



Ra Ximhai

ISSN: 1665-0441

raximhai@uaim.edu.mx

Universidad Autónoma Indígena de México
México

Esparza-Leal, Héctor M.; Magallón-Barajas, Francisco J.; Pérez-Enriquez, Ricardo; Casillas-Hernández, Ramón; Cabanillas-Ramos, Julio A.; Valenzuela-Quiñónez, Wenceslao
REGIÓN ENDÉMICA Y REGÍMENES DE INFECCIÓN CON EL VIRUS DEL SÍNDROME DE LA MANCHA BLANCA (WSSV) EN LAS GRANJAS CAMARONÍCOLAS DEL NOROESTE DE MÉXICO
Ra Ximhai, vol. 8, núm. 3b, septiembre-diciembre, 2012, pp. 117-129
Universidad Autónoma Indígena de México
El Fuerte, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46125177004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2012

REGIÓN ENDÉMICA Y REGÍMENES DE INFECCIÓN CON EL VIRUS DEL SÍNDROME DE LA MANCHA BLANCA (WSSV) EN LAS GRANJAS CAMARONÍCOLAS DEL NOROESTE DE MÉXICO

Héctor M. Esparza-Leal; Francisco J. Magallón-Barajas; Ricardo Pérez-Enriquez; Ramón Casillas-Hernández; Julio A. Cabanillas-Ramos y
Wenceslao Valenzuela-Quiñónez
Ra Ximhai, septiembre - diciembre, año/Vol. 8, Número 3
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 117-129.

REGIÓN ENDÉMICA Y REGÍMENES DE INFECCIÓN CON EL VIRUS DEL SÍNDROME DE LA MANCHA BLANCA (WSSV) EN LAS GRANJAS CAMARONÍCOLAS DEL NOROESTE DE MÉXICO

THE ENDEMIC REGION AND INFECTION REGIMES OF THE WHITE SPOT SYNDROME VIRUS (WSSV) IN SHRIMP FARMS IN NORTHWESTERN MEXICO

Héctor M. **Esparza-Leal**¹; Francisco J. **Magallón-Barajas**²; Ricardo **Pérez-Enriquez**²; Ramón **Casillas-Hernández**³; Julio A. **Cabanillas-Ramos**^{3,4} y Wenceslao **Valenzuela-Quiñónez**¹

¹Profesor Investigador. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-IPN Unidad Sinaloa, Boulevard Juan de Dios Bátiz Paredes # 250, Guasave, Sinaloa 81101, México. hesparza@ipn.mx. ²Profesor Investigador. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Mar Bermejo 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, Baja California Sur 23090, México.³Estudiante de Doctorado del Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur, Cd. Obregón, Sonora 85000, México.

⁴Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa, Calzada Aeropuerto 7569 Altos, Col. Bachuilatoo, Culiacán, Sinaloa 80140, México.

RESUMEN

El cultivo de camarón, con un valor aproximado de 711 millones de dólares anuales, es una de las actividades primarias más importantes en México. Sin embargo, ha tenido que enfrentar diversos problemas que han limitado su desarrollo, dentro de los cuales la mortalidad causada por el virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV) es el más importante. Para contar con elementos científicos enfocados a acciones de manejo sanitario preventivo, es preciso conocer, entre otros elementos, aspectos de la epidemiología de la enfermedad de la mancha blanca (WSD). Por esta razón el presente trabajo se enfocó a delimitar la región endémica de la WSD, sus regímenes temporales de infección y la discusión sobre los posibles factores de riesgo que pueden estar relacionados con sus brotes en las granjas camaronícolas del norte de México. Se utilizó información de las bases de datos de los Comités Estatales de Sanidad Acuícola de Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit; así como del Programa Integral de Sanidad Acuícola en Camarón (PISA 2007-2008) y de la Alianza Estratégica y Red de Innovación de la Industria Acuícola (AERI-2008). El análisis de la información mostró, para los ciclos de producción de camarón 2007-2008, una región endémica con presencia del virus WSSV, ubicada entre la región de Tuxpan, Nayarit al sur y de Agiabampo, Sonora, al norte. Los brotes de primavera de la WSD en las granjas acuícolas tuvieron un desplazamiento espacio-temporal, indicando tres regímenes de infección: (1) marzo-abril en la región sur del área de cultivo (Juntas Locales de Sanidad Acuícola [JLSA] de Mazatlán, El Rosario, Escuinapa, Tecuala y Tuxpan); (2) abril-mayo al centro (JLSA de Navolato Norte y Sur y El dorado); (3) mayo-junio en la parte norte (JLSA de Agiabampo-Sonora, Ahome, Guasave Norte y Sur). Los registros de la WSD fueron consistentes entre el 2007 y el 2008, con ligeras variaciones en algunas JLSA respecto al inicio o presencia de los brotes en primavera. Se muestra la asociación de los regímenes de infección a lo largo de la región endémica con la ubicación de las cuencas oceanográficas de Mazatlán, Pescadero y Farallón, en función del incremento diferencial de la temperatura dentro de ellas, la cual puede ser un factor condicionante para la presencia de brotes de la WSD.

Palabras clave: Enfermedad de la mancha blanca, estanques de camarón, factores de riesgo, temperatura, corrientes oceánicas.

SUMMARY

Shrimp farming with a value annually of US\$711 million approximately, is one of the most important primary activities in Mexico. However, shrimp farming has had to face various problems that have limited their development, within which the mortality caused by the white spot syndrome virus (WSSV) is the most important. To have scientific elements to focus on preventive health management actions is necessary to know, among other factors, aspects of the epidemiology of white spot disease (WSD). Therefore this study focused on delimiting the endemic region for WSD and its temporal regimes of infection and discusses possible risk factors related to outbreaks of the disease in shrimp farms of northwestern Mexico. We analyzed information from the databases of the State Committees of Aquaculture Health of Baja California Sur, Sonora, Sinaloa and Nayarit, as well as data of Integrated Program on Shrimp Aquaculture Health (PISA 2007-2008) and the Strategic Alliance Network Aquaculture Industry Innovation (AERI-2008). Data analysis showed that, for the shrimp production cycles of 2007-2008, white spot syndrome virus (WSSV) was endemic to the region of Tuxpan, Nayarit in the south and to Agiabampo, Sonora in the north. Spring outbreaks of WSD in the fish farms had a spatiotemporal distribution, indicating three infections regimes: (1) March-April in the southern shrimp-farming region (Local Aquaculture Health Boards [LAHBs] of Mazatlán, El Rosario, Escuinapa, Tecuala, and Tuxpan); (2) April-May in the central region (LAHBs of Navolato Norte, Navolato Sur, and El dorado); and (3) May-June in the northern region (LAHBs of Agiabampo-Sonora, Ahome, Guasave Norte and Sur). The WSD were consistent between 2007 and 2008, with slight variations among some LAHBs, with respect to the onset or presence of spring WSD outbreaks. It shows the association of infection regimes throughout the region endemic with the location of Mazatlán, Pescadero and Farallon oceanographic basins according to the increasing differential temperature within them, which may be a determinant factor for the presence of WSD outbreaks.

Key words: White spot disease, shrimp pond, risk factors, temperature, ocean currents.

INTRODUCCIÓN

Recibido: 04 de julio de 2012. Aceptado: 30 de agosto de 2012. **Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ra Ximhai 8(3): 117-129.**

El cultivo de camarón en México es una de las industrias primarias más importantes, incluso sobrepasando la producción de camarón por pesquerías. En el año 2006 la producción se ubicó alrededor de las 107 mil toneladas métricas (TM), representando un valor aproximado de 592 millones de dólares (MDD). En el año 2009 estas cifras ascendieron a alrededor de 128 mil TM con un valor aproximado de 711 MDD, registrándose la mayor producción en los estados del noroeste de México (Sonora, Sinaloa, Nayarit y Baja California Sur) (Juárez, 2008; CESANAY, 2009; CSABCS, 2009; COSAES, 2010; CESASIN, 2010). Sin embargo, en la última década ésta industria ha enfrentado problemas de diferente índole que han limitado su desarrollo. La problemática más importante ha sido la causada por el virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV) (Esparza-Leal *et al.*, 2009; Esparza-Leal *et al.*, 2010). De acuerdo con fuentes extraoficiales se estima que tan sólo en el 2005 las pérdidas provocadas por dicho patógeno en los estados del noroeste de México (Sonora, Sinaloa y Nayarit) ascendieron a más de 100 millones de dólares (Esparza-Leal, 2010).

