

# Variabilidad espacial de la captura ribereña de camarón en el Sistema Lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México

## Spatial variability of artisanal shrimp catch in the Mar Muerto Lagoon System, Oaxaca-Chiapas, Mexico

Pedro Cervantes-Hernández<sup>1</sup>, Mario Alejandro Gómez-Ponce<sup>2</sup>, Araceli Puentes-Salazar\*, Uriel Castrejón-Rodríguez\*\* y María Isabel Gallardo-Berumen<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Mar, campus Puerto Ángel, Instituto de Recursos. Carretera a Zipolite, Ciudad Universitaria s/n, Distrito de San Pedro Pochutla A. P. 47, C.P. 70902 Puerto Ángel, Oaxaca, México

<sup>2</sup>Unidad de Servicio el Carmen, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Km. 9.5 Carretera Carmen Puerto Real. C.P. 24157, Ciudad del Carmen, Campeche, México

<sup>3</sup>Laboratorio de Microalgas, Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP). Playa ventanas s/n, carretera Manzanillo a Campos, C.P. 28200, Manzanillo, Colima, México

\*Alumno adscrito al posgrado de Ecología Marina, Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México

\*\*Egresado de la licenciatura en Ing. en Acuicultura, Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México  
e-mail: pch@angel.umar.mx

Cervantes-Hernández, P., M. A. Gómez-Ponce, A. Puentes-Salazar, U. Castrejón-Rodríguez y M. I. Gallardo-Berumen. 2016. Variabilidad espacial de la captura ribereña de camarón en el Sistema Lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. *Hidrobiológica* 26 (1): 23-34.

### RESUMEN

El Sistema lagunar Mar Muerto se dividió en tres zonas (A, B y C). La variación espacial de la captura ribereña de camarón (Ct), se explicó con la disposición espacial de los sedimentos (DES). En las zonas A y B, los lodos fueron dominantes sobre las arenas y en la zona C, las arenas dominaron sobre los lodos. La Ct fue mayor en la zona B y menor en la sección limítrofe entre las zonas B y C. La Ct fue baja en el resto de la zona C y también en la zona A. De acuerdo con los antecedentes, la zona A es la más interna, con variaciones extremas en la temperatura superficial del agua (TSA) y la salinidad (S). La zona C recibe constantemente la influencia marina del Golfo de Tehuantepec y tiene una menor variación en la TSA y la S. En la zona B incide una mayor descarga fluvial, con variaciones estacional en la TSA y la S. La DES no fue la única variable que incidió sobre la variación espacial de la Ct. En la zona B, la mayor Ct se explicó con la presencia dominante de los lodos; pero sus cambios de magnitud resultaron estar en relación con las variaciones estacionales de la TSA y la S. Aunque en la zona A los lodos fueron dominantes, la Ct fue muy baja, debido a las variaciones extremas en la TSA y la S. En el resto de la zona C la Ct también fue baja, debido a la dominancia y persistencia de las arenas.

**Palabras claves:** Camarón, captura, Golfo de Tehuantepec, Mar Muerto, sedimentos.

### ABSTRACT

The Mar Muerto Lagoon System was divided into three sectors (A, B, and C). Spatial variability of artisanal shrimp catch (Ct) can be mostly explained with a spatial layout of sediments (SLS). Mud was dominant on sand in the A and B sectors, and sand was dominant on mud in the C sector. Higher Ct was recorded in the B sector, while in the border area between the B and C sectors, the Ct was low. The Ct was lower in the rest of the C sector and in the A sector. According to available literature, the A sector is the innermost sector with extreme variations in water surface temperature (WST) and salinity (S). The C sector constantly receives the marine influence of the Gulf of Tehuantepec, with low variations in WST and S. The B sector is reported to have an intense river discharge with higher seasonal variations in WST and S. The SLS was not the only variable that influenced spatial variation of the Ct. In the B sector, higher Ct could be explained with dominance and persistence of mud, and magnitude changes were related to seasonal variations in WST and S. Although mud was dominant in the A sector, the Ct was lower, due to extreme variations in WST and S. In the rest of the C sector the Ct was lower, due to dominance and persistence of sand.

**Key words:** Catch, Gulf of Tehuantepec, Mar Muerto, sediments, Shrimp.

## INTRODUCCIÓN

En la costa sur del Pacífico Tropical mexicano, entre Punta Chipehua, próxima a la ciudad de Salina Cruz, Oaxaca, México ( $16^{\circ}01'31.39''$  N y  $95^{\circ}22'24.56''$  O) y Puerto Chiapas, Chiapas, México ( $14^{\circ}40'55.81''$  N y  $92^{\circ}23'44.13''$  O), se localiza el Golfo de Tehuantepec (Cervantes-Hernández, 2008), donde se sitúa la zona marina 90 de pesca (subdividida en cinco sub-zonas de la S-91 a la S-95) (Fig. 1). En todas las sub-zonas, así como en los sistemas lagunares: (a) Huave, (b) Mar Muerto, (c) Cabeza de Toro-La Joya Buenavista, (d) Los Patos-Sólo Dios (e) Carretas-Pereyra y (f) Chantuto-Panza Cola (Fig. 1), se registra una alta actividad pesquera de altamar y ribereña, orientada a la explotación del recurso camarón (Cervantes-Hernández *et al.*, 2006; 2008a; 2010; 2012). Las especies de camarón que principalmente son explotadas son: (a) el “café” o *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) y (b) el “blanco” o *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (Cervantes-Hernández *et al.*, 2008a).

El Sistema Lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México (SL-MM), se localiza en la sub-zona S-92, entre los  $15^{\circ} 57' 47.2''$ - $16^{\circ} 18' 36.02''$  N y  $93^{\circ} 48' 12.05''$ - $94^{\circ} 27' 05.95''$  O (Fig. 1). En la región oaxaqueña, que incluye también al Sistema Lagunar Huave, Oaxaca, México (SL-H), la pesca ribereña del recurso camarón y escama se rige mediante el sistema de “Usos y Costumbres”, caracterizado por un alto sentido de lapertenencia étnica (Toledo, 1994; Millán, 2003) y una reacia resistencia a intromisiones externas (Espinoza-Tenorio *et al.*, 2011). Lo

anterior ha retrasado por décadas la presencia y el desempeño del Gobierno Oaxaqueño, así como también la intervención académica. Por esta razón, a la fecha, no se ha podido consolidar un ordenamiento que permita mejorar la disponibilidad de los recursos ribereños (camarón y peces) aún disponibles en los SL-MM y SL-H.

En los sistemas lagunares antes mencionados, el ordenamiento de la pesca ribereña de camarón se ha planificado históricamente considerando aspectos socioeconómicos y culturales (Anónimo, 1998); porque nunca antes para los SL-MM y SL-H, se habían estimado indicadores poblacionales para la captura ribereña, ni analizado la disposición geográfica de los sedimentos internos. El objetivo de este trabajo fue localizar y delimitar geográficamente, las zonas lagunares que persistentemente, al interior del SL-MM, presentan los mayores y menores niveles de captura ribereña de “juveniles” de *F. californiensis* y *L. vannamei*. Para realizar lo anterior, inicialmente se corroboró el tipo de distribución ecológica que estas poblaciones tienen al interior del SL-MM (aleatoria o agregada). Los resultados del análisis anterior, se fueron explicados haciendo énfasis en la disposición geográfica de los sedimentos internos; pero adicionalmente, se tomó en cuenta la variación hidrológica documentada para el SL-MM (Tapia-García *et al.* 2011; Castrejón-Rodríguez, 2014), referente a la temperatura superficial del agua (TSA en  $^{\circ}$ C) y la salinidad (S en UPS). Las conclusiones obtenidas, estuvieron encaminadas a explicar el potencial y las oportunidades actuales del SL-MM, respecto al desarrollo de proyectos productivos en pesca, acuícolas y de conservación.

