



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
IZTACALA

EVALUACION DEL TOXICO ESTANDAR DODECIL
SULFATO DE SODIO SOBRE LA SENSIBILIDAD
DE LA ESPECIE *Penaeus setiferus* Linneo, 1767.

(Camarón blanco)

BO 1409/98
g.1

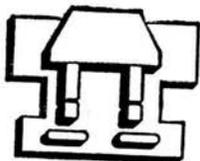
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

ROSA MARIA NUÑEZ GARCIA



LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MEXICO.

1998.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria.

*A mis padres: Eva García Arce y Maximiliano Núñez Uc *, mi más profundo agradecimiento y admiración, por su amor persistente y apoyo incondicional. Por brindarme la oportunidad de seguir preparándome y luchar sin mirar atrás.*

A mis hermanos: Max, Carlos, Miguel, Alvaro, Mari, José, Julio, Agustín y Diana por su cariño; de manera especial a Eva y a Marcelino; por el amor brindado a toda nuestra familia y su sabiduría y nobleza en la Escuela de la vida.

A todos mis amigos del grupo 202: Mayela, Vero, Beti, Natalia, Aida, Alma, Teresa; Manuel, Alejandro, Mario, Luis, Adrian I, y Ariel; en particular a Lidia Zendejas por su insustituible amistad y cariño.

Con mucho cariño a Bibina Yañez Martínez ¡gracias por tu aliciente y valiosa amistad!

Este trabajo se realizó bajo la dirección del M. en C. Sergio Cházaro Olvera y la Biol. Julia M. Medina Jiménez, en las Instalaciones del Instituto Mexicano del Petróleo y en el Laboratorio de Ecología de la Escuela Nacional de Estudios Superiores Iztacala; con el apoyo de la Biól. Medina; a través del Programa de becas para la formación de los recursos humanos de la Industria Petrolera. Instituto Mexicano del Petróleo. Proyecto CDC-0402.

RESUMEN.

Una parte medular en los programas de control de calidad es la realización de bioensayos para evaluar la sensibilidad de los organismos prueba, utilizando los denominados tóxicos de referencia. En el presente trabajo se estudió el efecto del tóxico estándar Dodecil Sulfato de Sodio en distintas edades del camarón blanco del Golfo *Penaeus setiferus* determinando la CL50, así como algunas respuestas específicas de conducta y morfológicas durante el bioensayo. Así mismo, se evaluó al camarón *P. setiferus* como una especie susceptible a ser estandarizada en pruebas de regulación ambiental en la zona de mayor actividad petrolera de nuestro país: la Sonda de Campeche. Las pruebas fueron de tipo aguda estática. Para la evaluación de la concentración letal se utilizó el método de Unidades Probabilísticas PROBIT. Para la selección de organismos de ensayo se utilizaron los criterios establecidos por la APHA(1992), FAO(1991) y Bellan (1991). Los valores obtenidos fueron LC50 de 6.53 ppm para la edad 12, 4.21ppm para la edad 18, 7.52 ppm para organismos de 30 días y 6.41 ppm para los de 42 días. Se detectaron respuestas características en la locomoción de los organismos y un ligero cambio de coloración. El camarón blanco *P. setiferus* es una especie viable para ser utilizada en bioensayos de toxicidad, sin embargo son necesarios un mayor número de estudios para optimizar la producción del material biológico.

CONTENIDO.

RESUMEN.

1.0	INTRODUCCIÓN.	1
1.1	BIOENSAYOS DE TOXICIDAD.	1
1.2	TÓXICOS DE REFERENCIA.	2
1.3	DODECIL SULFATO DE SODIO.	4
1.4	ORGANISMOS PARA LOS ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN Y REGULACIÓN.	5
1.5	BIOLOGÍA DE LA ESPECIE <i>Penaeus setiferus</i> .	5
1.5.1	DISTRIBUCIÓN.	6
1.5.2	SISTEMÁTICA	6
1.5.3	MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA	7
1.5.4	CICLO DE VIDA.	9
2.0	ANTECEDENTES.	10
2.1	ENSAYOS CON DIFERENTES ESPECIES DE ORGANISMOS.	10
2.2	ENSAYOS CON DODECIL SULFATO DE SODIO.	10
2.3	BIOLOGÍA DE LA ESPECIE	11
3.0	OBJETIVOS.	13
4.0	MATERIAL Y MÉTODOS.	14
5.0	RESULTADOS.	18
6.0	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	20
7.0	CONCLUSIONES.	27
8.0	REFERENCIAS.	28
9.0	TABLAS.	34
10.0	FIGURAS	37
11.0	ANEXOS	48

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estudios realizados con distintos tóxicos de referencia.	3
Tabla 2. Evaluación del tóxico de Referencia Dodecil sulfato de sodio.	4
Tabla 3. Condiciones de la prueba durante los bioensayos con <i>P. setiferus</i> .	15
Tabla 4. Respuestas de comportamiento y conducta de <i>P. setiferus</i> edad 12 días, durante 96 hrs de exposición.	34
Tabla 5. Respuestas de comportamiento y conducta de <i>P. setiferus</i> edad 18 días, durante 96 hrs de exposición.	34
Tabla 6. Respuestas de comportamiento y conducta de <i>P. setiferus</i> edad 30 días, durante 96 hrs de exposición.	35
Tabla 7. Respuestas de comportamiento y conducta de <i>P. setiferus</i> edad 42 días, durante 96 hrs de exposición.	35
Tabla 8. Resultados de la evaluación de <i>P. setiferus</i> como especie de referencia.	36

LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
Fig. 1. Fórmula desarrollada del dodecil sulfato de sodio.	5
Fig. 2. <i>Penaeus setiferus</i> Vista lateral de una hembra adulta	37
Fig. 3. Vista dorsal de una Hembra adulta de <i>Penaeus setiferus</i> .	38
Fig. 4. Vista ventral de una Hembra adulta de <i>Penaeus setiferus</i>	39
Fig. 5. Ciclo de vida de camarones peneidos.	40
Fig. 6. Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en <i>Penaeus setiferus</i> de 12 días. 96 Hrs.	41
Fig. 7. Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en <i>Penaeus setiferus</i> de 18 días. 72 Hrs	41
Fig. 8. Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en <i>Penaeus setiferus</i> de 18 días. 96 Hrs	42
Fig. 9. Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en <i>Penaeus setiferus</i> de 30 días. 24 Hrs	42
Fig. 10. Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en <i>Penaeus setiferus</i> de 30 días. 48 Hrs	43
Fig. 11. Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en <i>Penaeus setiferus</i> de 30 días. 72 Hrs	43
Fig. 12. Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en <i>Penaeus setiferus</i> de 30 días. 96 Hrs.	44
Fig. 13. Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en <i>Penaeus setiferus</i> de 42 días. 24 Hrs	44
Fig. 14. Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en <i>Penaeus setiferus</i> de 42 días. 48 Hrs	45
Fig. 15. Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en <i>Penaeus setiferus</i> de 42 días. 72 Hrs	45
Fig. 16. Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en <i>Penaeus setiferus</i> de 42 días. 96 Hrs.	45
Fig. 17. CL50 a 96 hrs con dodecil sulfato de sodio y datos de mortalidad observada y calculada en unidades Probit, para <i>Penaeus setiferus</i> , edad 12.	46
Fig. 18. CL50 a 96 hrs con dodecil sulfato de sodio y datos de mortalidad observada y calculada en unidades Probit, para <i>Penaeus setiferus</i> , edad 18.	46
Fig. 19. CL50 a 96 hrs con dodecil sulfato de sodio y datos de mortalidad observada y calculada en unidades Probit, para <i>Penaeus setiferus</i> , edad 30.	47

Fig. 20. CL50 a 96 hrs con dodecil sulfato de sodio y datos de mortalidad observada y calculada en 47 unidades Probit, para *Penaeus setiferus*, edad 42.

