

## Fijación de invertebrados en tres tipos de sustratos artificiales en el estero de Sabancuy, Campeche, Golfo de México

### Invertebrates settlement in three artificial substrates in the Sabancuy estuary, Campeche, Gulf of Mexico

Daniel Torruco<sup>1\*</sup>, Alicia González-Solís<sup>1</sup> y Ángel D. Torruco-González<sup>2</sup>

1. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional-Unidad Mérida, Yucatán, México

2. Universidad Vizcaya de las Américas, Yucatán, México

\*Autor de correspondencia: [dantor@cinvestav.mx](mailto:dantor@cinvestav.mx)

Recibido: 10 de agosto de 2019

Aceptado: 15 de noviembre de 2019

Publicación en línea: 31 de diciembre de 2019

#### Resumen

##### Palabras clave:

asentamiento larval; competencia larval; ostra americana; estuario Sabancuy; laguna de términos; *Crassostrea*.

En los invertebrados sésiles, el comportamiento del asentamiento larval y la selección del sustrato final para su fijación son críticos para el posterior desarrollo del organismo adulto. En el presente trabajo se realizó un análisis comparativo de dos épocas en 2018 y de tres tipos de sustratos artificiales para la fijación de larvas de organismos bentónicos en la boca del estero de Sabancuy de la laguna de Términos, Campeche. Se identificaron la mejor época de desove para los diferentes grupos estudiados, el mejor sitio para su fijación y el tipo de sustrato más eficiente. Así mismo, se realizaron comparaciones entre la longitud y la amplitud de la concha de *Crassostrea virginica* como expresión de crecimiento para esas temporadas y para esos tipos de sustrato, dada su importancia comercial. El sustrato más eficiente en el contexto establecido fue el tipo biogénico (46,78 % del total de las fijaciones), así como la estación dos en ambas temporadas (>1 000 fijaciones), que obtuvo mejores resultados en la segunda temporada (agosto). El grupo más oportunista fue el de los crustáceos cirripedios en ambas temporadas, y el que presentó mayores fluctuaciones en su frecuencia relativa fueron las esponjas. En las dos temporadas se observó el mismo patrón de tallas, con un intervalo amplio de variación; por consiguiente, es probable que se favorezca la fijación progresiva de poslarvas y se permita el establecimiento de tallas pequeñas y el sucesivo crecimiento de las ya existentes.

#### Abstract

##### Key words:

larval setting, larval competition, American oyster, Sabancuy estuary, Terminos lagoon, *Crassostrea*

For sessile invertebrate, the settlement larval behavior and the selection of the fixation substrate is critical to the subsequent development of the adult organism. A comparative analysis of two spawn season in 2018 and three substrate types for the settlement and growth of benthic organism, in the inlet of the Sabancuy Estuary of the Terminos Lagoon, Campeche, Gulf of Mexico was carried out. We defined for all group the better spawn season, the most adequate zone for their attachment and the more efficient substrate type. Also, comparisons between the length and breadth of the shell of *Crassostrea virginica* as an expression of growth for those seasons and those types of substrate were provided because the commercial importance of this specie. The most efficient substratum in the established context, was the biogenic one (46.78% of all attachments), as well as the sites two in both spawn seasons (>1000 attachment); getting improves outputs in the second season (August). The group more opportunists were of the Cirripedian crustaceans in both seasons. The group that presented biggest fluctuations in their relative frequency was the sponges. In both seasons, the same pattern was observed with sizes a wide range of variation, therefore it is likely that the gradual attachment of post- larvae favors and allows the establishment of small size and the subsequent growth of existing ones.

## Introducción

Los sistemas lagunares y estuarinos representan medios propicios para el desarrollo potencial de especies acuáticas con interés comercial. El cultivo de estas ha sido considerado como una alternativa de producción ya que, además de proveer recursos a las comunidades costeras, constituye una importante fuente de ingresos (Bardach *et al.*, 1985). Uno de los grupos con mayor intensidad de explotación en las costas del golfo de México son los moluscos bivalvos (Roger y García-Cubas, 1981). De ellos, el género *Crassostrea* Sacco, 1897 ocupa un importante nivel en la producción mundial (Galtsoff, 1964), con ocho especies de ostión explotadas comercialmente (Qualey, 1980). La distribución de las ostras está confinada a las zonas litorales y, verticalmente, desde la zona de marea hasta los 30 m de profundidad (Stuardo y Martínez, 1975; Stuardo y Villareal, 1976). No obstante, por lo general se explotan en forma comercial los bancos ostrícolas localizados en profundidades no mayores a 13 m (Nascimento, 1990).

Dentro de este contexto, la ostricultura en América ha alcanzado un máximo desarrollo ya que en los Estados Unidos y en Canadá existen granjas de *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) y *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) (Wedler, 1978; Hernández, 1990). En México, los Estados que contribuyen con dicha producción son los de Tabasco, Campeche y Veracruz (Secretaría de Pesca, 1988). Los ostiones han estado expuestos a una constante presión de utilización, lo que ha provocado una baja en la población silvestre. Por lo tanto, en varios países del mundo existe el interés de cultivarlos (Hernández, 1990), disminuyendo la presión de explotación sobre los recursos naturales, o se han realizado esfuerzos importantes para restaurar la especie en hábitats agotados (Nestlerode *et al.*, 2007; Eckert, 2016).

La explotación de *Crassostrea* y de otros bivalvos en México, ha sido en esencia de naturaleza extractiva, de manera que se ha observado una notable disminución en la producción y, como consecuencia, la extinción de poblaciones enteras en diferentes zonas (Juárez y Martínez, 1978; Rodríguez-Navarro *et al.*, 1994). No obstante, en todas las áreas de cultivo se han empleado diversas estrategias para seguir obteniendo el producto, ya sea usando semillas importadas y utilizando zonas para engorde o colocando colectores de diferentes tipos para obtener semillas (Chávez-Villalba, 2014). El tipo de colectores utilizados con mayor frecuencia para la captura de semillas son conchas vacías del propio ostión en forma de sargas o

de collares (Crisp, 1967), aunque Silveira *et al.* (2011), en experimentos de laboratorio de asentamiento larvario y tasas de recuperación de semillas de *Crassostrea brasiliana*, seleccionaron colectores de plástico debido a su flexibilidad, favoreciendo el desprendimiento de semillas. Sin embargo, la restauración en bancos ostrícolas se ha visto obstaculizada por la falta de conchas; consecuentemente, el énfasis se ha desplazado al uso de materiales alternativos que deben ser probados en su efectividad como sustrato de asentamiento (Nestlerode *et al.*, 2007; Theuerkauf *et al.*, 2015; Christo *et al.*, 2016).

