

Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 20.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Julio - Diciembre de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 29 - 44
Recibido: octubre 10 de 2024
Aprobado: diciembre 20 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i20.142

Efecto de diferentes regímenes térmicos sobre el acondicionamiento reproductivo de la almeja mano de león, *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835)

Effect of different temperature regimes on reproductive conditionig of the lion paw scallop, *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835)

José Armando López Sánchez
Universidad Autónoma de Nayarit,
Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera
armando.lopez@uan.edu.mx y jals88@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1414-2427>

Alfonso Nirvardo Maeda Martínez
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.
amaeda04@cibnor.mx
<https://orcid.org/0000-0003-4185-4902>

Maria Teresa Sicard González
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.
tsicard04@cibnor.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2916-2743>

María del Carmen Rodríguez Jaramillo
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.
jaramilo04@cibnor.mx
<https://orcid.org/0000-0003-3926-9560>

Juan Carlos Bautista Covarrubias
Universidad Autónoma de Nayarit,
Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera
juanb@uan.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-4790-9898>

Efecto de diferentes regímenes térmicos sobre el acondicionamiento reproductivo de la almeja mano de león, *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835)

Effect of different temperature regimes on reproductive conditionig of the lion paw scallop, *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835)

Resumen

Los métodos para inducir el desarrollo gametogénico en bivalvos se han estudiado ampliamente e incluyen principalmente una temperatura estable del agua, así como algunos incrementos o disminuciones térmicos graduales. Son necesarios más estudios sobre el efecto de las oscilaciones de temperatura sobre la maduración de las gónadas, y el efecto de los pulsos de temperatura que pudieran influir en el desarrollo reproductivo. En la presente investigación se seleccionaron seis tratamientos de temperatura del agua, incluida la óptima para el crecimiento de *Nodipecten subnodosus* (22 °C), para determinar el efecto de éstas sobre el desarrollo de seis fases ovogénicas y el índice gonadosomático, con muestreos a los 0, 15 y 30 días.

Palabras clave: Acondicionamiento reproductivo, Ovogénesis, Pectinidae, Bivalvo, Índice gonadosomático.

Abstract

Methods to induce gametogenic development in bivalves have been widely studied and mainly include a stable water temperature as well as gradual thermal increases or decreases. Studies are needed on the effect of daily temperature oscillations on gonad maturation, and the effect of temperature pulses that could accelerate gametogenesis. In the present investigation, six water temperature treatments were selected, including the optimal one for the growth of *Nodipecten subnodosus* (22 °C), to determine the effect of these on the development of six oogenesis phases and the gonadosomatic index, with sampling at 0, 15 and 30 days.

Keywords: Reproductive conditioning, Oogenesis, Pectinidae, Bivalve, Gonadosomatic index.

Introducción

La temperatura del agua es uno de los factores externos más importantes que influyen desarrollo reproductivo en bivalvos (Bayne, 1976; Mackie, 1984; MacDonald y Thompson, 1986; Honkoop y Van, 1998; Fabioux *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2015). El efecto de este factor en el ciclo gametogénico y en la inducción del desove, ha estudiado ampliamente (Sastry, 1963, 1966; Bayne, 1975; Illanes *et al.*, 1985; Utting y Millican, 1997; Saucedo *et al.*, 2001; Delgado y Pérez, 2007). Estos estudios han permitido definir protocolos de manejo de los organismos en laboratorios acuícolas, para inducir la maduración de las gónadas fuera de sus temporadas naturales reproductivas. La mayoría de estos protocolos incluyen un régimen de temperatura constante, dentro de un margen cercano a la óptima, específica para la reproducción o crecimiento de la especie de interés. Por ejemplo, los pectínidos como *Pecten fumatus* y *Argopecten ventricosus* fueron acondicionados exitosamente fuera de su temporada reproductiva usando temperatura constante del agua de 15 y 23 °C, respectivamente (Heasman *et al.*, 1996; Monsalvo *et al.*, 1997). Otros protocolos consisten en incrementos o disminuciones graduales de la temperatura del agua para asemejarse a los patrones estacionales registrados en sus áreas naturales, pero en períodos de tiempo mucho más cortos. En estos casos, la tasa de cambio de temperatura es baja, del orden de décimas de grado por día, como en la ostra perlera *Pinctada mazatlanica*, que fue acondicionada exitosamente con un aumento de temperatura de 20 a 29 °C en 60 días (Saucedo *et al.*, 2001). De manera similar, la almeja mano de león *Nodipecten subnodosus* también ha sido acondicionada para desovar en 20 días, aumentando la temperatura del agua de 17 a 21 °C (Gutiérrez y Chi, 1997; Robles, 2001).