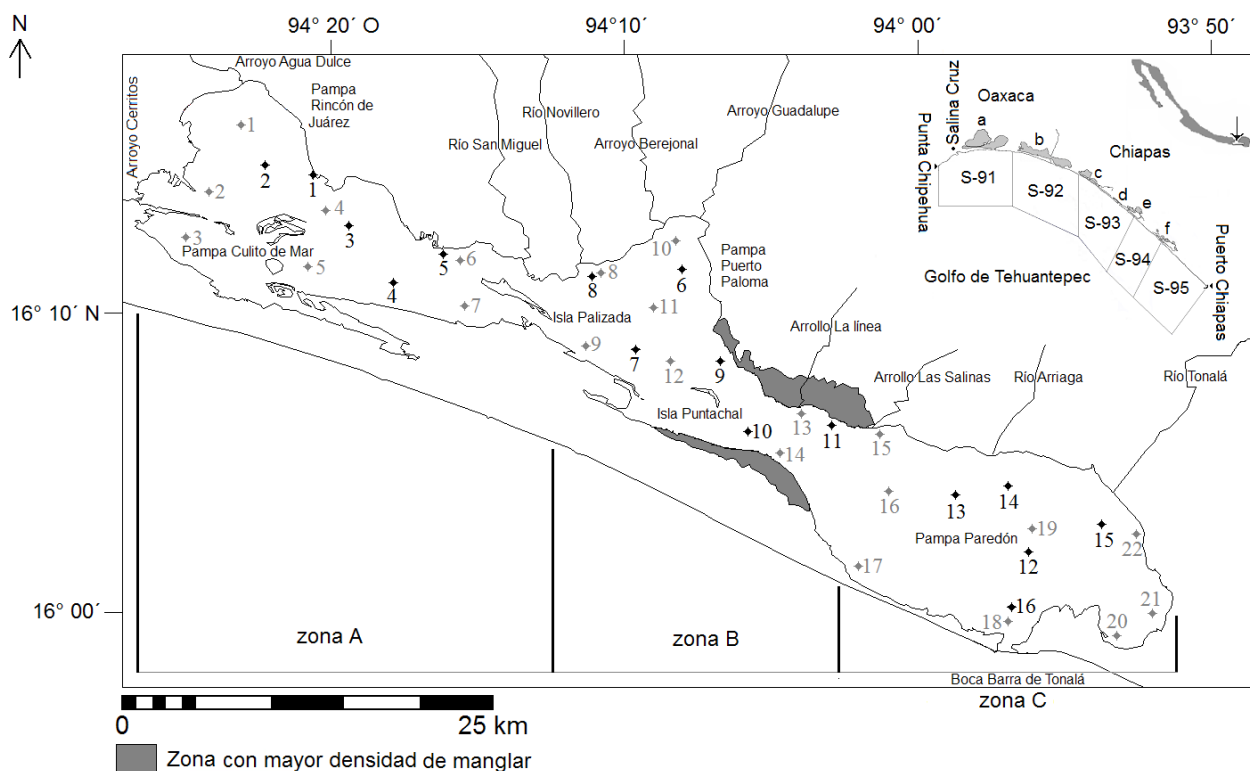


Figura 1. Localización geográfica del Sistema Lagunar Mar Muerto (SL-MM), Oaxaca-Chiapas, México. Los puntos negros corresponden a las estaciones de muestreos para la captura ribereña de camarón; mientras que, los puntos grises designan a las estaciones de recolección para los sedimentos. Cuadro superior derecho, localización geográfica de la zona marina 90 de pesca en el Golfo de Tehuantepec. Los sistemas lagunares son: (a) Huave, (b) Mar Muerto, (c) Cabeza de Toro-La Joya Buenavista, (d) Los Patos-Sólo Dios, (e) Carretas-Pereyra, (f) Chantuto-Panza Cola.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En 16 estaciones georreferidas a lo largo del SL-MM (Fig. 1), el Centro Regional de Investigación Pesquera de Salina Cruz, Oaxaca, México (CRIP-SC), realizó mensualmente, en un rango aproximado de profundidad entre 1 y 6 m, muestreos para la captura ribereña de camarón (Kg), entre el 12 de mayo 2005 y el 16 de febrero 2006 (excepto, noviembre 2005) (Tabla 1). La captura se obtuvo mediante tres lances, utilizando atarrayas de monofilamento con un grosor de hilo de 0.1 mm, 1.5 m de diámetro y con luz de malla de 20.0 mm. Para realizar el trabajo de

campo, que fue entre las 8:00 y 14:30 horas, se utilizó una lancha de fibra de vidrio modelo W-25 con 7.61 m de eslora, capacidad de carga de 1,200 kg y motor YAMAHA de 60 Hp (14.1 kw). Posterior a las faenas de captura, los ejemplares capturados se identificaron a nivel de especie con las claves taxonómicas de Hendrickx (1995).

Para el mismo rango de profundidad antes mencionado, el 12 de noviembre 2004 el CRIP-SC realizó en 22 estaciones georreferidas a lo largo del SL-MM (Fig. 1), la recolección de 5 Kg de sedimento. Todas las muestras se enviaron al Laboratorio de Sedimentología CRIP-SL y éstas

Tabla 1. Registros mensuales para la captura ribereña de camarón (Kg) en distintas zonas del Sistema Lagunar Mar Muerto (SL-MM), Oaxaca-Chiapas, México, del 12 de mayo 2005 al 16 de febrero 2006 (excepto, noviembre 2005). Norte (N), oeste (O), especie (sp.), *F. californiensis* (F), *L. vannamei* (L), captura ribereña total para F ( $C_F$ ), captura ribereña total para L ( $C_L$ ). Los  $j$  meses para los que no se obtuvieron registros de captura en las  $i$  estaciones, están indicados con el símbolo (\*)

Zona	$i$	Latitud	Longitud	$j$	05	06	07	08	09	10	12	01	02	$C_F$	$C_L$
				sp.	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2006	2006		
A	1	16°14'33.63" N	94°20'34.84" O	F	*	*	11	*	1	*	*	*	1	13	
				L	*	*	4	*	*	*	1	*	*	5	
	2	16°14'57.01" N	94°22'12.11" O	F	*	45	5	*	1	*	*	*	1	52	
				L	*	*	5	*	*	*	*	*	*	5	
	3	16°13'00.31" N	94°19'15.18" O	F	*	46	*	*	13	*	29	4	13	105	
				L	1	*	1	*	*	*	1	*	3		
	4	16°11'00.86" N	94°17'46.33" O	F	*	*	*	3	*	3	31	6	*	43	
				L	12	*	2	*	*	1	*	*	15		
	5	16°11'38.50" N	94°16'16.27" O	F	*	13	5	4	*	10	2	2	4	40	
				L	5	4	*	*	*	*	*	2	11		
B	6	16°11'30.40" N	94°07'59.49" O	F	*	4	5	1	7	9	3	*	*	29	
				L	*	*	*	*	*	*	*	1	*	1	
	7	16°11'22.85" N	94°11'02.33" O	F	*	24	7	11	*	6	24	3	3	78	
				L	*	*	3	*	*	61	*	*	64		
	8	16°08'54.98" N	94°09'31.16" O	F	*	31	3	*	3	*	2	6	3	48	
				L	10	*	*	*	*	*	*	*	10		
	9	16°08'29.71" N	94°06'39.45" O	F	*	22	22	*	5	1	2	13	*	65	
				L	67	*	22	*	*	*	3	*	*	92	
	10	16°06'08.20" N	94°05'37.73" O	F	*	49	30	4	*	*	66	21	233	403	
				L	*	*	*	*	*	3	7	*	4	14	
C	11	16°06'22.12" N	94°02'53.05" O	F	*	20	29	55	8	6	13	14	*	145	
				L	*	*	16	*	1	*	20	*	*	37	
	12	16°02'15.23" N	94°56'16.15" O	F	*	7	4	5	8	18	4	13	7	66	
				L	4	*	5	*	*	*	*	*	9		
	13	16°04'05.85" N	93°58'39.60" O	F	*	7	11	*	11	*	*	13	*	42	
				L	2	*	*	*	31	*	1	*	34		
	14	16°04'23.81" N	93°56'49.11" O	F	*	18	8	30	11	5	*	*	*	72	
				L	1	*	*	*	*	*	27	*	28		
	15	16°03'08.24" N	93°53'41.47" O	F	*	*	*	11	5	2	3	19	*	40	
				L	7	*	*	*	*	*	*	*	*	7	
	16	16°00'19.46" N	93°56'38.93" O	F	*	5	17	7	43	*	4	16	*	92	
				L	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	

fueron procesadas, utilizando tamices de malla cuadrada de la serie ASTM (del No 8 al No 230). Con base en la clasificación granulométrica de Folk (1969), los responsables analistas del CRIP-SL reportaron a lo largo del SL-MM, según el diámetro del grano: arenas (de 0.06 a 2 mm), lodos (de 0.002 a 0.06 mm) y mayormente, la mezcla de arenas y lodos (Tabla 2). Debido a procesos burocráticos de confidencialidad, resultó imposible adquirir los registros numéricos del peso para los sedimentos clasificados en las 22 estaciones de recolección (Fig. 1); y en su lugar, el CRIP-SC únicamente proporcionó una base de datos georreferida, con 22 registros cualitativos para la presencia observada de arenas (Ar), lodos (Lo) y arenas-lodos (ArLo) (Tabla 2).

Tanto la captura ribereña de camarón, como los registros cualitativos del tipo de sedimento se analizaron en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de la Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México. El análisis se realizó de la siguiente manera:

**Análisis de la captura.** La tabla 1 corresponde a un arreglo matricial en donde para 16 estaciones georreferidas ( $i$ ) y nueve fechas de muestreo ( $j$ ), se muestran en cada interacción ( $i, j$ ), los registros de la captura ribereña para *F. californiensis* (F) y *L. vannamei* (L). Para cada  $i$ , la información contenida en  $j$  se adicionó para estimar la captura total ribereña por especie (C) y con ello, se estructuraron las correspondientes matrices ( $C_F$ ) y ( $C_L$ ) (Tabla 1). Para cada una de estas matrices, se estimaron la media ( $\bar{Y}$ ) y la varianza ( $S^2$ ); y posteriormente, ambos estimadores estadísticos se incluyeron por separado en la función probabilística Binomial Negativa (Ludwig & Reynolds, 1988). Con base en lo anterior y para cada población de camarón, se evaluó la pertinencia de la distribución ecológica agregada. Para validar lo anterior, se utilizó la función probabilística de ji-cuadrada ( $X^2$ , grados de libertad N-3, N es el número total de registros de la captura ribereña, separada por especie de camarón (Zar, 1999) y se infirió acerca de las siguientes hipótesis estadísticas:

$H_0: S^2 = \bar{Y}$ . Al interior del SL-MM, *F. californiensis* y/o *L. vannamei* evidenciaron una distribución ecológica aleatoria.