Con el fin de abordar ésta problemática, en el 2007 se iniciaron diversos trabajos de investigación por un grupo multidisciplinario coordinado por el CIBNOR (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste) y enmarcados en un Programa Integral de Sanidad Acuícola en Camarón (PISA). Dentro de éste marco se incluyó el presente estudio, con el fin de definir la amplitud geográfica de la región endémica y el régimen de infección del virus WSSV en las granjas camaronícolas del noroeste de México (Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit). Si bien se conoce que la mayor parte de los brotes de la Enfermedad de la Mancha Blanca (WSD) se han centrado en ésta región (Páez-Osuna *et al.*, 2003; Juárez, 2008; Esparza-Leal *et al.*, 2009), hasta la fecha no existen reportes que indiquen los límites de la región endémica, así como la existencia de un patrón en los regímenes de infección, lo cual limita conocer qué factores pueden estar detonando los brotes de la WSD. Tal información es importante para explorar cambios en las estrategias de manejo de las granjas, con el fin de prevenir, aminorar o eliminar los brotes de la WSD.

Existen reportes que indican que los cambios ambientales son factores estresantes para los crustáceos y pueden ser condicionantes para que se presenten brotes de enfermedad (Le Moullac y Haffner, 2000). De estos, probablemente la temperatura del agua es uno de los factores más importantes para el cultivo de camarón, ya que influye en el crecimiento, muda y sobrevivencia de éste crustáceo (Staples y Heales, 1991; Chen *et al.*, 1995; Coman *et al.*, 2002), particularmente en las granjas camaronícolas del noroeste de México, en donde la temperatura del agua puede fluctuar en el intervalo de 17 a 33 °C (Ruiz-Fernández y Páez-Osuna, 2004). En este sentido, Kaustky *et al.* (2000) reportaron que el cambio de temperatura del agua es uno de los factores que puede disparar los brotes de la WSD en cultivos de camarón. Dichos cambios pueden inducir brotes del virus WSSV en camarones ligeramente infectados (Hsu *et al.*, 2000; Peinado-Guevara y López-Meyer, 2006) e incrementar la mortalidad de los camarones infectados experimentalmente (Sonnenholzher *et al.*, 2002a). A pesar de ello, se ha reportado una reducción de los signos clínicos, mortalidad y ausencia de células infectadas en tejido de camarón continuamente mantenido entre 32-33 °C posterior a la inoculación con éste virus (Vidal *et al.*, 2001; Rahman *et al.*, 2006). A nivel experimental una fluctuación diaria de la temperatura (27 y 33 °C) en intervalos de 6, 12 o 18 h puede influir en el surgimiento de la enfermedad, mortalidad y estado de infección de camarones inoculados con éste patógeno (Rahman *et al.*, 2007a). El objetivo del presente estudio es delimitar la región endémica de la WSD en las granjas camaronícolas del noroeste de México y discutir la asociación de los regímenes de infección en función de la variación espacio-temporal de la temperatura del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Las granjas camaronícolas del noroeste de México se ubican en su mayor parte en los márgenes de la zona costera del Golfo de California, que es un cuerpo de agua marina alargado en dirección noroeste con una superficie aproximada de 150,000 km², delimitada por las costas orientales de la Península de Baja California, las occidentales de Sonora, Sinaloa y Nayarit, y al sur por una línea

imaginaria entre Cabo San Lucas, Baja California Sur y Cabo Corrientes, Jalisco (Fig. 1). Las granjas se abastecen de agua del Golfo de California, que se encuentra integrado por varias cuencas oceanográficas definidas por la topografía del piso marino (Figueroa *et al.*, 2003).

Para efectos de este estudio, los datos de las Juntas Locales de Sanidad Acuícola (JLSA) se analizaron agrupadas de acuerdo con la cuenca oceanográfica que comparten (Fig. 1). De esta manera, las JLSA de Mazatlán, El Rosario, Escuinapa, Tecuala y Tuxpan, que se abastecen de agua de los sistemas hidrológicos costeros de Huizache-Caimanero, Piaxtla, Teacapán-Agua Brava Las Cabras-Marisma Ancha y Pimientillo, respectivamente, se agruparon dentro de la Cuenca Mazatlán, la cual se localiza en la boca del Golfo de California y tiene influencia del Pacífico Oriental Tropical. Las JLSA de Navolato Norte y Sur, El dorado (zona oceánica y zona estero), ubicadas al margen de los sistemas lagunares de Pabellón-Altata, Elota y Santa María-La Reforma, se abastecen de agua de la Cuenca Pescadero, la cual ubica en el interior de la boca del Golfo de California. Las JLSA de Agiabampo, Ahome, Guasave Norte y Guasave Sur, se ubican al margen de los sistemas lagunares de Agiabampo, Topolobampo, Santa María, San Ignacio, Navachiste y Macapule, dentro del área de influencia de la Cuenca Farallón. Las JLSA ubicadas en Sonora Sur (Aquiropo, Riito y Santa Bárbara), se encuentran ubicadas dentro de la influencia de la Cuenca del Carmen. Las JLSA de Sonora centro, se encuentran dentro de la zona de influencia de las cuencas de Guaymas y San Pedro Martir. Finalmente, las granjas ubicadas en la zona costera de Baja California Sur, se encuentran bajo la influencia del Océano Pacífico y Golfo de California-Cuenca Pescadero (Golfo-Pescadero) y de las de Baja California al norte del Golfo de California (Golfo-Norte).

Cuenca	Junta Local de Sanidad Acuícola
Pacífico*	1. Santo Domingo
“ “	2. Todos Santos
Golfo Pescadero*	3. La Paz
Golfo Norte*	4. Cabo Ca
San Pedro Martir	5. Bahía Kino
Guaymas	6. Cardonal
“ “	7. Tastija
“ “	8. Guaymas
“ “	9. Cruz de Piedra
“ “	10. Lobos
“ “	11. Melagatos
“ “	12. Atamasia
“ “	13. Tobati
Golfo Guaymas*	14. Mulegé
Del Carmen	15. Sian
“ “	16. Aquiropo
“ “	17. Riito
“ “	18. Santa Bárbara
Farallón	19. Agiabampo Sonora
“ “	20. Agiabampo Sinaloa
“ “	21. Ahome
“ “	22. Guasave Norte
“ “	23. Guasave Sur
Pescadero	24. Angostura
“ “	25. Navolato Norte
“ “	26. Navolato Sur
“ “	27. El Dorado Oceánica
“ “	28. El Dorado Estero
“ “	29. Cospita
“ “	30. Elota
Mazatlán	31. Mazatlán
“ “	32. El Rosario
“ “	33. Escuinapa
“ “	34. Tecuala
“ “	35. Tuxpan
*No es cuenca “ “	36. San Blas

