

ARTÍCULO

# Relación del crecimiento, condición y supervivencia del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* y las variables ambientales, cultivado en suspensión en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México

Growth, condition and survival relationships of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* and environmental variables, cultured in suspension in the Navachiste-Macapule lagoon system, Sinaloa, Mexico

Gerardo Rodríguez-Quiroz<sup>1</sup>, Manuel García-Ulloa<sup>1</sup>, Ana Laura Domínguez-Orozco<sup>1</sup>, Teresa Natividad Valenzuela-Hernández<sup>1</sup>, Eusebio Nava-Pérez<sup>1</sup> y Andrés Martín Góngora-Gómez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Sinaloa (CIIDIR-Sinaloa), Bulevar Juan de Dios Bátiz Paredes #250, Colonia San Joachin, Guasave, Sinaloa, 81101, México.  
\*gogam69@hotmail.com

**Abstract.**- Evaluation of potential culture sites represents a 'good practice' alternative to support the development of oyster industry at the northeast of Mexico. The relationship of growth, condition and survival of *Crassostrea gigas* with the environmental parameters was studied at the Navachiste-Macapule lagoon system (Sinaloa, Mexico) from November 2011 to November 2012. The culture was carried out using 2,520 small oysters ( $3.5 \pm 0.5$  mm shell height) in a suspended long-line system. The environmental parameters and oyster biometrics were sampled each 15 days. The mean values were: temperature=  $25.01 \pm 5.29^\circ\text{C}$ , dissolved oxygen=  $6.10 \pm 1.93$  mg L<sup>-1</sup>, salinity= 33.5, pH=  $7.82 \pm 0.39$  and depth=  $1.66 \pm 0.55$  m. The concentrations of total suspended solids, particulate organic matter and chlorophyll *a* fluctuated from 41.94 to 125.22 mg L<sup>-1</sup>, 8.91 to 15.22 mg L<sup>-1</sup>, and 13.36 to 3.69 mg m<sup>-3</sup>, respectively. After 13 culture months, the shell height reached  $95.05 \pm 9.21$  mm, length  $85.64 \pm 20.01$  mm, width  $28.76 \pm 10.91$  mm, and the total weight  $83.58 \pm 17.18$  g. The daily growth rate for the shell height and total weight were  $0.25$  mm day<sup>-1</sup> and  $0.23$  g day<sup>-1</sup>, respectively. Significant differences were found for the total weight and the shell metric values throughout the culture. The final survival and mean condition index were 94.72% and  $34.65 \pm 4.46$ , respectively. Water temperature exerted a positive stronger effect on shell height and total weight. Results show that *C. gigas* reached the commercial size (80 mm SH) after 8 months of culture under the environmental conditions of the Navachiste-Macapule lagoon system, Sinaloa, Mexico. Obtained data contribute with basic information on further studies and commercial production cycles of this species in the region.

**Key words:** Culture, suspended plastic trays, growth rate, *Crassostrea gigas*, mortality, Mexico

**Resumen.**- La evaluación de nuevos lugares con potencial de cultivo en la industria ostrícola representa una 'buena práctica' que contribuye con el desarrollo de esta actividad en el noroeste de México. Se realizó un cultivo en suspensión (long-line) con el ostión *Crassostrea gigas* para estudiar la relación de su crecimiento, condición y supervivencia con las variables ambientales en el sistema lagunar Navachiste-Macapule (Sinaloa, México), de noviembre 2011 a noviembre 2012. Se utilizaron 2.520 semillas ( $3,5 \pm 0,5$  mm de altura de valvas). Las variables físicas y químicas del agua, y biométricas del ostión fueron registradas cada 15 días obteniendo los siguientes valores promedio: temperatura=  $25,01 \pm 5,29^\circ\text{C}$ ; oxígeno disuelto=  $6,10 \pm 1,93$  mg L<sup>-1</sup>; salinidad=  $32,88 \pm 2,15$ ; pH=  $7,82 \pm 0,39$  y profundidad=  $1,66 \pm 0,55$  m. Las concentraciones de sólidos suspendidos totales, materia orgánica particulada y clorofila *a* variaron de 41,94 a 125,22 mg L<sup>-1</sup>; 8,91 a 15,22 mg L<sup>-1</sup> y 13,36 a 3,69 mg m<sup>-3</sup>, respectivamente. La altura de la concha alcanzó  $95,05 \pm 9,21$  mm; la longitud  $85,64 \pm 20,01$  mm; el ancho  $28,6 \pm 10,91$  mm y el peso  $83,58 \pm 17,18$  g. La tasa de crecimiento diaria del ostión fue de  $0,25$  mm día<sup>-1</sup> para la altura de la concha y de  $0,23$  g día<sup>-1</sup> para el peso. Se encontraron diferencias significativas en el peso total y en los valores métricos de las conchas. La supervivencia final fue de 94,72%, y el índice de condición promedio de  $34,65 \pm 4,46$ . La temperatura del agua ejerció un fuerte efecto positivo en la altura de las valvas y el peso total del ostión. Los resultados muestran que *C. gigas* alcanzó la talla comercial (80 mm de altura de las valvas) después de 8 meses de cultivo bajo las condiciones ambientales del sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México. Los datos obtenidos contribuyen con información básica necesaria para futuros estudios y ciclos de producción comercial de esta especie en la región.

**Palabras clave:** Cultivo, canastas de plástico suspendidas, tasa de crecimiento, *Crassostrea gigas*, mortalidad, México