Un aspecto importante para desarrollar y optimizar los cultivos es determinar las zonas y los periodos de fijación de especies competidoras, con el fin de evitar solapamientos con la especie de interés, sobre todo por la discriminación que hacen las larvas entre sitios de asentamiento (Camacho *et al.*, 1980; LeTourncux y Bourget, 1988; Whitman y Reindenbach, 2012). El éxito de los cultivos es la obtención de semillas, mientras que los problemas que se han detectado son: alta mortalidad, que en algunos casos llega al 100 %, enanismo (falta de crecimiento) o crecimiento muy lento (Gómez, 1977) y, en el caso de las semillas de importación, su falta de adaptación a las condiciones ambientales de la región donde se colocan (Garrido-Mora *et al.*, 2011). De cualquier forma, el buen resultado depende en gran parte de estudios ecológicos que proporcionen información detallada en tres aspectos fundamentalmente (Chávez y Torruco, 1988a): la mejor época de desove de la especie de interés, los sitios más adecuados para su fijación y el tipo de sustrato más eficiente, que puede variar dependiendo de la especie y de las características del área.

Para el ostión, infortunadamente, se presenta un escaso desarrollo tecnológico en los sistemas de cultivo. Es por ello que el objetivo fundamental de este estudio fue determinar el mejor tipo de sustrato artificial, así como el sitio y la época más adecuada para la fijación de esta especie, además de evaluar sus competidores en el asentamiento de larvas, en el estero de Sabancuy en la laguna de Términos, Campeche, en el Golfo de México.

## Materiales y métodos

### Zona de estudio

La laguna de Términos se encuentra en el golfo de México y abarca un área promedio de 17 375 ha. Presenta varios subsistemas fluvio-lagunares (Turner *et al.*, 1994; Yáñez Arancibia y Lara-Domínguez, 1983) que vierten sus aguas a la propia laguna, en donde se establecen permanente o semipermanentemente

bancos ostrícolas de diversas magnitudes (Gutiérrez, 1973). Uno de estos tributarios es el estero de Sabancuy, cuya orientación es paralela a la línea de costa (figura 1). Este se comunica con la laguna principal por una boca de amplitud variable con una profundidad promedio de 2 m, donde el substrato es predominantemente lodo de arenas de transición (40-50 % de  $\text{CaCO}_3$ ), con gran cantidad de detritus orgánico y taninos aportados principalmente por la zona de manglar (*Rhizophora mangle* L. y *Avicennia germinans* (L.) L.) que circunda a la laguna, lo que origina una disminución de la transparencia hacia el interior. La salinidad y las temperaturas mínima y máxima promedios reportadas en un ciclo anual fueron, respectivamente, de 15 en noviembre y 37 en mayo, 25 °C en febrero y 35,5 °C en septiembre (González y Torruco, 2001).



Figura 1. Localización del área de estudio. Se ubican los sitios de colocación de colectores larvales.

Por su localización tropical, la laguna de Términos no presenta una fuerte variación estacional. Sin embargo, Yáñez Arancibia (1986), en relación con su precipitación, frecuencia de vientos y temperatura del aire, sugiere tres periodos climáticos: de febrero a mayo (época de sequía), de junio a octubre (época de lluvias persistentes) y de noviembre a febrero (época de norte con lluvias ocasionales).

### Diseño experimental

En el área de estudio se establecieron tres sitios de muestreo (figura 1), donde se probaron tres tipos de colectores representados por placas de material acrílico y de piedra caliza de 7 cm de altura por 10 cm de longitud (70 cm<sup>2</sup>) y de un grosor de 1,27 cm, proporcionando las siguientes características de substrato: tipo A: acrílico liso, tipo B: acrílico rugoso y tipo C: piedra caliza.

Se montó una estructura de cuatro placas (dos de acrílico y dos de piedra caliza) con un sujetador giratorio, el cual se enganchó a un cable de monofilamento de nailon (1,8 mm de diámetro), de aproximadamente 80 cm de largo, suspendido a una boya de poliuretano y anclado por un muerto. La estructura de las placas se colocó en tres niveles, de manera tal que no se permitía el solapamiento de ninguna placa, y estos niveles tenían un espacio de 20 cm entre sí y podían girar libremente hacia donde los dirigiera la corriente (figura 2). Se dispuso un total de 72 colectores a principios de abril del 2018, correspondiente al inicio de la temporada de desove (Gutiérrez, 1973; Rogers y García Cubas, 1981): 24 colectores (ocho de cada tipo) por cada estación de muestreo y a una profundidad de aproximadamente 20 cm por debajo del nivel mínimo de marea para que siempre quedaran cubiertos por agua, y a una distancia de aproximadamente 100 m uno de otro.

