holguín-Quiñones.

1999. Growth and survival of *Lyropecten subnodosus* (Sowerby, 1835) in suspended culture at the national marine park of Bahía de Loreto, B.C.S. México, 39-40. En: *Book of Abstracts 12th Internacional Pectinid Workshop*, Bergen, Norway. Strand, Ø (Ed.) University of Bergen, Bergen, Norway.
- Gabbott, P. A. 1975. Storage cycles in marine bivalve molluscs: A hypothesis concerning the relationship between glycogen metabolism and gametogenesis, 191-211. En: Barnes, H. (Ed.) *Proc. 9th Euro. Mar. Biol. Sympos.*, Aberdeen University Press, Aberdeen Scotland.
- García-Domínguez, F., P. Castro-Moroyoqui, & E. Felix-Pico. 1992. Spat settlement and early growth of *Lyropecten subnodosus* (Sowerby, 1835) in Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., Mexico, 1989-1990. *J. Shellfish Res.*, 11: 195.
- Giguere, M., G. Gliche & S. Brulotte. 1994. Reproductive cycle of the sea scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin), and the iceland scallop, *Chlamys islandica* (O. F. Müller), in Iles-de-la-Madeleine, Canada. *J. Shellfish Res.*, 13: 31-36.
- Gosling, E. 2004. *Bivalve mollusks. Biology, Ecology and Culture*. Elsevier, Oxford, 443 p.
- Kang, C. K., Y. S. Kang, E. J. Choy, D. S. Kim, B. T. Shim & P. Y. Lee. 2007. Condition, reproductive activity, and gross biochemical composition of manila clam, *Tapes philippinarum* in natural and newly created sandy habitats of the southern coast of Korea. *J. Shellfish Res.*, 26: 401-412.
- Keen, A. M. 1971. *Sea Shells of Tropical West America*. Stanford University Press, Stanford, 1064 p.
- Koch, V., J.M. Mazón-Suástegui, F. Sinsel, M. Robles-Mungaray & D. Dunn. 2005. Lion's paw scallop (*Nodipecten subnodosus*, Sowerby 1835) aquaculture in Bahía Magdalena, México: effects of population density and season on juvenile growth and mortality. *Aquacult. Res.*, 36: 505-512.
- Lluch-Belda, D., M. E. Hernández-Rivas, R. Saldierna-Martínez & R. Guerrero-Caballero. 2000. Variabilidad de la temperatura superficial del mar en Bahía Magdalena, B.C.S. *Oceánides*, 15(1): 1-23.
- Mackie, G. L. 1984. Bivalves. En: Tompa, A., N. Verdonk & J. Van Der Biggelaar (Eds.). *The Mollusca: Reproduction*. Academic Press, New York, 486 p.
- Marin, M. G., V. Moschino, M. Deppieri & L. Lucchetta. 2003. Variations in gross biochemical composition, energy value and condition index of *T. philippinarum* from the Lagoon of Venice. *Aquaculture*, 219: 859-871.
- Martínez, G. 1991. Seasonal variations in biochemical composition of three size classes of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* Lamarck, 1819. *The Veliger*, 34: 335-343.
- Matus de La Parra, A., O. García & F. San Juan. 2005. Seasonal variations on the biochemical composition and lipid classes of the gonadal and storage tissues of *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1794) in relation to the gametogenic cycle. *J. Shellfish Res.*, 24: 457-467.
- Mercado-Silva, N. 2005. Condition index of the eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) in Sapelo island Georgia-effects of sites, position on bed and pea crab parasitism. *J. Shellfish Res.*, 24: 121-126.
- Morales-Hernández, R., & C. Cáceres-Martínez. 1996. Pesquería de almeja mano de