Marco teórico

La variabilidad de la temperatura en la mayoría de los sistemas marinos es relativamente baja en comparación con los ambientes terrestres y de agua dulce, debido a la gran capacidad calorífica del agua (Heilmayer, 2003). Sin embargo, Sicard *et al.* (2006) reportaron altas oscilaciones de temperatura de hasta ± 4 °C por día, en dos sitios de la costa oeste de la Península de Baja California, como resultado del ingreso por marea de

agua fría proveniente de la corriente de California, y el agua caliente que sale de las lagunas costeras. Estas oscilaciones son típicas en lagunas de las regiones tropicales-templadas, incluida la Laguna Ojo de Liebre, donde existe una población explotable de *N. subnodosus*. Estas oscilaciones diarias generalmente se pasan por alto, pero parecen tener un efecto profundo en la fisiología y el desempeño reproductivo de la especie. Sicard *et al.* (2006) informan de un mayor potencial de crecimiento somático y de concha en *N. subnodosus* expuesto a oscilaciones crónicas de temperatura de ± 2 °C por día. La diferencia se explicó por un cambio en las tasas de ingestión y aclaramiento del agua en los pectínidos mantenidos a temperaturas oscilantes.

Son necesarios más estudios sobre el efecto de las oscilaciones de temperatura en la maduración de las gónadas y del efecto de los pulsos térmicos que puedan estimular la secreción hormonal, y que pueda acelerar la gametogénesis (López *et al.*, 2009). La información disponible sobre este tema es escasa debido a las dificultades técnicas que impiden cumplir con todos los requisitos de un experimento científico clásico. Mantener diferentes regímenes de temperatura del agua simultáneamente durante largos períodos de tiempo es quizás el desafío más importante. Esto sólo puede lograrse con sistemas automatizados, capaces de mantener el control de la temperatura en tanques de flujo abierto con volúmenes relativamente grandes. Además, los reproductores exigen un suministro continuo de grandes cantidades de alimento, microalgas cultivadas, para asegurar una buena nutrición y la viabilidad de los resultados. En el presente trabajo se determinó el efecto de diferentes regímenes térmicos (variables y estables) sobre la actividad gametogénica de *N. subnodosus*. El efecto de los tratamientos térmicos se evaluó analizando el desarrollo de fases ovogénicas, el índice gonadosomático, el índice de condición general, abundancia de ovocitos (mm^{-2}) en gónadas con fases gametogénicas avanzadas. Se desarrolló una escala de seis fases ovogénicas, a partir la escala de clasificación existente para *N. subnodosus* de Ramírez (2003), la cual resultó más apropiada para este estudio.

La almeja mano de león es una especie muy valorada en la que existe un continuo interés en su cultivo. Habita lagunas poco profundas en las costas de la Península de Baja California, presenta una alta tasa de crecimiento y representa al pectínido más grande del

continente americano (Maeda *et al.*, 2001). Es una especie hermafrodita funcional con una talla de primera madurez de 55 mm de altura de la concha (Arellano *et al.*, 2004). El cultivo comercial de esta especie continúa creciendo, pero es necesario mejorar los métodos para su acondicionamiento reproductivo en laboratorio.

Metodología

Un total de 65 individuos de *N. subnodosus* con promedio de 87.5 mm de altura de concha fueron obtenidos de un cultivo en Laguna Manuela, B.C.S, México (28° 20' N; 114° 06' W), y trasladados al Laboratorio de Ecofisiología del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. en La Paz, B.C.S., siguiendo el método de transporte de Maeda *et al.* (2000). Únicamente se seleccionaron ejemplares con gónadas en estado indiferenciado, según la escala morfocromática de Ramírez (2003).

Las almejas se aclimataron en un tanque de fibra de vidrio de 1,500 L provisto con agua de mar filtrada a 17 °C, 35 UPS, aireación y microalga continua con una ración diaria de 7.5×10^8 células de *Isochrysis galbana* por individuo. La temperatura del agua se elevó gradualmente hasta la temperatura óptima para el crecimiento de la especie de 22 °C (González, 2003) en 10 días. Posteriormente, los ejemplares se transfirieron a los tanques experimentales donde se sometieron durante 30 días a los siguientes seis tratamientos térmicos (Fig. 1):

- 1) Temperatura constante de 22 °C (TCons22).
- 2) Temperatura constante de 25 °C (TCons25).
- 3) Temperatura oscilante de alta amplitud de $22 \text{ °C} \pm 4 \text{ °C día}^{-1}$ (TOsc22±4).
- 4) Tratamiento mixto, inicio con temperatura oscilante de baja amplitud de $20 \pm 2 \text{ °C día}^{-1}$ dentro del rango de 17 - 24 °C durante los primeros 15 días, seguido de un incremento gradual de 18 a 22 °C (TOsc±2&Incr).

- 5) Temperatura constante a 22 °C con pulsos de 6 h de +5,5 °C cada 3 días (TPuls22+5.5).
- 6) Patrón de temperatura registrado *in situ* en el sitio de cultivo en Laguna Manuela durante la temporada reproductiva de *N. subnodosus* (T-inSitu). El patrón se construyó con registros (agosto de 2003) realizados con un sensor digital (Onset Optic Stow Away) programado para tomar un dato cada 30 min.