$H_a: S^2 > \bar{Y}$ . Al interior del SL-MM, *F. californiensis* y/o *L. vannamei* evidenciaron una distribución ecológica agregada.

Para los casos en los que la hipótesis  $H_a$  fuese rechazada, la validez estadística de la hipótesis  $H_0$  se corroboró con la función probabilística Poisson (Krebs, 1999), incluyendo por separado, los correspondientes valores de  $\bar{Y}$  y  $S^2$  de las matrices  $C_F$  y  $C_L$ .

Todos los registros mensuales de la captura ribereña para *F. californiensis* y *L. vannamei* (excepto los inscritos en las matrices  $C_F$  y  $C_L$ ) (Tabla 1), se transformaron a valores probabilísticos de captura o P(c), cuyo rango de variación fue entre cero y uno. Para realizar la transformación, se utilizó la función probabilística ligada a la hipótesis aceptada (Binomial Negativa o Poisson). La transformación fue necesaria para reducir el amplio rango de variación en los registros de la captura ribereña original (de uno a 233 kg para *F. californiensis* y de uno a 61 kg para *L. vannamei*) (Tabla 1); y para facilitar con ello, su posterior interpolación geográfica. Todo lo anterior, se realizó con el programa computacional, Microsoft Office Excel® versión 2007.

**Análisis del sedimento.** La tabla 2 corresponde a un arreglo matricial en donde para 22 estaciones georreferidas ( $i$ ) y una fecha de muestreo ( $j$ ), se muestran en cada interacción ( $i, j$ ), los registros cualitativos del tipo de sedimento (Ar, Lo y ArLo). Debido a que no se pudo disponer

de los registros numéricos del peso para los sedimentos clasificados en cada  $i$ , fue imposible validar la fracción dominante, especialmente en los casos para los que ArLo se reportó. Para resolver esto último y adicionalmente, para validar en cada  $i$  la presencia separada de Ar y Lo, se estructuró un modelo de clasificación cualitativa neuronal (MCN) (Haykin, 1999). Con base en lo anterior, fueron simulados registros numéricos de probabilidad esperada para la presencia de Ar y Lo; definidos aquí respectivamente, como P(Ar) y P(Lo) (Tabla 2). Finalmente, estos valores se utilizaron para subsanar a los registros numéricos del peso no proporcionados.

Para estructurar el MCN, se utilizaron como señales de entrada, todos los registros cualitativos del tipo de sedimento (Tabla 2) y mediante la implementación de tres capas de aprendizaje, fueron simulados para cada  $i$  dos resultados, estos fueron P(Ar) y P(Lo). Mediante la comparación de ambas magnitudes probabilísticas, se validó en cada  $i$  la presencia separada de Ar y Lo, seleccionando de entre éstas a la que resultó con mayor magnitud (Tabla 2); lo mismo se aplicó, en los casos para los que ArLo se reportó (Tabla 2).

**Análisis geoestadístico.** Para continuar con el análisis poblacional, se crearon dos raster de tipo valor-punto, el primero se asignó a *F. californiensis* (raster A) y el segundo, correspondió a *L. vannamei* (raster B). Cada uno de los raster fue dividido en nueve capas temáticas (las  $j$  fechas de muestreo) (Tabla 1); y en cada una de éstas, se incluyó y asignó para cada  $i$ , el correspondiente valor estimado de P(c).

Para el caso específico de los sedimentos, se crearon dos raster de tipo valor-punto, el primero se definió como la capa temática Ar (raster C) y el segundo, como la capa temática Lo (raster D). En cada uno de éstos, se incluyó y asignó para cada  $i$ , las respectivas probabilidades esperadas de P(Ar) o P(Lo) (Tabla 2). Todo lo anterior se realizó con el programa computacional Integrated Land and Water Information System® versión 3.3. (ILWIS por sus siglas en inglés).

Se utilizó la técnica de "Promedio Móvil" para simular y completar en los raster A, B, C y D, la información espacial no incluida entre las  $i$  estaciones georreferidas. De acuerdo con Uriel (1995), el promedio móvil aplicado a cada capa temática (entradas), generó para cada una de éstas, un raster interpolado de medias ponderadas (salidas). En ILWIS, la media ponderada fue estimada con:

$$R_j = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{D \cdot W_i} - 1 \cdot C_i \right)}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

Donde:

R es el raster de salida de medias ponderadas para la capa temática  $j$ ,

C son los  $n$  registros temáticos  $j$  que fueron inscritos en cada  $i$  estación,

W es el peso estimado de los  $n$  registros temáticos  $j$  en cada  $i$  estación,

D es la distancia inversa Euclidiana entre los  $n$  registros temáticos  $j$  en cada  $i$ , estación, para realizar el interpolado por el vecino ponderado.

Las nueve capas temáticas interpoladas incluidas en los raster A y B, se introdujeron separadamente al ILWIS, para aplicar la técnica

de análisis de componentes principales (ACP) (Hair *et al.*, 1999). Con el ACP, se obtuvieron nueve imágenes regionalizadas de P(c) para *F. californiensis* y *L. vannamei* (componentes principales), pero sólo una de éstas fue seleccionada para representar en cada caso, la regionalización final de P(c). La selección de los componentes principales más significativos, estuvo en función del eigen-valor que cada uno de éstos generó. Hair *et al.* (1999) indicó que los eigen-valores más significativos deben ser  $\geq 1.0$ .

Los dos componentes principales así seleccionados, se utilizaron para representar cartográficamente, al interior del SL-MM, la distribución ecológica de *F. californiensis* y *L. vannamei*. Con los resultados de la regionalización, se localizaron y delimitaron geográficamente, las zonas lagunares que persistentemente, entre el 12 de mayo 2005 y el 16 de febrero 2006, presentaron mayores y menores valores de P(c). Lo anterior se utilizó como una guía, para explicar la variación espacial en los niveles de la captura ribereña de *F. californiensis* y *L. vannamei*.

Las capas temáticas interpoladas correspondientes a los raster C y D, se utilizaron directamente para representar cartográficamente (sin

aplicar el ACP), al interior del SL-MM, la disposición geográfica del tipo de sedimento durante el 12 de noviembre 2004. El ACP no se aplicó, porque la información del tipo de sedimento fue obtenida para una única fecha de recolección.

Para describir la distribución ecológica de *F. californiensis* y *L. vannamei*, con relación a la disposición geográfica de los sedimentos en el SL-MM; se tomó en cuenta en apego a Tapia-García *et al.* (2011), dividir el SL-MM en tres zonas (zona A, zona B y zona C) (Fig. 1). La zona "A" fue delimitada desde la franja costera interna (frente a las Pampas Rincón de Juárez y Culito de Mar) hasta la Isla Palizada (longitud aproximada 23.98 Km) (Fig. 1). La zona "B" fue delimitada entre el final de la Isla Palizada y el Arroyo La Línea (longitud aproximada 23.98 Km) (Fig. 1). La zona "C" fue delimitada desde El Arroyo La Línea hasta la Boca de Tonalá en Pampa Paredón (longitud aproximada 14.01 Km) (Fig. 1).

Finalmente y a nivel del SL-MM (sin considerar zonas), se realizó un análisis de correlación múltiple entre los valores de  $C_F$ ,  $C_L$ , P(Ar) y P(Lo) (Tablas 1-2).

Tabla 2. Registros cualitativos observados (obs.) del tipo de sedimento en el SL-MM, con fecha del 12 de noviembre 2004. Norte (N), oeste (O), arenas (Ar), lodos (Lo) y arenas-lodos (ArLo). Para validar en la *i* estaciones la presencia esperada (esp.) de Ar y Lo, comparar la magnitud de los registros numéricos estimados para las probabilidades P(Ar) y P(Lo).

