

## Efecto de la temperatura constante y oscilante sobre la condición fisiológica de la almeja mano de león *Nodipecten subnodosus*

Effect of constant and oscillating temperature on the physiological condition of the lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus*

Victor Manuel Ocaño-Higuera<sup>1</sup>, Alfonso Nivardo Maeda-Martínez<sup>2</sup>, Francisco Javier Castillo-Yáñez<sup>1</sup>, María Elena Lugo Sánchez<sup>3</sup>, Enrique Márquez-Ríos<sup>4</sup>, Aldo Alejandro Arvizu Flores<sup>1</sup>, Idania Emedith Quintero Reyes<sup>5</sup> y Ramón Pacheco-Aguilar<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Químico Biológicas, Universidad de Sonora, Encinas y Rosales s/n. Hermosillo, Sonora, México

<sup>2</sup> Unidad Nayarit, Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, Calle 2, No. 23, Ciudad del Conocimiento, Tepic, Nayarit, 63173. México

<sup>3</sup> Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD, A.C.). Carretera al Ejido La Victoria, Km 0.6, Apdo. Postal 1735, Col. Centro, CP 83000 Hermosillo, Sonora, México

<sup>4</sup> Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora, Encinas y Rosales s/n. Hermosillo, Sonora, México.

<sup>5</sup> Universidad de Sonora, Campus Cajeme. Blvd. Bordo Nuevo Antiguo Ejido Providencia, Cd. Obregón, Sonora, México.

### RESUMEN

El presente trabajo de investigación determinó el efecto de la temperatura estable y oscilante del agua de mar a tres diferentes niveles (21, 24 y 28°C), sobre la condición fisiológica de la almeja mano de león *Nodipecten subnodosus*. Para ello, se evaluaron los siguientes indicadores fisiológicos: contenido de adenosina trifosfato (ATP), glucógeno y carbohidratos totales, así como índice de rendimiento muscular (IRM) y carga energética adenilada (CEA), los cuales se determinaron en el músculo abductor de organismos extraídos directamente de la laguna y después de la aplicación de los tratamientos. Se encontró que, en el experimento, las concentraciones de ATP, contenido de glucógeno, carbohidratos totales, e IRM disminuyeron significativamente ( $P < 0.05$ ) después de la aplicación de los tratamientos. No se encontró un efecto del nivel de temperatura y la forma de aplicación (oscilante y constante) en el IRM y CEA, sin embargo, en el contenido de glucógeno se obtuvo un afecto significativo solo del nivel de temperatura, siendo los organismos sometidos a 28°C diferentes ( $P < 0.05$ ) a los de 24 y 21°C. Por lo tanto, se concluyó, que solo el nivel de temperatura de aclimatación afectó la condición fisiológica de la almeja mano de león, siendo los organismos aclimatados a 28°C los más afectados. Palabras clave: almeja mano de león, *Nodipecten subnodosus*, temperatura oscilante, fisiología

### ABSTRACT

The present research work determined the effect of the stable and oscillating seawater temperature at three different levels (21, 24 and 28°C), on the physiological condition of the lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus*. For this, we evaluated the following physiological indicators: adenosine triphosphate content (ATP), glycogen and total carbohydrates, as well as muscle yield index (MYI) and adenylated energy charge, which were determined in the abductor

muscle of organisms, extracted directly from the lagoon and after the treatments application. It was found that in the experiment, concentrations of ATP, glycogen content, total carbohydrates, and MYI decreased significantly ( $P < 0.05$ ) after the application of treatments. No effect of temperature level and application form (oscillating and constant) on MYI and CEA was found, however, glycogen content showed a significant affect only from the temperature level, being organisms exposed to 28°C statistically different from those of 24 and 21°C. In conclusion, only the acclimatization temperature level affected the physiological condition of the lion's paw scallop, being the organisms acclimatized to 28°C the most affected.

Keywords: Lion's paw scallop, *Nodipecten subnodosus*, temperature oscillating, physiology.

### INTRODUCCIÓN

En Baja California (BC) y Baja California Sur (BCS), México, la almeja mano de león (*Nodipecten subnodosus*) es un importante recurso pesquero (Morales-Hernández y Cáceres-Martínez, 1996). La importancia de esta pesquería radica primordialmente en el tamaño que pueden alcanzar que es de 22 cm de alto a los 5 años de edad, así como al sabor (Ocaño-Higuera, 1999), peso (250 g a los 5 años) y precio (\$650.00) de su músculo abductor, el cual es la principal porción comestible de estos moluscos bivalvos. Asimismo, su importancia radica en la producción de músculos abductores, la cual se incrementó considerablemente de 35 a 270 toneladas del año 1993 al 2009, respectivamente (Massó-Rojas *et al.*, 2014).