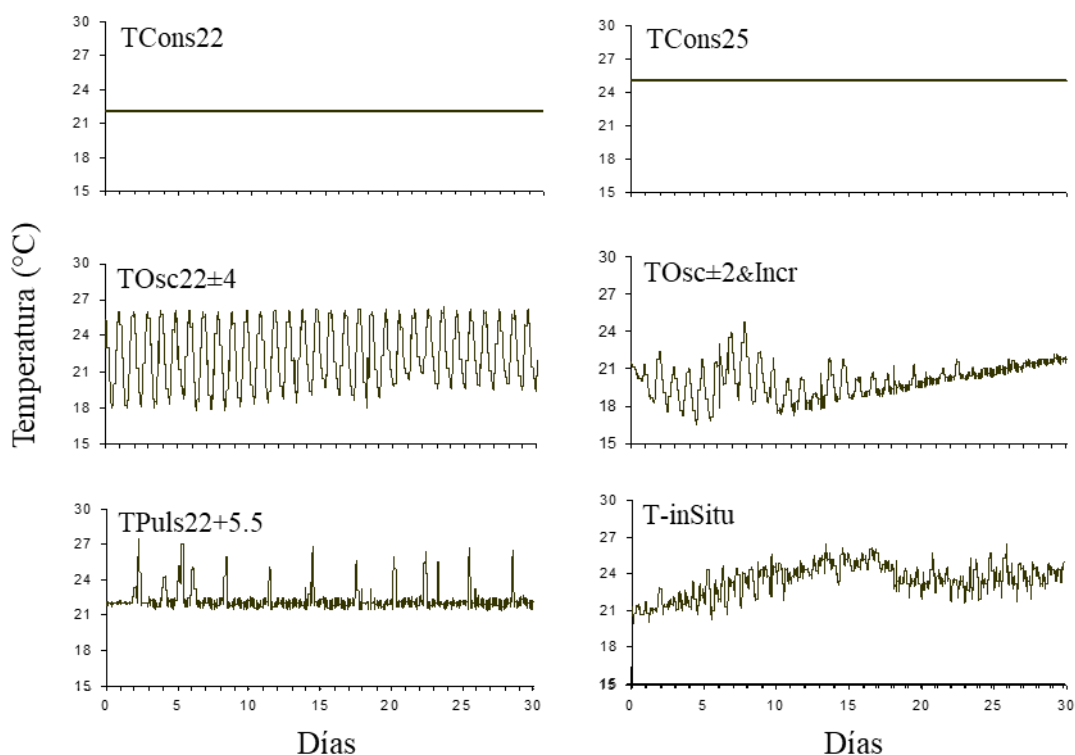


Fig. 1. Gráficos de respuesta de los tratamientos térmicos experimentales empleados para inducir el desarrollo gametogénico en *Nodipecten subnodosus* durante 30 días.

Los regímenes térmicos del agua en los tanques experimentales en laboratorio se produjeron con un simulador preprogramado y controlado por un microprocesador (SITMA) desarrollado en el CIBNOR. Los patrones de temperatura para cada tratamiento experimental se cargaron en la memoria de la computadora y el sistema los reprodujo

automáticamente en los tanques controlando calentadores y refrigeradores. Una descripción completa del sistema se encuentra en Sicard *et al.* (2006). El SITMA consta de seis tanques de 120 L, cada uno de los cuales recibe aireación constante y un flujo continuo (1.5 L min^{-1}) de agua de mar (35 UPS) con microalgas (*I. galbana*) para dar una ración diaria promedio de 9.6×10^8 células por organismo. Los organismos se colocaron individualmente en contenedores de 5 L que se sumergieron en los tanques de 120 L controlados térmicamente, para evitar contaminación del agua por algún desove espontáneo. El agua acondicionada en los tanques ingresó continuamente a los contenedores mediante el flujo que se formó con un sifón de desagüe controlado. El volumen sumado de agua desechada de todos los contenedores por unidad de tiempo fue el mismo que se recibió en el tanque de 120 L. La temperatura del agua de cada tanque se registró cada 15 min durante los experimentos con el SITMA y con sensores digitales descritos anteriormente.

El experimento se realizó con el muestreo de cinco ejemplares para la obtención de datos inicial, y posteriormente se tomaron cinco de cada tratamiento en los días 15 y 30, dando un total de 65 individuos experimentales. No se registraron muertes durante el experimento. Se diseccionó una porción de la gónada femenina de cada almeja para una preparación histológica estándar. Todas las muestras se conservaron en solución de Davidson durante 48 h (Shaw y Batle, 1957), se deshidrataron en una dilución en serie de alcoholes a diferentes grados, se incluyeron en parafina, se seccionaron a $5 \mu\text{m}$ y se tiñeron con hematoxilina-eosina. Las muestras se examinaron con un microscopio Olympus BX41 para determinar las fases ovogénicas de las gónadas, según la nueva escala de clasificación (ver sección de resultados). Para esta clasificación se tuvo en cuenta la presencia de fagocitos y la apariencia de varias estructuras como folículos, gonoductos y tejido conectivo, basándose en estudios previos con almejas y otros bivalvos (Ramírez, 2003; Arellano *et al.*, 2004). Las imágenes de la sección se capturaron con una cámara digital CoolSNAP-Pro y se procesaron con ImagePro Plus 4.5.1.9.