A N E X O S.

	Pág.
APÉNDICE I. Estimación del valor de CL50 a 96 hrs para las edades: 12, 18, 30 y 42, mediante el Método de unidades Probabilísticas PROBIT.	47
APÉNDICE II. Determinación de diferencias significativas mediante el método de (Sokal, 1963), entre las distintas edades utilizadas	51
APÉNDICE III. Criterios para la determinación de camarones sanos en un tanque y su comportamiento normal.	52
APÉNDICE IV. Criterios establecidos para la selección de Especies de Referencia.	52

1.0 INTRODUCCIÓN.

A medida que el hombre ha desarrollado su tecnología, ha propiciado la aparición de diferentes fenómenos, como la concentración de grandes poblaciones en determinados lugares y la transformación, cada vez más determinante del ambiente a fin de satisfacer sus necesidades. Así es como en la actualidad, el hombre ya no sólo depende de lo que le proporcionan los ecosistemas locales, ya que el ser humano consume energía y biomasa para satisfacer sus necesidades tanto biológicas como culturales. Para el conjunto de la humanidad, el metabolismo biológico representa únicamente el 12% del consumo total de energía, mientras que el restante 88% corresponde a lo que Margalef llama el metabolismo externo, exosomático, o cultural (Gutiérrez *et al.*, 1988).

Sin embargo, aunque el enfoque y difusión que se da a través de los medios masivos de comunicación acerca de las alteraciones ecológicas son en función únicamente de los efectos nocivos para las poblaciones humanas, es indispensable resaltar que las actividades tecnológicas bien encausadas han generado valiosos beneficios a la humanidad. Es imperioso que se evalúe el efecto real que las actividades productivas generan, lo anterior con el fin de aportar alternativas que coadyuven a la utilización de los recursos naturales.

Debido a esto el cambio en la actitud de muchos países se manifiesta a través de sus legislaciones ambientales. En México por ejemplo, existe la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en la que se contemplan todos los aspectos relativos a la contaminación del agua, aire y suelo (SEMARNAP, 1997).

Resulta de gran importancia desarrollar estudios que apoyen nuestra legislación ambiental, ya que nuestros efluentes receptores presentan características bióticas distintas y son potencialmente afectadas por descargas específicas utilizadas en nuestro país. En la evaluación de la contaminación del agua por estas descargas los estudios con organismos acuáticos son determinantes ya que en primera instancia éstos serán los receptores de toda condición adversa asociada a la descarga. Las pruebas físicas y químicas no resultan suficientes, siendo necesario realizar la evaluación con seres vivos que sean representativos del área afectada (FAO, 1991).

1.1 BIOENSAYOS DE TOXICIDAD

Una prueba o bioensayo de toxicidad acuática es un procedimiento en el que se miden las respuestas de los organismos acuáticos y se utiliza para detectar o medir la presencia o el efecto de una o más sustancias, residuos o factores ambientales actuando aisladamente o en combinación (APHA, 1992).

Las pruebas de toxicidad se pueden clasificar de acuerdo a la duración del experimento, a los métodos de adición del tóxico y a la solución experimental.

Bioensayos de Corta Duración o de Toxicidad Aguda. Este tipo de prueba tiene una duración de 24 a 96 horas, a partir de la cual se obtienen respuestas precisas y definidas del tóxico, como lo es la muerte del organismo. Los parámetros de Toxicidad Aguda son los LC50 a 24, 48 o 96 horas, cada uno de los cuales corresponden a la concentración a la cual el 50% de los organismos tratados mueren (LC50) o muestran una conducta anormal determinada (EC50) a las 24, 48 o 96 horas de exposición al contaminante. Estas concentraciones críticas son estimadas exponiendo a los organismos a series de concentraciones logarítmicas del tóxico y observando su respuesta en un tiempo determinado. Se inicia con la búsqueda del rango de concentraciones a que deben ser expuestos los organismos y se procede a la prueba definitiva (APHA, 1992)

Estos ensayos de toxicidad siguen cuatro tipos básicos de diseño de acuerdo al recambio de la solución experimental: estáticos sin recambio, estáticos con recambio, de flujo continuo o intermitente e *in situ*. Las pruebas de Toxicidad Aguda; se utilizan para obtener en forma rápida una idea de la magnitud tóxica del contaminante y tomar decisiones frente a una contaminación accidental aguda según WHO, Bellan y Marigómez en FAO (1991) además de establecer criterios reguladores de la calidad de las aguas, también se utilizan para control de rutina de los requisitos de la descarga permitida de vertidos y para pruebas exploratorias, utilizando una estructura mínima en laboratorio. Estas pruebas también son utilizadas para tener una rápida estimación de la toxicidad, para ensayar la toxicidad relativa de distintos tóxicos o residuos para un organismo determinado o la sensibilidad relativa de los organismos a las diferentes condiciones de variables tales como la temperatura y pH. También indican la concentración máxima permitida para exposiciones muy breves, tal como puede suceder con organismos que pasan a través de una planta generadora de energía térmica o una zona de aguas cálidas.

1.2 TÓXICOS DE REFERENCIA.

Clases idénticas de organismos acuáticos no son igualmente susceptibles a diferentes sustancias tóxicas, debido a esto existe la necesidad de aplicar pruebas control que antecedan a pruebas con los contaminantes específicos para que así se obtengan respuestas comparables a nivel intra e interlaboratorios, así mismo se permite medir las respuestas biológicas conocidas y desconocidas de materiales presentes en el medio que se desea analizar. Debido a esto una parte medular de los programas de control de calidad, es la realización de bioensayos para evaluar la sensibilidad del organismo de prueba, utilizando los denominados tóxicos de referencia. Un Tóxico de Referencia es una sustancia química utilizada en los bioensayos de toxicidad, en concentraciones previamente

determinadas y que de acuerdo a sus resultados, permite establecer el estado de respuesta de los organismos de prueba empleados, así como comparar resultados intra e inter laboratorios. El uso de estos tóxicos, proporciona también una evaluación general de la precisión (estabilidad y repetibilidad) a través del tiempo sin que esto interfiera en exceso con la adecuación de esas pruebas a circunstancias locales. Lo esencial es una razonable uniformidad en los procedimientos y en la presentación de los datos (Environmental Protection Series, 1990).

TABLA 1. ESTUDIOS REALIZADOS CON DISTINTOS TÓXICOS DE REFERENCIA	
TIPO DE TEST	TÓXICO DE REFERENCIA.
• 96 Hrs. Letalidad en trucha arcoiris	4-clorofenol, fenol, pentaclorofenato de sodio, cromo hexavalente, cobre y zinc.
• 7 días. Supervivencia y crecimiento en Peces.	Pentaclorofenato de sodio, cromo hexavalente, zinc y cobre.
• 48 Hrs. Letalidad en <i>Daphnia</i> spp.	4 -clorofenol, fenol, pentaclorofenato de sodio, cromo hexavalente.
• 3 progenies. Supervivencia y reproducción en <i>Ceriodaphnia dubia</i> .	Pentaclorofenato de sodio, cloruro de sodio y cromo hexavalente.
• 96 Hrs. Inhibición del crecimiento en <i>Selenastrum capricornotum</i> .	Fenol, cromo hexavalente, cobre y zinc.
• 96 Hrs. Letalidad en Peces.	4 clorofenol, fenol, pentaclorofenato de sodio, cromo hexavalente, zinc.
• Microtox	Fenol, pentaclorofenato de sodio.