## INTRODUCCIÓN

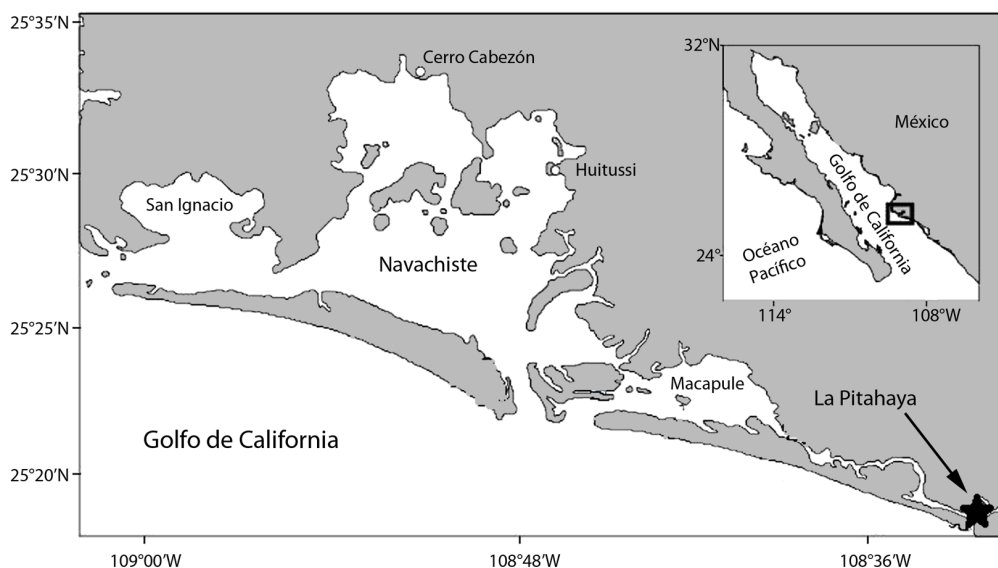
El ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* representa la especie de molusco más cultivada en el mundo. La estadística global para este bivalvo en 2010 arrojó una producción aproximada de 653,000 ton (Helm 2015). Sin embargo, desde hace varias décadas, se han documentado eventos de mortalidad masiva en diferentes países (Glude 1974, Soletchnik *et al.* 1999, Cheney *et al.* 2000) que afectan la industria acuícola de tal manera, que la producción total en 2013 disminuyó más de 15%, lo cual fue equivalente a un volumen de cosecha de 556,000 ton (Helm 2015). *C. gigas* fue introducido en la década de los años '70 en varios estados de México (Baja California, Sonora, Sinaloa y Nayarit) y cultivado con éxito hasta finales de los años '90. Debido a la poca inversión en la industria y a causas de mortalidad desconocidas, entre algunos factores, la actividad ostrícola de México sufrió un proceso de estancamiento a partir de 1997. Posteriormente, se detectaron agentes causales de la mortalidad como el herpesvirus y el protozoario *Perkinsus* sp., pero a partir del 2010 la producción ostrícola continúa presentando signos de recuperación (Chávez-Villalba *et al.* 2010, Chávez-Villalba 2014). Las mortalidades presentadas se atribuyen principalmente a una afección en los ostiones conocida como 'síndrome de mortalidad de verano' cuyo origen permanece aún desconocido. Algunas teorías basadas en la combinación e interacción de factores extrínsecos (bióticos y abióticos) e intrínsecos (genéticos, inmunológicos y fisiológicos), son usadas frecuentemente para explicar la drástica reducción de bivalvos en cultivo (Royer *et al.* 2007, Enríquez-Espinoza *et al.* 2010). Derivado de esfuerzos coordinados del gobierno con los productores y centros de investigación para tratar de conocer las causas de mortalidad en *C. gigas*, se ha concluido que la presencia de patógenos (Enríquez-Espinoza *et al.* 2010, Vázquez-Yeomans *et al.* 2010, Enríquez-Espinoza *et al.* 2015) y/o la combinación de parámetros ambientales (Chávez-Villalba *et al.* 2007, Castillo-Durán *et al.* 2010) pueden estar asociados a la reducción del cultivo. No obstante, la erradicación de los patógenos y el control de las condiciones del medio ambiente son tareas imposibles, por lo que la única opción para los productores parece ser el seguimiento de buenas prácticas de cultivo para minimizar el impacto de las mortalidades (Enríquez-Espinoza *et al.* 2010). El cultivo de ostiones a baja densidad (Grabowski *et al.* 2004), fuera de aguas protegidas (Chávez-Villalba *et al.* 2010) y en determinadas estaciones del año (Castillo-Durán *et al.* 2010) son estrategias asociadas a buenas prácticas de producción en *C. gigas*, que han sido utilizadas para disminuir el impacto de mortalidades en la industria ostrícola. La evaluación de nuevos sitios de cultivo representa otra alternativa, ya que las condiciones ambientales de cada localidad pueden influir en la

respuesta de crecimiento general de los moluscos. La temperatura de agua (Ren *et al.* 2000) y la concentración de clorofila *a* (Ulloa *et al.* 2003) representan los factores de mayor influencia en la fisiología y crecimiento del ostión, entre otros muchos como la salinidad, oxígeno disuelto y seston (Chávez-Villalba *et al.* 2007). Aún más, diferentes localidades con distintas condiciones dentro de un mismo cuerpo de agua pueden afectar el desempeño de los animales. Por ejemplo, García-Ulloa *et al.* (2006) obtuvieron diferentes tasas de crecimiento del ostión japonés cultivado en un estero ubicado en la costa media del Pacífico mexicano, a distintas profundidades, velocidad de las corrientes y sustratos.

La mayoría de los trabajos relacionados con la 'mortalidad de verano' en ostión y su posible mitigación, han sido realizados en los estados de Baja California y Sonora (Cáceres-Martínez *et al.* 2004, Chávez-Villalba *et al.* 2005, 2007; Maeda-Martínez 2008, Castillo-Durán *et al.* 2010), pero debido a su frontera hacia el sur y la posible similitud de condiciones ambientales, las granjas ostrícolas del estado de Sinaloa pudieran ser afectadas. No existen reportes de mortalidad de *C. gigas* en granjas de Sinaloa hasta la fecha, pero sí acerca de la presencia de los mismos parásitos (Villanueva-Fonseca & Escobedo-Bonilla 2013) con aquellos reportados en Sonora y Baja California (Enríquez-Espinoza *et al.* 2010, 2015). En el caso de la influencia de los factores del medio ambiente, Góngora-Gómez *et al.* (2012) evaluaron el crecimiento de *C. gigas* en el Estero La Piedra, al norte de Sinaloa, obteniendo organismos de talla comercial en 7 meses de cultivo (temporada otoño-primavera) y una supervivencia de 88%. Con tal estrategia, la temporada de verano, asociada a las mortalidades, puede ser evitada. El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento, índice de condición y supervivencia de *C. gigas* durante el periodo de noviembre 2011 a noviembre 2012, así como su relación con las variables fisicoquímicas, en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, a fin de aportar información para su manejo acuícola en la región.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema lagunar Navachiste-Macapule (25°21'N y 108°30'W) está localizado a lo largo de la costa noroeste del estado de Sinaloa (Fig. 1). Se utilizaron 2,520 juveniles (3,5 ± 0,5 mm) adquiridos de un criadero comercial (Acuacultura Robles S. P. R. de R. I., Sonora, México) los cuales fueron transportados hasta el sitio de cultivo a baja temperatura (10°C). Antes de ser introducidos al estero se revisó una muestra al microscopio para verificar su tamaño, color y viabilidad mediante la detección de movimiento dentro de la concha.



**Figura 1. Localización geográfica del sitio de cultivo del ostión japonés *Crassostrea gigas* en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México / Geographical location of the culture site for the Japanese oyster, *Crassostrea gigas*, in the Navachiste-Macapule lagoon system, Sinaloa, Mexico**

Después, se aclimataron (Gallo-García *et al.* 2001) y dividieron en lotes de aproximadamente 250 animales que fueron embolsados en tela mosquitera (2 mm) de 20 x 20 cm. Los ostiones fueron cultivados de acuerdo a la forma comercial vigente de los granjeros, con una fase inicial de crecimiento que consta del mantenimiento de los organismos en bolsas mosquiteras dentro de canastas ostrícolas (Nestier™) durante los dos primeros meses, y la fase terminal de engorda consistente en su crecimiento durante 11 meses fuera de las bolsas mosquitero pero dentro de las canastas. Para ambas fases, las canastas permanecen atadas a una línea madre manteniendo en suspensión el cultivo. La fase inicial comenzó en noviembre 2011 y la población de ostiones fue desdoblada 4 veces (cada 15 días) hasta que los organismos alcanzaron una altura de la concha mayor de 30 mm, la cual representa el tamaño necesario para que los ostiones no pasen por los orificios y sean retenidos en las canastas. En el desdoble, los organismos de cada bolsa son vertidos sobre la canasta bajo la cual se coloca un recipiente plástico con agua marina. De esta forma, la canasta sirve como tamiz para seleccionarlos por tamaño. Los ostiones que pasaran por los orificios de las canastas fueron devueltos a la bolsa mosquitero, mientras que los que son retenidos se sembraron a una densidad de 42 ostiones por canasta. Según Góngora-Gómez *et al.* (2012), cada módulo se compone de 7 canastas: a la primera o superior se le colocan flotadores plásticos, las 5 siguientes contienen los ostiones, y en la última o inferior se distribuyen piedras que sirven para mantener la forma vertical