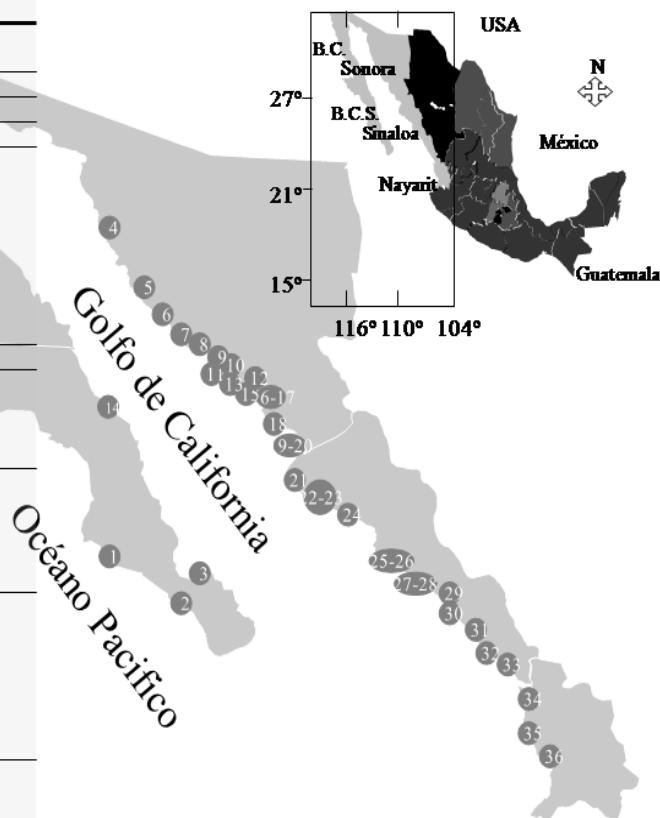


Figura 1. Ubicación de las Juntas Locales de Sanidad Acuícola (JLSA) del Noroeste de México y Cuenca Oceanográfica de la que se abastecen de agua las granjas camaronícolas.

El área dedicada al cultivo de camarón en la región noroeste es de aproximadamente 51,419 ha, ocupadas por alrededor de 844 granjas (Juárez, 2008; CESANAY, 2009; CSABCS, 2009; COSAES, 2010; CESASIN, 2010). De acuerdo a SAGARPA-CONAPESCA (2001) y Páez-Osuna *et al.* (2003) la dimensión de las granjas fluctúa entre 4 y 1, 200 ha, con un promedio de 150 ha. El tamaño de los estanques es variable pero puede enmarcarse entre las 2 y 40 ha, con una predominancia de 2 a 15 ha. En esta región, el sistema de manejo más común es semi-intensivo (89%), mientras que los sistemas intensivos y extensivos comprenden el 2 y el 9%, respectivamente. El promedio de densidad de siembra para granjas intensivas es de alrededor de 58 camarones m⁻², para semi-intensivas de 13 camarones m⁻² y para extensivas de 7 camarones m⁻². Hasta el 2001 la mayoría de las granjas operaban dos ciclos por año de corta duración; sin embargo, en los últimos años la tendencia ha sido a producir solamente un ciclo por año de mayor duración. La duración de los ciclos de cultivo de corta duración fluctúa en promedio entre los 90 y 140 días dependiendo de la temporada, demanda del mercado y enfermedades. Mientras que los ciclos de larga duración pueden durar de 140 a 200 días.

Delimitación de la región endémica y regímenes de infección del virus WSSV

Para llevar a cabo el presente estudio se utilizaron las bases de datos del 2007 y 2008 de los Comités de Sanidad Acuícola (CSA) de los estados de Baja California Sur (CSABCS), Sonora (COSAES), Sinaloa (CESASIN) y Nayarit (CESANAY), que mantienen agrupadas las granjas camaronícolas en JLSA (Fig. 1) Además, se utilizó información generada por los proyectos del Programa Integral de Sanidad Acuícola en Camarón (PISA Fases I-2007 y II-2008) y Alianza Estratégica y Red de Innovación de la Industria Acuícola (AERI-2008), que fueron coordinados y desarrollados por personal del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa), Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) y Universidad Autónoma de Nayarit (UAN).

El estudio se enfocó a delimitar la región endémica y regímenes de infección, tomando en cuenta los primeros brotes de la WSD confirmados con análisis de PCR (la metodología de análisis fue reportada por Esparza-Leal *et al.*, 2009), registrados en los ciclos de cultivo de primavera-verano del 2007 y 2008, en cada una de las JLSA del noroeste de México. El énfasis del estudio de los brotes de la WSD en primavera-verano se debe a que, por una parte, los ciclos de cultivo se inicián generalmente en primavera después de un vacío sanitario de invierno que varía de uno a seis meses (de acuerdo con la región), y por la otra, que de acuerdo a los antecedentes históricos reportados por los CSA, la presencia del virus WSSV y los brotes de la WSD en el otoño por lo general ocurre en las JLSA que tienen antecedentes de haber tenido brotes de la WSD durante el periodo de primavera y/o verano. Adicionalmente, en el otoño las detecciones de éste patógeno asociadas a la expresión de la WSD ocurren normalmente al finalizar los ciclos de cultivo, con menor impacto productivo que en los ciclos de producción que se desarrollan en la época de primavera-verano.

RESULTADOS

Para los ciclos de cultivo del 2007-2008 se detectó una región endémica persistente con presencia del virus WSSV que se encuentra entre las JLSA de Tuxpan, Nayarit al sur de la región de cultivo y Agiabampo, Sonora al norte (Figs. 2 y 3).

En el 2007, la región endémica presentó tres regímenes de infección: el primero entre los meses de marzo-abril en las granjas de la cuenca Mazatlán; el segundo para los meses de abril-mayo en las JLSA de la cuenca Pescadero y el tercero para mayo-junio en las JLSA de la cuenca Farallón (Fig. 2). A pesar de que la mayor parte de las JLSA de la cuenca del Carmen presentó brotes de la WSD durante junio de los años 2004, 2005, 2006, no los presentaron en 2007. De manera similar, las JLSA de las cuencas Guaymas y San Pedro Mártir y de las zonas de Baja California y Baja California Sur, también permanecieron libres de brotes de la WSD en el período primavera-verano del 2007.

El patrón espacio-temporal en el 2008 fue muy similar al del 2007 (Fig. 3), con algunas excepciones: el régimen de infección marzo-abril que se observó en las granjas de la cuenca Mazatlán se amplió a febrero-abril, en las granjas que se abastecen de la cuenca Pescadero se conservó el régimen de infección abril-mayo con un corrimiento en Navolato Sur hacia junio y en las granjas que se abastecen de la cuenca Farallón se repitió el régimen de infección mayo-junio, pero sin presentarse brotes de la WSD en las JLSA de Guasave Norte y Agiabampo-Sonora.

Primeros casos confirmados (número de granjas) como positivos para el virus WSSV, con mortalidad de camarón en el ciclo primavera-verano del 2007

Cuenca	JLSA ^a	Mes	Marzo					Abril					Mayo					Junio		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Del Carmen 1. Aquiropo-Rito * No se presentaron brotes de la enfermedad de la mancha blanca																				
Farallón	2. Agiabampo-Sonora																	1		
"	3. Agiabampo-Sinaloa																			
"	4. Ahome											1	1	3	10					
"	5. Guasave Norte											2	4	2						
"	6. Guasave Sur							1				2		1						
Pescadero	7. Angostura																1			
"	8. Navolato Norte								1		1									
"	9. Navolato Sur										4		1							
"	10. El Dorado Océanica								1	1	1	5		1						
"	11. El Dorado Estero								4	1	2	3								
"	12. Elotá																			
Mazatlán	13. Mazatlán				1															
"	14. El Rosario					1														
"	15. Escuinapa				2			2	1				1		1	1				
"	16. Tecuala							2	1											
"	17. Tuxpan				1	4	4	3	1	2	1		1							
"	18. San Blas																			
* No se presentaron brotes de la enfermedad de la mancha blanca																				

^aJunta local de sanidad acuícola.