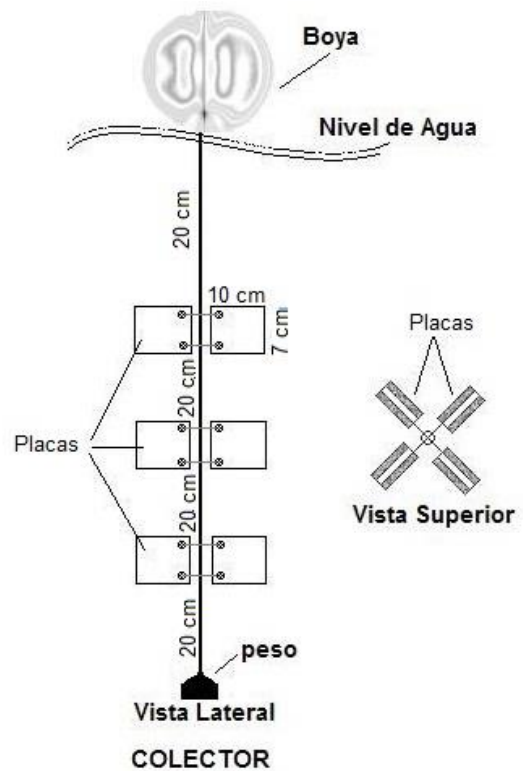


Figura 2. Esquema del colector que muestra: la disposición de las diferentes placas y su separación

En todas las estaciones se determinaron mensualmente, durante la temporada de abril a agosto, los siguientes parámetros: temperatura (°C), salinidad, oxígeno disuelto (µg/l) en la superficie y transparencia (m). Al mismo tiempo, para las observaciones de fijación y crecimiento de poslarvas, se retiraron dos réplicas de cada tipo de colector por estación cada tres meses, y

las placas fueron transportadas al laboratorio en empaques individuales. En el laboratorio se contó el total de las fijaciones y se obtuvo la fijación relativa por placa para cada grupo. Las fijaciones de *C. virginica* fueron además medidas en dos ejes: amplitud y longitud.

### Análisis estadístico

De cada colector se obtuvo el número de fijaciones totales por placa de invertebrados tales como: crustáceos (*Balanus* Da Costa, 1778), gasterópodos (*Crepidula* Lamarck, 1799), esponjas y bivalvos (particularizando en el caso de *C. virginica*), dato que se transformó en términos porcentuales sobre el total de fijaciones para su posterior análisis. Los resultados obtenidos se procesaron estadísticamente mediante la prueba de análisis de varianza (ANDEVA) anidado de dos vías (Sokal y Rohlf, 1969), con la finalidad de comprobar si existían diferencias significativas entre los tres tipos de colectores empleados y las tres estaciones elegidas en el área de estudio.

Para conocer la relación entre el crecimiento de las semillas de *Crassostrea*, se realizaron regresiones que involucraban la longitud con la amplitud en los diferentes tipos de colectores y en las diferentes temporadas

### Resultados

Los estudios realizados por Yáñez-Arancibia (1986) en la laguna de Términos reportan dos épocas climáticas bien definidas: de febrero a mayo (época seca) y de junio a octubre (época de lluvias); sin embargo, en el presente estudio se registró una época seca muy prolongada (de abril a julio) y con altas temperaturas y salinidades (30 °C y 39; 34 °C y 42 en promedio respectivamente).

El análisis de varianza anidado (ANDEVA  $F=5,60$ ;  $p=0,005$ ) confirmó que existen diferencias significativas entre los tipos de colectores y las estaciones.

#### Análisis de tipos de colectores y estaciones

Las fijaciones totales de los invertebrados, por temporada, por tipo de colector y por cada estación están representadas en la figura 3, donde se muestra la alta tasa de fijación que presenta el colector de piedra caliza en comparación con los otros tipos. La tabla 1 presenta los resultados de la fijación total (T) y la fijación relativa (fijación del grupo entre todos los grupos) por placa (P) de los organismos en ambas temporadas de muestreo, para las tres estaciones y tipos de colector (A-acrílico liso, B acrílico rugoso y C piedra).

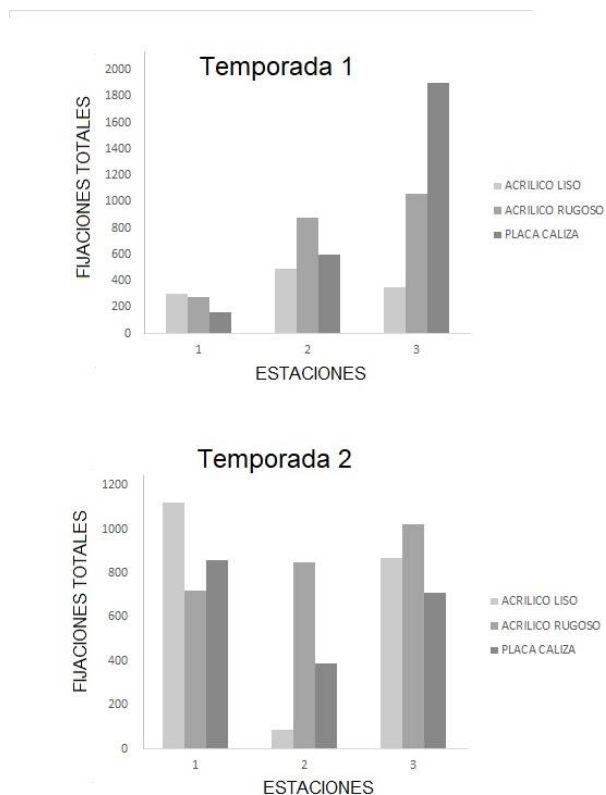


Figura 3. Fijaciones totales por temporada, tipo de colector y estación en el Estero de Sabancuy, Campeche, Golfo de México.

En la primera temporada de registro (principios de mayo), la intensidad de fijación más alta por tipo de colector y estación para *C. virginica* fue la de la estación dos con el sustrato de piedra caliza (121 fijaciones totales); en los cirripedios, la estación tres con el sustrato de piedra caliza (1 867 fijaciones totales); para los gasterópodos (con amplia dominancia de crepidulas), la estación uno con placas de acrílico liso (235 fijaciones totales), y otros bivalvos presentaron su mayor intensidad de fijación con el sustrato de piedra caliza en la estación dos (321 fijaciones totales). Es importante mencionar en esta temporada (principios de mayo) la ausencia del grupo de las esponjas.

En relación con la fijación relativa promedio (fijación por placa), los resultados son los siguientes: *C. virginica* presentó un mayor porcentaje en la estación dos con el sustrato de piedra caliza (1,5 %); los crustáceos registraron el mayor porcentaje en la estación tres con el sustrato de piedra caliza (11,2 %); los gasterópodos contaron con la mayor abundancia relativa en la estación uno con el sustrato de acrílico rugoso (2,9 %), y otros bivalvos tuvieron su mayor intensidad de fijación por placa en la estación dos con el sustrato de acrílico rugoso (0,3 %).