Actualmente, las características de tamaño, peso, sabor y precio del músculo abductor de almeja mano de león, así como la alta tasa de crecimiento de esta especie, han despertado el interés de los acuicultores por cultivarla, contribuyendo de esta forma a elevar los niveles de producción y a mantener una producción constante de estos organismos.

\*Autor para correspondencia: Ramón Pacheco Aguilar

Correo electrónico: [biologo\\_rpacheco@ciad.mx](mailto:biologo_rpacheco@ciad.mx)

Recibido: 11 de octubre de 2019

Aceptado: 11 de noviembre de 2019

En México, la empresa Maricultivo Sol Azul, S. A de C.V., y algunas organizaciones sociales están cultivando almeja mano de león en la Laguna Manuela, BC, y en la Laguna de Guerrero Negro, BCS. Asimismo, existe el interés por cultivar este organismo en otros sitios potenciales para el cultivo localizados a lo largo de la costa oeste de la Península de Baja California.

En algunos sitios potenciales de cultivo se colocaron instrumentos registradores de temperatura anuales y mostraron rango entre 15 y 32°C con oscilaciones diarias de hasta 8°C. Debido a los cambios de temperatura anteriormente descritos, los organismos se ven obligados a llevar a cabo compensaciones fisiológicas con la finalidad de mantener el buen funcionamiento de sus órganos y poder sobrevivir ante las condiciones imperantes en el medio. Para ello, emplean la energía almacenada en los tejidos en forma de sustancias de reserva como el glucógeno, las proteínas o los lípidos. En algunas ocasiones puede ser tan fuerte el estrés producido por estas temperaturas que pueden llegar a autoconsumir sus propios tejidos cuando se han agotado las reservas de energía. En consecuencia, el estado fisiológico de los animales sujetos a estos cambios es muy variable, lo cual posiblemente modifique la calidad y vida de anaquel del producto final.

En la literatura, existen evidencias puntuales de que el estado fisiológico de los organismos en general es seriamente afectado por las variaciones ambientales, ya que en algunas épocas del año se ha visto que el músculo abductor es de buen peso, tamaño, apariencia, textura y sabor, en contraposición a otras épocas donde estas características son inferiores. Asimismo, se ha observado en el área de pectínicos, que existen trabajos aislados y muy limitados que más que evaluar el efecto de la temperatura, hacen inferencia del efecto de la estacionalidad sobre el estado fisiológico del organismo, mientras que específicamente en la almeja mano de león (*Nodipecten subnodosus*) poco se conoce acerca de esta especie, además no se sabe cómo la temperatura ambiental afecta la fisiología de este organismo. Por ello, el objetivo principal del presente trabajo de investigación fue establecer, en un sistema modelo, el efecto que ejerce la temperatura estable y oscilante del agua de mar a tres diferentes niveles (21, 24 y 28°C), sobre la condición fisiológica del músculo abductor de la almeja mano de león *Nodipecten subnodosus*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Recolección y transporte de organismos

Para el presente estudio se utilizaron organismos maduros de almeja mano de león (*Nodipecten subnodosus*) con una altura de 6 - 7 cm. Los organismos se adquirieron comercialmente en el mes de septiembre directamente del sitio de cultivo de la Empresa Acuagrón S. de R.L., localizado en la Laguna de Guerrero Negro (B.C.S.). Los organismos se recolectaron por buceo de canastas suspendidas en el sitio de cultivo desde las 10:00 AM hasta las 6:30 PM. La profundidad en el sitio de recolección de los organismos y la temperatura

superficial del agua al momento de la recolección fue de 9 m y 23°C (10 A.M.).