Los organismos cultivados en el laboratorio se someten mensualmente a ensayos de referencia seleccionada (ejemplo dodecil sulfato de sodio, dicromato de potasio, sulfato de zinc, etc.) Estos ensayos de referencia se realizan simultáneamente con los ensayos de toxicidad regulares, empleando el mismo grupo de organismos. Cualquier lote que se reciba, externo al laboratorio, se somete al ensayo previo o durante su empleo en el ensayo de toxicidad. Los resultados individuales son comparados con pruebas que se han realizado anteriormente para identificar cuando estos caen dentro de un rango aceptable de variabilidad si se presentara variación debe atribuirse a factores tales como salud de los organismos, diferencias entre lotes de organismos en cuanto a tolerancia genética, cambios en la calidad del agua del laboratorio y la consistencia operacional de las técnicas (Rodríguez y Esclapes, 1995).

Los criterios de selección para los tóxicos de referencia se engloban en 8 consideraciones: A) Detección de organismos anormales. B) Datos de toxicidad establecidos. C) Disponibilidad en forma pura. D) Solubilidad. E) Persistencia y estabilidad en solución. F) Estabilidad en almacenamiento y G) Facilidad de cuantificación EPS (1990) y Fogels (1977).

1.3. DODECIL SULFATO DE SODIO.

Los detergentes y jabones son sin duda algunos de los elementos de mayor uso y desgraciadamente de los más vertidos a los sistemas acuáticos. Las concentraciones observadas son muy variables, según el grado de contaminación y la naturaleza de los productos vertidos, pero en aguas abajo de los núcleos urbanos importantes es posible observar concentraciones de 2 o 3 mg por litro. A consecuencia de sus propiedades, estas sustancias hacen disminuir la tensión superficial de los medios que los contienen, fenómeno que da lugar a consecuencias más o menos graves como lo es la aparición de espumas en ciertos puntos de los cursos de agua. Por la formación de una capa continua, las espumas impiden todo intercambio gaseoso entre el medio acuático y la atmósfera, perturbando así considerablemente los procesos de autodepuración. Las espumas son muy ricas en surfactantes aniónicos como el dodecil sulfato de sodio y las concentraciones obtenidas pueden alcanzar mil veces las observadas en la solución (Pesson, 1970). Debido a lo descrito anteriormente y a que cumple con los criterios establecidos por diversos especialistas, (Tabla 2) el dodecil sulfato de sodio ha sido seleccionado en numerosos estudios como tóxico de referencia

TABLA 2. EVALUACIÓN DEL TÓXICO DE REFERENCIA DODECIL SULFATO DE SODIO.	
CRITERIOS	DODECIL SULFATO DE SODIO.
1.-Detección de organismos anormales.	FALTAN ESTUDIOS.
2.-Datos de toxicidad establecidos.	SI.
3.-Disponible en forma pura.	SI.
4.-Soluble.	SI.
5.-Persistencia y estabilidad en solución.	SOLO EN PERÍODOS CORTOS DE EXPOSICIÓN.
6.-Estabilidad en almacenamiento.	SI.
7.-Análisis fácil y preciso.	SI.

El Dodecil sulfato de sodio es llamado también Lauril sulfato de sodio o ácido sulfúrico monododecil ester sal de sodio.

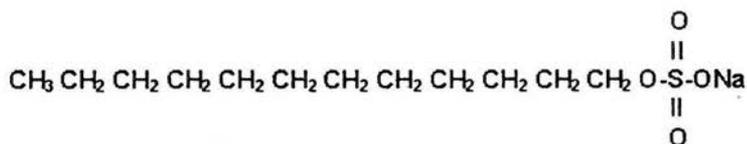


Fig. Fórmula desarrollada del Dodecil Sulfato de Sodio.

Propiedades físicas y Usos. Cristales de color blanco o crema, en hojas o polvo. Ligero olor a sustancias grasas. Textura lisa. Reacción neutral. Un gramo se disuelve en 10ml de agua, dando una solución opalescente (de color entre blanco y azulado, con reflejos irisados. Soluciones acuosas de baja tensión superficial. Utilizado como detergente, surfactante, glicopolipéptido, en la Industria textil, para separación electroforética de proteínas y lípidos, ingredientes en pasta dental.

1.4 ORGANISMOS PARA LOS ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN Y DE REGULACIÓN.

Para obtener la máxima información de los diferentes tipos de bioevaluación deben seleccionarse los organismos más adecuados. Se debe tener en cuenta que se requieren diferentes tipos de aclimatación en el laboratorio, según las especies, y que es muy importante el que los organismos se manipulen con cuidado, no sufran daños, estén sanos y sean de edad o tamaño uniformes. La selección de los organismos de ensayo deberá basarse en distintos criterios como la amplia distribución de la especie en el área afectada, y su importancia económica y ecológica (FAO,1991)

Es la Environmental Protection Agency (1987) en los Estados Unidos de Norteamérica quien regula las descargas de fluidos de perforación mediante bioensayos LC50 y utiliza la especie *Mysidopsis bahia* como organismo de referencia. Sin embargo muchos países en vías de desarrollo hacen un fuerte seguimiento a las regulaciones ambientales establecidas en los E.U.A. ocurriendo que nuestra legislación ambiental suele ir adoptando medidas y estándares similares a los existentes en dicho país. Es esta realidad la que ha conducido a desarrollar métodos de evaluación de efluentes líquidos, bajo la premisa de que el efluente receptor presenta unas características distintas que son potencialmente afectadas por esas descargas.

De esta forma en las áreas de explotación petrolera de nuestro país principalmente aquellas ubicadas en la región Marina, se ha elegido a *Penaeus setiferus* (camarón blanco) como la especie susceptible a ser estandarizada y controlada en bioensayos de toxicidad (Medina,1995).

1.5 ESPECIES QUE SE EXPLOTAN Y SU DISTRIBUCIÓN.

1.5.1. DISTRIBUCIÓN.

Existen 318 especies de camarones registrados en el mundo. Entre ellos el género *Penaeus* sobresale por su importancia comercial con 25 especies; de las cuales 9 se localizan en aguas mexicanas; 4 especies en el golfo de México y 5 en el litoral del Pacífico mexicano.

Especies del Golfo de México:

<i>Penaeus setiferus</i>	camarón blanco
<i>P. aztecus</i>	camarón café
<i>P. duorarum</i>	camarón rosa.
<i>P. brasiliensis</i>	camarón del Caribe

Especies del Océano Pacífico:

<i>P. stylirostris</i>	camarón azul
<i>P. vannamei</i>	camarón blanco
<i>P. californiensis</i>	camarón café
<i>P. brevistris</i>	camarón rojo
<i>P. occidentalis</i>	camarón blanco de Tehuantepec.

Entre las especies de camarones peneidos del Golfo de México *Penaeus setiferus* es considerada una de las especies de mayor importancia comercial, siendo su principal zona de captura en nuestro país, la llamada Sonda de Campeche. Sin embargo su distribución abarca desde la costa Atlántica Norte de los Estados Unidos hasta el Noreste de la Península de Yucatán (Orellano,1993).

Los camarones del género *Penaeus* presentan una distribución muy amplia tanto en profundidad como en latitud, además pueden ser capturados tanto en aguas dulces como hipersalinas, la mayoría de las especies son de hábitos bentónicos y viven sobre distintos tipos de fondos que van desde limosos o limo-arenosos hasta rocosos y coralinos. En lo que concierne a los camarones de la familia Penaeidae, estos habitan en profundidades generalmente de 0 a 100 m en la porción de la plataforma continental. El

patrón general de distribución batimétrica con respecto a las tallas de *P. setiferus* describe a las tallas más pequeñas (24-30 mm de longitud del cefalotórax, L.C.) en la zona costera adyacente a las desembocaduras de ríos y sistemas lagunares de Tabasco y Campeche. posteriormente, los organismos subadultos (30.1-34 mm de L.C.) se desplazan hacia el área localizada frente a la Isla del Carmen, entre 7 y 25 brazas de profundidad (12.6-45 m9 donde alcanzan tallas adultas (mayores a 34.1 mm de L. C.) (Gracia, 1989)

1.5.2 SISTEMÁTICA

FILO	Artropoda
SUBFILO	Crustácea
CLASE	Malacostraca (Latreille, 1806)
SUBCLASE	Eumalacostraca (Grobben, 1892)
SUPERORDEN	Eucarida (Calman, 1904)
ORDEN	Decapoda (Latreille, 1802)
SUBORDEN	Dendrobranchiata
INFRAORDEN	Penaeidea
FAMILIA	Penaeidae
SUBFAMILIA	Penaeinae
GENERO	Penaeus
ESPECIE	<i>Penaeus setiferus</i> . (Linnaeus, 1767)

1.5.3. MORFOLOGÍA Y FISIOLÓGÍA.

MORFOLOGÍA EXTERNA.