del módulo en suspensión. Se usan las canastas que sean necesarias para formar los módulos se acuerdo a la cantidad de ostiones cuya altura de la concha rebase 30 mm y a la supervivencia observada en cada desdoble. De esta manera, se ajustó una densidad de 42 ostiones por canasta hasta el final del estudio (noviembre 2012). La limpieza de las bolsas y canastas fue realizada cada 2 semanas; al mismo tiempo, los ostiones fueron limpiados con un cepillo de cerdas suaves, y tanto predadores (peces, caracoles y cangrejos) como competidores (filtradores como moluscos y pequeños invertebrados) eran separados de las canastas. Con el fin de estimar la mortalidad acumulada, las conchas vacías se recolectaron y contaron en cada limpieza (Góngora-Gómez *et al.* 2012).

Se obtuvieron los valores de temperatura del agua, oxígeno disuelto (OD, YSI, 55/12FT, Ohio 45387), salinidad (Atago, S/Mill), pH (Hanna, HI 8314) y transparencia (disco Secchi) cada 15 días, mientras que los sólidos suspendidos totales (SST) y la materia orgánica particulada (MOP) fueron medidos cada mes con el método gravimétrico (APHA 1995). La concentración de clorofila *a* (C1-*a*) se obtuvo espectrofotométricamente utilizando el método descrito por Strickland & Parsons (1972).

Después de cada limpieza, 50 ostiones seleccionados al azar eran medidos (altura, longitud y ancho de la concha, mm) usando una regla vernier ( $\pm 0,01$  mm) y pesados con una

balanza de campo ( $\pm 0,01$  g). Se obtuvieron la tasa de crecimiento diaria (longitud o peso final – longitud o peso inicial/ días de cultivo), y la tasa de crecimiento instantáneo relativo (TCIR) (Xiao *et al.* 2005), mediante la fórmula:

$$TCIR = (\ln L_2 - \ln L_1) / t \cdot 100$$

donde  $L_1$  y  $L_2$  = longitud o peso final e inicial, respectivamente, y  $t$  = tiempo de cultivo entre 2 muestreos. También, se obtuvieron la tasa de crecimiento absoluto (TCA),  $TCA = (Y_2 - Y_1) / (t_2 - t_1)$ , y la tasa de crecimiento relativo (TCR),  $TCR = (Y_2 - Y_1 / Y_1) (t_2 - t_1) \cdot 100$ , donde,  $Y_2$  y  $Y_1$  = peso o longitud final e inicial, respectivamente,  $t_2$  y  $t_1$  = tiempo final e inicial de cultivo entre 2 muestreos (Wootton 1991).

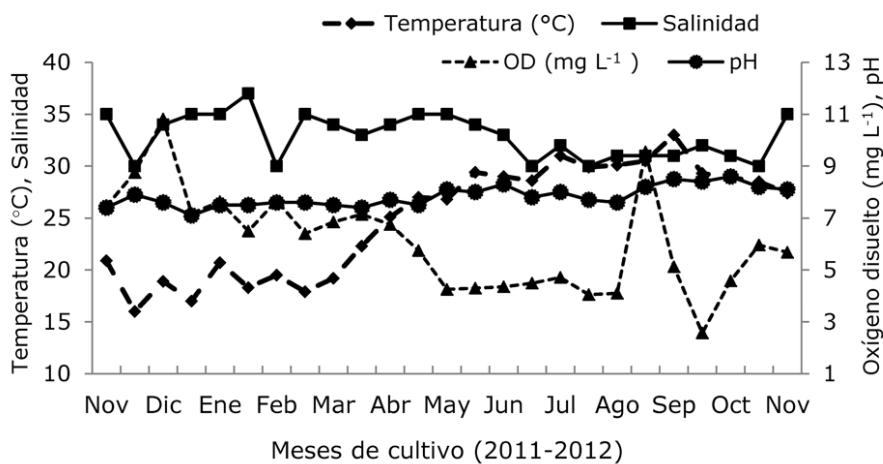
Para obtener el índice de condición (IC, Walne & Mann 1975), se utilizó el tejido suave y las conchas de 30 individuos seleccionados aleatoriamente en cada muestreo. El tejido suave fue secado en una estufa por 48 h a 80°C para obtener el peso seco. El IC fue calculado con la fórmula:  $IC = P1 \times 1000 / P2$ , donde P1 es el peso seco del tejido suave y P2 es el peso seco de las conchas (g).

Los datos fueron verificados para normalidad y homogeneidad de varianzas con las pruebas de Lilliefors y Bartlett, respectivamente (Sokal & Rohlf 1995). Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para los valores de crecimiento,

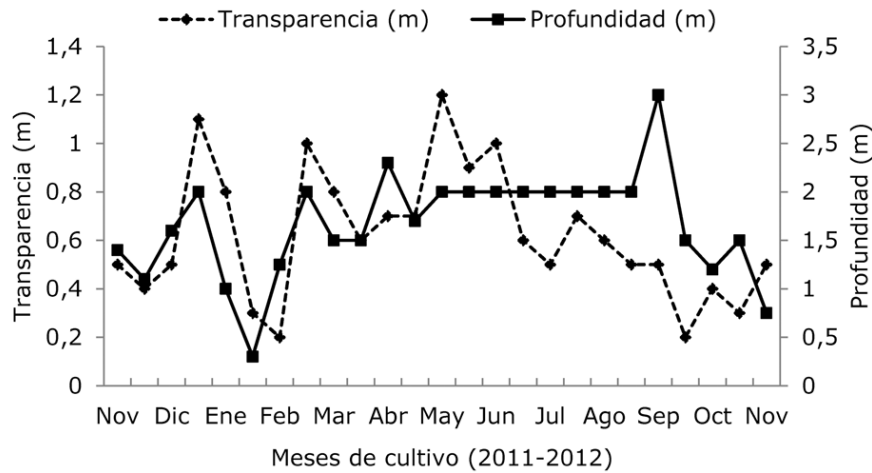
mortalidad e IC empleando como factor el tiempo de cultivo. Cuando se detectaron diferencias significativas se aplicó una prueba *a posteriori* de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Para determinar el grado de asociación entre el crecimiento, supervivencia e IC con los parámetros fisicoquímicos, se realizó una correlación de Pearson ( $r$ ), con su correspondiente prueba de significancia (Prueba  $t$ ,  $\alpha = 0,05$ ). Todos los estadísticos se realizaron con el Software Statistica 7.0 (Statsoft, Tulsa, OK) a un nivel de significancia de  $P < 0,05$ .