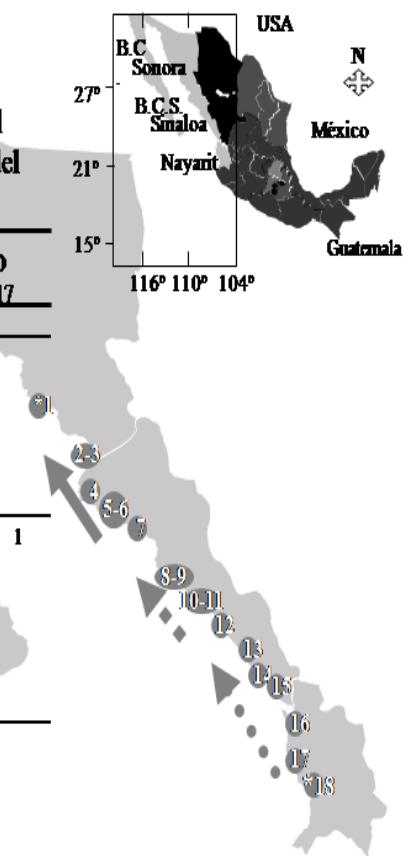


Figura 2. Región endémica y regímenes de infección durante los ciclos de cultivo primavera-verano del 2007 en las granjas camaronícolas del noroeste de México (primeros casos confirmados como positivos para el virus WSSV, por la técnica de PCR).

Con respecto al balance general de la afectación que provocaron los brotes de la WSD en las granjas camaronícolas del norte de México, se observó una disminución de la superficie afectada pasando de 4,556 ha en 2007 a 1,114 ha en 2008. De igual manera disminuyó el número de granjas afectadas pasando de 102 en el 2007 a 29 en el 2008.

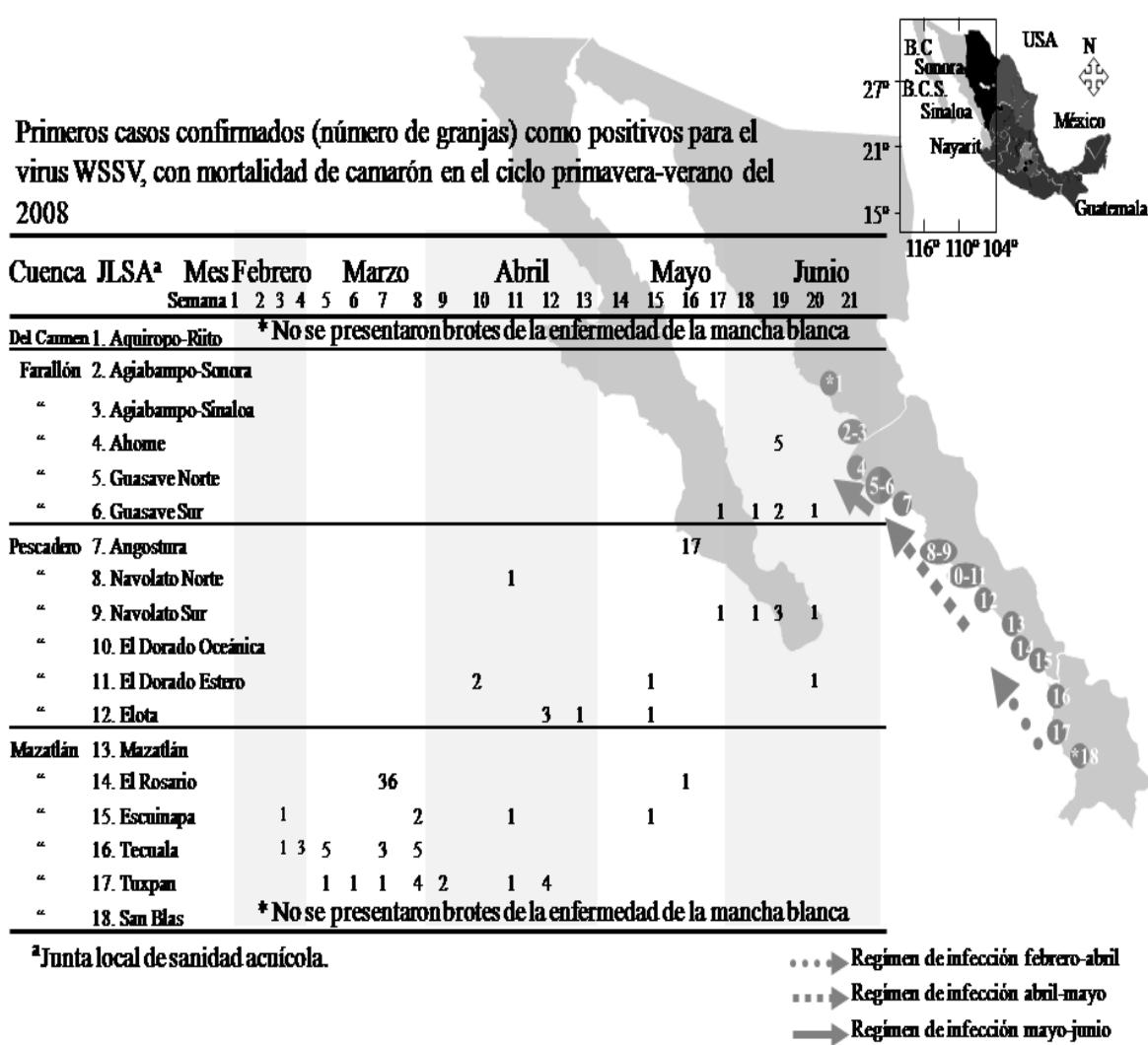


Figura 3. Región endémica y regímenes de infección durante los ciclos de cultivo primavera-verano del 2008 en las granjas camaronícolas del Noroeste de México (primeros casos confirmados como positivos para el virus WSSV, por la técnica de PCR).

DISCUSIÓN

Los regímenes de infección a lo largo de la región endémica, reportados en el presente estudio, coinciden con las cuencas oceanográficas de Mazatlán, Pescadero y Farallón. De acuerdo a los límites geográficos señalados por Figueroa *et al.* (2003) para las cuencas oceanográficas del Golfo de California y la ubicación de los regímenes epidémicos con respecto a éstas, surge la pregunta de ¿Hasta dónde existe una relación causa-efecto entre la circulación del agua marina dentro del Golfo de California y el patrón endémico anual? Al respecto, Martorelli *et al.* (2010) argumentan la posibilidad de que el virus WSSV puede ser transportado por corrientes marinas a través de huéspedes reservorios y vectores mecánicos. En términos de la circulación superficial del agua en el Golfo de California, Soto-Mardones *et al.* (1999) reportan que ésta es predominantemente estacional, donde el agua tiende a entrar durante la primavera-verano y a salir durante otoño-invierno. Otros reportes (Collins *et al.*, 1997; Castro *et al.*, 2000; Figueroa *et al.*, 2003; Marinone, 2003) indican la entrada de agua al Golfo de California a través de la cuenca Pescadero, desde el lado continental (Sinaloa) y, la salida del Golfo desde el lado Peninsular (Baja California Sur) y señalan que en la cuenca la circulación puede ser ciclónica o anticyclónica, con una tendencia a tener una mayor circulación anticyclónica entre octubre-marzo; también, señalan que en la Cuenca Farallón predomina la circulación anticyclónica en octubre-noviembre, con una mayor circulación

ciclónica en enero-marzo. De acuerdo con Parés-Sierra (Com. Pers.) cada región al interior del Golfo de California puede presentar patrones particulares de circulación de acuerdo a la diversas variables ambientales (temperatura, mareas, dirección y fuerza del viento, entre otros) por lo que es pertinente estudiar la relación entre patrones de circulación del agua del Golfo de California y la dispersión del virus WSSV mediante la aplicación de modelos de simulación oceanográficos. Dichas condiciones particulares podrían repercutir en la toma de decisiones para definir fechas de siembra y de cosecha de las granjas ubicadas en las JLSA infectadas con éste patógeno.