Los organismos recolectados se tallaron superficialmente con cepillos de cerda de plástico con la finalidad de remover el material orgánico adherido a la concha. Este lavado se realizó dentro de la laguna con agua de mar. Una vez lavados se acomodaron 100 organismos en una canasta, formando columnas de 7 canastas amarradas entre sí. Cada columna de canastas se colocó de nuevo en la laguna, donde permanecieron toda la noche (12 h) con la finalidad de que los organismos se recuperaran del estrés al que fueron sometidos por el lavado. Al día siguiente, las columnas con organismos se removieron del agua e inmediatamente, se congelaron 20 organismos vivos en nitrógeno líquido (N<sub>2</sub>), los cuales se utilizaron para determinar las biometrías y condición fisiológica de las almejas mano de león al inicio del experimento. Estas almejas se transportaron a La Paz, B.C.S. en el interior del tanque con N<sub>2</sub> en donde se realizó la congelación. Los organismos restantes se empacaron en el lugar de cultivo (Laguna de Guerrero Negro), para su transporte a la ciudad de La Paz, B.C.S con la finalidad de realizar el estudio de aclimatación y aplicación de temperaturas. Para ello, se utilizó la metodología publicada por Ocaño-Higuera *et al.* (2011). En términos generales, esta metodología consistió en elaborar un bloque tipo sándwich de organismos vivos. Para desarrollar el bloque, inicialmente se colocó una cama base de madera de 100 x 110 cm, sobre la cual se colocaron camas alternas de un material esponjoso y organismos. Cada cama de organismos se humedeció con agua de mar para disminuir el estrés por desecación. Una vez terminado el acomodo de los organismos, se colocó una base de madera para posteriormente amarrar fuertemente el bloque de organismos con una cuerda e introducirlos a una hielera hermética de 1 m<sup>3</sup>, a la cual se le controló la temperatura interna en aproximadamente 19° C. Lo anterior tuvo la finalidad de reducir el metabolismo de los organismos. Además, a la hielera se le conectó un termómetro digital, un oxímetro y un sistema alimentador de oxígeno para un mejor control. El tiempo de traslado de los organismos desde Guerrero Negro a La Paz, BCS, fue de 11 h aproximadamente. Además, durante el trayecto, cada media hora se suministró oxígeno al interior de la hielera hasta un nivel de 54-60 ppm y se monitoreó la temperatura del interior de la hielera (19°C). A la mitad del trayecto (5 h), se abrió la hielera para adicionar agua de mar en la superficie de los bloques y así humedecer los organismos. Al llegar a La Paz, B.C.S, los organismos se trasladaron a las instalaciones de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), Unidad Pichilingue BCS, lugar donde se realizó el estudio.

### Registro y selección de las temperaturas a simular

Las fluctuaciones de temperatura en el agua de mar de los sitios potenciales para el cultivo (Rancho Bueno y Laguna Manuela) de la almeja mano de león en la costa oeste de la península de Baja California, México, se obtuvo con registradores de temperaturas Onset Optic Stow Away Temp. Modelo WRA32-5+37 (Onset Computer Corporation, Bourne,

MA, USA). En función de las temperaturas registradas por los termógrafos se fijaron las temperaturas a simular y evaluar en el laboratorio, las cuales fueron 28, 24 y 21°C. A excepción de la temperatura de 28°C, el resto de las temperaturas, se aplicó en forma oscilante y constante. En el caso de las temperaturas oscilantes, éstas representan el comportamiento normal del medio natural, en donde la oscilación real fue de  $\pm 4^\circ\text{C}$ , sin embargo, con la finalidad de no traslapar efectos entre las temperaturas, en el presente experimento las temperaturas se oscilaron  $\pm 2^\circ\text{C}$ . En el caso de las temperaturas constantes, estas se simulaban sin variación y representan la línea base para evaluar el efecto de la temperatura oscilante.

### Condiciones de aclimatación de los organismos

La aclimatación de los organismos se llevó a cabo en las instalaciones de la UABCS campus Pichilingue, BCS. Para ello, los organismos colectados se dividieron en 12 lotes de 220 almejas cada uno. Cada lote se introdujo inmediatamente a una tina de fibra de vidrio de 150 L, la cual contenía agua de mar filtrada a 23°C, aireación constante, un termómetro digital para monitorear la temperatura y una bomba sumergible para homogeneizar el alimento y la temperatura del agua. A cada tina se le realizaron 3 recambios de agua de mar (flujo de 0.3 L/min) por día conteniendo 50,000 células/mL de una mezcla de microalgas de las especies *Isochrysis galbana* y *Chaetoceros gracilis*.

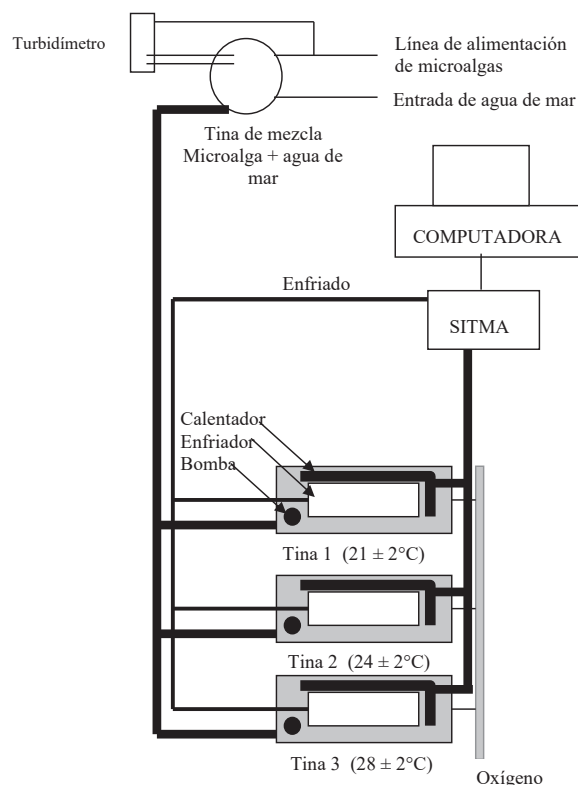
Seis de los 12 lotes se introdujeron a un cuarto frío, en donde la temperatura del agua de mar de las tinas del cuarto frío se controló por medio de un aire acondicionado y calentadores de inmersión calibrados, mientras que la temperatura de las seis tinas restantes se reguló con enfriadores y calentadores sumergidos, los cuales se controlaron por computadora utilizando el programa SITMA desarrollado por personal del CIBNOR S.C. (Figura 1 y 2). Bajo estas condiciones, las tinas de ambos cuartos se mantuvieron a 23°C durante 14 días, periodo en el cual se removieron los organismos muertos y aquellos que presentaron signos de estrés agudo (manto retraído).