Zona	<i>i</i>	Latitud	Longitud	(obs.)	P(r) Ar	P(r) Lo	(esp.)
A	1	16°15'38.30" N	94°22'37.24" O	Lo	0.08	0.20	Lo
	2	16°13'48.82" N	94°23'37.45" O	ArLo	0.11	0.03	Ar
	3	16°12'08.13" N	94°24'26.41" O	ArLo	0.04	0.10	Lo
	4	16°13'04.49" N	94°19'44.56" O	ArLo	0.09	0.24	Lo
	5	16°11'39.25" N	94°20'08.82" O	ArLo	0.11	0.36	Lo
B	6	16°11'43.13" N	94°15'31.14" O	ArLo	0.11	0.46	Lo
	7	16°10'09.34" N	94°15'26.03" O	ArLo	0.10	0.54	Lo
	8	16°11'07.63" N	94°10'53.21" O	Lo	0.07	0.61	Lo
	9	16°08'52.27" N	94°11'08.21" O	Lo	0.06	0.66	Lo
	10	16°11'54.32" N	94°08'13.17" O	Lo	0.02	0.70	Lo
C	11	16°10'29.09" N	94°08'39.78" O	Lo	0.09	0.72	Lo
	12	16°08'13.78" N	94°08'43.51" O	Lo	0.15	0.72	Lo
	13	16°06'45.87" N	94°03'45.08" O	Lo	0.22	0.71	Lo
	14	16°05'27.03" N	94°04'41.08" O	ArLo	0.29	0.69	Lo
	15	16°06'04.93" N	94°01'58.79" O	ArLo	0.34	0.65	Lo
	16	16°04'09.42" N	94°01'31.12" O	ArLo	0.39	0.61	Lo
	17	16°01'45.33" N	94°01'46.17" O	ArLo	0.55	0.41	Ar
	18	16°00'01.89" N	93°57'03.66" O	Ar	0.48	0.42	Ar
	19	16°02'54.54" N	93°56'03.56" O	ArLo	0.43	0.40	Ar
	20	15°59'41.03" N	93°53'20.24" O	ArLo	0.36	0.32	Ar
	21	15°00'33.76" N	93°51'52.49" O	ArLo	0.31	0.23	Ar
	22	15°02'42.37" N	93°52'24.64" O	ArLo	0.23	0.13	Ar



**RESULTADOS**

**Análisis de la captura.** Para ambas poblaciones de camarón, la hipótesis  $H_a$  se aceptó; por lo que al interior del SL-MM, *F. californiensis* ( $\bar{Y} = 5.12, S^2 = 18.83, S^2 > \bar{Y}, X_i^2 = 154.63, X_{0.05}^2 = 23.68, P < 0.05$ ) y *L. vannamei* ( $\bar{Y} = 3.95, S^2 = 10.70, S^2 > \bar{Y}, X_i^2 = 24.00, X_{0.05}^2 = 23.68, P < 0.05$ ), evidenciaron tener una distribución ecológica agregada. Para ambos casos, la  $P(c)$  se estimó con la función probabilística Binomial Negativa.

**Análisis del sedimento.** Para los casos en los que ArLo se reportó, el MCN validó fracciones dominantes de P(Lo) en las estaciones 3, 4, 5, 6, 7, 14, 15, 16 (Tabla 2). Fracciones dominantes de P(Ar) se validaron en las estaciones 2, 17, 19, 20, 21, 22 (Tabla 2). Por separado, P(Ar) se validó en la estación 18 y P(Lo), en las estaciones 1, 8, 9, 10, 11, 12 y 13 (Tabla 2).

**Análisis geoestadístico (primera parte).** Del ACP, fueron seleccionados los dos primeros componentes principales, cuyos eigen-valores fueron de 7.45 para *F. californiensis* (82.77% de varianza explicada) y de 7.33 para *L. vannamei* (81.44% de varianza explicada).

Al este de la zona B, *F. californiensis* evidenció un núcleo de agregación con variaciones de  $P(c)$  entre 0.4 y 0.9, que descendió gradualmente dentro de la misma zona, hacia los lados este y oeste (Fig. 2). Al centro de la zona B, *L. vannamei* evidenció un núcleo de agregación con variaciones de  $P(c)$  entre 0.3 y 0.6, que descendió gradualmente dentro de la misma zona, hacia los lados este y oeste (Fig. 3). Al interior de la zona B, las poblaciones de *F. californiensis* y *L. vannamei*, se evidenciaron geográficamente segregadas (Figs. 2-3), con un traslape sutil a nivel de la Isla Puntachal (Figs. 1-3).

**Análisis geoestadístico (segunda parte).** La mezcla de arenas y lodos estuvo presente a lo largo de todo del SL-MM, pero con el MCN se evidenciaron variaciones en sus fracciones componentes (Figs. 4-5). Las arenas fueron dominantes en la mayor parte de la zona C (Fig. 4), reduciendo gradualmente su dominancia con dirección hacia la zona A y mostrando valores intermedios de P(Ar), hacia la mitad de la zona B (Fig. 4). Los lodos fueron dominantes en toda la zona B (Fig. 5), reduciendo su dominancia gradualmente con dirección hacia la zona C y mostrando valores intermedios de P(Lo) en toda la zona A (Fig. 5).

Los mayores niveles de la captura ribereña de camarón están localizados en la zona B (e.g.: 113 kg para *F. californiensis* y 36 Kg para *L. vannamei*), donde los lodos fueron dominantes (Figs. 2-5). Estos niveles fueron de menor magnitud en la sección limítrofe entre las zonas B y C (e.g.: 80 kg para *F. californiensis* y 42 Kg para *L. vannamei*), donde se localizó la transición de arenas y lodos, pero con dominancia de las primeras (Figs. 2-5). Para el resto de la zona C y toda la zona A, se registraron los menores niveles de la captura ribereña de camarón (Figs. 2-5). Como en la zona B, en la zona A se registró que  $P(Lo) > P(Ar)$ , pero

Tabla 3. Resultados de correlación entre la probabilidad de captura  $P(c)$  para *F. californiensis* ( $C_f$ ) y *L. vannamei* ( $C_L$ ), con respecto a las probabilidades esperadas de arenas P(Ar) y lodos P(Lo). Coeficiente de correlación (R), coeficiente de determinación ( $R^2$ ), probabilidad estadística ( $p$ ).

$C_f$	P(Ar)	P(Lo)	$C_L$	P(Ar)	P(Lo)
<i>F. californiensis</i>	R=0.41	R=0.91	<i>L. vannamei</i>	R=0.40	R=0.92
	$p=0.72$	$p=0.02$		$p=0.73$	$p=0.02$

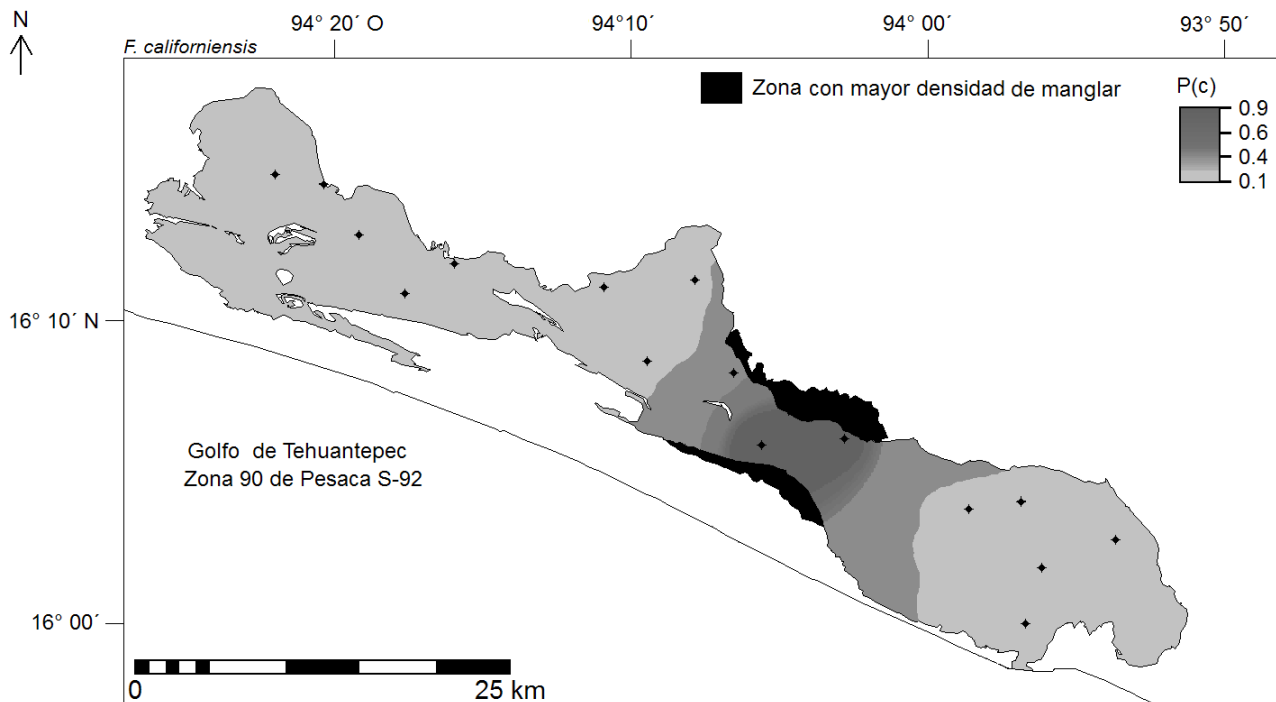


Figura 2. Cartográfica regionalizada para la probabilidad de captura  $P(c)$  de *F. californiensis* en el Sistema Lagunar Mar Muerto (SL-MM). Los puntos negros corresponden a las estaciones de muestreos para la captura ribereña de camarón.