El desfasamiento espacio-temporal de los regímenes epidémicos detectados en el presente estudio indica que los primeros brotes virales inician en las granjas que se abastecen de agua de la cuenca Mazatlán y, continúan detonando progresivamente en diferentes regímenes de infección de sur a norte hasta las granjas que se abastecen de agua de la cuenca Farallón. Se presentan tres hipótesis alternas para explicar éste desfasamiento: (1) durante el invierno el virus WSSV se mantiene en algún reservorio situado en la zona tropical fuera del Golfo de California y en la primavera ingresa a éste infectando a las granjas camaronícolas de la zona tropical y desplazándose posteriormente por la vía acuática hacia dentro del Golfo de California; (2) el virus WSSV se mantiene en reservorios tanto de la zona costera adyacente al sur del Golfo de California (cuenca Mazatlán), como en la zona costera de las cuencas Pescadero y Farallón y, los eventos se detectan tardíamente en estas últimas por el disparo progresivo de algún factor ambiental, biológico o de manejo que incrementa la carga viral y, (3) el virus WSSV se mantiene en el invierno-primavera en los sistemas de cultivo de cualquiera de las zonas mencionadas, cuando no se cumple con los protocolos de saneamiento en post-cosecha.

Sustentos de la primera hipótesis para explicar el desfasamiento espacio-temporal de los regímenes epidémicos

En muestreos invernales (diciembre del 2007 y Enero del 2008) realizados en granjas ubicadas en la región de Marisma Ancha-Teacapán-Valle de la Urraca (zona limítrofe entre Sinaloa y Nayarit) se detectó la presencia del virus WSSV en camarones *L. vannamei* cultivados en granjas que iniciaron operaciones entre agosto-septiembre del 2007 (PISA, 2008). Los resultados de los muestreos también revelaron la presencia del virus en organismos silvestres del ecosistema adyacente, tales como camarones *L. vannamei*, jaibas y huevos de jaibas. Lo cual es indicativo de que el virus puede permanecer en la región Sur adyacente al Golfo de California, cuando menos hasta el mes de enero, ofreciendo con ello al virus un puente entre un ciclo de cultivo y otro. Esto coincide con resultados observados en granjas camaronícolas de la misma región, donde se han reportado infecciones por el virus WSSV a partir de febrero (PISA, 2008). Un estudio realizado en Vietnam (Quang *et al.*, 2009) indica que el virus WSSV puede persistir en los estanques dónde se han presentado brotes de la WSD y ecosistemas aledaños, al menos un año posterior al brote.

Esparza-Leal *et al.* (2009) determinaron que entre los meses de septiembre-octubre, es posible detectar al virus WSSV en varias fracciones líquidas y partículadas (0.45 a 100 µm) del agua de estanques camaronícolas infectados. Esto indica que el virus puede estar asociado con fracciones del plancton, tales como microplancton (20-200 µm), nanoplancton (2-20 µm) y/o picoplancton (0.2-2.0 µm), que tanto lo pueden albergar como transportar. En el mismo estudio, se determinó que el virus asociado a estas fracciones puede causar infección en camarones WSSV-negativos a 27 °C. Previamente, en condiciones de laboratorio se había demostrado que los camarones pueden ser infectados por inmersión en agua que contiene partículas virales (Chou *et al.*, 1998, Chen *et al.*, 2000) y que la infección también puede lograrse por la vía de la adhesión de partículas virales a células de fitoplancton, consumidas por rotíferos que posteriormente se utilizaron como alimento para camarones (Zhang *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2007). Hay evidencias que indican que los rotíferos constituyen un riesgo potencial para la transmisión del WSSV en langostinos (Yan *et al.*, 2007). Además, se ha demostrado que el agua misma puede ser un medio efectivo de transporte, aunque aparentemente éste virus no puede sobrevivir más que unos cuantos días fuera del huésped (Flegel *et al.*, 1997; Maeda *et al.*, 1998; Prior y Browdy, 2000). La viabilidad del virus WSSV en agua de mar reportada por Flegel *et al.* (1997) fue de 3-4 días, mientras que Maeda *et al.* (1998) indican que éste virus no es infectivo para *P. monodon* y *M. japonicus* después de 5-7 días en agua de mar.

Prior y Browdy (2000) determinaron que agua de mar que contenía camarones infectados por el virus permaneció infectiva por 48 h. En tanto que 3-7 días parece ser una buena estimación del periodo infectivo del virus fuera de un huésped en agua de mar y condiciones de cultivo. Dicho período en condiciones de laboratorio puede ser de 50 días a 25 °C (Momoyama *et al.*, 1998) y mayor de 60 días pero menor a 120 días a la misma temperatura (Maeda *et al.*, 1998).

Sustentos de la segunda hipótesis para explicar el desfasamiento espacio-temporal de los regímenes epidémicos

Si se asume la posibilidad de que el virus WSSV se mantiene en reservorios virales tanto en la zona costera adyacente al Sur del Golfo de California como en la zona costera de las cuencas Mazatlán, Pescadero y Farallón, puede ser posible que algún mecanismo ambiental o biológico incremente la carga viral diferencialmente dependiendo de la época del año y la latitud. Uno de los factores podría ser la temperatura del agua. Se ha reportado que una de las diferencias relevantes entre las cuencas Oceanográficas del Golfo de California es el régimen térmico, particularmente el que se presenta en el período comprendido entre octubre y mayo (Soto-Mardones *et al.*, 1999), ya que el régimen térmico entre julio-septiembre es muy similar a lo largo del Golfo. El diferencial latitudinal consiste en que la amplitud de la oscilación de temperatura entre el invierno y el verano se incrementa de sur a norte (Fig. 4). Soto-Mardones *et al.* (1999) establecieron cuatro regiones térmicas desde el punto de vista geográfico: (1) Región Térmica Norte, situada al norte de las Grandes Islas, con una oscilación promedio invierno-verano de 10 a 32 °C; (2) Región Térmica de las Grandes Islas, que incluye la cuenca de San Pedro Mártir (10 a 32 °C); (3) Región Térmica Central, que incluye las cuencas de Guaymas y Del Carmen, oscilando entre 16 a 31 °C y (4) Región Térmica Sur, que comprende las cuencas Farallón y Pescadero con un intervalo de 20 a 31 °C (Fig. 4). Lo anterior implica que en verano se presente una pequeña diferencia en la temperatura superficial entre todas las cuencas y regiones térmicas del Golfo de California (\approx 2 °C), en comparación con el diferencial observado durante el invierno (\approx 7 °C).

Los brotes de la WSD que se han presentado en las granjas que se abastecen de agua de la cuenca Farallón (Región Térmica Sur) han ocurrido en una oscilación térmica de 27 a 31 °C (PISA, 2008), las cuales son similares a las reportadas en brotes de la WSD en Ecuador (Sonnenholzner *et al.*, 2002a, b). También, se ha estudiado la relación entre temperaturas estables, progreso de la infección viral y mortalidad en *L. vannamei* a diferentes intervalos: Colombia, 25-32 °C (Vidal *et al.*, 2001); Ecuador, 27-33 °C (Calderón, 2002) y Europa, 27-33 °C (Rahman *et al.*, 2006). Mientras que con temperaturas variables se ha estudiado la oscilación 27-33 °C (Rahman *et al.*, 2007a). En términos generales, los estudios mencionados mostraron un efecto protector de la hipertermia a niveles estables superiores a 32-33 °C y, con oscilaciones diarias de 27-33 °C cuando se mantiene a 33 °C.