## RESULTADOS

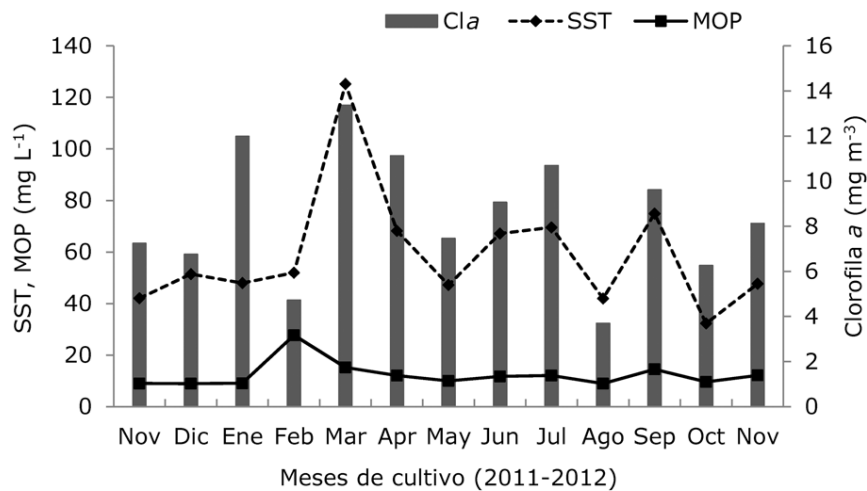
Los valores mensuales de temperatura, OD, salinidad y pH se muestran en la Figura 2. La temperatura promedio fue de  $25,01 \pm 5,29^\circ\text{C}$ , con una fluctuación de  $17,5^\circ\text{C}$  en diciembre, a  $31,8^\circ\text{C}$  registrados en septiembre. El OD (promedio =  $6,10 \pm 1,93$  mg L<sup>-1</sup>) mostró 2 picos, el más alto ( $10,82$  mg L<sup>-1</sup>) en diciembre y el otro en septiembre ( $9,55$  mg L<sup>-1</sup>). La concentración más baja de OD ( $2,57$  mg L<sup>-1</sup>) fue obtenida en octubre. La salinidad se mantuvo estable a lo largo del cultivo, variando de 30 a 37. El pH promedio fue de  $7,82 \pm 0,39$ , y fluctuó de 7,1 en enero a 8,6 en octubre. La profundidad mostró 2 registros bajos de 0,2 m; uno en febrero y otro en octubre. La profundidad promedio fue de  $1,66 \pm 0,55$  m; con una variación de 0,2 m en febrero a 3 m en septiembre (Fig. 3).



**Figura 2.** Temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y pH del sitio de cultivo en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México / Temperature, dissolved oxygen, salinity and pH at the culture site in the Navachiste-Macapule lagoon system, Sinaloa, Mexico



**Figura 3. Transparencia y profundidad del sitio de cultivo en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México / Transparency and depth at the culture site in the Navachiste-Macapule lagoon system, Sinaloa, Mexico**



**Figura 4. Sólidos suspendidos totales, materia orgánica particulada y clorofila a del sitio de cultivo en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México / Total suspended solids, particulate organic matter and chlorophyll a at the culture site in the Navachiste-Macapule lagoon system, Sinaloa, Mexico**

Las concentraciones de SST, MOP y Cl-a mostraron tendencias similares entre febrero y marzo (Fig. 4). La concentración de SST presentó un rango desde 41,94 mg L<sup>-1</sup> en agosto, hasta 125,22 mg L<sup>-1</sup> en marzo, mientras que para MOP, el valor más bajo se observó en diciembre (8,91 mg L<sup>-1</sup>) y el más alto en marzo (15,22 mg L<sup>-1</sup>). En el caso de la Cl-a, la mayor concentración (13,36 mg m<sup>-3</sup>) fue obtenida en marzo y la menor (3,69 mg m<sup>-3</sup>) en agosto.

La Tabla 1 muestra el análisis de varianza para las variables de altura, largo y ancho de las valvas y el peso total de *C. gigas* para cada mes de cultivo. Se observaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) para cada una de las variables.

Después de 12 meses de cultivo los organismos alcanzaron una talla promedio de  $95,05 \pm 9,21$  mm de altura con los mayores incrementos en diciembre (22,33 mm) y febrero (21,93

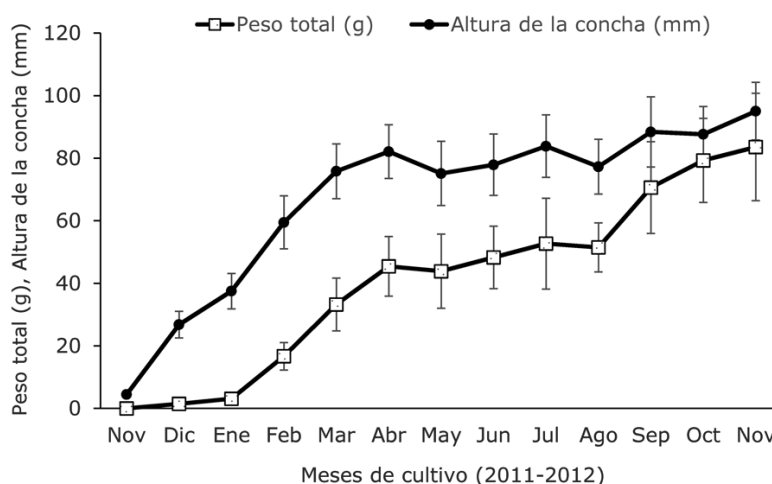
mm). El análisis de correlación mostró que la altura de las valvas se relacionó de manera positiva con el peso total ( $r=0,90$ ;  $P=0,0001$ ), inversamente con la supervivencia ( $r=-0,65$ ;  $P=0,014$ ), y no presentó relación con la concentración de  $Cl-a$  ( $r=0,12$ ;  $P=0,67$ ). Para el peso total, se observó un incremento progresivo conforme crecía la altura de las valvas, hasta que en mayo y agosto se registraron disminuciones. El ostión fue sembrado con un peso inicial de 0,01 g en noviembre del 2011 y se cosechó con un peso final de  $83,58 \pm 17,18$  g en noviembre 2012 (Fig. 5). Al igual que la altura de las valvas, el peso total

presentó una correlación inversa con la supervivencia ( $r=-0,87$ ;  $P=0,0001$ ) y positiva con la altura de las valvas ( $r=0,90$ ;  $P=0,0001$ ), pero sin mostrar relación con la concentración de  $Cl-a$  ( $r=0,02$ ;  $P=0,94$ ).

La tasa de crecimiento diaria del ostión fue de 0,25 mm día<sup>-1</sup> para la altura de la concha y de 0,23 g día<sup>-1</sup> para el peso. En las Tablas 2 y 3 se observan los valores del crecimiento instantáneo (TCIR), absoluto (TCA) y relativo (TCR) para la altura de las valvas y el peso total de *C. gigas*. El máximo valor para las 3 tasas de crecimiento con relación a la altura de las valvas se registró en el mes de diciembre (5,97; 0,74 y 0,166 mm día<sup>-1</sup> para TCIR, TCA y TCR, respectivamente), mientras que valores negativos fueron detectados en mayo y agosto para los 3 indicadores. Los parámetros fisicoquímicos se relacionaron con cada una de las tasas de crecimiento. Para la temperatura, se observó una correlación inversa con las TCIR ( $r=-0,64$ ;  $P=0,022$ ) y TCA ( $r=-0,69$ ;  $P=0,012$ ), pero en el caso de la  $Cl-a$  no se observó correlación con ninguno de los indicadores de crecimiento ( $r=-0,09$ ;  $P=0,76$  para TCIR;  $r=-0,24$ ;  $P=0,45$  para TCA, y  $r=-0,16$ ;  $P=0,60$  para TCR). El valor más alto para TCIR fue de 16,61 mm día<sup>-1</sup> y para el TCR de 4,83 mm día<sup>-1</sup> durante diciembre, y en coincidencia con la altura de las valvas, se observaron valores negativos de los 3 indicadores de crecimiento en mayo y agosto. Sólo se obtuvo una correlación inversa ( $r=-0,65$ ;  $P=0,02$ ) de la temperatura con el peso total de los ostiones (Tabla 4).