### Aplicación de los tratamientos experimentales

Posterior a la aclimatación de las almejas mano de león en agua de mar a 23°C, se procedió a ajustar la temperatura a 21, 24 y 28°C. Para ello, la temperatura del agua de las tinas del cuarto térmico y del simulador térmico (SITMA) se incrementó o disminuyó 1°C por día según el tratamiento. Una vez alcanzadas las temperaturas de 21, 24 y 28°C se procedió a aplicar los tratamientos de temperatura constante y oscilantes ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) por un tiempo de 16 días. En el caso del tratamiento a 28°C oscilante, éste se aplicó, pero no se presentan resultados porque los organismos murieron por la temperatura alta de dicho tratamiento (30°C).

### Sacrificio de los organismos y determinaciones

Posterior a la aclimatación de los organismos y aplicación de los tratamientos anteriormente descritos, se procedió a congelar en nitrógeno líquido 6 organismos vivos por



**Figura 1.** Diagrama de flujo para la aclimatación de los organismos a las temperaturas oscilantes.

**Figure 1.** Flowchart for acclimatization of organisms at oscillating temperatures.

cada tratamiento de temperatura. A estos organismos se les determinó la biometría que consistió en medir su peso, alto, ancho y grosor, así como el peso de los músculos húmedos, músculo abductor (callo) y gónada, los cuales se separaron manualmente en estado congelado. De igual forma, estos organismos se utilizaron para evaluar algunos indicadores del estado fisiológico final de los organismos al momento de la muerte, lo cual se llevó a cabo mediante la determinación de la CEA, IRM y el contenido de glucógeno.

### Determinaciones analíticas

#### IRM

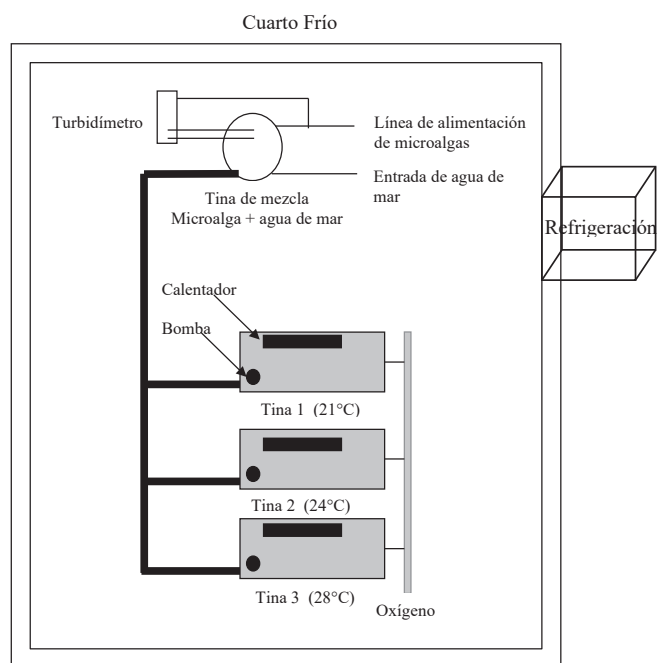
Para la determinación del IRM de la almeja mano de león se utilizó el procedimiento descrito por Villalejo-Fuerte y Ceballos-Vázquez (1996). El procedimiento consistió en desconchar, remover y pesar los tejidos húmedos, para posteriormente, extraer y pesar el músculo abductor (callo).