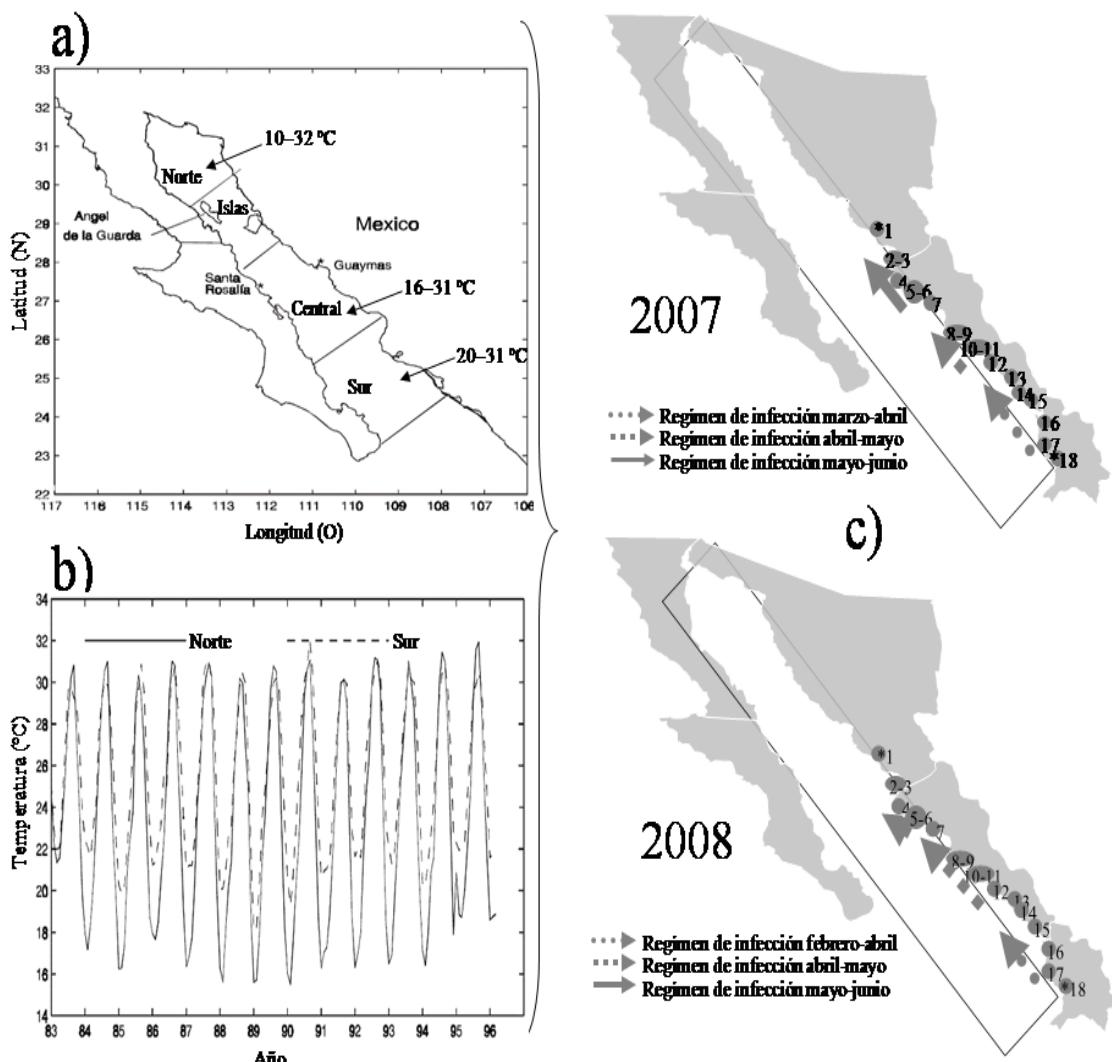


Figura 4. (a) Regiones térmicas dentro del Golfo de California (tomada y modificada de Soto-Mardones *et al.*, 1999); (b) serie temporal de los promedios espaciales del promedio mensual de la temperatura superficial del mar para las regiones norte y sur del Golfo de California (tomada de Soto-Mardones *et al.*, 1999) y, (c) región endémica y regímenes de infección de las granjas con el virus WSSV durante el 2007 y 2008 (la numeración descrita dentro del mapa representa la ubicación de las Juntas Locales de Sanidad Acuícola, la cual esta referenciada en las figuras 2 y 3).

Resultados similares fueron reportados por Esparza-Leal *et al.* (2010) y Esparza-Leal (2010), quienes observaron que la infección de organismos sanos sometidos en jaulas tanto en estanques con brotes de la WSD como en un dren de descarga, se presenta en dos períodos (120-168 y 360 h posteriores a la exposición) dentro del intervalo de temperatura de 24.9-33.4 °C e indican que la fluctuación diaria de la temperatura con períodos de alta temperatura (>32 °C) puede proveer una protección parcial por hipertermia que puede reducir la replicación viral en algunos estanques, tal como lo mencionan Vidal *et al.* (2001) y Rahman *et al.* (2007b). Ésta protección parcial puede decrecer después de que se presente una reducción de la temperatura.

Si se toman en cuenta las temperaturas que ocurren entre julio y septiembre en todas las cuencas del Golfo de California, es posible que la hipertermia pueda considerarse como uno de los factores que fortalecen la supervivencia del camarón y la disminución de la carga viral durante ese periodo, en granjas que experimentan la ocurrencia de eventos epidémicos durante el ascenso de la temperatura, tal como ya ha sido mencionado en párrafos anteriores. Sin embargo, la recurrencia de los brotes de la WSD en esas mismas granjas, posteriores a eventos ciclónicos, indica que a pesar de la dificultad para detectar el virus en temperaturas altas, éste puede persistir en las cuencas de

Farallón y Pescadero en el periodo de julio a septiembre; tal como se reporta para algunas granjas de Sonora (PISA, 2008) y resultados obtenidos en el presente trabajo.

El efecto protector de la temperatura (hipertermia) durante el verano no necesariamente implica la erradicación del virus WSSV de las granjas camaronícolas infectadas, pero es posible que si atenúe la replicación viral y/o la infectividad, tal como se determinó experimentalmente en *Marsupenaeus japonicus*, en la cual la infección con el virus WSSV progresó rápidamente en temperaturas de 23 a 28 °C, con una atenuación del efecto infectivo a 33 °C (Guan *et al.*, 2003). Un experimento adicional mostró que la atenuación de la infectividad también ocurrió con un cambio de la temperatura de 33 a 15 °C (Guan *et al.*, 2003), lo que sugiere que no sólo la hipertermia (>32-33 °C) sino también la hipotermia (\approx 15 °C) pueden alterar la replicación viral, así como retrasar el progreso de la infección y/o mortalidad.

Si la hipotermia puede disminuir la replicación viral en crustáceos, tal como se ha demostrado en algunos estudios (Guan *et al.*, 2003; Du *et al.*, 2008) o en hospedantes alternos y, existe un reservorio viral en la Cuencas Pescadero y Farallón, es posible que la temperatura de invierno disminuya la carga viral, mientras que el ascenso de ésta durante la primavera-verano incremente dicha carga. Si lo anterior es posible, la combinación del Régimen Térmico y corrientes marinas puede dificultar el ingreso del virus durante el verano y su permanencia entre ciclos de cultivo en las granjas que se abastecen de agua de las Cuencas de San Pedro Mártir, Guaymas y Del Carmen, ya que en estas cuencas la duración del período hipotérmico es mayor.

Sustentos de la tercera hipótesis para explicar el desfasamiento espacio-temporal de los regímenes epidémicos

Si el virus WSSV se mantiene en el invierno-primavera en los sistemas de cultivo de camarón de cualquiera de las zonas ya mencionadas con anterioridad, ello puede estar dependiendo tanto del cumplimiento de los protocolos de saneamiento como de las condiciones ambientales en las que esté situada la granja. Los resultados del Programa PISA obtenidos entre los ciclos de cultivo 2006-2007 indicaron una ausencia de registros del virus WSSV previo a la operación en granjas que fueron seleccionadas para darles un seguimiento epidémico y que se abastecen de agua de la Cuenca del Carmen y Farallón; pero, con detecciones positivas para el virus WSSV en algunas granjas que se abastecen de agua de la cuenca Mazatlán (sistema Agua Brava) (PISA, 2008). Resultados obtenidos por el mismo grupo de trabajo, también indican que los paros o vacíos sanitarios conjuntos tuvieron efecto en algunas granjas camaronícolas que se abastecen de agua de las cuencas Farallón y Mazatlán. Lo que permite sugerir, que la combinación de paros sanitarios, su duración y aplicación de protocolos de manejo puede constituir un elemento clave para excluir al virus de los sistemas de cultivo camaronícola, ya que existen reportes que indican que el secado, remoción de sólidos y tratamiento de los estanques antes de sembrar, repercute no sólo en la eliminación de posibles patógenos sino también en sus huéspedes, portadores, depredadores y competidores (Chang *et al.*, 1998; Maeda *et al.*, 2000; Corsin *et al.*, 2005).