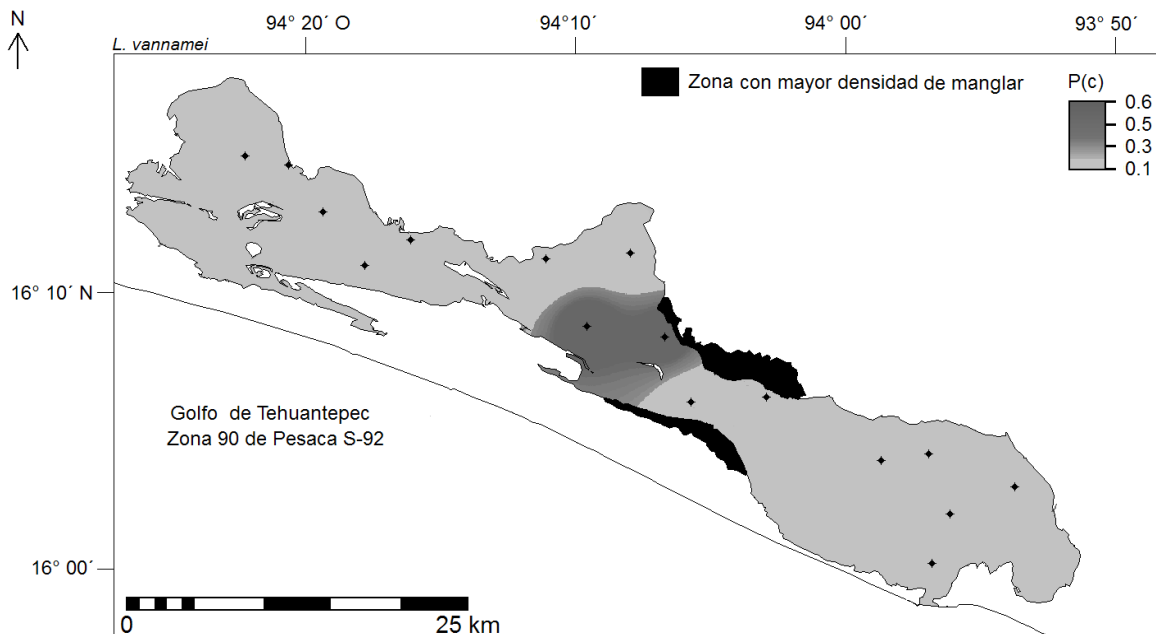


Figura 3. Cartográfica regionalizada para la probabilidad de captura  $P(c)$  de *L. vannamei* en el (SL-MM). Los puntos negros corresponden a las estaciones de muestreos para la captura ribereña de camarón.

en ésta última, no se registraron altos niveles de la captura ribereña de camarón.

Se estimaron correlaciones directas pero no significativas entre  $C_r$ ,  $C_L$  y  $P(Ar)$  (Tabla 3); pero en presencia de  $P(Lo)$ , las correlaciones fueron directas y significativa con respecto a  $C_r$  y  $C_L$  (Tabla 3).

## DISCUSIÓN

En la zona B del SL-MM, las poblaciones de *F. californiensis* y *L. vannamei* evidenciaron tener una distribución ecológica agregada bien definida (Figs. 2-3), pero geográficamente segregadas, con un traslape sutil a nivel de la Isla Puntachal (Fig. 1). Reportes similares para la segregación poblacional están documentados en la Laguna de Términos, Campeche, México (Gracia & Soto, 1990); donde *F. duorarum* (Burkenroad, 1939) es dominante al noreste, con proximidad a la Boca de Puerto Real, en la que la influencia marina del Golfo de México es mayor. Bajo una mayor influencia de descarga fluvial de los ríos Palizada y Chumpán, *L. setiferus* (Linnaeus, 1767) es dominante al suroeste de esta laguna.

Otro caso similar fue registrado en la Laguna Mecoacán-Paraíso, Tabasco, México (Valencia *et al.*, 2003), donde *F. aztecus* (Ives, 1891) es dominante al centro lagunar, con proximidad a la Barra de Dos Bocas, en la que la influencia marina del Golfo de México es mayor. Bajo una mayor influencia de descarga fluvial del Río Arrastrero (en El Pajal), *L. setiferus* exhibió la mayor abundancia.

Para explicar la segregación geográfica en las poblaciones de *F. californiensis* y *L. vannamei* (Figs. 2-3), en primera instancia e independientemente de los resultados obtenidos con relación a la disposición

de los sedimentos (Figs. 2-5), se consideró la capacidad de resistencia a la S por parte de ambas especies de camarón.

*F. californiensis* es una especie estenohalina (Arreola-Lizárraga *et al.*, 2004); por esta razón y en apego al ACP (Fig. 2), esta población al este de la zona B, se mantuvo persistentemente agregada, próxima a la Boca de Tonalá, en la que la influencia marina del Golfo de Tehuantepec es mayor. *L. vannamei* es una especie eurihalina (Gracia, 1992); por esta razón y en apego al ACP (Fig. 3), esta población al centro de la zona B, se mantuvo persistentemente agregada, próxima a la influencia de los ríos San Miguel, Novillero, Berejónal y Guadalupe (Fig. 1).

Mediante una serie de muestreos realizados entre 1991 y 1993, Tapia-García *et al.* (2011) reportaron tres sistemas hidrológicos persistentes al interior del SL-MM (las denominadas zonas A, B y C) (Fig. 1). Con base en el análisis estacional de la TSA y la S, tales autores identificaron, describieron y delimitaron a cada de estas zonas. En la zona A, fueron registradas variaciones extremas en la TSA y la S (aunque sin valores reportados). Por otra parte y debido a su proximidad con la Boca de Tonalá (Fig. 1), la zona C recibe directamente la influencia marina del Golfo de Tehuantepec y en ésta, se documentaron menores variaciones en la TSA y la S (aunque sin valores reportados). La red fluvial de mayor importancia, se localiza e incide directamente en la sección media de la zona B, en donde fueron descritas variaciones estacionales para la TSA y la S (aunque sin valores reportados).

Un segundo análisis hidrológico para el SL-MM fue documentado por Castrejón-Rodríguez (2014), para el que la TSA y la S fueron regionalizadas vía ACP, entre septiembre 2001 y marzo 2002. Este autor documentó consistentemente con Tapia-García *et al.* (2011), la presencia de los tres sistemas hidrológicos antes mencionados. En la zona A,

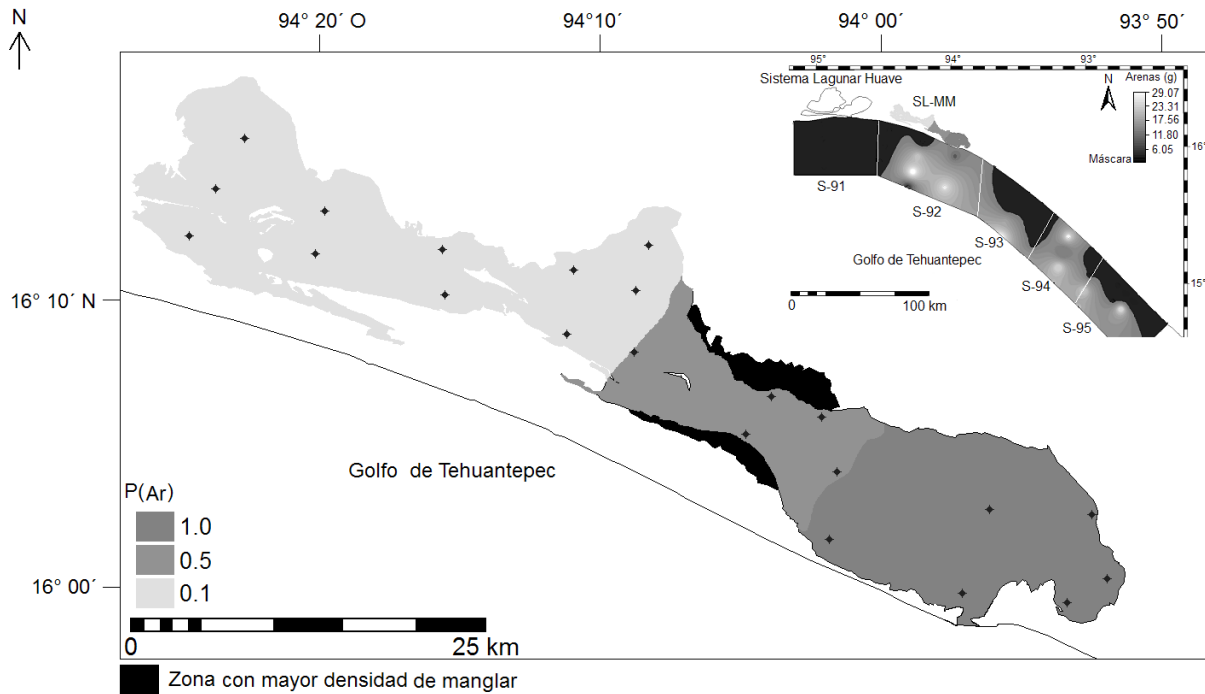


Figura 4. Cartografía para la disposición geográfica de la probabilidad esperada de arenas o P(Ar) en el (SL-MM). Los puntos negros corresponden a las estaciones de recolección para los sedimentos. Cuadro superior derecho, cartográfica regionalizada para la disposición geográfica de las arena en la zona marina 90 de pesca, Golfo de Tehuantepec (Cervantes-Hernández & Egremy-Valdez, 2013). Para este caso, la máscara negra representa a las secciones marino/costeros sin presencia de arenas.

se registraron variaciones extremas en la TSA (de 23 a 34°C) y en la S (entre 12 y 44 UPS). Serrano-Guzmán *et al.* (2004) indicó que durante la mayor parte del año, la zona A permanece frecuentemente con bajos niveles de agua, porque ahí persistentemente, se registran altas tasas de evaporación y poca entrada de descarga fluvial. Por otra parte, en la zona C se registraron valores persistentemente estables de TSA (33°C) y S de (38 UPS). Registros intermedios para éstas últimas, se documentaron en la zona B (32°C y entre 34 y 35 UPS).