El IRM se expresó en porcentaje a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{IRM} = \frac{\text{Peso del músculo}}{\text{Peso de los tejidos}} \times 100$$

#### ATP y CEA

La extracción, identificación y cuantificación de ATP, ADP y AMP se realizó según la metodología descrita por



**Figura 2.** Diagrama de flujo para la aclimatación de los organismos a temperatura constante.

**Figure 2.** Flowchart for acclimatization of organisms at constant temperature.

Ryder (1985), mientras que la determinación de la CEA del músculo abductor de la almeja mano de león se llevó a cabo de acuerdo a la ecuación descrita por Maguire *et al.* (2002):

$$CEA = \frac{[ATP] + 1/2[ADP]}{[ATP] + [ADP] + [AMP]}$$

Donde:

ATP = Adenosina 5´trifosfato

ADP = Adenosina 5´difosfato

AMP = Adenosina 5´monofosfato

### Contenido de glucógeno

La cuantificación del contenido de glucógeno en el músculo abductor se llevó a cabo de acuerdo a la metodología descrita por Racotta *et al.* (1998). Esta metodología consistió en homogeneizar en un homogenizador Ultra-turrax T25 Basic (IKA Woeks Inc. Wilminaton NC), 1 g de músculo abductor con 5 mL de ácido tricloroacético (TCA) frío al 10 % durante 1 min a una velocidad de 22,000 RPM. El homogenado se centrifugó en una centrífuga refrigerada Beckman Modelo J2-21 (Beckman Instruments Inc. Palo Alto, CA), a 3000 x g a -5°C durante 15 min. Una alícuota de 0.1 mL del sobrenadante se colocó en un vial de 1.5 mL al cual se le adicionó 1 mL de etanol frío al 95% para precipitar el glucógeno. Posteriormente, el vial se agitó en un vortex, para después centrifugarse de nuevo bajo las condiciones anteriormente descritas. Finalmente, el sobrenadante se decantó y los viales con las bolitas de glucógeno se secaron en vacío a 75°C durante 15 min.

El precipitado (glucógeno) se resuspendió en 0.1 mL de agua destilada con agitación en un vortex. Posteriormente, se adicionó 1mL del reactivo de antrona (0.1% de reactivo disuelto en ácido sulfúrico al 76%) para después incubarse durante 5 min a 90°C en baño maría. Inmediatamente después al calentamiento, los viales se enfriaron en agua fría (agua + hielo) para detener la reacción. Se midió absorbancia a 620 nm contra un blanco en un espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 3B (The Perkin Elmer Corporation, Connecticut, USA). El glucógeno se cuantificó como unidades glicosil usando una solución de glucosa como estándar (0.0156 – 4 mg de glucosa/mL). Los resultados se reportaron como mg de glucógeno por g de tejido.

### Índice gonadal

Para la determinación del índice gonádico de la almeja mano de león se utilizó el procedimiento descrito por Villalejo-Fuerte y Ceballos-Vázquez (1996), el cual se estimó como el porcentaje de la relación entre el peso de la gónada con respecto al peso húmedo de las partes blandas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Biometría de organismos

En la Tabla 1 se presentan las dimensiones y pesos de organismos enteros de almeja mano de león, así como sus principales constituyentes después de la aplicación de los tratamientos. Como resultado del tiempo que duró el experimento, las almejas presentaron un crecimiento significativo ( $P < 0.05$ ) en sus dimensiones de largo, ancho y grosor, alcanzando valores máximos de  $7.0 \pm 0.2$ ,  $7.0 \pm 0.3$  y  $3.0 \pm 0.3$ , respectivamente. La tasa de crecimiento observada, considerando solo lo largo de la almeja y en comparación a los organismos iniciales fue de 0.16 mm/día, la cual es menor a los valores de 0.31 y 0.44 mm/día descritos por García Esquivel *et al.* (2000), así como a los 0.3 mm/día reportados por Maeda-Martínez *et al.* (2001) y de 0.25 mm/día indicados por Racotta *et al.* (2003) para la misma especie durante el primer año de vida, el cual es el periodo de máximo crecimiento considerado en estudios realizados en diferentes regiones de la Península de Baja California (Racotta *et al.*, 2003).

El bajo crecimiento observado de la almeja mano de león podría ser consecuencia de una alimentación deficiente, sin embargo, las almejas se alimentaron con una mezcla de microalgas *Isochrysis galbana* y una diatomea del género *Chaeteros*, en una ración de 50,000 células/mL, la cual es la dieta tradicional utilizada con éxito en las especies de pectínidos latinoamericanas que se cultivan experimental o comercialmente (Farías-Molina, 2001). De igual forma, el bajo crecimiento que presentaron los organismos se podría atribuir al desove ocurrido durante el desarrollo experimental, fenómeno no considerado durante el diseño inicial, debido a que este se planteó realizarlo con organismos juveniles de 6-7 cm con la finalidad de no introducir una variable más en el estudio. Sin embargo, los resultados indicaron que las condiciones experimentales del presente estudio promovieron



**Tabla 1.** Dimensiones, pesos y rendimiento de los organismos al inicio y después de la aclimatación a las diferentes condiciones de temperatura.**Table 1.** Dimensions, weights and performance at the beginning and after acclimatization of organisms at different temperature conditions.