**Tabla 1. Análisis de varianza para las variables altura, longitud y ancho de la concha, y peso total de *C. gigas*, cultivado en un sistema en suspensión en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México (\*= diferencias significativas) / Analysis of variance for the total length and weight mean values of *C. gigas* cultured in suspension system at the Navachiste-Macapule lagoon system, Sinaloa, Mexico (\*= significant differences)**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Suma de cuadrados medios	F	P
Altura	712.849	24	29.702	388,02	0,0001*
Error	93.771	1.225	76,54		
Longitud	514.329	24	21.430,40	196,40	0,0001*
Error	133.670	1.225	109,11		
Ancho	102.529	24	4.272,05	192,93	0,0001*
Error	27.124,5	1.225	22,14		
Peso	912.671	24	38.028	334,81	0,0001*
Error	139.135	1.225	113,57		



**Figura 5. Altura de la concha y peso total mensual de *C. gigas* cultivado en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México / Shell height and total weight of *C. gigas* cultured in the Navachiste-Macapule lagoon system, Sinaloa, Mexico**

**Tabla 2. Indicadores de crecimiento para la altura de la concha (mm d<sup>-1</sup>) de *C. gigas* cultivado en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México. TasaAbs= Tasa de crecimiento absoluto, TasaRel= Tasa de crecimiento relativo, TasaInst= Tasa de crecimiento instantáneo / Growth indexes for shell height (mm d<sup>-1</sup>) of *C. gigas* cultured in the Navachiste-Macapule Lagoon system, Sinaloa, Mexico. TasaAbs= Absolute growth rate, TasaRel= Relative growth rate, TasaInst= Instant growth rate**

Fecha	Altura (mm)	TasaAbs	TasaRel	TasaInst
Nov. 2011	4,46			
Diciembre	26,79	0,74	0,166	5,97
Enero 2012	37,53	0,35	0,013	1,12
Febrero	59,46	0,73	0,019	1,53
Marzo	75,83	0,54	0,009	0,81
Abril	82,12	0,20	0,002	0,26
Mayo	75,12	-0,23	-0,002	-0,29
Junio	77,89	0,09	0,001	0,12
Julio	83,84	0,19	0,002	0,24
Agosto	75,29	-0,28	-0,003	-0,35
Septiembre	88,41	0,43	0,005	0,53
Octubre	87,66	-0,02	0,0002	-0,02
Noviembre	95,05	0,24	0,002	0,26

**Tabla 3. Indicadores de crecimiento para el peso total (g d<sup>-1</sup>) de *C. gigas* cultivado en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México. TasaAbs= Tasa de crecimiento absoluto, TasaRel= Tasa de crecimiento relativo, TasaInst= Tasa de crecimiento instantáneo / Growth indexes for total weight (g d<sup>-1</sup>) of *C. gigas* cultured in the Navachiste-Macapule Lagoon system, Sinaloa, Mexico. TasaAbs= Absolute growth rate, TasaRel= Relative growth rate, TasaInst= Instant growth rate**

Fecha	Peso total (g)	TasaAbs	TasaRel	TasaInst
Nov. 2011	0,01			
Diciembre	1,46	0,04	4,833	16,61
Enero 2012	3,10	0,05	0,037	2,50
Febrero	16,70	0,45	0,146	5,61
Marzo	33,25	0,55	0,033	2,29
Abril	45,44	0,40	0,012	1,04
Mayo	35,88	-0,31	-0,007	-0,78
Junio	43,28	0,24	0,006	0,62
Julio	63,70	0,68	0,015	1,28
Agosto	49,18	-0,48	-0,007	-0,86
Septiembre	70,61	0,71	0,014	1,20
Octubre	71,45	0,02	0,0003	0,03
Noviembre	83,58	0,40	0,005	0,52

**Tabla 4. Correlaciones de la temperatura y Cla con la altura de la concha y el peso total de *C. gigas* ( $P < 0,05$ ; grados de libertad: 1,11), cultivado en suspensión en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México / Correlations of temperature and Cla with the shell height and total weight of *C. gigas* ( $P < 0.05$ ; degrees of freedom: 1.11), cultured in suspended trays in the Navachiste-Macapule lagoon system, Sinaloa, Mexico**

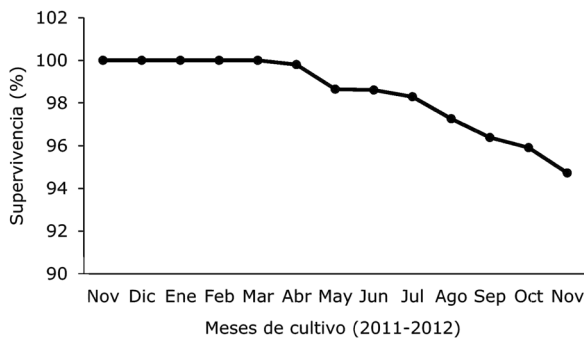
	r <sup>†</sup>	a	b	F	P
Altura de la concha/peso total	0,96	32,14	0,87	47,27	0,0001*
Altura de la concha/Cla	0,12	56,54	1,22	0,18	0,67
Altura de la concha/supervivencia	-0,65	1.034,7	-9,83	8,33	0,014*
Peso total/Cla	0,02	38,13	0,19	0,00	0,94
Peso total/supervivencia	-0,87	1.366,62	-13,47	34,79	0,0001*

<sup>†</sup>r = Nivel de correlación; a = Ordenada al origen; b = pendiente. \*Correlación significativa

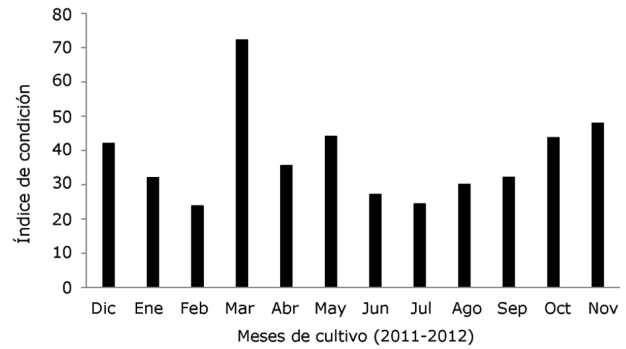
La supervivencia final (Fig. 6) fue de 94,72%. El índice de condición fluctuó de 23,82 en febrero hasta 47,99 en noviembre 2012 (Fig. 7), con un promedio en el periodo de  $34,65 \pm 4,46$ . La correlación canónica de las variables ambientales del sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, y los parámetros de crecimiento (altura de las valvas, peso total, mortalidad e IC) de *C. gigas*, se muestra en la Tabla 5. Las correlaciones entre la temperatura, y la altura de las valvas y el peso total del ostión presentaron los mayores valores ( $r = 0,7$  y  $r = 0,81$ , respectivamente).