Para el ambiente marino, está bien documentado que los camarones pertenecientes a los géneros *Farfantepenaeus* y *Litopenaeus* (Kensley, 1997), presentan hábitos conductuales preferenciales para habitar sobre (Boddeke, 1983) y dentro (Williams, 1958) de sedimentos limo-lodo-arcilloso y lodoso (Burkenroad, 1939; Gunter, 1950; Springer & Bullis, 1954; Fuss & Ogren, 1966; Grady, 1971; Fotheringham & Weissberg, 1979; Regnault, 1979; Dall & Smith, 1986; Arreola-Lizárraga *et al.*, 2004; Cervantes-Hernández & Egremy-Valdez, 2013). Tal y como en el ambiente marino, en sistemas lagunares, ambos géneros de camarón han sido registrados con los mismos hábitos conductuales preferenciales para habitar en sedimentos limo-lodo-arcilloso y lodoso (Zimmerman & Minello, 1984; Gracia & Soto, 1990; Valencia *et al.*, 2003).

Los hábitos conductuales antes señalados en sistemas lagunares, se evidenciaron con las mismas tendencias en la zona B del SL-MM, en donde los mayores niveles de la captura ribereña de camarón, se evidenciaron en sedimentos cuya fracción dominante fueron los lodos (Figs. 2-5). Esta zona se identificó como la más idónea en la que las poblaciones de *F. californiensis* y *L. vannamei* pudieran habitar, porque

ahí coinciden la mayor red fluvial, los sedimentos lodosos y las variaciones hidrológicas estacionales en la TSA y la S (Tapia-García *et al.*, 2011; Castrejón-Rodríguez, 2014).

Aunque en la zona C son persistentemente estables las variaciones hidrológicas en la TSA y la S (Tapia-García *et al.* 2011; Castrejón-Rodríguez, 2014), la captura ribereña de camarón tuvo los menores niveles; y esto fue explicado exclusivamente, por la presencia de sedimentos, cuya fracción dominante fueron las arenas (Figs. 2-5). Con los resultados de correlación obtenidos entre  $C_p$ ,  $C_L$  y P(Ar) (Tabla 3), se demostró preliminarmente, que ambas especies de camarón, no presentan hábitos conductuales preferenciales para habitar en sedimentos cuya fracción dominante fueron las arenas.

Para la zona marina 90 de pesca del GT, particularmente en las sub-zonas S-92 y S-94 (Fig. 4), los sedimentos marino/costeros poseen una fracción dominante de arenas; y en el caso de la S-92, donde el SL-MM se localiza (Fig. 1), las arenas tienen un alto nivel de penetración costera (Cervantes-Hernández & Egremy-Valdez, 2013). Ésto es una de las causas por las que en la zona C del SL-MM, las arenas ingresan persistentemente a través de la Boca de Tonalá (Fig. 1) y mediante la acción mareal; se configura según Tapia-García *et al.* (2011), un delta arenoso con movimientos estacionales.

A pesar de que en la zona A se registraron sedimentos lodosos dominantes (Fig. 5), no se visualizaron niveles importantes de P(c) para ambas especies de camarón (Figs. 2-5); porque ahí, ocurren variaciones extremas hidrológicas en la TSA y la S (Tapia-García *et al.* 2011; Castrejón-Rodríguez, 2014).



Un caso similar al documentado en la zona A del SL-MM, se registró en el Mar Tileme del SL-H, donde se registró la escases del recurso camarón entre 1999 y 2007 (Cervantes-Hernández *et al.*, 2012a). En esta sección lagunar, son persistentes valores altos en la TSA (entre 29.2 y 30°C), la S (de 44 a 54.7 UPS) y el oxígeno disuelto (entre 5.0 y 6.7 mg/l). Bajo estas condiciones hidrológicas, la hipoxia se prolonga por largos periodos de tiempo, reduciendo la capacidad de supervivencia de *F. californiensis* y *L. vannamei*. Esto se confirmó indirectamente con la estimación de una tasa de mortalidad natural de 0.82 mensual, exclusiva para el Mar Tileme.

Aunque para el SL-MM no están documentadas las variaciones del oxígeno disuelto en las tres zonas, se tiene conocimiento, mediante experimentos de laboratorio, que la muerte *L. setiferus* ocurre en exposiciones prolongadas de hipoxia entre 15 y 35 UPS (Rosas *et al.*, 1999). Sánchez *et al.* (1991) demostraron que a bajos niveles de hipoxia, *L. setiferus* culminó en la muerte, siempre que la S se incrementó > 35 UPS. Para que la hipoxia ocurra en el SL-MM, se necesita una combinación hidrológica extrema de alta TSA y S; lo que según Castrejón-Rodríguez (2014) y Serrano-Guzmán *et al.* (2004), ocurre con frecuencia en la zona A.

La especie de camarón con la que comúnmente se trabaja en proyectos acuícolas es *L. vannamei* (Anónimo, 2009) y para su cultivo, se reportan óptimos para la temperatura del agua entre 25 a 30°C (Talavera *et al.*, 1997; Zweig *et al.*, 1999) y para la S entre 25 y 30 UPS (Páez-Osuna & Ruiz-Fernández, 2001; Van Wyk *et al.*, 1999). Para el SL-MM, las características hidrológicas más cercanas a los óptimos de cultivo señalados, se localizan en la zona B (Castrejón-Rodríguez, 2014), pero que debido a la dinámica geológica del sistema lagunar y a la variación hidrológica estacional en la TSA y la S, el cultivo de *L. van-*

*namei* parece ser viable únicamente de manera artesanal, desarrollado en jaulas rústicas y por periodos breves de tiempo. Adicionalmente, la infraestructura que hasta ahora está documentada para el SL-MM, es apenas la mínima necesaria (*e.g.*: líneas de transmisión eléctrica, vías de transporte entre otras), por lo que el desarrollo extenso de la acuicultura es incierto y seguramente se agudiza aún mas, por el problema social de "Usos y Costumbres".

La dinámica geológica del SL-MM, consiste en un sistema de barreras naturales que estrechan y obstruyen la comunicación entre las zonas, manteniendo estacionalmente las características sedimentológicas (Figs. 4-5) e hidrológicas antes descritas. Durante la estación de secas, en la zona C se forma y modifica gradualmente un delta arenoso (Tapia-García *et al.*, 2011), que labra canales con diferentes magnitudes de profundidad, los centrales son profundos (> 5 m) y los periféricos, no exceden el metro de profundidad. Debido a la constante entrada de las arenas desde la sub-zona S-92 hacia la zona C (Fig. 4), la Boca de Tonalá se mantiene permanentemente abierta (con profundidad estable > 5 m), permitiendo la constante influencia marina del GT; pero sin alcanzar a influir hasta la zona B, debido al taponeo progresivo de arenas que se forma a nivel de la Isla Puntachal (Fig. 1). Ésta última y la Isla Palizada (Fig. 1), funcionan como tapones que gradualmente al cúmulo de sedimentos, impiden el libre flujo de agua marina entre las zonas. Un cambio total de todo lo anterior ocurre durante la estación de lluvias, permitiendo el tránsito de camarones entre las distintas zonas del SL-MM (Castrejón-Rodríguez, 2014), debido al flujo de agua marina (Tapia-García *et al.*, 2011). Por otra parte, estacionalmente la zona A se registra como la más somera, teniendo en promedio máximo 1 m de profundidad, seguida de la B con un máximo de 5 m (Tapia-García *et al.*, 2011).