Los camarones peneidos son crustáceos decápodos con características morfológicas similares a los camarones de agua dulce, las langostas y los langostinos.

El camarón blanco *Penaeus setiferus*, es un peneido que se caracteriza por presentar un integumento delgado, pulido y traslucido, rostrum extendido dos tercios del largo del pereion, espinas posterior, rostral y hepática, rostrum de V a 11, carina gastro-frontal ausente, con primer diente dorsal cerca del ojo, telson de profundidad media, el pestasma del macho en forma de puente diagonal A través de la superficie dorso-lateral. Télico abierto. Talla media del macho adulto 182mm y de la hembra adulta 200mm. (Figs 2, 3 y 4)

MORFOLOGÍA INTERNA.

Sistema Digestivo.

El principal componente de este sistema es el intestino, se divide en tres regiones:

- a) El intestino anterior que comienza a partir de la apertura de la boca, que esta localizada ventralmente, posteriormente se localiza un esófago simple, tubular comúnmente agrandado, que funciona como estómago triturante debido a que sus paredes poseen crestas quitinosas opuestas en dentrículos calcáreos.
- b) La región media varía mucho en dimensiones. Casi siempre presenta varios pares de ciegos,. En los malacostracos, el intestino contiene glándulas digestivas sólidas llamadas hepatopáncreas, que están constituidas de conductos y túbulos ciegos secretores, sus secreciones constituyen la fuente principal de enzimas digestivas. La absorción de los alimentos queda limitada a las paredes del intestino medio y a los túbulos del hepatopáncreas, que poseen células para el almacenamiento de calcio, grasa y glucógeno.
- c) El intestino posterior comprende la parte final del aparato digestivo y se localiza en la parte final del tronco para desembocar en el ano (Blis,1983 en Tron,1988)

Sistema Excretor.

Los principales órganos de excreción en los camarones (y en la mayoría de los crustáceos) son unas glándulas antenales, (también llamadas glándulas verdes) y las glándulas maxilares.

La morfología de las glándulas comúnmente consiste en tres porciones: un saco interno terminal, un canal excretorio y la salida del ducto. La parte baja del canal excretor y la salida del ducto pueden ser elongadas y formar una vejiga.

Sistema circulatorio.

El sistema circulatorio de los camarones, al igual que el resto de los crustáceos es un sistema abierto, la fluye a través de la cavidad hemocélica , el movimiento de la hemolinfa se debe a la acción del bombeo del corazón situado en el tórax que esta provisto de tres ostiolos uno en cada ángulo lateral del corazón y otro en el dorsal; de este órgano salen cinco tipos de arterias que irrigan todo el cuerpo (arteria anterior, arteria media, arteria oftálmica, un par de arterias cefálicas laterales de las antenas y arterias hepáticas)

Sistema Respiratorio.

Las branquias se originan de la pared del cuerpo. Están compuestas de un eje central a lo largo del cual se disponen en prolongaciones laterales. En los peneidos consiste en un eje que lleva una serie de ramas apareadas en ángulo recto, en cada rama surgen numerosos filamentos perpendiculares, los cuales se bifurcan. Las branquias y los filamentos están dentro de cámaras aferentes y eferentes. Este

tipo de branquias se denominan dendrobranquias y son características de todos los integrantes de la superfamilia Peneoidea (Suborden Dendrobranchiata).

Sistema Reproductivo.

La mayoría de los crustáceos son dioicos. Las gónadas generalmente son pareadas y se localizan sobre el intestino lateralmente y muchas veces rodeando el intestino medio.

El aparato reproductor masculino consiste en testículos que se dirigen a un orificio genital en posición ventral. En algunos crustáceos la porción terminal del vaso deferente puede aumentar para servir como vesícula seminal. El aparato reproductor del macho se abre al exterior a través de un simple gonoporo.

El sistema reproductivo femenino está formado típicamente por ovarios que se extienden desde el cefalotorax hacia la parte posterior del abdomen conectándose con los oviductos que los conducen a unos orificios localizados en el artejo basal del tercer par de pereopodos (Blis, 1983 *in* Tron, 1993)

1.5.4. CICLO DE VIDA

Diferencias marcadas entre los sexos se evidencian a través de apariencias distintas entre machos y hembras. Por lo general las hembras reproductoras son más grandes que los machos maduros sexualmente.

La cópula generalmente ocurre en aguas oceánicas donde son liberados los huevos fecundados. La fecundación de los huevos ocurre en el momento del desove. La distancia a la costa y la profundidad difiere entre las especies, pero en el caso de *P. setiferus* las áreas de desove se encuentran cercanas a la costa, en áreas de 12.6 a 45 m de profundidad, generalmente eclosionan en 28°C después de 18-24 h de haber sido liberados. Una vez eclosionados, las larvas pasan por 5 estadios de nauplio, tres de protozoa y tres estadios de mysis, antes de llegar a ser postlarva. el desarrollo larval frecuentemente toma entre 14 y 18 días, dependiendo de la temperatura del agua y de la cantidad y calidad del alimento disponible. Las postlarvas migran desde las áreas de desove hacia los estuarios y lagunas costeras donde crecerán en las áreas de crianza (Fig.5) Las postlarvas utilizan una gran variedad de hábitats como las zonas de pastos sumergidos, áreas de manglares, camas de algas, etc. las postlarvas crecen a los estadios de subadultos en los estuarios y lagunas costeras ricas en nutrientes desde donde re-inician la migración hacia las áreas de reproducción en las aguas abiertas oceánicas. en las áreas templadas por lo general las migraciones de los adultos se llevan a cabo estacionalmente mientras que en las zonas tropicales estas migraciones se realizan prácticamente todo el año (Rosas y Martínez, 1996).

2.0. ANTECEDENTES.

2.1. ENSAYOS DE TOXICIDAD CON DIFRENTES ESPECIES DE ORGANISMOS.

Sobre bioensayos de toxicidad en diversos organismos encontramos los trabajos de Sprague (1973) quien analizó la ventaja del uso de peces en bioensayos de contaminación, por otra parte Hinds *et al* (1986) realizaron experimentos evaluando la toxicidad de los aceites minerales utilizados en la manufactura de lodos de perforación y los compararon con combustible diesel, utilizado también para preparar lodos, y determinaron que los últimos son hasta 20 veces más tóxicos que los primeros debido a su alto contenido de compuestos aromáticos polinucleares, este estudio se realizó en las siguientes especies: *Crangon crangon*, *Pleuronectes pletessa* y *Palaemonetes pugio* encontrando un rango de LC50 entre las 50 000 y 100 000 ppm. Así mismo Fucik *et al.*, (1995) reportaron un estudio con fluidos de perforación y su efecto en cuatro especies de peces: *Menidia beryllina*, *Brevoortia tyrannos*, *Sciaenops ocellatu*, *Leiostomus xanthurus* y cuatro invertebrados: *Callinectes sapidus*, *Panaeus setiferus* y *Crassostrea virginica*, estos autores trabajaron utilizando aceites, y sus dispersantes, empleados en perforación. Los resultados comparativos demuestran que *P. setiferus* fue más sensible a las sustancias prueba que *C. sapidus* y *P. aztecus*. En el caso del aceite el cual fue mezclado con agua marina, la sensibilidad fue similar entre *C. Sapidus* y *P. setiferus* mientras que *P. aztecus* fue el menos sensible. Existen por otra parte bioensayos de toxicidad en específico para la especie *Mysidopsis bahia*, como los trabajos reportados por Nimmo *et al.*, (1977), Ayers *et al.*,(1985) y Jones *et al.*,(1986) quienes presentan una recopilación de los valores de toxicidad que se han evaluado con distintos lodos y aditivos base agua empleados en perforación de pozos, los resultados indican valores de toxicidad muy bajos en todos ellos, siendo únicamente dos de un total de 51, los que no cumplen con la normatividad norteamericana, en este mismo trabajo se proporciona una clasificación del grado de toxicidad que va desde prácticamente no tóxica (mayor de 10,000 ppm) hasta no muy tóxica (menor de 1.0 ppm).