- león, *Lyropecten subnodosus*, 87-100. En: Casas, M. & G. Ponce (Eds.). *Estudio Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur*, SEMARNAP, Gob. de B.C.S., FAO, INP, UABCS, CIB, CICIMAR-IPN. La Paz, México. Vol. I, 350 p.
- Osuna-García, M. 2006. *Efecto de la densidad en el cultivo de la almeja mano de león Nodipecten subnodosus (Sowerby, 1835), en la Península de Baja California, México*. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN, México, 82 p.
- Pacheco-Ayub C. A. & J. J. Bautista-Romero. 2009. Colección de información ambiental para el Pacífico mexicano CD-ROM. CIBNOR, S.C./CONACYT.
- Park, M. S., C. K. Kang & P. Y. Lee. 2001. Reproductive cycle and biochemical composition of the ark shell *Scapharca broughtonii* (Schrenck) in a southern coastal bay of Korea. *J. Shellfish Res.*, 20: 177-184.
- Pérez de León, E. 2006. *Crecimiento y reproducción de la almeja mano de león Nodipecten subnodosus, en un sistema de cultivo en suspensión en la laguna Guerrero Negro, B.C.* Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México, 58 p.
- Quintero-Ojeda, N. V. 2003. *Crecimiento y supervivencia de la almeja mano de león Nodipecten subnodosus (Sowerby, 1835) en dos artes de cultivo en el estero El Cardón, Laguna San Ignacio, B.C.S. México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México, 63 p.
- Racotta, I. S., J. L. Ramírez, S. Avila, & A. M. Ibarra. 1998. Biochemical composition of gonad and muscle in the catarina scallop, *Argopecten ventricosus*, after reproductive conditioning under two feeding systems. *Aquaculture*, 163: 111-122.
- Racotta, I. S., J. L. Ramírez, A. M. Ibarra, M. C. Rodríguez-Jaramillo, D. Carreño & E. Palacios. 2003. Growth and gametogenesis in the lion's paw scallop *Nodipecten (Lyropecten) subnodosus*. *Aquaculture*, 217: 335-349.
- Reinecke-Reyes, M. A. 1996. Madurez y desove de la almeja mano de león *Lyropecten subnodosus* Sowerby, 1835 (Bivalvia: Pectinidae) en la laguna Ojo de Liebre, B.C.S. México, 17-20. En: C. E. Castro-Aguirre (Ed.) *Boletín Pesquero SEMARNAP/IPN-CRIP-La Paz, B.C.S.*, México, 3.
- Román, G., G. Martínez, G. García & L. Freitas. 2001. Reproducción. 27-59. En: Maeda-Martínez, A. N. (Ed.) *Los Moluscos Pectínidos de Iberoamerica: Ciencia y Desarrollo*. Limusa Noriega editores, México, 476 p.
- Sahin, C., E. Düzgüneş & I. Okumus. 2006. Seasonal variations in condition index and gonadal development of the introduced blood cockle *Anadara inaequalvis* (Bruguiere, 1789) in the southeastern Black Sea coast. *Turkish J. Fish. Aquat. Sci.*, 6: 155-163.
- Sastry, A. N. 1968. The relationship among food, temperature, and gonad development of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamarck. *Physiol. Zool.*, 41: 44-53.



- Sastry, A. N. 1970. Reproductive physiological variation in latitudinally separated populations of the bay scallop *Aequipecten irradians* Lamarck. *Biol. Bull.*, 138: 56-65.
- Sastry, A. N. 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae), 113-292. En: Giese, A.C. & J. S. Pearse, (Eds.). *Reproduction of Marine Invertebrates*. Academic Press, New York.
- Taylor, A. C. & T. J. Venn. 1979. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissue of the queen scallop, *Chlamys opercularis*, from the Clyde Sea area. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 59: 605-621.
- Taylor, M., V. Koch, M. Wolff & F. Sinsel. 2006. Evaluation of different shallow water culture methods for the scallop *Nodipecten subnodosus* using biologic and economic modelling. *Aquaculture*, 254: 301-316.
- Villalejo-Fuerte, M. & B.P. Ceballos-Vázquez. 1996. Variación de los índices de condición general, gonádico y de rendimiento muscular en *Argopecten circularis* (Bivalvia: Pectinidae). *Rev. Biol. Trop.*, 44: 571-575.
- Villalejo-Fuerte, M., M. Arellano-Martínez, M. Robles, & B. P. Ceballos-Vázquez. 2004. Growth of lion-paw *Nodipecten* (= *Lyropecten*) *subnodosus* (Sowerby, 1835) maintained in suspended culture in Bahía de Juncalito, Golfo de California, México. *Hidrobiológica*, 14: 1-5.
- Villalejo-Fuerte, M., A. Tripp-Quezada & F. García-Domínguez. 2005. Variación de los índices gonádico, de rendimiento muscular y de la glándula digestiva de *Spondylus princeps* (Gray, 1825) (Mollusca: Bivalvia) en Isla Cedros y Punta Eugenia, México. *Rev. Biol. Mar. Ocean.*, 40(1): 87-90.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. 3rd edition. Prentice Hall, Inc. New Jersey, USA, 662 p.