Lotes	Largo (cm)	Ancho (cm)	Grosor (cm)	Peso del Organismo Entero (g)	Tejidos Húmedos (g)	Callo (g)	Gónada (g)
Organismos Iniciales	6.3±0.4 <sup>a</sup>	6.2±0.4 <sup>a</sup>	2.6±0.3 <sup>a</sup>	61.0±12.2 <sup>a</sup>	21.6±4.5 <sup>a</sup>	7.0±1.8 <sup>a</sup>	2.5±0.7 <sup>a</sup>
21°C Constante	6.9±0.3 <sup>b</sup>	6.8±0.4 <sup>b</sup>	2.9±0.07 <sup>ab</sup>	79.0±7.5 <sup>ab</sup>	30.2±3.5 <sup>b</sup>	7.8±1.1 <sup>a</sup>	2.8±0.3 <sup>a</sup>
21°C Oscilante	6.8±0.4 <sup>ab</sup>	6.8±0.3 <sup>b</sup>	3.0±0.3 <sup>ab</sup>	84.7±15.7 <sup>b</sup>	32.2±6.5 <sup>b</sup>	8.1±1.9 <sup>a</sup>	4.9±0.8 <sup>b</sup>
24°C Constante	7.0±0.2 <sup>b</sup>	7.0±0.3 <sup>b</sup>	2.9±0.1 <sup>b</sup>	86.6±8.6 <sup>b</sup>	30.8±4.2 <sup>b</sup>	7.7±1.1 <sup>a</sup>	2.5±0.6 <sup>a</sup>
24°C Oscilante	6.9±0.3 <sup>b</sup>	7.0±0.3 <sup>b</sup>	3.0±0.3 <sup>bc</sup>	87.6±16.7 <sup>b</sup>	31.4±5.7 <sup>b</sup>	8.2±2.0 <sup>a</sup>	2.7±0.6 <sup>a</sup>
28°C Constante	6.8±0.4 <sup>ab</sup>	6.7±0.3 <sup>ab</sup>	3.0±0.3 <sup>bd</sup>	82.0±12.7 <sup>b</sup>	29.5±5.4 <sup>b</sup>	7.2±1.2 <sup>a</sup>	2.5±0.9 <sup>a</sup>

Los valores son la media y la desviación estándar de n = 6.

Cifras en la misma columna y con el mismo superíndice son estadísticamente iguales (P&gt;0.05)

el temprano desove de los organismos. Lo anterior se debió a que los organismos utilizados en el presente estudio muy probablemente estaban en un estado maduro al momento de su recolección, actividad que se realizó en el mes de septiembre del 2002, lo cual concuerda con lo descrito por Morales-Hernández y Cáceres-Martínez (1996), quienes reportaron un estadio de madurez y desove para la almeja mano de león durante los meses de septiembre y octubre, respectivamente, y con lo descrito por Racotta *et al.* (2003), quienes reportaron que este mismo fenómeno se observó de julio a septiembre. Por consiguiente, los organismos muy probablemente se encontraron en un estado maduro al momento de la recolección, por lo que cualquier condición de estrés motivó el desove.

### Indicadores fisiológicos

En la Tabla 2 se presentan los indicadores de contenido de glucógeno, CEA e IRM utilizados para evaluar la condición fisiológica en la almeja mano de león (*Nodipecten subnodosus*) al momento de la colecta de los organismos y después de la aplicación de los tratamientos térmicos. Asimismo, se presenta el contenido de ATP e índice gonádico (IG).

El contenido de glucógeno obtenido en los organismos provenientes de la laguna fue de 230.1±24.7 mg/g de carbohidratos en base seca. Dicho valor disminuyó significativamente (P<0.05) con respecto a los tratamientos de temperatura aplicados, en donde se obtuvieron valores entre 0.5 y 6.3 mg/g de carbohidratos. La disminución de estos componentes en el músculo abductor, indicó que estas reservas fueron utilizadas para producir la energía necesaria para sobrevivir durante el experimento y desove. Entre los tratamientos, los valores más altos de glucógeno se encontraron en los organismos mantenidos a 28°C, los cuales fueron estadísticamente diferentes (P<0.05) a los organismos aclimatados a 21 y 24°C tanto constante como oscilante. Maguire *et al.*, (2002) describieron un comportamiento similar

para el pectínido *Pecten maximus*, donde encontraron que, a temperaturas más bajas, la concentración de glucógeno es menor debido a los altos requerimientos de energía que conlleva la maduración gonadal.

En el caso de la CEA, la cual se calcula mediante la relación entre la suma de ATP + ½ ADP entre la suma de ATP+ADP+AMP y que Maguire *et al.* (1999) describieron como un indicador confiable para evaluar el estrés de los pectínidos, no se encontró un efecto significativo (P>0.05) entre los organismos provenientes de la laguna y después de la aplicación de los tratamientos de temperatura (P>0.05). Sin embargo, el valor más bajo de CEA se obtuvo a la temperatura de 28°C. A pesar de que en nuestro estudio, la concentración de ATP muscular se afectó por la temperatura (P<0.05), los valores de CEA no lo hicieron (P>0.05). La invariabilidad de la CEA se debió a que la concentración de ADP y AMP se modificó en la misma proporción que lo hizo el ATP manteniendo de esta forma, la misma relación en concentración de estos compuestos y por consiguiente de CEA.