2.2 . ENSAYOS CON DODECIL SULFATO DE SODIO.

Anderson *et al.*, (1974) utiliza organismos de la Costa Central de Texas trabajando con el camarón de pasto *Palaemonetes pugio* y el misidaceo *Mysidopsis almyra* usando en sus evaluaciones comparativas el tóxico estándar Lauril Sulfato de Sodio, Sus resultados indican que la mayoría de las especies tienen un valor de LC50 entre 3 y 10 ppm a excepción de *Palaemonetes pugio* especie que presentó una alta tolerancia a este compuesto. Para este mismo tóxico Duke *et al.*, (1984) reporta resultados con la especie *Mysidopsis bahia* en una evaluación previa a 8 fluidos de perforación, la respuesta de los misidos al tóxico de referencia, mostró una CL50 de 96 hrs de 5.4 ppm. También podemos citar a

Parrish y Macauley (1986) quienes realizaron pruebas con dos fluidos genéricos empleados en perforación, seis aditivos y el tóxico Lauril Sulfato de Sodio en la especie *M. bahía*, las evaluaciones se realizaron por separado y en combinación, los resultados indicaron que en el caso de los fluidos la toxicidad combinada fue menor que la evaluada de manera independiente, en cuanto a los resultados con el tóxico se determinó un valor de LC50 de 4.3 a 9.2 mg/l. Finalmente Bailey y Barret (1988) también caracterizaron fluidos de perforación utilizando el mismo tóxico de referencia en la especie *M. Bahía*.

Cogwill, Martínez-Jerónimo, García-González y SCFI en Muñoz-Mejía (1997) trabajaron con *Daphnia magna*. utilizando el dodecil sulfato de sodio en sus evaluaciones de toxicidad, éstos autores encontraron valores de 7.3 hasta 25 ppm para pruebas a 48 hrs. Muñoz-Mejía (1997) utilizó a *Daphnia pulex*, *Ceriodaphnia dubia*, y *Simocephalus vetulus* obteniendo valores de LC50 48 hrs de 5.3, 8.6 y 4.5 ppm Este mismo autor obtuvo coeficientes de variación de entre 25 y 33% en sus evaluaciones de toxicidad aguda, lo cual indica que el dodecil sulfato de sodio es un buen compuesto para su utilización como tóxico de referencia.

2.3. BIOLOGIA DE LA ESPECIE *P. Setiferus*.

Sobre la biología de la especie en estudio se tienen los trabajos de Amaya y Poillon (1974) quienes realizaron un trabajo sobre la supervivencia y osmoregulación de *P. setiferus* y su tolerancia a la salinidad, dicho autor encontró que los valores de supervivencia fueron mayores en las salinidades elevadas y menores en las bajas, teniendo su óptimo en el intervalo de 32 a 36 % Alfonso *et al*, (1993) publican un manual para la producción de postlarvas de camarones peneidos, Díaz (1980) por otra parte investigó los factores fisiológicos que afectan el metabolismo respiratorio ante diferentes combinaciones de salinidad y temperatura este autor encontró mayor sobrevivencia a salinidades entre 50 y 75% y temperatura de 20 y 30 °C. Porras (1984) describe la morfología, fisiología y rasgos nutricionales de la flora bacteriana hidrocarbonoclástica de los peneidos *P. aztecus*, *P. duorarum* y *P. setiferus*. Cárdenas (1989) realizó un estudio de la distribución y abundancia de postlarvas epibénticas de *Penaeus aztecus* y *P. setiferus* en la Laguna de Tamiagua determinaron que el mayor reclutamiento hacia la laguna se presentó mediante pulsos trimestrales. Sobre análisis de Reproducción y fecundidad se puede citar el trabajo de Saldaña (1992) quien señala que la inducción a la maduración sexual se puede llevar a cabo de manera exitosa por los métodos de ablación parcial unilateral y total unilateral. El tiempo de maduración que se obtiene de ésta técnica es de 25 a 30 días, Pérez (1994) estimó la fecundidad de tres especies de camarones (*P. setiferus*, *P. aztecus*, y *P. duorarum*). Los resultados

indicaron una relación directa entre la fecundidad y el peso de la gónada y el corporal, además la especie de mayor fecundidad resultó *P. setiferus*.

Debido a la importancia ecológica, económica y comercial del camarón blanco *Penaeus setiferus* y al elevado número de sustancias que utiliza el hombre de manera inadecuada o con riesgo para las diferentes formas de vida, bajo diversos diseños y en los más variados procesos resulta importante realizar este tipo de estudios tendientes a determinar los efectos de toxicidad mediante el uso de soluciones estándar como en este caso el dodecil sulfato de sodio.

3.0 OBJETIVOS:

1. Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de Dodecil Sulfato de Sodio en distintas edades de camarón blanco *Penaeus setiferus*.
2. Evaluar patrones de comportamiento de *P. setiferus* durante la aplicación de diferentes concentraciones de Dodecil Sulfato de Sodio.
3. Determinar la viabilidad de utilizar *P. setiferus* en bioensayos de toxicidad y como especie de referencia.

4.0 MATERIAL Y METODOS.

Se utilizaron postlarvas de *Penaeus setiferus* proporcionadas por el Grupo Camarón de la Facultad de Ciencias de la UNAM, ubicados en Cd. del Carmen, Campeche.

Se nombró convencionalmente a los organismos de acuerdo al número de días que van transcurriendo en este estadio, cuando la larva mysis experimenta la metamorfis se llama postlarva 1 PL1(Edad 1), después PL2(Edad 2) a la postlarva al siguiente día y así sucesivamente, PL3(Edad 3), PL4(Edad 4), etc. de acuerdo al criterio establecido por Alfonso (1993). En la tabla 9 se presentan los valores de edad citados en el presente trabajo (12, 18, 30 y 42) y su equivalencia con la edad que presentan los organismos a partir del 1er día de nacidos.

El lugar al que se transfirieron las postlarvas es un sistema de acuario con un total de 800l de agua marina preparada en el laboratorio. Los organismos se mantuvieron en el laboratorio bajo las siguientes condiciones:

Temperatura 26-28 °C utilizando termostatos marca WEST, se realizaron los monitoreos de temperatura con un termómetro de mercurio escala mínima de 0.1 °C, la Salinidad fue de 33-35 ppm, y se realizaron las mediciones correspondientes con un salinómetro de temperatura con una precisión de 0.003 ppm, marca Cole-Parmer, al presentarse disminución en la salinidad se agregó sal marca Instant Ocean. El oxígeno disuelto se mantuvo no menor a 5 ppm; aplicando aireación abundante con bombas de acuario, éste parámetro se evaluó con un oxímetro marca YSI Model 51-b. El sistema de acuario contó con un tratamiento de depuración eficiente a base de un filtro mecánico, un separador de albúmina (espumador), un filtro biológico, un filtro de luz ultravioleta y un ozonificador, conectados en esta misma secuencia en el sistema de acuario y se realizó la circulación del agua por medio de bombas sumergibles, por otra parte se realizaron mediciones de pH utilizando un potenciómetro marca INDUMEX modelo M-822, con división mínima de 0.1 pH, calibrado con un buffer 4, 7 y 9.