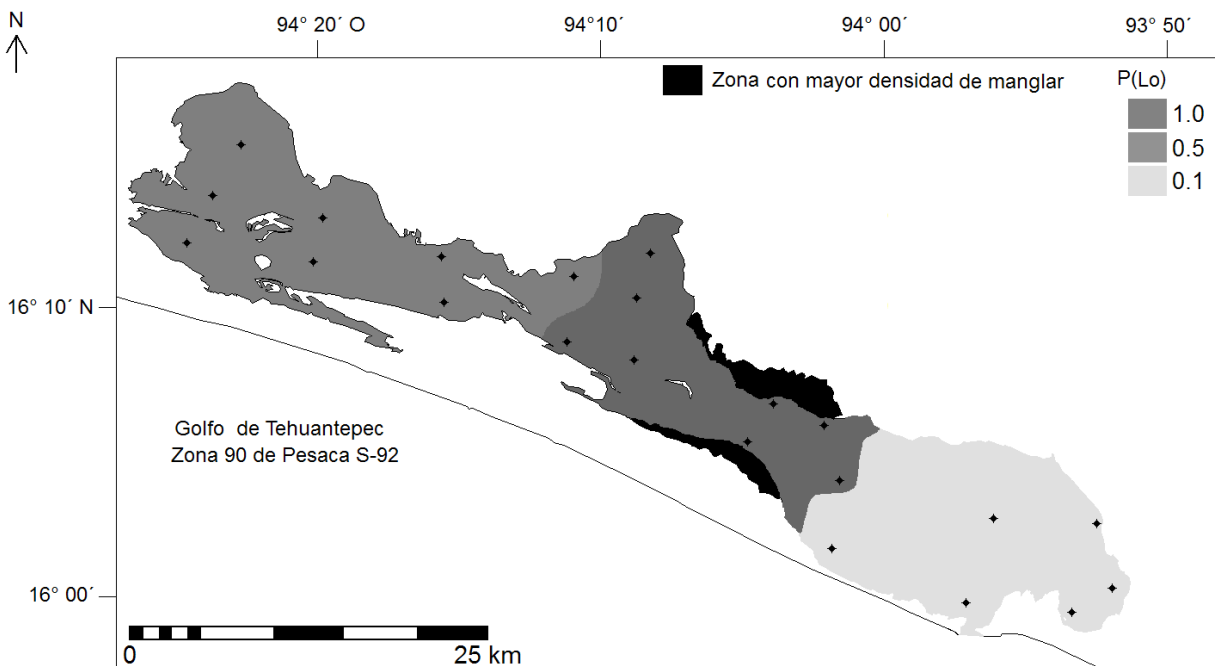


Figura 5. Cartografía para la disposición geográfica de la probabilidad esperada de lodos o P(Lo) en el (SL-MM). Los puntos negros corresponden a las estaciones de recolección para los sedimentos.

Otros aspectos a considerar para explicar la segregación geográfica en las poblaciones de *F. californiensis* y *L. vannamei* (Figs. 2-3) dentro del SL-MM, tienen relación con el desarrollo de sus temporadas de reproducción y reclutamiento. En la zona marina 90 del GT, ambas especies de camarón se reproducen y reclutan todo el año, pero los máximos de abundancia para reproductores y reclutas no ocurren al mismo tiempo en ambas poblaciones. La reproducción y el reclutamiento de *L. vannamei* es en agosto/septiembre y junio/julio, respectivamente (Cervantes-Hernández et al., 2008a; 2012b). Para *F. californiensis*, éstas ocurren en octubre/noviembre y agosto/septiembre, respectivamente (Cervantes-Hernández, 2008). En el Golfo de Tehuantepec, el reclutamiento es del tipo lagunar (RL) o marino (RM). Durante las temporadas de reproducción ocurre el RL, que es el movimiento natural de post-larvas de camarón desde la zona marina 90 de pesca, hacia el interior de los sistemas lagunares. Durante las temporadas de reclutamiento ocurre el RM, que es el movimiento natural de camarones juveniles desde el interior de los sistemas lagunares, hacia la zona marina 90 de pesca (Cervantes-Hernández et al., 2012b).

Para el periodo analizado, que fue del 12 de mayo 2005 al 16 de febrero 2006, se encontró que el RM de *L. vannamei* finalizaba (Cervantes-Hernández et al., 2008a; 2012b); mientras que, el RL de *F. californiensis* comenzaba (Cervantes-Hernández, 2008). Por esta razón al interior del SL-MM, se observó que la P(c) estimada para *L. vannamei* resultó de menor magnitud (entre 0.1 y 0.6), con respecto a la estimada para *F. californiensis* (entre 0.1 y 0.9) (Figs. 2-5). Al conjuntar y analizar ambos tipos de reclutamiento, se concluye que año con año las post-larvas de *L. vannamei* ingresarán primero y progresivamente al SL-MM, hasta alcanzar su máxima agregación ecológica y que esto último se reducirá gradualmente mientras transcurren los meses (RM), al tiempo que *F. californiensis* avanzará progresivamente hacia su máxima agregación ecológica (RL). Durante el desarrollo de ambos tipos de reclutamiento, estas poblaciones de camarón se mantienen temporal y espacialmente segregadas en la misma área geográfica preferencial (la zona B) (Figs. 2-3), al tiempo que optimizan las condiciones hidrológicas imperantes. Con base en lo anterior, se sugiere que al interior del SL-MM, la disposición geográfica de los sedimentos, no es la única variable ambiental que influye sobre de la distribución ecológica de los camarones *F. californiensis* y *L. vannamei*; sino que otros factores hidrológicos (Ruello, 1973; Penn & Caputi, 1986; Gillanders et al., 2003; Cervantes-Hernández et al., 2010; 2012), condicionan el resultado la distribución ecológica, al transcurrir el RM y el RL.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue desarrollado en la Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, con el apoyo económico de los convenios UMAR-CRIP-SC: 2IR0801 y 2IR1104. Agradecimientos para Oswaldo Pacheco Morales (CRIP-SC), Alexis Figueroa-Fenochio (UMAR) y en especial, a Mario Formoso García (CIP, la Habana Cuba), a Rafael Fernández de Alaiza García-Madrigal (CIP, la Habana Cuba) y a Adriana Artilles Valor (CIP, la Habana Cuba).

## REFERENCIAS

- ANÓNIMO. 1998. *Potencial Acuicola Costero de Oaxaca y Chiapas, con el uso de Sistemas de Información Geográfica*. Reporte Técnico, Instituto Nacional de la Pesca. 97 p.
- ANÓNIMO. 2009. *Manifestación de impacto ambiental modalidad: particular sector pesquero, subsector acuicola* (YESSI-CHRIST, S.A. DE C.V.). Disponible en línea en: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgira-Docs/documentos/sin/estudios/2009/25SI2009PD033.pdf> (consultado el 06 febrero 2015)
- ARREOLA-LIZÁRRAGA, J. A., E. A. ARAGÓN-NORIEGA, L. HERNÁNDEZ-MORENO, S. HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ & A. ORTEGA-RUBIO. 2004. Co-occurrence, habitat use and abundance of shrimps *Farfantepenaeus californiensis* and *Litopenaeus stylirostris* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) in a coastal lagoon on the Gulf of California. In: Hendrickx, M. (Eds.). *Contributions to the study of the east Pacific crustaceans*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México, pp. 143-151.
- BODDEKE, R. 1983. Survival strategies of penaeid shrimps and their significance for shrimp culture. First International Conference on Warmwater Aquaculture-Crustacean. 9-11 February, Laine, Hawaii, pp. 514-523.
- BURKENROAD, M. D. 1939. Further observations on Penneidae of the Northern Gulf of Mexico. *Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection* 6 (6): 1-62.
- CASTREJÓN-RODRÍGUEZ, U. 2014. Detección de áreas potenciales para el cultivo de "camarón blanco" *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931), en el Sistema Lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. Tesis de Licenciatura, Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México, 80 p.
- CERVANTES-HERNÁNDEZ, P., S. RAMOS-CRUZ & A. GRACIA. 2006. Evaluación del estado de la pesquería de camarón en el Golfo de Tehuantepec. *Hidrobiológica* 16 (3): 233-239.
- CERVANTES-HERNÁNDEZ, P. 2008. Method to obtain indices of abundance in the population of brown shrimp from the Gulf of Tehuantepec, Oaxaca, Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43 (1): 111-119.
- CERVANTES-HERNÁNDEZ P., M. I. GALLARDO-BERUMEN, S. RAMOS-CRUZ, M. A. GÓMEZ-PONCE & A. GRACIA. 2008a. Análisis de las temporadas de veda en la explotación marina de camarones del Golfo de Tehuantepec, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43 (2): 285-294.
- CERVANTES-HERNÁNDEZ, P., B. SÁNCHEZ-MERAZ, A. FRIAS-VELASCO, J. S. SERRANO-GUZMÁN, S. RAMOS-CRUZ & A. GRACIA. 2008b. Variación interanual de la abundancia de *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes 1900) en el Golfo de Tehuantepec. *Hidrobiológica* 18 (3): 215-226.
- CERVANTES-HERNÁNDEZ, P., A. FLORES-GÓMEZ, S. J. SERRANO-GUZMÁN, S. RAMOS-CRUZ & M. I. GALLARDO-BERUMEN. 2010. Historical exploitation and evaluation of brown shrimp fishery *Farfantepenaeus californiensis* (Decapoda, Dendrobranchiata) in the Gulf of Tehuantepec, Oaxaca, Mexico. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 5 (4): 486-494.
- CERVANTES-HERNÁNDEZ, P., M. I. GALLARDO-BERUMEN & S. J. SERRANO-GUZMÁN. 2012a. Explotación y distribución de la captura artesanal de camarón en el sistema lagunar Huave, Oaxaca, México. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras* (4): 67-81.
- CERVANTES-HERNÁNDEZ, P., M. A. GÓMEZ-PONCE & P. TORRES-HERNÁNDEZ. 2012b. Marine and lagoon recruitment of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (Decapoda: Penaeidae) in the "Cabeza de Toro - La Joya buenavista" lagoon system, Chiapas, Mexico. *CICIMAR Oceanides* 27 (2):51-58.