## DISCUSIÓN

Hoy en día existe poca información sobre la tecnología de producción de la actividad ostrícola en el estado de Sinaloa, ya que la mayoría representan informes técnicos o reportes en foros locales (Nava *et al.* 1995, Góngora-Gómez *et al.* 2012), por lo que la realización y divulgación de este tipo de estudios, representan una prioridad a fin de establecer una estructura tecnológica para el desarrollo del cultivo comercial del ostión del Pacífico *C. gigas* en la zona.



**Figura 6.** Supervivencia (%) de *C. gigas* cultivado en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México / Survival (%) of *C. gigas* cultured in the Navachiste-Macapule Lagoon system, Sinaloa, México



**Figura 7.** Índice de condición de *C. gigas* cultivado en suspensión en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México / Condition index of *C. gigas* cultured in suspended trays in the Navachiste-Macapule lagoon system, Sinaloa, México

**Tabla 5.** Correlación canónica de las variables ambientales del sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México, y las variables fisiológicas de *C. gigas* / Canonical correlation of environmental variables in the Navachiste-Macapule lagoon system, Sinaloa, Mexico, and physiological variables of *C. gigas*

	T°	Salinidad	O <sub>2</sub>	pH	Transparencia	SST	MOP	Cl <sub>a</sub>
AC	<b>0,7153*</b>	-0,3415	<b>-0,6205</b>	0,5010	-0,0586	0,2245	0,1950	0,0359
PT	<b>0,8103</b>	-0,4554	-0,5863	<b>0,5863</b>	-0,2317	-0,0052	-0,0298	-0,1095
S	0,4408	-0,3308	-0,0864	0,1894	-0,1711	-0,2797	-0,2121	-0,3215
IC	-0,2116	<b>0,5525</b>	0,1810	-0,2726	<b>0,6163</b>	-0,0156	0,1991	-0,0545

T°= Temperatura del agua; O<sub>2</sub>= Oxígeno disuelto; SST= Sólidos suspendidos totales; MOP= Materia Orgánica Particulada; Cl<sub>a</sub>= Clorofila *a*

AC= Altura de la concha; PT= Peso total; S= Supervivencia; IC= Índice de condición

\*Números en negritas= correlación significativa

Los ostiones alcanzaron una altura de las valvas de  $95,05 \pm 9,21$  mm en 13 meses similares a los que reporta Chávez-Villalba *et al.* (2007) en la Laguna El Soldado, del estado de Sonora donde *C. gigas* alcanzó un rango en la altura de las valvas de 97-118 mm en 13 meses de cultivo. Mientras que trabajando con diferentes densidades, Chávez-Villalba *et al.* (2010) determinaron tallas del ostión japonés de hasta 132,4 mm después de un año de engorda en Laguna La Cruz, Sonora. Pero estas diferencias en los resultados pueden explicarse por las condiciones ambientales en los diferentes sitios de cultivo, además de otros factores como el origen de la semilla, la talla de siembra y el método de cultivo.

La tasa de crecimiento de la concha de diversas especies de ostión tropical es mayor a la reportada para especies templadas y frías (Quayle & Newkirk 1989). Por ejemplo, Kingsley-Smith *et al.* (2009) señalan que después de 23 meses de cultivo en diferentes localidades de la Bahía Chesapeake, Virginia, EUA, los ostiones *C. virginica* y *C. ariakensis*

crecieron  $0,053$  y  $0,090$  mm día<sup>-1</sup>, valores que son bajos en comparación con los obtenidos en este trabajo ( $0,25$  mm día<sup>-1</sup>) para *C. gigas* en 13 meses. Por otro lado, Castillo-Durán *et al.* (2010) reportaron tasas de crecimiento diaria de  $0,098$  y  $0,250$  mm día<sup>-1</sup> para *C. gigas* y *C. corteziensis*, respectivamente, en verano, pero de  $0,441$  y  $0,268$  mm día<sup>-1</sup> en invierno, lo cual explica la influencia que ejercen los factores del medio ambiente en diferentes latitudes y localidades, trabajando con diversas especies. El crecimiento y supervivencia de *C. gigas* en el presente estudio, mostraron que la especie es capaz de tolerar las variaciones ambientales que se registran en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, donde la temperatura fue el factor de mayor influencia registrando una fluctuación de 17°C. Considerando el presente resultado, se puede reafirmar que *C. gigas* es una especie que posee una alta tolerancia a cambios abruptos de temperatura, correspondiendo al marco ambiental de esteros y lagunas costeras en el Golfo de California (Osuna-López *et al.* 2009).



De acuerdo a Fujiya (1970) y Cáceres-Martínez (1994), el intervalo óptimo de temperatura para el cultivo del ostión japonés es de 20-25°C, pero en nuestro cultivo el organismo toleró temperaturas desde los 15 y a los 30°C sin afectar sus funciones alimenticias y reproductivas, lo que explica parcialmente los resultados obtenidos en el presente estudio. Otros factores como la salinidad y el pH se encontraron dentro del rango de crecimiento reportado para la especie que oscilan entre los 25-38 y 7-9, respectivamente (Korringa 1976).

Por ejemplo, el crecimiento (altura de las valvas y peso total) de este bivalvo no presentó correlación con la concentración de Cl-a, lo que sugiere que su alimentación no depende exclusivamente de esa fuente de comida, sino de una combinación de Cl-a y materia orgánica particulada, característica de hábitat con fondos lodosos (Sibaja 1985). También, Korringa (1976) menciona que el crecimiento del ostión está influenciado por las características del medio ambiente en combinación con el tipo y disponibilidad de alimento, factores que están fuertemente ligados a la latitud que se encuentre el sitio de cultivo (Roncarati *et al.* 2010). En las costas de Canadá y en el Mar del Norte donde se practica el cultivo intermareal, la tasa de crecimiento de los ostiones es de aproximadamente 5 cm por año, a pesar de la alta productividad primaria existente en esos lugares, mientras que en las costas del noroeste de México, lugar que en comparación presenta menor productividad, los animales pueden alcanzar una tasa de crecimiento de 18,5 cm anuales (Mazón-Suástegui 1996). En este caso, el crecimiento del organismo estuvo asociado a la disponibilidad de alimento, ya que el cultivo en suspensión mantiene permanentemente a los ostiones en el agua favoreciendo el índice de aclaramiento como el constante acceso al alimento a lo largo de la columna de agua que promueve mejores tasas de crecimiento en menor tiempo (Korringa 1976, Leighton 1979, Kang *et al.* 2003, Chávez-Villalba 2005, 2008; Betanzos-Vega *et al.* 2010).

Por otro lado, los valores de correlación obtenidos para los parámetros ambientales indican que la temperatura del agua ejerció un efecto mayor sobre la altura de la concha y el peso de *C. gigas* en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, lo cual coincide con lo reportado por Claudi & Mackie (1994) para el crecimiento del mejillón cebrá *Dreissena polymorpha* en poblaciones silvestres, pero contrario a lo encontrado por Buddensiek (1995) trabajando con la ostra *Margaritifera margaritifera* en cultivo. Las diferencias en resultados pueden ser parcialmente explicadas por las diversas especies estudiadas, la metodología y las condiciones ambientales o de cultivo.