El suministro de alimento consistió en una aplicación al día a razón de 10 ± 2 nauplios de *Artemia spp* por organismo y dos aplicaciones de alimento pelletizado dos veces al día.

Para evaluar el efecto del tóxico estándar Lauril sulfato de sodio así como la concentración a la cual éste afecta a la especie en estudio se utilizó un método estandarizado con duración de 96 horas llamado Prueba de Toxicidad Aguda Estática (APHA,1992) el cual consistió en la exposición de los organismos a distintas concentraciones con la finalidad de encontrar la concentración que causó la mortalidad de un 50% de los organismos utilizados durante un período de exposición de 96 hrs. Las concentraciones utilizadas para la prueba fueron: 2, 4, 6, 8, 10, y 12 ppm de dodecil sulfato de sodio. El diseño

experimental se llevó a cabo de la siguiente manera: Se utilizaron un total de 20-30 contenedores de 2000ml de capacidad para realizar el ensayo. Se utilizaron 5 diferentes concentraciones prueba y un control con sus respectivas repeticiones. En cada contenedor se utilizó una densidad de 10 organismos. Los contenedores se distribuyeron aleatoriamente dentro de la zona de prueba. Se mantuvo una densidad igual a 10 para cada contenedor. Esta prueba aguda sólo se consideró aceptable si la supervivencia de los controles era mayor o igual a un 90%. Pueden aceptarse niveles más bajos de supervivencia en los ensayos de largo plazo, o en las pruebas en las que se contemplen estadios biológicos cuya supervivencia es limitada incluso en condiciones ideales. (APHA,1992)

La preparación del Tóxico estándar se basó en la metodología establecida por la Environmental Protection Agency (1985) la cual recomienda el uso de químicos con un 95% de pureza. el material de prueba se prepara pesando un gramo de Dodecil Sulfato de Sodio o Lauril sulfato de sodio. (Fórmula: $C_{12}H_{25}NaO_4S$ Peso molecular 288.38) en una balanza analítica y adicionando este químico a un matraz volumétrico de 100 mililitros, y aforando posteriormente con agua desionizada, ésta fue la solución madre o concentrada. Posteriormente las soluciones a distintas concentraciones se prepararon adicionando 0.1ml de la solución concentrada por cada parte por millón. deseada y al obtener las ppm requeridas se aforó a 1 litro de agua marina preparada en el laboratorio. (EPA,1985) Los parámetros que se controlaron durante el experimento se enlistan en la Tabla 3.

TABLA 3. CONDICIONES DURANTE EL BIOENSAYO.

• Temperatura	• 25 ± 2 °C
• Tipo de luz	• Artificial
• Fotoperíodo	• 12 h luz, 12 h oscuridad.
• Envase de prueba	• Cristalizadores 2000 ml
• Volumen de solución prueba	• 1000 ml
• Densidad	• 10.
• No. de réplicas por concentración	• 3
• Alimentación	• Sí
• Aireación	• No
• Agua de dilución.	• Agua marina sintética.
• Duración de la prueba	• 96 h
• Tipo de bioensayo	• Agudo estático
• Efecto medido	• Mortalidad. Comportamiento.

Análisis de los datos provenientes del bioensayo agudo-estático.

Se determinó el valor de LC50 (Concentración a la cual el tóxico causa la muerte del 50% de los organismos utilizados en el bioensayo) por medio del método de unidades probabilísticas: Probit siguiendo los lineamientos establecidos por la Norma Mexicana NMX-AA-087 para *Daphnia magna*. (SCFI, 1991) y cuyos lineamientos se establecen a continuación:

I. Elaboración de una tabla con los siguientes datos:

- 1) Concentración del efluente o tóxico usado en la prueba. (%)
- 2) Log₁₀ de la concentración del efluente o tóxico (X)
- 3) Número de organismos por concentración (N)
- 4) Mortalidad observada por concentración. *
- 5) Porcentaje de Mortalidad por concentración (P)
- 6) Probit empírico. (EP)
- 7) Probit calculado (CP)

II. Los incisos 1 al 5 son obtenidos directamente del bioensayo.

III-El valor de Probit empírico se obtiene de la Tabla; citada a continuación de la NMX-AA-087-1995-SCFI. El punto de intersección dentro del cuerpo de la tabla corresponderá al valor de Probit establecido, por ejemplo 45% de mortalidad tendrá un valor de 4.87.

RELACION DE % DE MORTALIDAD / PROBIT EMPÍRICO.										
%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66
10	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
20	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
30	4.48	4.50	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72
40	4.75	4.77	4.80	4.82	4.85	4.87	4.90	4.92	4.95	4.97
50	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.13	5.15	5.18	5.20	5.23
60	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.50
70	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
80	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
90	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33
99a	7.33	7.37	7.41	7.46	7.51	7.58	7.65	7.75	7.88	8.09

IV. Graficar en papel el log10 de las concentraciones en el eje "X" y los Probit empíricos en el eje "Y".

V. Efectuar el ajuste de la recta, utilizando la ecuación de la recta:

$$Y = mx + b$$

Al realizar el paso anterior, se traza una recta perpendicular al eje "Y" exactamente en el valor de Probit igual a 5. En el punto de intersección con la recta ajustada, proyectar hacia el eje "X" para obtener el Log10 de la LC50.

Una vez obtenido el valor de Log10 de la LC50 mediante la siguiente relación:

$$CL50 = \text{Antilog}_{10} X \text{ (en } Y = 5 \text{)}$$

Para estimar lo mas precisamente posible el efecto del tóxico en el período establecido de exposición, se dividió a las respuestas observadas en dos grupos: 1) conductual (comportamiento) y 2) morfológico. La agrupación anterior fue determinada tomando en consideración que las características fueran lo más fácilmente observables, precisas y cuantificables según lo establecido por Odum(1987), FAO(1991) Rand (1992), y Rosas(1996), como atributos y conductas normales y anormales de la especie. Apéndice III.

Para establecer si *Penaeus setiferus* puede ser utilizada en bioensayos de toxicidad se utilizaron los criterios establecidos por FAO, 1977; Bellan, 1981; Reish y Oshida, 1986; APHA,AWWS,WPCF 1989 (en FAO, 1991). Apéndice IV. Este objetivo se analizó mediante investigación bibliográfica. Se agruparon las referencias de los autores que con su investigación fundamentan o rechazan la viabilidad de utilizar al camarón blanco del Golfo de México (*Penaeus setiferus*), como especie de referencia.

5.0 RESULTADOS.

En las figuras 6-16 se presenta el número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas durante todo el tiempo de exposición en las diferentes edades estudiadas, las concentraciones de dodecil sulfato de sodio se expresan en ppm Para la prueba con la edad 12 se encontró un valor promedio de mortalidad de 2 organismos para la concentración de 4 ppm de dodecil sulfato de sodio, un valor de 4 para las 6ppm, 7 organismos muertos para la concentración de 8 ppm, 8 para las 10 ppm y de 8 para la concentración más alta 12 ppm Para la prueba con la edad 18 el valor promedio de mortalidad fue de 2 para 2 ppm de dodecil sulfato de sodio, 5 organismos para las 4 ppm, 7 para la concentración de 6 ppm, 9 para las 8 ppm y 9 para la concentración de 10 ppm. En cuanto a la prueba con la edad de 30 días, los resultados fueron de 2, 3, 4, 6, y 9 organismos muertos para las concentraciones de 4, 6, 8, 10 y 12 ppm respectivamente. Para los organismos de 42 días, la mortalidad observada fue de: 3, 6, 6, 6 y 6 camarones, para las concentraciones de 4, 6, 8, 10 y 12 ppm respectivamente.