En lo que respecta al IRM, se encontró una disminución significativa (P<0.05) entre los organismos obtenidos directamente de la Laguna y los organismos después de la aplicación de los tratamientos térmicos, lo cual se puede atribuir al proceso reproductivo de los organismos durante el experimento. Por otra parte, no se encontró un efecto significativo (P>0.05) en el IRM entre los tratamientos aplicados, sin embargo, se pudo observar que después de la aplicación de los tratamientos térmicos, los organismos aclimatados a 28°C constante presentaron el IRM más bajo, lo cual coincide también con un menor peso de su músculo abductor o callo. En lo que respecta al IG este sólo se afectó por la temperatura (P<0.05). En este último, se encontró que los organismos aclimatados a 21°C presentaron un índice gonadal mayor, el cual fue estadísticamente superior (P<0.05) a los de 24 y 28°C. Esto concuerda con lo descrito en la literatura en donde el periodo de crecimiento gonadal y gametogénesis en varias

**Tabla 2.** Efecto de la aplicación de los tratamientos térmicos (oscilante y constante) en la condición fisiológica de la almeja mano de león (*Nodipecten subnodosus*).

**Table 2.** Effect of the application of thermic treatments (oscillating and constant) on the physiological condition of the lion's paw scallop (*Nodipecten subnodosus*).

Tratamiento	Glucógeno* (mg/g)	Contenido de ATP Inicial ( $\mu$ Moles/g de músculo)	CEA	IRM (%)	Índice gonádico (%)
Organismos Iniciales	230.1 $\pm$ 24.7 <sup>a</sup> (201.4-253.0)	7.4 $\pm$ 2.2 <sup>a</sup> (4.9-10.6)	0.85 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup> (0.70-0.91)	32.2 $\pm$ 2.7 <sup>a</sup>	
21°C Constante	1.2 $\pm$ 1.6 <sup>b</sup> (0.00-4.0)	3.3 $\pm$ 1.1 <sup>b</sup> (2.2-4.9)	0.88 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup> (0.86-0.90)	26.0 $\pm$ 4.79 <sup>b</sup> (19.2-32.1)	9.3 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup> (8.4-10.1)
21°C Oscilante	2.6 $\pm$ 2.2 <sup>b</sup> (0.6-6.2)	2.6 $\pm$ 0.9 <sup>b</sup> (1.5-3.8)	0.84 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup> (0.64-0.92)	25.02 $\pm$ 2.0 <sup>b</sup> (22.5-27.3)	15.3 $\pm$ 1.7 <sup>b</sup> (13.7-18.5)
24°C Constante	0.5 $\pm$ 0.7 <sup>b</sup> (0.0-1.49)	1.6 $\pm$ 0.6 <sup>b</sup> (0.7-2.4)	0.87 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup> (0.84-0.92)	24.9 $\pm$ 1.7 <sup>b</sup> (23.5-27.6)	8.0 $\pm$ 1.0 <sup>a</sup> (6.1-6.7)
24°C Oscilante	1.6 $\pm$ 0.9 <sup>b</sup> (0.6-2.9)	2.5 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup> (1.7-2.9)	0.86 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup> (0.80-0.90)	26.1 $\pm$ 2.2 <sup>b</sup> (22.9-28.3)	8.6 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup> (7.4-10.3)
28°C Constante	6.2 $\pm$ 3.7 <sup>b</sup> (1.7-10.7)	2.6 $\pm$ 1.0 <sup>b</sup> (1.3-4.4)	0.83 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup> (0.77-0.87)	24.5 $\pm$ 2.2 <sup>b</sup> (21.0-27.0)	8.3 $\pm$ 1.7 <sup>a</sup> (6.5-10.8)

Los valores son la media y la desviación estándar de 6 organismos.

Los valores entre paréntesis representan los valores mínimos y máximos obtenidos de cada determinación.

Valores dentro de la columna con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ ).

\* Se calculó en base seca.

especies de bivalvos ha sido positivamente correlacionado con los cambios de temperatura estacional, la cual en algunos casos parece existir con una disminución en la temperatura (Martínez y Pérez, 2003). En el presente estudio, no se presentaron datos sobre el tratamiento de 28°C oscilante debido a que los organismos de este tratamiento murieron durante el ensayo. Lo anterior se podría deber a que la temperatura de este tratamiento se encuentra cerca de la temperatura media letal para esta especie, la cual de acuerdo a González-Estrada (2003), se encuentra entre 27.8 + 0.6°C y 32.9 + 0.5°C.