Tabla 1. Fijación total (T) y relativa por placa (P) de poslarvas en cada estación, tipo de placa y temporada en el estero de Sabancuy de la Laguna de Términos, Campeche.

Tipo de Colector	Sitio	<i>Crassostrea</i>		Crustáceos		Gastrópodos		Bivalvos		Esponjas		
		T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	
Primer periodo												
Acrílico liso	1	1	0,5	56	2,3	235	1,2	8	0,1	-	-	
	2	34	1,3	218	3	21	1	7	0,1	-	-	
	3	22	1,1	122	3,5	14	0,5	2	0,1	-	-	
Acrílico rugoso	1	1	0,5	321	5,5	164	2,9	4	0,1	-	-	
	2	53	1,3	737	7,2	48	1,2	41	0,3	-	-	
	3	16	1,2	563	7,7	18	1,1	2	0,02	-	-	
Piedra caliza	1	4	0,5	103	2,2	201	1,6	42	0,2	-	-	
	2	121	1,5	576	4,6	42	1,2	321	0,1	-	-	
	3	21	0,9	1867	11,2	9	0,3	6	0,01	-	-	
Segundo periodo												
Acrílico liso	1	2	0,5	78	3	608	7,4	189	2,9	243	3,4	
	2	67	1,6	252	4,5	280	2,8	69	1,1	52	1,6	
	3	16	1,2	744	5,9	63	1,8	30	0,8	4	0,5	
Acrílico rugoso	1	4	0,5	6	1	69	1,2	1	0,01	6	1	
	2	75	1,8	495	6,8	13	1,5	21	0,7	243	3,2	
	3	22	1,3	346	7	18	0,1	3	0,1	2	0,5	
Piedra caliza	1	1	0,3	271	2,4	291	1,9	151	1,7	153	1,8	
	2	146	2,4	596	5,9	88	1,4	91	1,4	103	2,1	
	3	21	0,7	635	5,4	22	0,9	1	0,1	31	1,2	

En la segunda temporada de desove (principios de agosto), la mayor intensidad de fijación para *Crassostrea* se observó en la estación dos con el sustrato de piedra caliza (146 fijaciones totales); para los crustáceos, la placa de acrílico liso en la estación tres fue la que presentó las mayores fijaciones (744 fijaciones totales); los gasterópodos y otros bivalvos mantuvieron sus mayores valores en la estación uno con el sustrato acrílico liso (608 y 189 fijaciones totales respectivamente), y las esponjas exhibieron fijaciones similares tanto con el sustrato de acrílico liso como con el acrílico rugoso, aunque el primero correspondía a la estación uno, y el segundo, a la estación dos (243 fijaciones totales).

La fijación relativa ofreció los siguientes resultados: *Crassostrea* mantuvo su misma relación, ya que la estación dos presentó los mayores valores con la piedra caliza (2,4 %); en los crustáceos, el acrílico rugoso registró el mayor valor en la estación tres (6,8 %), mientras que para los gasterópodos este se observó en el sustrato acrílico liso de la estación uno (7,4%). Un

patrón semejante a este último se da con el grupo de otros bivalvos (2,9 %). Las esponjas, finalmente, manifiestan una semejanza con los colectores de acrílico (liso y rugoso) en la estación uno (3,4 %) y dos (3,2 %) respectivamente.

#### **Análisis de crecimiento poslarval entre colectores, temporadas y estaciones**

Las observaciones realizadas sobre las variaciones en longitud y amplitud total de las poslarvas de ostión, fijadas en los diferentes tipos de colectores en las tres estaciones de colecta del estero de Sabancuy, se registraron bajo el modelo de regresión. La tabla 2 presenta los modelos obtenidos para cada colector y el coeficiente de correlación encontrado.

Es evidente que los altos niveles presentan una buena incidencia entre la amplitud y la longitud como dos parámetros importantes que reflejan el crecimiento de las ostras (figura 3). No obstante, con el sustrato de acrílico liso y en la primera temporada se presenta el valor mínimo ( $r^2=0,81$ ).

Tabla 2. Parámetros de las regresiones entre la longitud y la amplitud de las larvas de *Crassostrea* en diferentes sustratos y en ambos periodos de muestreo.

Primer periodo		Segundo periodo	
Acrílico liso			
Constante	0,01	Constante	0,41
r <sup>2</sup>	0,81	r <sup>2</sup>	0,95
N	71,00	n	102,00
Grados de libertad	69,00	Grados de libertad	100,00
Coeficiente X	1,03	Coeficiente X	0,76
ES	0,06	ES	0,02
Piedra caliza			
Constante	0,17	Constante	0,16
r <sup>2</sup>	0,90	r <sup>2</sup>	0,95
N	137,00	n	170,00
Grados de libertad	135,00	Grados de libertad	168,00
Coeficiente X	0,90	Coeficiente X	0,96
ES	0,03	ES	0,02
Acrílico rugoso			
Constante	0,19	Constante	0,22
r <sup>2</sup>	0,97	r <sup>2</sup>	0,95
N	58,00	n	86,00
Grados de libertad	56,00	Grados de libertad	84,00
Coeficiente X	0,87	Coeficiente X	0,85
ES	0,02	ES	0,02

Las tallas alcanzadas en lo largo y lo ancho por las poslarvas de ostión fijadas tanto en el primero como en el segundo muestran amplias variaciones tanto por el tipo de colector como por la localidad a lo largo del estero (figura 4).

Analizando la frecuencia de los intervalos de longitud en el primer periodo y en el segundo, se observó que la longitud máxima de ostra alcanzada osciló en un intervalo de 29 a 34 mm con un ejemplar en la primera temporada, en el colector con sustrato de piedra caliza y en la estación tres. Para el segundo periodo, el intervalo fue de 37 a 43 mm con tres ejemplares en el colector con sustrato de acrílico rugoso de la estación dos. Sin embargo, las tallas más representativas (frecuencia promedio >40) en ambas temporadas se presentaron en el colector con sustrato de piedras calizas en la estación dos, con longitudes de 9-12 mm y 12,1-15 mm (primer y segundo periodo respectivamente).