- CERVANTES-HERNÁNDEZ, P. & A. EGREN-Y-VALDEZ. 2013. Variación de la captura del recurso camarón, en relación con la disposición geográfica de los sedimentos en la zona 90 de pesca, Golfo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Hidrobiológica* 23(1): 111-123.
- DALL, W. & D. SMITH. 1986. Oxygen consumption and ammonia-N excretion in fed and starved tiger prawns *Penaeus esculentus* Haswell. *Aquaculture* 55: 23-33.
- ESPIÑOZA-TENORIO, A., BRAVO-PEÑA, L. C., SERRANO-GUZMÁN, J. S., RONSÓN-PAULÍN, J. A., AHUMADA, M. A., CERVANTES-HERNÁNDEZ, P., ROBLES-ZAVALA, E., FUENTES, M. P. & GALLARDO-BERUMEN, M. I. 2011. La diversidad étnica como factor de planeación pesquera artesanal: Chontales, Huaves y Zapotecas del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. In: G. Alcalá & A. Camargo (Eds.). *Pescadores en América Latina y el Caribe: espacio, población, producción y política, vol. I*. Facultad de Ciencias, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación - SISAL, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. pp. 167-216.
- FOLK, R. L. 1969. *Petrología de rocas sedimentarias*. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. 405 p.
- FOTHERINGHAM, N. & G. WEISSBERG. 1979. *Some causes, consequences and potential environmental impacts of oxygen depletion in the northern Gulf of Mexico*. Proceedings 11th Annual Offshore Technical Conference 4 (3611): 2205-2208.
- FUSS, M. & L. OGREN. 1966. Factors affecting activity and burrowing habits of the pink shrimp, *Penaeus duorarum* Burkenroad. *Biological Bulletin* 130 (2): 170-191.
- GILLANDERS, B. M., K. W. ABLE, J. A. BROWN, D. B. EGGLESTON & P. F. SHERIDAN. 2003. Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: an important component of nurseries. *Marine Ecology Progress Series* 247:281-295.
- GRACIA, A. & L. SOTO. 1990. Population study of the penaeid shrimp of Términos lagoon, Campeche, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 17 (2): 241-255.
- GRACIA, A. 1992. Explotación y manejo del recurso camarón. *Ciencia y desarrollo* 18 (106): 82-95.
- GRADY, J. R. 1971. The distribution of sediment properties and shrimp catch on two shrimping grounds on the continental shelf of Mexico. *Proceedings of Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 23: 139-148.
- GUNTER, G. 1950. Seasonal population changes and distribution as related to salinity of certain invertebrates of Texas Coast, including commercial shrimp. *Publications of the Institute of Marine Science* 1: 7-51.
- HAIR, F., J. ANDERSON, L. TATHAM & C. BLACK. 1999. *Multivariate data analysis*. Prentice Hall, New Jersey. 542 p.
- HAYKIN, S. 1999. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. Prentice Hall, New Jersey. 842 p.
- HENDRICKX, M. E. 1995. Camarones. In: FAO (Eds.). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico Centro-Oriental, plantas e invertebrados*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. pp. 484-508.
- KREBS, C. J. 1999. *Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia*. Harla, México. 753 p.
- LUDWIG, J. A. & J. F. REYNOLDS. 1988. *Statistical ecology*. John Wiley & Sons, U.S.A. 337 p.
- MILLÁN, S. 2003. Huaves. In: C. Enrique-Serrano & L. Cruz-González (eds.). *Pueblos indígenas del México contemporáneo*. México, D. F.: CDI/PNUD.
- PÁEZ-OSUNA, F. & A.C. RUIZ-FERNÁNDEZ. 2001. La calidad del agua en la camaronicultura: conceptos, manejo y normatividad, In: F. Páez-Osuna (Eds.). *Camaronicultura y medio ambiente*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Mexico D.F., Mexico. pp. 100-134.
- PENN, J. W. & N. CAPUTI. 1986. Spawning stock-recruitment relationships and environmental influences on the tiger prawn *Penaeus esculentus* fishery in Exmouth Gulf, Western Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 37: 491-505.
- RAMOS-CRUZ S., B. SÁNCHEZ-MERAZ, F. CARRASCO-AYUSO & P. CERVANTES-HERNÁNDEZ. 2006. Estimación de la tasa de mortalidad natural de *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes 1900) y *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) en la zona costera del Golfo de Tehuantepec, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 41 (2): 221-229.
- REGNAULT, M. 1979. Ammonia excretion of sand shrimp *Crangon crangon* (L) during the moult cycle. *Journal of Comparative Physiology* 133: 199-204.
- ROSAS, C., A. SÁNCHEZ & E. DÍAZ. 1995. Oxygen consumption and ammonia excretion of *Penaeus setiferus*, *P. schmitti*, *P. duorarum* and *P. notialis* postlarvae fed purified test and diets: effect of protein level on substrate metabolism. *Aquatic Life Research* 8: 161-169.
- ROSAS, C., E. MARTÍNEZ, G. GAXIOLA, R. BRITO, A. SÁNCHEZ & L. SOTO. 1999. The effect of dissolved oxygen and salinity on oxygen consumption, ammonia excretion and osmotic pressure of *Penaeus setiferus* (Linnaeus) juveniles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 234: 41-57.
- RUELLO, N. 1973. The influence of rainfall on the distributions and abundance of the school prawn *Metapenaeus macleayi* in the Hunter river region (Australia). *Marine Biology* 23: 221-228.
- SÁNCHEZ, A., C. ROSAS, E. ESCOBAR & L. SOTO. 1991. Skeleton weight free oxygen consumption related to adaptations to environment and habits of six crustacean species. *Comparative Biochemistry and Physiology* 100A: 69-73.
- SERRANO-GUZMÁN, S. J., L.C. BRAVO-PEÑA & C.E. MEDINA-REYNA. 2004. *Estudio de ordenamiento ecológico para la zona costera del Istmo de Tehuantepec, que favorezca y contribuya al desarrollo ordenado y*

- racional de la pesca y la acuicultura*. Universidad del Mar, México. 159 p.
- SPRINGER, S. & H. BULLIS. 1954. Exploratory shrimp fishing in the Gulf of Mexico. Summary Report for 1952-1954. *Commercial Fisheries Review* 16 (10): 1-16.
- TALAVERA V., M. ZAPATA & D. SÁNCHEZ. 1997. Amoniac en estanques de producción camaronera. *Boletín Nicovita. Edición Tumpis*. Vol. 2.
- TOLEDO, A. 1994. *Riqueza y pobreza en la costa de Chiapas y Oaxaca*. Centro de Ecología y Desarrollo, México. 492 p.
- TAPIA-GARCÍA, M., M. C. GARCÍA-ABAD, F. E. PENAGOS-GARCÍA, J. L. MORENO-RUIZ, L. G. JUÁREZ-HERNÁNDEZ, J. M. RAMÍREZ GUTIÉRREZ & D. HERRERA-OLAYO. 2011. Subsistemas hidrológicos de la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. *Lacandonia* 5 (1): 97-112.
- URIEL, E. 1995. *Análisis de datos, series temporales y análisis multivariante*. Universidad de Valencia, Madrid. 433 p.
- VALENCIA, T. S., A. A. GRANADOS-BERBER, D. SALA-RUIZ & J. L. RAMOS-PALMA. 2003. *Distribución y Abundancia Espacio-Temporal del Camarón Blanco Litopenaeus setiferus y del Camarón Café en Laguna Mecoacán*, Paraíso Tabasco, México. 59 p. también disponible en la página web: [http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab/ediciones/24\\_2007/g\\_Salvador%20etal\\_2007.pdf](http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab/ediciones/24_2007/g_Salvador%20etal_2007.pdf)
- VAN WYK, P., M. D. HODGKINS., R. LARAMORE., K. L. MAIN., J. MOUNTAIN Y J. SCARPA. 1999. *Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems*. Harbor Branch, Oceanographic Institution, Florida. USA. 220 p.
- WILLIAMS, A. 1958. Substrates as factor in shrimp distribution. *Limnology and Oceanography* 3 (3): 283-290.
- ZAR, H. J. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey. 663 p.
- ZIMMERMAN, R. & J. MINELLO. 1984. Densities of *Penaeus aztecus*, *Penaeus setiferus*, and other natant macrofauna in Texas SALT marsh. *Estuaries* 7 (4a): 421-433.
- ZWEIG, D.R., J. D. MORTON & M. M. STEWART. 1999. *Source water quality for aquaculture: a guide for assessment*. Environmentally and Socially Sustainable Development, The World Bank, Washington. 76 p.
- Recibido:** 02 de marzo de 2014.
- Aceptado:** 10 de septiembre de 2015.