El índice de condición es una medida muy útil para reconocer el estado nutritivo de los bivalvos debido al cambio temporal de las reservas alimenticias mismas que están influenciadas por

la disponibilidad del alimento en conjunción con los factores ambientales (Soniati & Ray 1985), y es ampliamente usado en *C. gigas* (Mason & Nell 1995, Baghurst & Mitchell 2002). El índice de condición se incrementó hasta mayo y disminuyó en junio y julio, mientras que el patrón de la Cl-a y MOP decreció a partir de mayo, lo cual sugiere que la disponibilidad de alimento pudiera haber afectado el ciclo reproductivo de este bivalvo y se haya presentado un evento de desove, lo cual es similar a lo reportado por Chávez-Villalba *et al.* (2007). Al mismo tiempo, la temperatura aumentó a más de 29°C pudiendo provocar que los ostiones aceleraran su actividad reproductiva. Es recomendable realizar estudios histológicos a lo largo del cultivo para determinar el desarrollo y madurez reproductiva del ostión.

La supervivencia de *C. gigas* durante todo el cultivo fue alta (> 94,72%). Los factores que pueden afectar la supervivencia de bivalvos en cultivos suspendidos varían desde la presencia de epibiontes, depredación, competencia por espacio y alimento (Gallo-García *et al.* 2001, García-Ulloa *et al.* 2006), así como el efecto del continuo movimiento por las olas y corrientes (Serrano-Casillas 2004). En este trabajo, la temperatura y la disponibilidad de alimento no afectaron la supervivencia de los ostiones. La rutina de limpieza del equipo y animales cada 15 días puede explicar la baja mortalidad registrada, lo cual coincide con lo reportado por Gallo-García *et al.* (2001). La leve disminución en el porcentaje de supervivencia pudo ser debida a la presencia de juveniles de depredadores de la jaiba *Callinectes* sp., que fue encontrada esporádicamente dentro de las canastas (Sicard-González 1999).

Los resultados muestran que *C. gigas* alcanzó la talla comercial (80 mm de altura de las valvas) después de 8 meses de cultivo bajo las condiciones ambientales del sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México, destacando: a) la obtención de una tasa de crecimiento diaria de 0,25 mm día<sup>-1</sup> para la altura de la concha y de 0,23 g día<sup>-1</sup> para el peso, b) una supervivencia final mayor a 94%, y c) la acción de la temperatura del agua en su crecimiento. Los datos obtenidos contribuyen con información básica necesaria para futuros estudios y ciclos de producción comercial de esta especie en la región.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por el apoyo financiero y logístico a través de la Comisión de Operaciones y Fomento de Actividades Académicas (COFAA-IPN), para la realización del proyecto, IPNSIP 20130858 (Estudio comparativo en el crecimiento y la supervivencia entre organismos diploides y triploides de ostión japonés *C. gigas* cultivados en el estero La Pitahaya, Guasave, Sinaloa).

## LITERATURA CITADA

- APHA. 1995.** Standard methods for the examination of water and wastewater: Multiple-Tube fermentation technique for members of the coliform group, 342 pp. American Public Health Association, Washington.
- Baghurst BC & JG Mitchell. 2002.** Sex-specific growth and condition of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg). *Aquaculture Research* 33: 1253-1263.
- Betanzos-Vega A, C Siam-Lahera & G Arencibia-Carballo. 2010.** Variación de la salinidad y su relación con la distribución por talla del ostión de mangle, Villa Clara, Cuba. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 27: 41-46.
- Buddensiek V. 1995.** The culture of juvenile freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* L. in cages: a contribution to conservation programmes and the knowledge of habitat requirements. *Biology and Conservation* 74: 33-40.
- Cáceres-Martínez C. 1994.** Manual de ostricultura: Técnicas del engorda del ostión japonés (*Crassostrea gigas*), 46 pp. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz.
- Cáceres-Martínez J, S Ramírez-Gutiérrez, R Vázquez-Yeomans & P Macías-Montes de Oca. 2004.** Reproductive cycle and mortality of the Japanese oyster *Crassostrea gigas* cultured in Bahía Falsa, Baja California, México. *Journal of Shellfish Research* 23: 795-801.
- Castillo-Durán A, J Chávez-Villalba, A Arreola-Lizárraga & R Barraza-Guardado. 2010.** Comparative growth, condition, and survival of juvenile *Crassostrea gigas* and *C. corteziensis* oysters cultivated in summer and winter. *Ciencias Marinas* 36(1): 29-39.
- Chávez-Villalba J. 2014.** Cultivo de ostión *Crassostrea gigas*: Análisis de 40 años de actividades en México. *Hidrobiológica* 24: 175-190.
- Chávez-Villalba J, MR López-Tapia, JM Mazón-Suástegui & M Robles-Mungaray. 2005.** Growth of the oyster *Crassostrea corteziensis* (Hertlein 1951) in Sonora, México. *Aquaculture Research* 36: 1337-1344.
- Chávez-Villalba J, F Villelas-Ávila & C Cáceres-Martínez. 2007.** Reproduction, condition and mortality of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) along coastal Sonora, México. *Aquaculture Research* 38: 268-278.
- Chávez-Villalba J, A Hernández-Ibarra, MR López-Tapia & JM Mazón-Suástegui. 2008.** Prospective culture of the Cortez oyster *Crassostrea corteziensis* from northwestern Mexico: Growth, gametogenic activity, and condition index. *Journal Shellfish Research* 27: 711-720.
- Chávez-Villalba J, A Arreola-Lizárraga, S Burrola-Sánchez & F Hoyos-Chairez. 2010.** Growth, condition, and survival of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* cultivated within and outside a subtropical lagoon. *Aquaculture* 300: 128-136.
- Cheney DF, BF MacDonald & RA Elston. 2000.** Summer mortality of Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg): Initial findings of multiple environmental stressors in Puget Sound, Washington, 1998. *Journal of Shellfish Research* 19: 353-359.
- Claudi R & GL Mackie. 1994.** Practical manual for zebra mussel monitoring and control, 227 pp. Lewis Publishers, CRC, Boca Raton.
- Enríquez-Espinoza TL, JM Grijalva-Chon, R Castro-Longoria & J Ramos-Paredes. 2010.** *Perkinsus marinus* in *Crassostrea gigas* from the Gulf of California. *Diseases of Aquatic Organisms* 89: 269-273.
- Enríquez-Espinoza TL, R Castro-Longoria, F Mendoza-Cano & JM Grijalva-Chon. 2015.** *Perkinsus marinus* in *Crassostrea gigas* and *Chione fluctifraga* from Kino Bay, Sonora, Mexico. *Biotecnia* 7(1): 10-13.
- Fujiya M. 1970.** Oyster farming in Japan. *Helgoländer Wissenschaftliche Meeresunters* 20: 464-479.
- Gallo-García MC, M García-Ulloa, D Godínez-Siordia & K Rivera-Gómez. 2001.** Estudio preliminar sobre el crecimiento y supervivencia del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1873) en Barra de Navidad, Jalisco, México. *Universidad y Ciencia* 17: 83-91.
- García-Ulloa M, MC Gallo-García, OA González-Ochoa & RA Chávez-Zazueta. 2006.** Cultivo del ostión japonés *Crassostrea gigas*, en la costa media del Pacífico Mexicano. En: Jiménez-Quiroz MC & E Espino-Barr (eds). Los recursos acuícolas y pesqueros de Jalisco, Colima y Michoacán, pp. 580-587. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Manzanillo, Manzanillo.
- Glude JB. 1974.** A summary report of Pacific Coast oyster mortality investigations 1965-1972, October 15-16<sup>th</sup> 1974, 28 pp. Proceedings of the Third United States of America-Japan Meeting on Aquaculture, Tokyo.
- Góngora-Gómez AM, M García-Ulloa, JA Hernández-Sepúlveda & AL Domínguez-Orozco. 2012.** Crecimiento del ostión *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) cultivado en el estero La Piedra, Sinaloa, México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 16(2): 91-104.
- Grabowski JH, CH Peterson, SP Powers, D Gaskill & HC Summerson. 2004.** Growth and survivorship of non-native (*Crassostrea gigas* and *Crassostrea ariakensis*) versus native oysters (*Crassostrea virginica*). *Journal of Shellfish Research* 23: 781-793.
- Helm MM. 2015.** Cultured aquatic species information programme. *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). FAO, Fisheries and Aquaculture Department, Rome. <[http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea\\_gigas/en](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea_gigas/en)>
- Kang C, M Park, P Lee, W Choi & W Lee. 2003.** Seasonal variations in conditions, reproductive activity, and biochemical composition of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), in suspended culture in two coastal bays of Korea. *Journal of Shellfish Research* 19: 771-778.
- Kingsley-Smith PR, HD Darwell, ML Kellogg, SM Allen, SK Allen Jr, DW Meritt, KT Paytner Jr & MW Luckenbach. 2009.** Survival and growth of triploid *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) and *C. ariakensis* (Fujita, 1913) in bottom environments of Chesapeake Bay: Implications for an introduction. *Journal of Shellfish Research* 28(2): 169-184.