El segundo en importancia fue el colector con sustrato de acrílico liso, que alcanzó frecuencias de hasta 36 (en

el segundo periodo), con intervalos de tallas de 12,1-15 mm (figura 4). La longitud mínima de ostra alcanzada en la primera temporada fue de 36 mm, con una frecuencia promedio de 11 en el colector con sustrato de acrílico liso y de 34 en el colector de piedra caliza, ambos en la estación dos. En la segunda campaña los valores mínimos se registraron en el colector tipo de piedra caliza en la estación dos, con una frecuencia de 8.

En relación con las amplitudes alcanzadas, las máximas se presentaron en el colector de piedra caliza (>70 de frecuencia), con valores de 5,1 a 10 mm para el primer periodo y de 10,1-15 mm para el segundo (67 de frecuencia), ambos en la estación dos. Los valores mínimos se presentaron con el colector de sustrato de acrílico liso para la estación uno y para el primer periodo y con el de acrílico rugoso en la estación dos para el segundo periodo (1-5 mm), con una frecuencia de 1 en ambos casos. Como con el largo, las máximas tallas están representadas por pocos ejemplares (figuras 4).

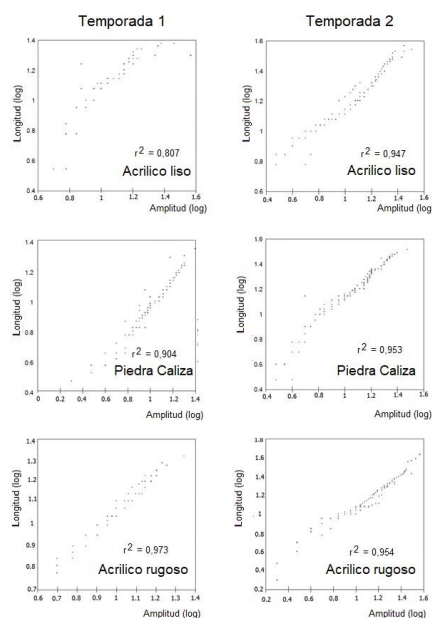


Figura 4. Relaciones entre la longitud y la amplitud de las conchas de *Crassostrea virginica* en las tres estaciones y en las dos temporadas.

Sintetizando los resultados, se muestra de manera general que para el ostión el colector más eficiente fue el compuesto por placas de piedra caliza, con un porcentaje de fijación total de 53,48 % y 47,46 % para ambos periodos respectivamente. Los crustáceos también reflejaron mayor afinidad por dicho tipo de colector en ambas temporadas (55,92 % y 43,88 % respectivamente). Los gasterópodos por otra parte presentaron mayor fijación en el substrato de acrílico liso (35,9 % en la primera temporada y 65,5 % en la segunda). El grupo de otros bivalvos prefirieron la piedra caliza en el primer periodo (55,56 %) y la placa de acrílico liso en el segundo (51,8 %). Finalmente, las esponjas mostraron preferencia por el acrílico liso y el rugoso (35,72 %) en el periodo donde se presentaron. Independientemente de la estación, el colector más efectivo para el total de la fauna registrada fue la piedra caliza, con un porcentaje total de 55,12 %.

El sitio dos fue el más eficiente en la colecta de poslarvas de *Crassostrea* en ambos periodos (76,19 % y 81,36 % respectivamente). Para los crustáceos, fue la estación tres, también en ambos periodos (55,83 % y 50,39 % para el primero y segundo respectivamente). Los gasterópodos muestran consistencia en el sitio uno en ambos periodos (79,79 % y 66,67 % respectivamente). El grupo de otros bivalvos manifiestan diferencias en los periodos, con preferencia por la estación dos en el primero (55,56 %) y por la estación uno en el segundo (61,33 %). Las esponjas en ese periodo también tienen preferencia por la misma estación (48,33 %). Bajo el mismo criterio anterior, la

estación que contó con una mayor fijación fue la tres, con un porcentaje total de 44,12 %.

## Discusión

Algunos autores reportan en sus trabajos las fijaciones de ostras con colectores fabricados con conchas antiguas del mismo ostión (Encomendero y Dupré, 2003; Tapia-Vázquez *et al.*, 2008), formando diferentes estructuras (sartas, líneas, etc.). No obstante, comparando con las reservas necesarias, ya que en esos casos no se tiene un estimado del área (en nuestro caso el área disponible por colector fue de 840 cm<sup>2</sup>), se tiene lo siguiente: para las fijaciones de ostión por colector en la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz, se han reportado hasta 2 165 fijaciones de ostión por colector en el mes de mayo (Camacho *et al.*, 1980), en la laguna Carmen Machona, en el Estado de Tabasco, se reporta un pico de gran magnitud (1 640 fijaciones por colector) en el mes de diciembre, mientras que en los meses restantes se registran valores mayores a las 400 fijaciones por colector. Esto indica que el reclutamiento larval manifiesta una gran variabilidad (Chávez y Torruco, 1988b), que puede deberse a diferentes factores tales como la salinidad, la temperatura y la turbidez, como lo afirman Ramírez y Sevilla (1965) y Rogers y García-Cubas (1981), que postulan óptimos de 10 - 28 de salinidad y temperaturas de 28 - 31 °C. Wedler (1978) menciona que la temperatura afecta de forma directa el desarrollo y crecimiento de los huevos y la distribución, sobrevivencia y abundancia de las larvas, los juveniles y los adultos de las ostras.

En la laguna de Mandinga se presentan también dos periodos de alta intensidad larval: mayo y julio agosto, de los cuales el primero es el más importante (Anguas, 1978). Comparando estos datos con los obtenidos en el presente estudio, los valores encontrados son relativamente bajos (171 fijaciones por colector y 6,6 fijaciones por placa). Estos bajos registros de fijación podrían deberse a la prolongación de la época seca, lo cual ocasionó en parte que no hubiera el descenso de la salinidad necesario para un desove adecuado (García y Robles, 1976). Además, las aguas de las lagunas o estuarios constituyen un sistema dinámico con ciclos mareales diarios, en donde la intensidad de fijación de las larvas puede también ser resultado de los flujos y reflujos que componen estos ciclos (Carriker, 1961; Lavoie, 1977), aun cuando el intervalo de marea sea muy pequeño, como es el caso de Sabancuy.