El cálculo de la concentración Dosis- Respuesta fue registrado en el Apéndice I, y las figuras:17-20. Se determinó para la edad 12 un valor de LC50 de 6.5302 ppm; así mismo para la edad 18 el valor encontrado fue de 4.2122 ppm. Para la edad 30 la CL50 es de 7.5251 ppm y 6.4129 ppm para la edad 42 días

Los resultados de las características de comportamiento se muestran en las Tablas 4-7. Durante las primeras 24 horas de los bioensayos se observó gran actividad en cuanto a nado constante, después de las 24 horas se registró una disminución de movimiento principalmente para las concentraciones menores a 6ppm hasta permanecer prácticamente sin desplazamiento

Por otra parte, para las concentraciones menores a 8 ppm, al inicio de todos los experimentos se observó que los organismos nadan cerca de la superficie en una relación promedio de 8 arriba, 2 abajo; posteriormente disminuyó el número de organismos que permanecían en la superficie conforme aumentaba el tiempo de exposición, después de las 48 horas los organismos se mantenían en el fondo principalmente, cerca de las paredes del recipiente y nadando alrededor de los contenedores cada 6 minutos aproximadamente. Así mismo, al sobrepasar las 72 horas de exposición los organismos de las concentraciones entre 10 y 12 ppm presentaron nado casi continuo. Finalmente se observó una disminución en cuanto al desplazamiento de los apéndices natatorios manifestando movimiento únicamente en pleópodos y antenas. En cuanto a la evaluación de la respuesta a estímulos se pudo observar una respuesta de aceptación constante, y un nado bien dirigido hacia el alimento. Para el

canibalismo se observó alguna tendencia de agresividad al inicio de las pruebas pero no se presentó mortandad por este factor.

En cuanto a las características morfológicas, en los organismos expuestos a concentraciones de 4, 6, 8, 10, y 12 ppm del tóxico se observó una coloración blanca del exoesqueleto a la altura del cefalotórax para los organismos en exposición de 2ppm se observó después de las 72 horas, en las concentraciones de 4, 6, 8, 10, y 12 ppm la diferencia de color fue antes de las 72 horas. Para las características de los ojos éstos se observaron opacos para todos los camarones utilizados a excepción únicamente del blanco esto fue más característico en los organismos de las concentraciones de 10 y 12 ppm y en todas las concentraciones al final de la prueba En ninguno de los organismos se observó la espina curvada además de que no se presentaron mudas durante el tiempo que se llevaron a cabo los bioensayos.

Los resultados para determinar la viabilidad de utilizar *Penaeus setiferus* en bioensayos toxicológicos con los respectivos autores se presentan en la Tabla 8 y fueron los siguientes.

- 1) Disponibilidad de la especie. Aún no se cuenta con los cultivos adecuados para producir postlarvas que garanticen la disponibilidad de la especie.
- 2) Capacidad de la especie para vivir en condiciones de laboratorio. Si presenta características para ser mantenida en laboratorio.
- 3) Estudios de Sensibilidad. Fucik y Car fueron los autores que en específico trabajaron con *P. setiferus*
- 4) Conocimiento previo de la Biología y comportamiento de la especie. Existen numerosos estudios que contribuyen al conocimiento y biología de la especie.
- 5) Importancia económica y ecológica de la especie. El camarón blanco del golfo *P. setiferus* es una de las especies de mayor importancia económica y ecológica.

6.0 DISCUSIÓN

De las figuras 6 a la 16 se observa que las concentraciones menores a 4 ppm causaron un reducido promedio de mortalidad en las diferentes edades de experimentación, ya que el número de organismos muertos para esta concentración no sobrepasó el 50% de mortandad en la población durante el tiempo de exposición. En cuanto a las concentraciones de 6 y 8 ppm se determinó que estas causaron el LC50 a 96 Hrs en primera instancia. Por otra parte se advierte como era de esperarse una relación directa entre la mortalidad y el tiempo de exposición, ya que el número de organismos muertos aumenta conforme avanza el tiempo de exposición.

En el presente trabajo se encontró que las concentraciones del tóxico que se requirieron para causar un efecto de mortandad (LC50) en cada una de las edades utilizadas son distintas. (Apéndice I y figuras 17-20) aunque al aplicar el estadístico de Sokal, (Apéndice II) no se determinaron diferencias significativas ($P < 0.05$), sin embargo, existen estudios que indican que los invertebrados especialmente en sus primeras etapas de desarrollo, son extremadamente sensibles a detergentes; concentraciones por debajo de 0.1 mg/l interfieren en el crecimiento y desarrollo de algunas especies (Abel,1974). Así mismo para peces se han realizado estudios comparativos de distintas edades para evaluar el efecto de surfactantes aniónicos como el Dodecil sulfato de sodio en los distintos estadios y se encontraron diferencias significativas entre las distintas edades (Abel,1973) se puede decir entonces que a edades tempranas es posible que se presente una mayor sensibilidad al tóxico de referencia. Se observa en el presente estudio que para la edad 18 existe una diferencia de hasta dos y tres ppm con respecto a las edades de 30 y 42 días; lo que indica una secuencia lógica de los resultados; y únicamente en la edad 12 se advirtió un valor con cierto grado de dispersión; esto podría atribuirse a condiciones genéticas del stock de larvas, ya que las condiciones del bioensayo fueron controladas uniformemente para todas las pruebas y como se ha comprobado la precisión de una prueba biológica está limitada por diversos factores entre los que se incluye la variación biológica interindividual que es normal dentro de una especie. Una prueba realizada con una especie tan sólo aporta una estimación precisa de la toxicidad referente a especies de tamaño, edad y condición fisiológica similar, en aguas de características parecidas y bajo condiciones de ensayo semejantes (APHA,1992).

Los valores encontrados en este trabajo concuerdan en específico con algunos valores encontrados en otras investigaciones de prueba de toxicidad aguda utilizando dodecil sulfato de sodio como lo reportado

por Parrish y Macauley (1986) para *Mysidopsis bahia* con un valor promedio de CL50 de 6.75mg/l, así mismo, Duke *et al.*, (1984) reportan también para *M. bahia* un valor de 5.45 ppm, estos mismos autores encontraron un valor de LC50 de 6.5ppm para *Penaeus aztecus*, *Paleomonetes pugio*, y *Mysidopsis almyra*, cabe mencionar que en estas especies se trabajó con el estadio postlarval.

Debido a esto si se analizan los valores encontrados entre las distintas especies de crustáceos se tiene un valor promedio de 6.23 ppm, lo que permitiría pensar que el Dodecil Sulfato de Sodio produce un índice útil para la medición del efecto letal agudo sobre los distintos organismos de prueba en condiciones específicas, ya que los valores entre si no rebasan los 3 órdenes de magnitud y en el presente trabajo se encontró un valor promedio de 6.16 ppm. Esto puede corroborarse si se analizan valores encontrados incluso para otro tipo de invertebrados y peces; para crustáceos como *Daphnia pulex*. Muñoz (1995) reporta un valor de CL50 de 5.33 ppm, para *Daphnia magna*, por otra parte (Cowgill *et al.*, en Muñoz, 1995) encontraron un valor de 8.59 mg/l⁻¹ utilizando el dodecil sulfato de sodio con un tiempo de exposición de 48 horas. Cowgill, Weber y SCFI (en Muñoz, 1995) reportan una LC50 a 48 horas de 7.3 a 14.5 ppm. En cuanto a los peces los valores encontrados varían de las 3 a las 10 ppm (Anderson *et al.*, 1974 y Fogels y Sprague, 1977) Se puede ver en estos resultados el parecido nominal entre los mismos invertebrados, respecto a los valores de LC50, para *P. setiferus* en específico se observa que los valores presentados en este trabajo son de los más bajos (6.16 ppm), a pesar de lo anterior se ha descrito que concentraciones menores a 0.1 mg/l pueden llegar a afectar a los organismos en su medio natural, *P. setiferus* es una especie que presenta su mayor abundancia en la Sonda de Campeche, pero una parte de su ciclo de vida (estadio postlarval) permanece en áreas de estuarios y lagunas costeras, una de las más importantes para su crianza es la Laguna de Términos, Campeche, la cual recibe la descarga de varios ríos entre los cuales los más importantes son: Palizada, Chumpán y Candelaria; zonas con centros de abundantes poblaciones, estudios de Protección Ambiental realizados en el IMP, para otras zonas aledañas reportan concentraciones de surfactantes aniónicos que van de 0.01 a 0.07 ppm. Aún cuando en ciertas condiciones el dodecil sulfato de sodio es biodegradado, se sabe también que los productos de la degradación son más tóxicos; ya que se forman óxidos de carbono (CO, CO₂) y (SO₂, SO₃) lo que enfatiza la importancia de evaluar las concentraciones y efecto de detergentes en el medio.