## CONCLUSIONES

El tipo de temperatura aplicada (constante u oscilante) no afectó a los indicadores fisiológicos de los organismos, sin embargo, el nivel de temperatura en el que se aplicó sí afectó la condición fisiológica de la almeja mano de león, siendo los organismos aclimatados a la temperatura a 28°C los más afectados. Por consiguiente, se recomienda cultivar los organismos de almeja mano de león a una temperatura entre 21 y 24°C.

## BIBLIOGRAFIA

- Farías-Molina, A. 2001. Nutrición en moluscos pectínidos. pp.89-104. En: Maeda-Martínez, A.N. (Ed.). Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: ciencia y acuicultura. Ed. Limusa S.A. de C.V., México.
- García-Esquivel, Z., Parés-Sierra, G. y García-Pámares, L. 2000. Efecto de la velocidad de flujo y concentración de alimento sobre el crecimiento de juveniles de la escalopa *Nodipecten subnodosus*. Ciencias Marinas. 26(4): 621-641.
- González-Estrada, F. 2003. Temperaturas letales y temperatura óptima para el crecimiento en una población de almeja mano de león (*Nodipecten subnodosus*, Sowerby 1835). Tesis de maestría. CIBNOR. La Paz, BCS, México. 90 p.

- Maeda-Martínez, A.N. Lombeida, P., Freitas, L., Lodeorps, C. y Sicard, M.T. 2001. Cultivo de pectínidos en fondo y estanque. pp. 213-231. En: Maeda-Martínez, A.N. (Ed.). Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: ciencia y acuicultura. Editorial Limusa S.A. de C.V., México.
- Maguire, J.A., Fleury, P.G. y Burnell, G.M. 1999. Some methods for quantifying quality in the scallop *Pecten maximus* (L.). Journal of Shellfish Research. 18: 59-66.
- Maguire, J.A., O'Donoghue, M., Jenkins, S., Brand, A. y Burnell, G.M. 2002. Temporal and spatial variability in dredging induced stress in the great scallop *Pecten maximus* (L.). Journal of Shellfish Research. 21: 81-86.
- Martínez, G. y Pérez, H. 2003. Effect of different temperature regimes on reproductive conditioning in the scallop *Argopecten purpuratus*. Aquaculture. 228(1-4): 153-167.
- Massó-Rojas, J.A.E., Morales-Bojórquez, E., Arellano-Martínez, M., Ceballos-Vázquez, B.P., Talavera-Maya, J. y Ceseña-Espinoza, N. 2014. Almeja mano de león *Nodipecten subnodosus*. pp 17-48. En: Luis Francisco Javier Beléndez Moreno, Elaine Espino Barr, Gabriela Galindo Cortes, Ma. Teresa Gaspar-Dillanes, Leticia Huidobro Campos y Enrique Morales Bojórquez (Eds.). Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo. SAGARPA e Instituto Nacional de Pesca.
- Morales-Hernández, R. y Cáceres-Martínez, C. 1996. Pesquería de la almeja mano de león *L. subnodosus*. pp. 87-100. En M. Casas y G. Ponce (Eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Vol. I. SEMARNAP. FAO.INP. UABCS.CIBNOR.CICIMAR.UECYTM. La Paz, B.C.S., México.
- Ocaño-Higuera, V.M. 1999. Caracterización parcial del comportamiento bioquímico posmortem y desarrollo de productos a partir del callo de almeja catarina (*Argopecten ventricosus*) y almeja mano de león (*Nodipecten subnodosus*) de Baja California México. Tesis de maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. Hermosillo, Sonora México. 111 p.

- Ocaño-Higuera, V.M., Maeda-Martínez, A.N., Lugo Sánchez, M.E., García Sánchez, G., Márquez Ríos, E., Gómez Jiménez, S., y Pacheco Aguilar, R. 2011. Effect of emerged shipment on the physiological condition of the adductor muscle in adult giant lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus* (Sowerby 1835). *Aquaculture Research*. (42): 1087-1095.
- Racotta, I.S., Ramírez, J.L., Avila, S.E. e Ibarra, A.M. 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., Ramírez, J.L., Ibarra, A.M., Rodríguez-Jaramillo, M.C., Carreño, D. y Palacios, E. 2003. Growth and gametogenesis in the lions-paw-scallop *Nodipecten (Lyropecten) subnodosus*. *Aquaculture*. 217: 335-349.
- Ryder, J.M. 1985. Determination of adenosine triphosphate and its breakdown products in fish muscle by high performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 33: 678-680.
- Villalejo-Fuerte, M. y Ceballos-Vázquez, B.P. 1996. Variación de los índices de condición general, gonádico y de rendimiento muscular en *Argopecten circularis* (*Bivalvia: Pectinidae*). *Revista de Biología Tropical*. 44(2): 591-594.