Uno de los factores biológicos que eventualmente pueden limitar la eficiencia del uso de los colectores por el ostión es la competencia por substrato que

ejercen otros organismos. Considerando este aspecto como una fuerza reguladora en las interacciones entre los grupos y tomando el porcentaje total de fijación como un índice relativo de esa interacción, el grupo que presentó mayor agresividad en ese contexto fue el de los crustáceos, con un 64,61 % de las fijaciones, en ambas temporadas, colectores y estaciones, aunque con mayor intensidad con el colector con substrato de piedra caliza, en el primer período y en la zona tres (los otros grupos se presentaron con una menor intensidad). Sin embargo, este substrato puede favorecer competitivamente al ostión aun cuando el grupo de los crustáceos tenga mayor éxito como colonizador.

En el Estado de Veracruz, utilizando conchas como substrato, se observa un comportamiento inverso para los crustáceos: 920 fijaciones por colector (Anguas, 1978), en tanto que en el estero de Sabancuy llega a 2657 fijaciones por colector, por lo que se estima que los crustáceos en esta localidad son los principales competidores del ostión. De manera explícita, este grupo es el competidor más poderoso en ambos periodos en los sitios dos y tres, siguiendo en orden de importancia el grupo de los gasterópodos. A pesar de esto, el ostión se muestra como un competidor consistente en ambas temporadas. Infortunadamente, debido al reducido tiempo de observaciones no es posible determinar progresiones estacionales más conspicuas. La aparición de las esponjas a los 68 días puede deberse a que en el mes de junio se asocia en términos generales con crustáceos cirrípedos, mejillones y el ostión (Penchaszadeh, 1978; Camacho *et al.*, 1980).

En relación con las temporadas: la segunda fue más importante para las fijaciones de estos grupos de invertebrados; sin embargo, el porcentaje total del ostión, con respecto a los otros grupos, no muestra una diferencia notable (4,77 % y 5,35 %, primera y segunda temporada respectivamente). Así pues, se recomienda utilizar el sitio dos en ambos periodos ya que el ostión es el segundo en dominancia con este tipo de colector y la diferencia con el valor de los crustáceos es reducida (<2 %), aunado a que los otros grupos presentan sus valores más bajos.

En cuanto a los parámetros de crecimiento, con los valores obtenidos no existe ninguna correlación simple en los patrones de distribución de las larvas, ya que las masas de agua de los sistemas lagunares son en extremo heterogéneas. Por otro lado, Sevilla (1958) publicó que el crecimiento de la concha es estacional y

varía localmente de acuerdo con las oscilaciones de las condiciones climáticas en la región de Veracruz, y lo que podría ser importante es que es independiente de la cantidad de alimento disponible, al tiempo que está determinado por las secreciones del manto y relacionado estrechamente con el tipo de fondo y el área disponible. El crecimiento en Campeche es de este tipo: los intervalos de frecuencia de tamaño observado en el periodo de estudio en las tres zonas y en las dos temporadas confirman la gran variabilidad en el crecimiento del ostión, situación encontrada en otras investigaciones en otras localidades (Gómez, 1977; Berg y Newell, 1986). Además, las características intrínsecas de las diferencias en los registros de largo y ancho dificultan el manejo y la comparación de datos a nivel estadístico; sin embargo, es posible realizar una descripción del fenómeno que permita comparar lo que sucede con el crecimiento de poslarvas en los diferentes tipos de colectores en las estaciones de muestreo.

El análisis comparativo de las variaciones de la longitud total entre la primera colecta y la segunda para los tres colectores muestra que la frecuencia de las tallas más pequeñas disminuye para la segunda colecta, y que por lo menos dos clases de edad diferentes se integran e incrementan de forma paulatina hacia los mayores tamaños. Esquemáticamente, esto se ve reflejado por un desplazamiento de la moda hacia la derecha, lo que probablemente indica un crecimiento en un intervalo de por lo menos 2 a 3 mm.

El análisis de las variaciones en la amplitud total entre la primera colecta y la segunda muestra fluctuaciones similares a las de la longitud. Sin embargo, a pesar de la gran relación que existe en la mayoría de los colectores entre la longitud y la amplitud (con  $r^2 > 0,80$ ), un hecho notable es que las frecuencias de los intervalos de tallas más pequeñas aumentan para la segunda colecta, en forma contraria a lo que sucede con la longitud. Por otro lado, se observa que en la segunda colecta hay un menor número de intervalos de talla que reflejan un mayor crecimiento en longitud más que en amplitud en estos organismos, por lo que el rango de fluctuación en el intervalo de longitud es menor.

Poco se sabe, sin embargo, sobre las interacciones entre los colectores de semillas artificiales y los substratos naturales y si tales colectores pueden o no lograr un reclutamiento de ostras que afecte a la colecta silvestre en bancos ostrícolas que son simultáneamente explotados. Allí radica la relevancia de estudios sobre diferentes tipos de colectores.



## Conclusiones

Dado que el ostión es la especie de interés, las conclusiones y recomendaciones que se vierten son enmarcadas en este contexto y a la luz de los resultados de este trabajo: el substrato de piedra caliza sería el mejor colector en ambas temporadas para la fijación y el crecimiento de la especie comercializable *C. virginica*. Sin embargo, también es importante considerar que, a pesar de que el colector con substrato de acrílico liso ofrece menores porcentajes para el ostión, también cuenta con menor porcentaje de otros competidores; ahora bien, la intensidad de fijación es baja. El sitio dos es el más adecuado para la fijación y, por consiguiente, el área más importante como zona de cultivo.

El grupo más oportunista es el de los crustáceos cirrípedos en ambas temporadas y en casi todos los sitios (excepto en la segunda temporada en la estación uno), y es considerado como el principal competidor por espacio con el ostión. El grupo que presenta mayores fluctuaciones en su frecuencia relativa es el de las esponjas, ya que ofrece una estacionalidad bastante marcada y solo aparece en la última temporada.