El índice gonadosomático (IG) se calculó mediante la fórmula:

$$\text{IG} = (\text{GW}/\text{TW}) * 100$$

donde GW fue el peso húmedo de la gónada y TW el peso del tejido húmedo (Sastry, 1970).

Resultados

Fases de desarrollo ovogénico de la gónada femenina.

El desarrollo de las gónadas femeninas se dividió en seis fases diferentes (Fig. 2):

Fase I (Indiferenciado o en reposo): se caracteriza por poseer abundante tejido conjuntivo, se observa presencia de algunos fagocitos, poca o nula presencia de tejido folicular, nula presencia de ovogonias y nula presencia de ovocitos.

Fase II (Inicial o previtelogénico): posee abundante tejido conjuntivo, entre el cual se han formado pequeños folículos con tejido de paredes gruesas, que soportan poca o gran cantidad de ovogonias y también pocos o abundantes ovocitos previtelogénicos de talla homogénea y poca o nula presencia de ovocitos vitelogénicos. Poca o nula presencia de fagocitos.

Fase III (Desarrollo o vitelogénico): se caracteriza por la evidente dominancia de ovocitos previtelogénicos y vitelogénicos de diferentes tamaños, pedunculados a la pared folicular y algunos con forma alargada. Los folículos incrementan su tamaño y sus paredes se vuelven más delgadas. El tejido conjuntivo ínter-folicular se vuelve muy delgado. Existe poca o nula presencia de fagocitos. Existe poco espacio abierto en el lumen folicular.

Fase IV (Madurez o postvitelogénico): posee folículos completamente llenos con ovocitos vitelogénicos y postvitelogénicos en tallas homogéneas y formas poliédricas. No se observan espacios en el lumen folicular. El tejido conjuntivo está casi ausente.

Fase V (Desove parcial): presenta folículos cerrados y completos, así como folículos con espacios abiertos en su lumen y paredes delgadas y rotas en algunos puntos, con abundantes ovocitos vitelogénicos, en su mayoría adheridos a las paredes foliculares y también ovocitos postvitelogénicos residuales en forma redonda que se encuentran libres en el lumen folicular. Hay presencia de fagocitos. El tejido conjuntivo es poco y disperso.

Fase VI (Desove total): presenta una dominancia de tejido folicular roto y residual, se observan pocos ovocitos postvitelogénicos libres en los folículos en estado de degeneración y lisis, los fagocitos son abundantes.