Si bien es posible que al retrasar las fechas de siembra para realizarlas en el período en los que la temperatura va en ascenso, puede ayudar a que los cultivos se mantengan sin brotes de la WSD por la posible protección hipertérmica, también debe de considerarse la posibilidad de que ésta decisión esté influyendo en la duración del período de exposición solar de los suelos de los sistemas de cultivo (reservorio, estanques y drenes) durante el período invernal y, su posible efecto sobre la exclusión o reducción de la carga viral. Otro de los puntos que se tendrían que considerar, es que la efectividad de los vacíos sanitarios puede ser dependiente de la localización de las granjas y la temperatura del período invernal, lo cual implica que el cumplimiento de los protocolos sanitarios en granjas ubicadas en regiones con temperatura invernal más alta (principalmente cuenca Mazatlán) requiere un mayor énfasis en cuanto a la sincronización, aplicación del protocolo sanitario y duración del período de secado.

CONCLUSIONES

En los ciclos de producción 2007-2008 fue definida una región endémica con presencia del virus WSSV, que se encuentra entre las zonas limítrofes de Tuxpan, Nayarit y Agiabampo, Sonora. Dicha región presentó tres regímenes de infección con un desfasamiento espacio-temporal de Sur a Norte: 1) febrero-abril, 2) abril-mayo y 3) mayo-junio, que coincidieron con las cuencas Oceanográficas de Mazatlán, Pescadero y Farallón, respectivamente. Se tienen tres hipótesis para explicar las causas del desfasamiento en los regímenes de infección, las cuales se relacionan con la permanencia del virus entre un ciclo y otro de cultivo en camarones y hospedante alternos, tanto en granjas de cultivo como en cuerpos de agua de las cuencas oceanográficas, los regímenes de temperatura en función de las cuencas y la latitud y de la capacidad de dispersión del virus a través de las corrientes del Golfo de California.

LITERATURA CITADA

- Calderón, J., 2002. **Análisis de una traumática experiencia: El WSSV en Ecuador.** Mundo Acuícola. 8(1): 20-24.
- Castro, R., A. S. Mascarenhas, R. Durazo, C. A. Collins. 2000. **Seasonal variation of the temperature and salinity at the entrance to the Gulf of California.** Ciencias Marinas. 26: 561-583.
- CESANAY (Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Nayarit, A.C.). 2009. **Campañas: censo de granjas.** (En línea). Disponible en: <http://www.cesanay.com/boletines2009.htm>.
- CESASIN (Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa, A.C.). 2010. **Estadísticas: resúmenes de siembras y cosechas.** (En línea) Disponible en: <http://www.cesasin.com.mx/ESTADISTICAS.html>.
- Chang, P. S., H.C. Chen, Y.C. Wang. 1998. **Detection of white spot syndrome associated baculovirus in experimentally infected wild shrimp, crab and lobsters by In situ hybridization.** Special Issue: Proceedings of the 2nd International Conference on the Culture of Penaeid Prawns and Shrimps. E. T. Quinitio and J. H. Primavera (eds.). Aquaculture. 164: 233-242.
- Chen, J.C., M.N. Lin, Y.Y. Ting, J.N. Lin. 1995. **Survival, haemolymph osmolality and tissue water of *Penaeus chinensis* juveniles acclimated to different salinity and temperature levels.** Comparative Biochemistry and Physiology. 110A: 253-258.
- Chen, L.L., C.F. Lo, Y.L. Chiu, C.F. Chang, G.H. Kou. 2000. **Natural and experimental infection of white spot syndrome virus (WSSV) in benthic larvae of mud crab *Scylla serrata*.** Diseases of Aquatic Organisms. 40: 157-161.
- Chou, H.Y., C.Y Huan, C.F. Lo, G.H. Kou. 1998. **Studies on transmission of white spot syndrome associated baculovirus (WSBV) in *Penaeus monodon* and *P. japonicus* via waterborne contact and oral ingestion.** Aquaculture. 164: 263-276.
- Collins, C.A., N. Garfield, A.S. Mascarenhas, M.G. Spearman, T.A. Rago. 1997. **Ocean currents across the entrance to the Gulf of California.** Journal of Geophysical Research. 102: 20927-20936.
- Coman, G.J., P.J. Crocos, N.P. Preston, D. Fielder. 2002. **The effects of temperature on the growth, survival and biomass of different families of juvenile *Penaeus japonicus* Bate.** Aquaculture. 214: 185-199.
- CSABCS (Comité de Sanidad Acuícola de Baja California Sur, A.C.). 2009. **Cifras de producción: producción de camarón 2009.** (En línea). Disponible en: <http://www.cesabcs.org/cifrasproduccion.html>.
- Corsin, F., J.F. Turnbull, C.V. Mohan, N.V. Hao, K.L. Morgan. 2005. **Pond-level risk factors for white spot disease outbreaks.** Pages 75-92 in P. Walker, R. Lester and M.G. Bondad-Reantaso (eds.). *Diseases in Asian Aquaculture*. Asian Fisheries Society, Manila.
- COSAES (Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora, A.C.). 2010. Diagnósticos sanitarios: Campañas de sanidad acuícola; resultados de producción. (En línea). Disponible en: <http://www.cosaes.com/>.
- Du, H., W. Dai, X. Han, W. Li, Y. Xu, Z. Xu. 2008. **Effect of low temperature on viral replication of white spot syndrome virus in *Procambarus clarkii*.** Aquaculture. 277: 149-151.
- Esparza-Leal, H.M. 2010. **Región endémica, régimen de infección y evaluación de la vía acuática como mecanismo de dispersión del virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV) en granjas camaronícolas del norte de México.** Tesis de Doctorado. Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, México. (En línea). Disponible en: [http://cosaes.com/Tesis%20Doctorado%20Hector%20Esparza \(30-Jun-2010\).pdf](http://cosaes.com/Tesis%20Doctorado%20Hector%20Esparza (30-Jun-2010).pdf).
- Esparza-Leal, H.M., C.M. Escobedo-Bonilla, R. Casillas-Hernández, P. Álvarez-Ruiz, G. Portillo-Clark, R.C. Valerio-García, J. Hernández-López, J. Méndez-Lozano, N. Vibanco-Pérez, F.J. Magallón-Barajas. 2009. **Detection of white spot syndrome virus in filtered shrimp-farm water fractions and**