En el colector con substrato de piedra caliza se observa un amplio rango de talla debido a que probablemente favorece la fijación progresiva de poslarvas. Esta variación en la frecuencia de los intervalos de talla permite observar la integración de clases de edad pequeñas y el aumento progresivo de clases de edad avanzadas, lo que parece favorecer el establecimiento de tallas pequeñas y el sucesivo crecimiento de las ya existentes. El incremento en crecimiento puede probablemente reflejarse por un desplazamiento modal de los datos; sin embargo, esto solo puede ser comprobado en un estudio que comprenda la fase poslarval completa del ostión.

Se requiere una obtención y manipulación cuidadosa de la base de datos de las tallas de poslarvas fijadas (estandarización), ya que esto repercute en la agrupación de datos en intervalos y en la interpretación general de estos para no sub o sobreestimar el fenómeno de crecimiento. Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que ni el factor temporal ni el geográfico afectan el número de especies y el número de individuos dentro del embalse, posiblemente por la homogeneidad de este sistema lacustre. Adicionalmente, los resultados a nivel de comunidad de aves evidenciaron la presencia de una sola comunidad, lo que estaría indicando que el embalse no presenta

gradientes significativos en las zonas estudiadas.

## Agradecimientos

Hacemos patente nuestro agradecimiento a la Universidad de Campeche, Campus Escárcega, por las facilidades otorgadas en la presente investigación. De manera particular queremos dejar nuestro reconocimiento a los Sres. Manuel Ojeda y Fermín Méndez, que fueron nuestros lancharos y una gran ayuda en el momento de colocar los colectores de semillas, así como a la Universidad Vizcaya de las Américas, Campus Mérida, por los apoyos concedidos.

## Referencias

- Anguas, B.H.V. 1978. Algunos aspectos de la biología del ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin) de las lagunas de Mandinga, Veracruz. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, CDMX, México.
- Bardach, J.L., Ryther, J.H. y McLarney, O. 1985. *Aquaculture*. The farming and husbandry of fresh water and marine organisms. Wiley, Nueva York.
- Berg, J.A. y Newell, R.I.E. 1986. Temporal and spatial variations in the composition of seston available to the suspension feeder *Crassostrea virginica*. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 23(3): 375-386. Doi: [https://doi.org/10.1016/0272-7714\(86\)90034-X](https://doi.org/10.1016/0272-7714(86)90034-X).
- Camacho, E.B., Palacios, R.M., Cortina, M., Aguilar, E., Zamudio, H. y García, H. 1980. Resultados preliminares del cultivo de ostión en las lagunas de Tamiahua, Pueblo Viejo y Tampamachoco. *Memorias II Simposio Latinoamericano de Acuicultura*, México.
- Carriker, M.R. 1961. Interpretation of functional morphology, behavior, and autoecology in early stages of the bivalve *Mercenaria mercenaria*. *Journal Elisha Mitchell Scientific Society* 77(2):168 241.
- Chávez, E.A. y Torruco, D. 1988a. Las lagunas costeras del Golfo de México. Caracterización Ecológica y Pesquera. Seminario de Actualización de los conocimientos y formulación de estrategias de manejo de lagunas costeras para pesca y acuicultura. Proyecto AQUILA/ FAO. Venezuela. Memorias Workshop proyecto Aquila.
- Chávez E.A., y Torruco, D. 1988b. El sistema Carmen Machona. Una laguna costera del Golfo de México. Seminario de Actualización de los conocimientos y formulación de estrategias de manejo de lagunas costeras para pesca y acuicultura. Proyecto AQUILA/ FAO. Venezuela. Memorias Workshop proyecto Aquila.