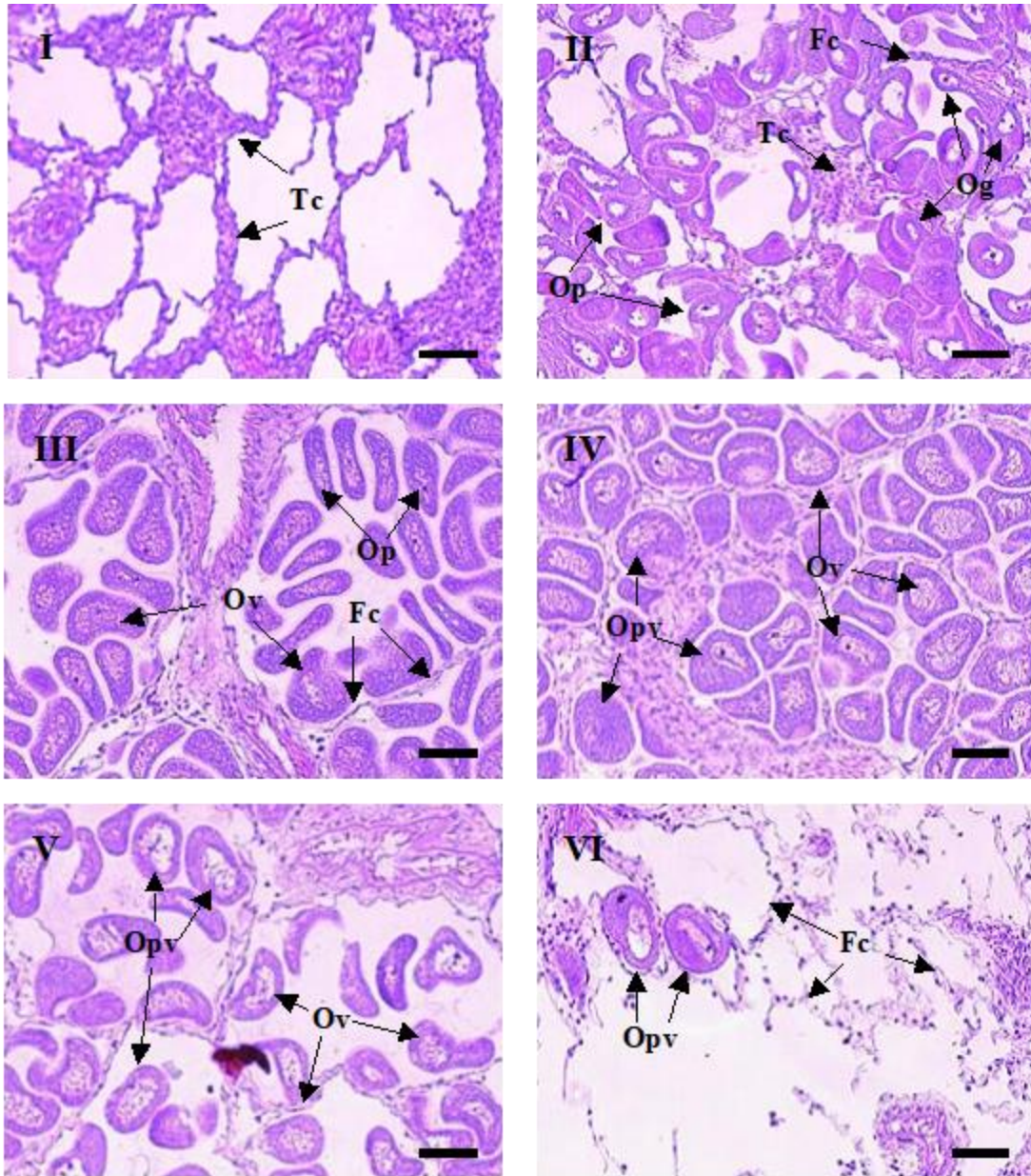


Fig. 2. Fases de las gónadas femeninas de *Nodipecten subnodosus* utilizados para la clasificación de las gónadas en el presente estudio. I = Indiferenciado, II = Inicial, III = Desarrollo, IV = Madurez, V = Desove parcial y VI = Desove total. Tc; tejido conectivo, Fc;

folículo, Og; oogonia, Op; ovocito previtelogénico, Ov; ovocito vitelogénico, Opv; Ovocito posvitelogénico. Barra = 50 μ m.

Desarrollo ovogénico ante diferentes regímenes térmicos

El efecto de los tratamientos térmicos experimentales sobre las fases de desarrollo gonádico se observa en la Figura 3. Al inicio del experimento, el 80 % de las almejas se encontraban con gónadas indiferenciadas (Fase I) y el 20 % gametogénesis inicial (Fase II). Para el día 15, el 20 % de las almejas de los tratamientos TCons22 e T-inSitu permanecieron en la Fase I, así como el 80 % de las almejas del tratamiento TOsc22±4. Entre el 40 y 60 % de las almejas de todos los tratamientos (excepto TOsc22±4) mostraron gónadas en desarrollo y maduras (Fases III y IV) y alrededor de un 20% presentaban desove parcial (Fase V). También en todos los tratamientos (excepto TOsc±2&Incr) presentaron un 20 % de organismos con gónadas en desove total (Fase VI). Al día 30, el 80 % de las almejas del tratamiento TCons22 y, del 20 al 40 % de los tratamientos restantes, mostraron gónadas en desarrollo y maduras (Fase III y IV). Se encontraron gónadas con desoves parciales y totales (Fase V y VI) en el 40 % de las almejas de todos los tratamientos, excepto en el tratamiento TCons22, que solo mostró un desove parcial en el 20 % de las gónadas.