- experimental evaluation of its infectivity in *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*.** Aquaculture. 292: 16-22.
- Esparza-Leal, H.M., F.J. Magallón-Barajas, G. Portillo-Clark, R. Perez-Enriquez, P. Álvarez-Ruiz, C.M. Escobedo-Bonilla, J. Méndez-Lozano, N. Mañón-Ríos, R.C. Valerio-García, J. Hernández-López, N. Vibanco-Pérez, R. Casillas-Hernández. 2010. **Infection of WSSV-negative shrimp, *Litopenaeus vannamei*, cultivated under fluctuating temperature conditions.** Journal of the World Aquaculture Society. 41: 912-922.
- Figueroa, J.M., S.G. Marinone, M.F. Lavin. 2003. **A description of geostrophic gyres in the Southern Gulf of California.** Pages 237-255 in O.U. Velasco-Fuentes, editor. Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics, Kluwer. Academic Publishers, Netherlands.
- Flegel, T.W., S. Boonyaratpalin, B. Withyachumarnkul. 1997. **Progress in research on yellow-head virus and white spot virus in Thailand.** Pages 285-295 in T.W. Flegel and I.H. MacRae (eds.). Diseases in Asian Aquaculture III. Asian Fisheries Society, Fish Health Section, Manila.
- Guan, Y., Z. Yu, C. Li. 2003. **The effect of temperature on white spot syndrome infections in *Marsupenaeus japonicus*.** Journal of Invertebrate Pathology. 83: 257-260.
- Hsu, H.C., C.F. Lo, Y.L. Chiu, C.F. Chang, G.H. Kou. 2000. **Effect of temperature shifts on shrimp lightly infected with white spot syndrome virus (WSSV).** Acta Zoologica Taiwanica. 11: 63-81.
- Juárez, L. M. 2008. **Current status of shrimp aquaculture in Mexico.** Panorama Acuícola Magazine Enero/Febrero. pp. 48-53.
- Kautsky, N., P. Rönnbäck, M. Tedengren, M. Troell. 2000. **Ecosystem perspectives on management of disease in shrimp pond farming.** Aquaculture. 191: 145-161.
- Le Moullac, G., P. Haffner. 2000. **Environmental factors affecting immune responses in crustacean.** Aquaculture. 191: 121-131.
- Liu, B., Z. Yu, X. Song, Y. Guan. 2007. **Studies on the transmission of WSSV (white spot syndrome virus) in juvenile *Marsupenaeus japonicus* via marine microalgae.** Journal of Invertebrate Pathology. 95: 87-92.
- Maeda, M., T. Itami, A. Furumoto, O. Hennig, T. Imamura, M. Kondo, I. Hiroto, T. Aoki, Y. Takahashi. 1998. **Detection of penaeid rod-shaped DNA virus (PRDV) in wild-caught shrimp and other crustaceans.** Fish Pathology. 33: 373-380.
- Maeda, M., T. Itami, E. Mizuki, T. Tanaka, Y. Yoshizu, K. Doi, C. Yasunaga-Aoki, Y. Takahashi, T. Kawarabata. 2000. **Red swampy crawfish (*Procambarus clarkii*): An alternative experimental host in the study of white spot syndrome virus.** Acta Virologica. 44: 371-374.
- Marinone, S.G. 2003. **A three-dimensional model of the mean and seasonal circulation of the Gulf of California.** Journal of Geophysical Research. 108(C10), 3325, 10.1029/2002JC001720.
- Martorelli, S.R., M.R. Overstreet, J.A. Jovonovich. 2010. **First report of viral pathogens WSSV and IHNV in Argentine crustaceans.** Bulletin of Marine Science. 86: 117-131.
- Momoyama, K., M. Hiraoka, H. Nakano, M. Sameshima. 1998. **Cryopreservation of penaeid rod-shaped DNA virus (PRDV) and its survival in sea water at different temperatures.** Fish Pathology. 33: 95-96.
- Páez-Osuna, F., A. Gracia, F. Flores-Verdugo, L.P. Lyle-Fritch, R. Alonso-Rodríguez, A. Roque, A.C. Ruíz-Fernández. 2003. **Shrimp aquaculture development and the environment in the Gulf of California ecoregion.** Marine Pollution Bulletin. 46: 806-815.
- Peinado-Guevara, L.I., M. López-Meyer. 2006. **Detailed monitoring of white spot syndrome virus (WSSV) in shrimp commercial ponds in Sinaloa, Mexico by nested PCR.** Aquaculture. 251: 33-45.
- PISA (Programa Integral de Sanidad Acuícola en Camarón). 2008. **Condiciones biológicas y ambientales relacionadas con los eventos epidémicos del virus de la mancha blanca (WSSV) en el cultivo de *Litopenaeus vannamei* en el norte de México.** Technical Repor N° 2 (Número de registro I0004-2006-02-6003) Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México, México, D.F.
- Prior, S., C. L. Browdy. 2000. **Postmortem persistence of white spot and taura syndrome viruses in water and tissue (abstract).** Page 402 in World Aquaculture Society, U.S. Chapter annual conference, editor. New Orleans, USA, 2-5 February 2000.
- Quang, N.D., P.T. Hoa, T.T. Da, P.H. Anh. 2009. **Persistence of white spot syndrome virus in shrimp ponds and surrounding areas after an outbreak.** Environmental Monitoring and Assessment. 156: 69-72.
- Rahman, M.M., C.M. Escobedo-Bonilla, M. Corteel, J.J. Dantas-Lima, M. Wille, V. Alday, M.B. Pensaert, P. Sorgeloos, H.J. Nauwynck. 2006. **Effect of high water temperature (33 °C) on the clinical and virological outcome of experimental infections with white spot syndrome virus (WSSV) in specific pathogen-free (SPF) *Litopenaeus vannamei*.** Aquaculture. 252: 45-56.
- Rahman, M.M., M. Corteel, J.J. Dantas-Lima, M. Wille, V. Alday-Sanz, M.B. Pensaert, P. Sorgeloos, H.J. Nauwynck. 2007a. **Impact of daily fluctuations of optimum (27 °C) and high water temperature**

- (33°C) on *Penaeus vannamei* juveniles infected with white spot syndrome virus (WSSV). Aquaculture. 269: 107-113.
- Rahman, M.M., M. Corteel, M. Wille, V. Alday-Sanz, M.B. Pensaert, P. Sorgeloos, H.J. Nauwynck. 2007b. The effect of raising water temperature to 33 °C in *Penaeus vannamei* juveniles at different stages of infection with white spot syndrome virus (WSSV). Aquaculture. 272: 240-245.
- Ruiz-Fernández, A.C., F. Páez-Osuna. 2004. Comparative Survey of the influent and effluent water quality of shrimp ponds on Mexican farms. Water Environment Research. 76: 5-14.
- Sonnenholzner, S., J. Rodríguez, F. Perez, I. Betancourt, F. Echeverria, F. Panchana. 2002a. Supervivencia, prevalencia del virus y respuesta immune de camarones juveniles, *L. vannamei*, desafíados a WSSV a diferentes temperaturas. Boletín Informativo CENAIM 48. (En línea). Disponible en: www.cenaim.espanol.edu.ec.
- Sonnenholzner, S., J. Rodríguez, J. Calderón. 2002b. Temperatura y WSSV: Estudios prometedores del CENAIM sobre técnicas de cultivo de camarón. Advocate (agosto): 55-57.
- Soto-Mardones, L., S.G. Marinone, A. Parés-Sierra. 1999. Variabilidad espacio temporal de la temperatura superficial del mar del Golfo de California. Ciencias Marinas, 25: 1-30.
- Vidal, O.M., C.B. Granja, F. Aranguren, J.A., M. Salazar. 2001. A profound effect of hyperthermia on survival of *Litopenaeus vannamei* juveniles infected with white spot syndrome virus. Journal of the World Aquaculture Society. 32: 364-372.
- Yan, D.C., S.L. Dong, J. Huang, J.S. Zhang. 2007. White spot syndrome virus (WSSV) transmission from rotifer inoculum to crayfish. Journal of Invertebrate Pathology. 94: 144-148.
- Zhang, J.S., S.L. Dong, X.L. Tian, Y.W. Dong, X.Y. Liu, D.C. Yan. 2006. Studies on the rotifer (*Brachiunus urceus* Linnaeus, 1758) as a vector in white spot syndrome virus (WSSV) transmission. Aquaculture. 261: 1181-1185.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue parte de un proyecto financiado por CONACYT (I0004-2006-02-60030), CONAPESCA y Comités de Sanidad Acuícola de Sinaloa, Sonora, Nayarit y Baja California Sur, que llevó por título “Consorcio para la innovación y Competitividad Acuícola”, por lo cual se agradece a todas las instituciones mencionadas.

Héctor Manuel Esparza Leal

Doctor en Ciencias en Biotecnología por el Instituto Tecnológico de Sonora, México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, CONACYT.

Francisco Javier Magallón Barajas

Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de la Habana, Cuba. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, CONACYT.

Ricardo Pérez-Enriquez

Doctorado en Genética y Reproducción de Peces por The United Graduate School of Agricultural Science, Kochi University, Japan. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, CONACyT.

Ramón Casillas-Hernández

Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de la Habana, Cuba. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, CONACYT.

Julio A. Cabanillas-Ramos

Maestría en Ciencias por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Mazatlán, Sinaloa, México.

Wenceslao Valenzuela-Quiñónez¹

Doctor en Uso Manejo y Preservación de los Recursos Naturales por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, BCS, México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, CONACyT.