- Chávez-Villalba, J. 2014. Cultivo de Ostión *Crassostrea gigas*. Análisis de 40 años de actividades en México *Hidrobiologica* 24(3):175-190.
- Christo, S.W., A.L. Ferreira-Jr., A.C. Cruz-Kaled y Absher, T.M. 2016. Recruitment of oysters of *Crassostrea* genus (Bivalvia, Ostreidae) in Guaratuba Bay, PR, Brazil. *Pan-American journal of Aquatic Sciences* 11(4): 301-308.
- Crisp, D.J. 1967. Chemical factors inducing settlement in *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Journal of Animal Ecology*. 36(2): 329-335. Doi: <https://doi.org/10.2307/2916> .
- Eckert, R.L. 2016. *Oyster (Crassostrea virginica) recruitment studies in the Great Bay Estuary*. University of New Hampshire. Piscataqua Region Estuaries Partnership. Reports & Publications, New Hampshire.
- Encomendero, L. y Dupré, E. 2003. Efecto del substrato en la intensidad del asentamiento de larvas de *Argopecten purpuratus*, Lamarck 1819 (Bivalvia, pectinidae) en ambientes controlados. *Investigaciones Marinas* 31(1): 25-32. Doi: <https://doi.org/10.4067/S0717-71782003000100004>.
- Galtsoff, P.S. 1964. The American oyster (*Crassostrea virginica* Gmelin) fisheries. *Bulletin Fish and Wildlife Series* 64(18): 397- 480.
- Garrido-Mora, A, Acosta-Díaz, L., Sánchez-Alcudia, Y., Sánchez-Martínez, A.J. y Félix-Torres, F.J. 2011. Colecta de larvas; actividad fundamental para la producción ostrícola de *Crassostrea virginica* en la región del Golfo de México. Kukulkab' División Académica de Ciencias Biológicas *Universidad Juárez Autónoma de Tabasco* 12(33): 67-72
- García, S.S. y Robles, F.J. 1976. La fijación de larvas de ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin) en el sur de Tamiagua. Memorias de la reunión sobre los Recursos Pesqueros Costeros de México. Veracruz, México.
- Gómez, A.P.B. 1977. Estudios de la dinámica de fijación post larval del ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin), en la laguna de Mecocan Tabasco, México. Tesis de Licenciatura, Universidad de Veracruz, Facultad de Biología, Veracruz, México.
- González-Solís, A. y Torruco, D. 2001. La fauna béntica del estero de Sabancuy, Campeche, México. *Revista de Biología Tropical* 49(1):31-45.
- Gutiérrez, V. 1973. Establecimiento de elementos bioecológicos básicos para el cultivo de ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1971) en el sistema lagunar Carmen Machona Redonda, Tabasco. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ciencias, México, México
- Hernández, A. 1990. Review of Mollusca culture experiences in Latin América. En: Newkirk, G.F. y Field, B.A., Editores. *Oyster culture in the Caribbean*. Proceeding of a workshop. Dalhousie University, Halifax.
- Juárez, R.P. y Martínez, G.G.P. 1978. *Acuicultura. Bases biológicas del cultivo de organismos acuáticos*. Reporte del Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología, A.C. Ciudad de México.
- Lavoie, R.E. 1977. The oyster population of the public fishing area, Caraquet Bay, New Brunswick. Fisheries Marine Service. *Technical Report Canada* 735:1 39.
- LeTourneux, F. y Bourget, E. 1988. Importance of physical and biological settlement cues used at different spatial scales by the larvae of *Semibalanus balanoides*. *Marine Biology* 97:57-66. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00391245>.
- Nascimento, I.A. 1990. Biological Characteristics of mangrove oyster in Brazil as a basis for their cultivation: A review of reproductive cycles and growth. En: Newkirk, G.F. y Field, B. A. Editores. *Oyster culture in the Caribbean. Proceeding of a workshop*. Dalhousie University, Halifax.
- Nestlerode, J.A., Luckenbach, M.W. y O'Beim, F.X. 2007. Settlement and survival of the oyster *Crassostrea virginica* on created oyster reef habitat in Chesapeake Bay. *Restoration Ecology* 15(2):273-386. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2007.00210.x> .
- Penchaszadeh, P. 1978. *Estructura de la comunidad y procesos que la determinan en bancos circalitorales de mejillón Mytilus platensis*. Memorias del Seminario Organizado por la UNESCO, Montevideo, Uruguay.
- Qualey, D.B. 1980. *Tropical oysters: culture and methods*. IDRC. Ottawa, Canadá.
- Ramírez, G.R. y Sevilla, M.L. 1965. *Las ostras de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas Pesqueras S.I.C. Ciudad de México.
- Rodríguez-Navarro, R., Aguilar-Tirado, J.E., Chávez-Aguilar, M., Contreras-Márquez, A.E., Reyes-Váldez, M.L. y Aguilera-Coronado, J. 1994. Cultivo del ostión americano. INE Secretaría de Pesca, Ciudad de México.
- Rogers, P. y García-Cubas, A.G. 1981. Evolución gonádica del ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1971) del sistema fluvio lagunar Atasta Pom, Laguna de Términos, Campeche, México. *Annales Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 8(1):21 42.
- Secretaría de Pesca. 1988. *Manual técnico para la operación de centros Acuícolas Productores de ostión*. Primera edición. SEPESCA, Ciudad de México.
- Sevilla, M.L. 1958. Datos biológicos para el cultivo del ostión *Crassostrea chilensis* (Phillippi, 1985). Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, México.
- Silveira, R.C., Silva, F.C., Gomes, C.H.M., Ferreira, J.F. y Melo,

- C.M.R. 2011. Larval settlement and spat recovery rates of the oyster *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819) using different systems to induce metamorphosis. *Brazilian Journal of Biology*. 71(2): 557-562. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842011000300029>.
- Sokal, R. y Rohlf, F.J. 1969. *Biometría*. W.H. Freeman, San Francisco.
- Stuardo, J.A. y Martínez, A. 1975. Relaciones entre algunos factores ecológicos y la biología de poblaciones de *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) de San Blas, Nayarit, México. *Annales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 2(1):89-130.
- Stuardo, J. y Villareal, M. 1976. Aspectos ecológicos y distribución de los moluscos en las lagunas costeras de Guerrero, México. *Annales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 3(1): 65-92.
- Tapia-Vázquez, O., González-Alcalá H.M., Sáenz-Gaxiola L.M. y García-Hirales, R. 2008. Manual de buenas prácticas en grajas ostrícolas de San Quintín, Baja California, México. Centro Estatal de sanidad acuícola e inocuidad de Baja California A.C. México.
- Theuerkauf, S.J., Burke, R.P. y Lipcius, R.N. 2015. Settlement, growth and survival of Eastern oysters on alternative reef substrates. *Journal of Shellfish Research* 34(2): 241-250. Doi: <https://doi.org/10.2983/035.034.0205>.
- Turner, E.J., Zimmer-Faust, R.K., Palmer, M.A. Luckenbach, M. y Peutcheff, N.D. 1994. Settlement of oyster (*Crassostrea virginica*) larvae: effects of water flow and water-soluble chemical cue. *Limnology and Oceanography* 39(7): 1579-1593. Doi: <https://doi.org/10.4319/lo.1994.39.7.1579>.
- Wedler, E. 1978. *Ostricultura en la Ciénaga de Santa Martha*. Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín, Santa Marta.
- Whitman, E.R. y Reindenbach, M.A. 2012. Benthic flow environments effect recruitment of *Crassostrea virginica* larvae to an intertidal oyster reef. *Marine Ecology Progress Series* 463:177-191. DOI <https://doi.org/10.3354/meps09882>
- Yáñez-Arancibia, A. 1986. *Ecología de la zona costera, análisis de siete tópicos*. AGT Editor, México.
- Yáñez Arancibia, A. y Lara Domínguez, A.L. 1983. Dinámica ambiental de la boca de Estero Pargo y estructura de sus comunidades de peces en cambios estacionales y ciclos de 24 hrs. (Laguna de Términos, Sur del Golfo de México). *Annales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 10(1):85-116.

**Citar como:** Torruco, D., González-Solís, A. y Torruco-González, A.D. 2019. Fijación de invertebrados en tres tipos de substratos artificiales en el estero de Sabancuy, Campeche, Golfo de México. *Intropica* 14(2): 127-137.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.3304> .