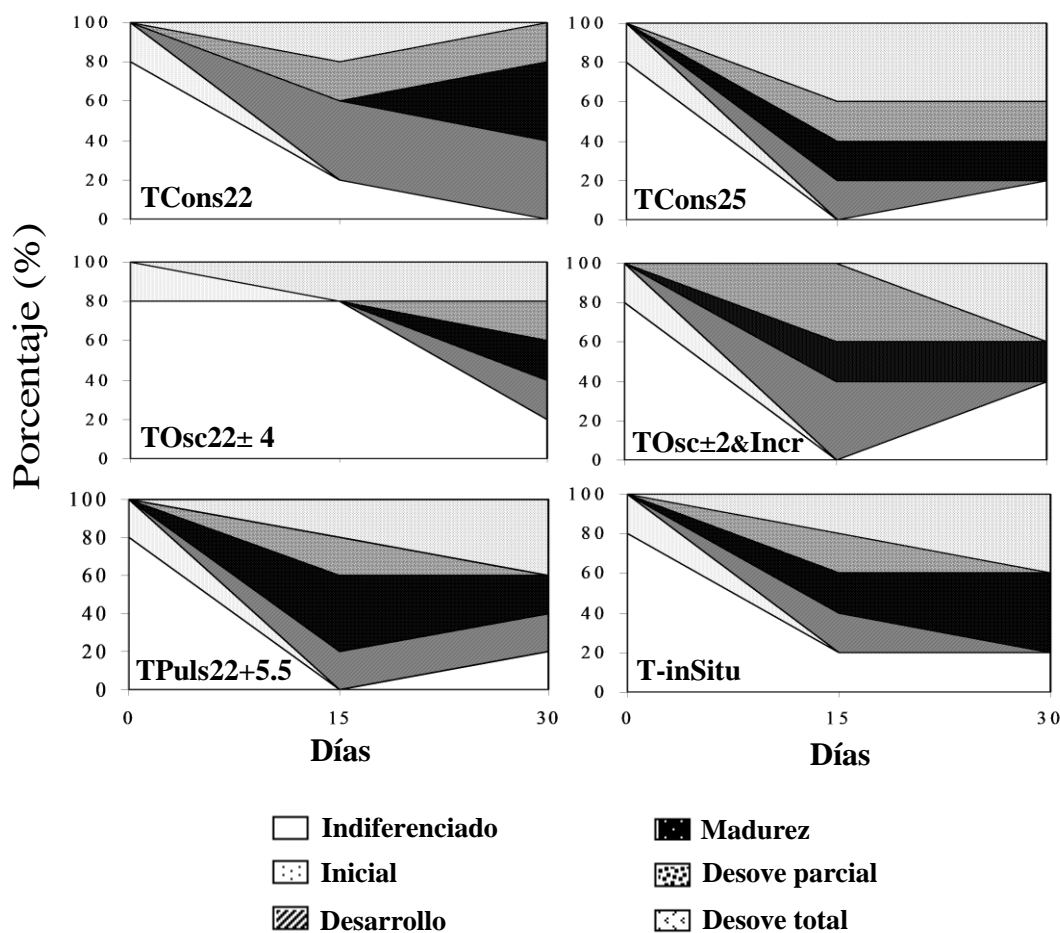


Fig. 3. Frecuencia (%) de fases ovogénicas de *Nodipecten subnodosus* en los días 0, 15 y 30, expuestos a seis tratamientos diferentes de temperatura del agua.

Índice gonadosomático ante diferentes regímenes térmicos

El índice gonadosomático (IG) aumentó en todos los tratamientos de térmicos durante los 30 días de experimentación, en comparación con el IG con promedio de 1.6 al inicio del experimento (Fig. 4). Los IG más altos, de 3.12 y 2.7, se registraron en las almejas de los tratamientos TCons22 y TPul22+5.5 respectivamente en el día 15, y de los tratamientos TCons22 y TCons25 el día 30. El menor índice de todo el periodo experimental se observó en el tratamiento oscilante de alta amplitud TOsc22±4.

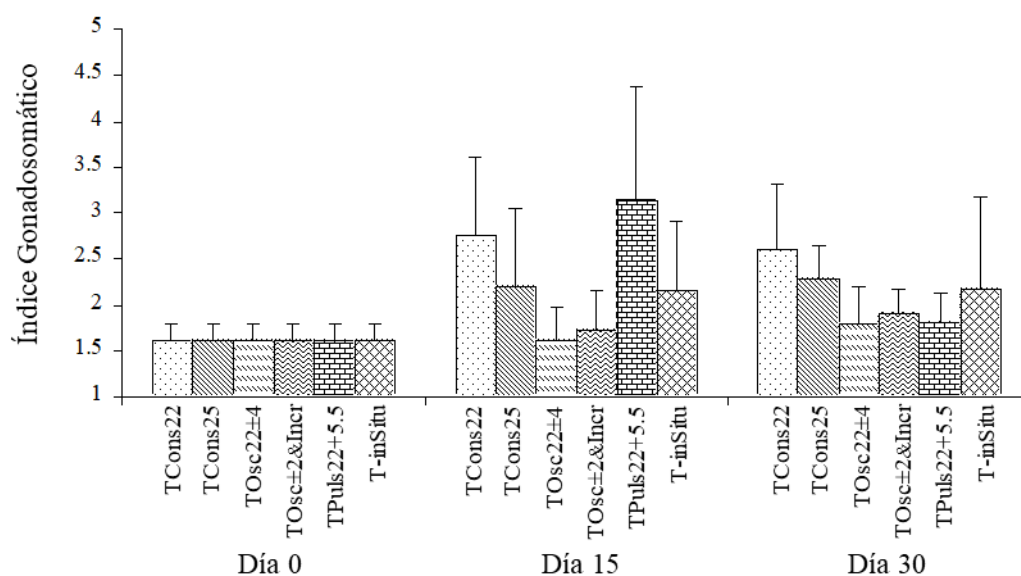


Fig. 4. Índice gonadosomático (IG) de *Nodipecten subnodosus* en los días 0, 15 y 30, bajo seis regímenes de temperatura del agua, utilizados para inducir el desarrollo de las gónadas. Los valores son la media \pm DE.

Discusiones y conclusiones

Considerando todos los aspectos estudiados en el presente trabajo, a excepción del tratamiento TOsc22±4, todos los tratamientos produjeron desarrollo gametogénico en *N. subnodosus*. Durante los primeros 15 días, más del 40 % de las almejas alcanzaron la madurez o estaban en proceso de maduración, y otro 40 % desovó parcial o totalmente. Aunque no se cuantificaron, se observaron con frecuencia ovocitos desovados en los contenedores de 5 L, lo que confirma el desove observado a nivel histológico.