- Korringa P. 1976.** Farming the cupped oyster of the genus *Crassostrea*, 224 pp. Elsevier, Amsterdam.
- Leighton DL. 1979.** A growth prolific for the rock scallop *Hinnites multirugosus* held at several depths off La Jolla, California. *Marine Biology* 51: 229-232.
- Maeda-Martínez AN. 2008.** Estado actual del cultivo de bivalvos en México. In: Lovatelli A, A Farias & I Uriarte (eds). Taller regional de la FAO sobre el estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: Factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. *Actas de Pesca de la FAO* 12: 91-100.
- Mason CJ & JA Nell. 1995.** Condition index and chemical composition of meats of Sydney Rock oysters (*Saccostrea commercialis*) and Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) at four sites in Port Stephens, NSW. *Marine and Freshwater Research* 46: 873-881.
- Mazón-Suástegui JM. 1996.** Cultivo del ostión japonés *Crassostrea gigas*. En: Casas V & DG Ponce (eds). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur 1: 625-650. México.
- Nava HJH, H Nava & R Ramos. 1995.** Cultivo experimental de crecimiento y engorda del ostión japonés en cajas ostreófilas en el estero de Teacapán, Sinaloa. *Gaceta Informativa, Unidad de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar, SEP*. 13: 20-22.
- Osuna-López JI, MG Frías-Espiricueta, G López-López, HM Zazueta-Padilla, G Izaguirre-Fierro, F Páez-Osuna, AC Ruiz-Fernández & D Voltolina. 2009.** Cd, Pb and organochloride pesticides of *Mytella strigata* (Pelecypoda: Mytillidae) of six coastal lagoons of NW Mexico. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 38(2): 233-239.
- Quayle DB & GF Newkirk. 1989.** Farming bivalve mollusks: Methods for study and development. *Advances in World Aquaculture* 1: 1-294. The World Aquaculture Society Los Angeles.
- Ren JS, AH Ross & DR Schiel. 2000.** Functional description of feeding and energetics of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in New Zealand. *Marine Ecology Progress Series* 208: 119-130.
- Roncarati A, A Fellici, A Dess, F Leila & M Paolo. 2010.** Trails on Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) reared in the middle Adriatic Sea by means of different trays. *Aquaculture International* 18: 35-43.
- Royer J, M Ropert & K Costil. 2007.** Spatio-temporal changes in mortality, growth and condition of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Normandy (France). *Journal of Shellfish Research* 26: 973-984.
- Serrano-Casillas G. 2004.** Crecimiento y supervivencia de la almeja catarina *Argopecten ventricosus* (Sowerby II, 1842), bajo condiciones de cultivo en suspensión y fondo en Bahía Concepción, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría, Baja California Sur, México, 164 pp.
- Sibaja WG. 1985.** Dimensiones de la concha del mejillón *Mytella strigata* Hanley (Bivalvia: Mytillidae), de la Playa de Lepanto, Puntarenas, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 33(1): 59-60.
- Sicard-González MT. 1999.** Temperatura letal superior y temperatura óptima de una población de almeja catarina (*Argopecten ventricosus*, Sowerby II, 1842). Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, 99 pp.
- Sokal RR & FJ Rohlf. 1995.** Biometry: the principles and practice of statistics in biological research, 887 pp. WH Freeman, New York.
- Soletchnik P, O Le Moine, N Faury, D Razet, P Geairon & P Gouletquer. 1999.** Mortalité de l'huître *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes-Oléron: Étude de la variabilité spatiale de son environnement et de sa biologie par un système d'informations géographiques (SIG). *Aquatic Living Resources* 12: 131-143.
- Soniat TM & SM Ray. 1985.** Relationships between possible available food and the composition, condition and reproductive state of oysters from Galveston Bay, Texas. *Contributions in Marine Science* 28: 109-121.
- Strickland JDH & TR Parsons. 1972.** A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada, Bulletin 167: 1-310.
- Ulloa PA, A Martínez & D Escobedo. 2003.** Fitoplancton del litoral del municipio de Guasave, Sinaloa. Resúmenes. IX Congreso de la Asociación de Investigadores del mar de Cortés, A. C. y III Simposium Internacional del Mar de Cortés, La Paz, Baja California Sur, Mayo 5-9, pp. 95-96.
- Vázquez-Yeomans R, M García-Ortega & J Cáceres-Martínez. 2010.** Gill erosion and herpesvirus in *Crassostrea gigas* cultured in Baja California, México. *Diseases of Aquatic Organisms* 89: 137-144.
- Villanueva-Fonseca LC & CM Escobedo-Bonilla. 2013.** Prevalencia del protozoario *Perkinsus* sp. en un cultivo de ostión japonés *Crassostrea gigas* en Sinaloa, México. *Latin American Journal of Aquatic Research* 41: 996-1002.
- Walne PR & R Mann. 1975.** Growth and biochemical composition in *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*. In: Barnes H (ed). 9<sup>th</sup> European Marine Biology Symposium, pp. 587-607. Aberdeen University Press, Scotland.
- Wootton RF. 1991.** Ecology of teleost fishes. Fish and fisheries, 404 pp. Series I. Chapman & Hall, London.
- Xiao J, S Ford, F Zhang & X Guo. 2005.** Studies on mass summer mortality of cultured zhikong scallops (*Chlamys farrei* Jones et Preston) in China. *Aquaculture* 250: 602-615.

Recibido el 10 de septiembre de 2015 y aceptado el 3 de agosto de 2016

Editor: Claudia Bustos D.