Racotta *et al.* (2003) reportaron valores de IG entre 3 y 7 % en *N. subnodosus* del mismo tamaño cultivado en Bahía Magdalena, México bajo condiciones del ambiente natural. En tanto que los valores promedios más altos (3.2 %) de este trabajo en laboratorio se encuentran cercanos al límite inferior de la escala anteriormente mencionada. Esto sugiere que el afecto térmico induce una rápida movilización de energía hacia la

vitelogénesis y en menor medida hacia la producción de tejido conjuntivo. Es posible que los ovocitos previtelogénicos existentes al inicio del experimento, maduraron con rapidez, y posteriormente fueron liberados sin que ocurriera un amplio crecimiento de las gónadas en volumen y masa. Se ha informado que este proceso ocurre en poblaciones naturales de almejas *N. subnodosus* (Arellano *et al.*, 2004) y *Argopecten purpuratus* (Illanes *et al.*, 1985) durante eventos inusuales de calentamiento del agua en sitios con poblaciones naturales.

A la luz de estos resultados, parece que el protocolo para la maduración de reproductores en laboratorio sería diferente dependiendo de la fase ovogénica de los organismos en el momento de la recolección. Es posible que los reproductores en fases iniciales, como en el presente trabajo, deban mantenerse por un breve tiempo con alimentación abundante y una temperatura por debajo de la óptima de crecimiento (22 °C) para permitir que la energía se conduzca a la producción de tejido conjuntivo y oogonias, y maximizar el potencial del IG. Por otro lado, si se recolectaran organismos en gametogénesis inicial o en desarrollo (fases II y/o III), se podrían aplicar pulsos u oscilaciones térmicas de baja amplitud, ajustados a una línea de temperatura base por debajo de la óptima de crecimiento, esto con el objetivo de activar o incrementar la actividad de la vitelogénesis. A los reproductores que se encuentren en Fase IV se les podría aplicar temperaturas estables o en incrementos graduales por encima de la temperatura óptima de crecimiento, esto con el objetivo de inducir una mayor cantidad de ovocitos postvitelogénicos y preparar a los organismos para la Fase V de desove. Son necesarios más estudios para confirmar estas observaciones.

No se recomienda el acondicionamiento reproductivo con oscilaciones térmicas de alta intensidad como lo fue el tratamiento TOsc22±4, los resultados producidos indican un efecto perjudicial de los organismos. Posiblemente, estos resultados podrían haber sido diferentes si se hubiera aplicado un régimen de menor amplitud (22 ± 2 °C día⁻¹) similar al empleado por Sicard *et al.* (2006). En estas condiciones, el potencial de crecimiento aumenta y, por lo tanto, se habría destinado más energía a la reproducción.

Agradecimientos

Revista ACTA PESQUERA. Vol. 10, No. 20. Publicación semestral

Los pectínidos fueron amablemente proporcionados por Marimex del Pacífico S.A. de C.V. de Laguna Manuela. Agradecemos a los ingenieros de la unidad electrónica CIBNOR-Hermosillo (Cesar Villegas, Julio Félix, Cuitláhuac Iriarte, Rodolfo Barraza), por su logro en el diseño y construcción del SITMA. También agradecemos a Oscar Palomeque, Esteban Moreno y Efraín Castillejos por darle mantenimiento al SITMA durante el experimento. Gracias a Eulalia Meza por su valiosa ayuda en el estudio histológico.

Referencias

- Arellano, M. M., Racotta I. S., Ceballos, V. B. P. y Elorduy, G. J. F. (2004). Biochemical composition, reproductive activity, and food availability of the Lion's Paw scallop *Nodipecten subnodosus* in the Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, Mexico. *J. Shellfish Res.* 23, 15-23.
- Bayne, B. L. (1975). Reproduction of bivalve molluscs under environmental stress. En Vernberg, F.J., (Ed.) *Physiological ecology of estuarine organisms* (p. 259-277). Columbia: University of South Caroline Press.
- Bayne, B. L. (1976). *Marine mussels: their ecology and physiology*. Cambridge University Press.
- Delgado, M. y Pérez, C. A. (2007). Influence of temperature on gonadal development of *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850) with special reference to ingested food and energy balance. *Aquaculture* 264, 398-407.
- Fabioux, C., Huvet, A., Le Souchu, P., Le Pennec, M. y Pouvreau, S. (2005). Temperature and photoperiod drive *Crassostrea gigas* reproductive internal clock. *Aquaculture* 250, 458-470.
- González E. F. (2003). Temperaturas letales y temperatura óptima para crecimiento de una población de almeja mano de león *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835) (Tesis de maestría). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz B.C.S., México.
- Gutiérrez, V. C. E. y Chi, B. G. (1997). Effect of the temperature and feeding ratio on the conditioning of *Lyropecten subnodosus* Sowerby, 1835 (p. 73 -75). 11th International Pectinid Workshop, 11 - 15 April, La Paz, B.C.S., México.
- Heasman, M. P., O'Connor, W. A. y Frazer, A. W. (1996). Temperature and nutrition as factors in conditioning broodstock of the commercial scallop *Pecten fumatus* Reeve. *Aquaculture*. 143, 75-90.

- Heilmayer, O. (2003). Environment, adaptation and evolution: Scallop ecology across the latitudinal gradient (Tesis de doctorado). University of Bremen. Alemania.
- Honkoop, P. J. C. y Van, D. M. J. (1998). Experimentally induced effects of water temperature and immersion time on reproductive output of bivalves in the Wadden Sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 220, 227-246
- Illanes, B. J., Akaboshi, S. y Uribe, T. E. (1985). Efectos de la temperatura en la reproducción del ostión del norte *Clamys (Argopecten) purpuratus* en la Bahía de Tongoy durante el fenómeno El Niño 1982-83. *Invest. Pesq.* (Chile) 32, 167-173.
- Liu, S., Sun, J., Ru, X., Hamel, J. F., y Mercier, A. (2015). Broodstock conditioning and spawning. En Yang H., Hamel, J. F. y Mercier, A. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* (Vol. 39, pp. 101-110). Elsevier.
- López, S. J. A., Maeda, M. A. N., Croll, R. P. y Acosta, S. H. (2009). Monoamine fluctuations during the reproductive cycle of the Pacific lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 154(3), 425-428.
- MacDonald, B. A. y Thompson, R. J. (1986). Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. *Mar. Biol.* 93, 37-48.
- Mackie, G. L. (1984). Bivalves. En: Tompa, A. S., Verdonk, N. H., y Biggelaar, J. A. M., (Eds), *The Mollusca*. Vol. 7, Reproduction (p. 351-418). E.U.A.: Academic Press. New York.
- Maeda, M. A. N., Sicard, M. T. y Reynoso, G. T. (2000). A shipment method for scallop seed. *J. Shellfish Res.*, 19(2), 765-770.
- Maeda, M. A. N., Lombeida, P., Freitas, L., Lodeiros, C. y Sicard, M. T. (2001). Cultivo de Pectínidos en fondo y en estanques. En: Maeda, M. A. N., (Ed) *Los Moluscos Pectínidos de Ibero-América*, Ciencia y Acuicultura (p. 213-231). México: Limusa.
- Monsalvo S. P., Maeda, M. A. N. y Reynoso, G. T. (1997). Reproductive maturity and spawning induction in the catarina scallop *Argopecten ventricosus (=circularis)* (Sowerby II, 1842). *J. Shellfish Res.* 16(1), 67-70.
- Racotta, I. S., Ramírez, J. L., Ibarra, A. M., Rodríguez, J. M. C., Carreño, D. y Palacios, E. (2003). Growth and gametogenesis in the lion-paw scallop *Nodipecten (Lyropecten) subnodosus*. *Aquaculture*, 217, 335-349.
- Ramírez, C. E. (2003). Desarrollo reproductivo estacional de la almeja mano de león *Nodipecten subnodosus*. BSc Thesis, Instituto Tecnológico Agropecuario No. 21 del Estado de Sonora. México. 49 p.
- Robles, M. M., (2001). Antecedentes, estado actual y perspectivas del cultivo de *Nodipecten=Lyropecten subnodosus* en la península de Baja California, México. En: *Revista ACTA PESQUERA*. Vol. 10, No. 20. Publicación semestral

- Cultivo de los pectínidos gigantes del género *Nodipecten*: problemas y perspectivas. CYTED (p. 34-35). Consulta técnica del Proyecto II.6. Florianópolis, Brasil.
- Sastry, A. N. (1963). Reproduction of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamark. Influence of temperature on maturation and spawning. *Biol. Bull.* 125, 146-153.
- Sastry, A. N. (1966). Temperature effects in reproduction of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamarck. *Biol. Bull.* 130, 118-134.
- Sastry, A. N. (1970). Reproductive physiological variation in latitudinally separated populations of the bay scallop, *Aequipecten irradians*. *Biological Bulletin* 138, 56-65.
- Saucedo, L. P., Rodríguez, J. C., Aldana, A. C., Monsalvo, S. P., Reynoso, G. T., Villarreal, H. y Monteforte, M. (2001). Gonadic conditioning of the calafia mother-of-pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856), under two temperature regimes. *Aquaculture* 195, 103-119.
- Sicard, M. T., Maeda, M. A. N., Lluch, C. S. E. y Roldán, C. L. M. (2006). Frequent monitoring of temperature: an essential requirement for site selection in bivalve aquaculture in tropical-temperate transition zones. *Aquaculture Research* 37, 1040-1049.
- Shaw, B. L. y Batle, H.I. (1957). The gross and microscopic anatomy of the digestive tract of the oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Can. J. Zool.* 35, 325-346.
- Utting, S. D. y Millican, P. F. (1997). Techniques for the hatchery conditioning of bivalve broodstocks and the subsequent effect on egg quality and larval viability. *Aquaculture*, 155(1-4), 45-54.