Para las respuestas conductuales y morfológicas (Tabla 4 a 7) se observa en primera instancia diferencias de locomoción entre las concentraciones menores a 10 ppm y las concentraciones mayores a ésta. Todos los organismos bajo el efecto de las concentraciones de 2, 4, y 6 ppm se mantuvieron prácticamente sin desplazamiento y se acercaban continuamente a la superficie durante las primeras

horas por el evidente estrés, posteriormente disminuyó este acercamiento; esta serie de conductas podría considerarse anormal en dado momento. Las postlarvas tempranas son aún pelágicas y van adquiriendo hábitos bentónicos paulatinamente, la PL6 es predominantemente bentónica.(Alfonso *et al.*, 1993), pero no es común que permanezcan sin movimiento. Por otra parte, se ha especificado que el nado normal del camarón durante y después del estadio postlarval es el nado en forma recta, nunca nada en superficie y prefiere estar sobre el fondo y paredes, además de nadar a lo largo del banco del estanque. Los organismos de las concentraciones mayores: 10 y 12ppm de Dodecil sulfato de sodio, presentaron nado constante durante el tiempo de exposición además de aumentar la locomoción al final del experimento lo que tal vez puede atribuirse a una falta de oxígeno, este factor efectivamente disminuyó al final del experimento, esto se puede corroborar con distintos estudios en donde concluyen que los surfactantes aniónicos (detergentes) afectaran directamente a los órganos respiratorios, además de que origina una disminución de la tensión superficial y se concentran en la superficie de los recipientes, la causa inmediata de la muerte es la asfixia sin embargo se sabe también que los detergentes pueden ser tóxicos internamente, pero los efectos letales que no se relacionan con el daño al sistema respiratorio no han sido estudiados (Abel,1973,1974 y Alexander y Clarke,1978).

Se observó en el presente estudio desplazamientos con patrones de conducta anormal ya que los camarones presentaron movimientos repetitivos durante todo el bioensayo, además de que el patrón de movimiento fue diferente al que de manera normal se presenta en estos animales. En las tablas 4 a la 7 se evaluó la información anterior y se observó una orientación directa hacia el alimento vivo, utilizado en este caso nauplios de *Artemia sp* como estímulo. Un organismo realiza actividades que incrementan la probabilidad de encontrar el alimento (búsqueda y orientación), así los movimientos de desplazamiento de los organismos acuáticos deben involucrar actividades motoras dirigidas y aleatorias, en este tipo de comportamiento se considera que la dirección de un movimiento en cualquier instante debe ser de manera azarosa, los movimientos también deben incluir respuestas directas a estímulos naturales como la luz, temperatura, salinidad, substrato, alimento, químicos, etc lo que provee de una buena indicación aún de manera indirecta de la función y capacidad del sistema nervioso general y la capacidad motora y sensora. (Rand, 1983).

En los resultados de las tablas 4-7, las postlarvas y juveniles de *P. setiferus*, se alimentaron de manera coordinada, lo que puede considerarse como un comportamiento normal. La disminución de movimiento en antenas y apéndices fue observada sólo al final del experimento por lo que se considero esta respuesta como una respuesta normal de daño al organismo al ser expuesto a este tipo de

bioensayos. El comportamiento de alimentación o predatorio involucra estrategias distintas que requieren coordinación motora y sensora. (KleereKoper en Rand, 1992).

En cuanto a las características, únicamente el cambio de coloración a la altura del cefalotórax se consideró una respuesta que podría atribuirse al tóxico, ya que una leve coloración blanca se observó en las distintas edades de *P. setiferus* en las concentraciones de 4,6,8,10 y 12 ppm, esta característica no se observó en los organismos testigo. En la zona donde el exoesqueleto quitinoso de los artrópodos carece de epicutícula y es delgada, constituye una cubierta relativamente permeable por los finos poros de ciertos conductos que funcionan como vías de salida para las secreciones de células glandulares subyacentes (Barnes,1985), por lo anterior no se descarta la probabilidad de que pudiese existir algún tipo de absorción cutánea. La habilidad de un químico para ser absorbido depende de dos eventos consecutivos. Primero debe disolverse y después debe ser liberada por un vehículo vector y penetrar entonces a la capa de células epiteliales. Ya que la absorción toma lugar por una difusión pasiva, la concentración del químico será obviamente un factor importante. En términos de vehículo la absorción del químico es aumentada a partir de un aceite en una emulsión base-agua, por ejemplo la crema líquida la cual contiene un agente activo, el surfactante anionico Dodecil sulfato de sodio. Los surfactantes incrementan la penetración cutánea de sustancias solubles en agua, posiblemente por el incremento de la permeabilidad de la piel al agua. (Tovell, *et al* 1973)

Estas conclusiones deben ser confirmadas, sin embargo es bien conocido que los cambios que ocurren en las branquias de un pez al Dodecil sulfato de sodio son típicas de una reacción aguda inflamatoria y son similares a los cambios producidos por otros agentes tóxicos. El epitelio de las branquias se levanta y los linfocitos y granulocitos invaden las células subepiteliales. (Abel,1974) Lo anterior puede entonces provocar cambios en el aspecto externo de los organismos expuestos a este tipo de tóxico por lo que en el presente estudio no se descarta la posibilidad de que se origine directamente un cambio en la coloración u otro aspecto morfológico.

Los ensayos para establecer criterios de calidad del agua se emplean para obtener una información más completa y exacta del grado de riesgo que suponen los diferentes tipos de contaminación, como base para predecir con exactitud las concentraciones seguras carentes de consecuencias ecológicas, como lo es el efecto adverso más grave de la toxicidad aguda: la muerte del organismo. Sin embargo en una prueba de toxicidad tanto el estímulo (considerando la cantidad y tiempo de exposición) como el ente biológico, son manejados por el investigador, siendo la cuantificación de la respuesta la que permite establecer conclusiones acerca del efecto adverso hacia los organismos (Gutiérrez *et al.*, 1988) Debido

a esto puede utilizarse una respuesta o cambio que sea fácilmente reconocida en los organismos, tal como la coloración, pérdida de equilibrio, etc. Lo anterior tomando en consideración que un animal tiende a mitigar los efectos de una perturbación ambiental con respuestas inmediatas de conducta y fisiológicas, regulando así su ambiente interno y su microambiente externo. (Krebs,1985 y Rand,1992) en base a lo anterior el presente trabajo recalca la importancia del reporte de respuestas conductuales y morfológicas, aun cuando se registre únicamente la presencia o ausencia de una reacción.

En cuanto a la viabilidad de utilizar *P. setiferus* en bioensayos toxicológicos de acuerdo a los criterios establecidos en la Apéndice IV se determinó que para la primera característica referente a la disponibilidad de la especie se encontraron varios autores que mencionan los avances a este respecto como Alfonso, (1993) quien enuncia que en el Atlántico de América, el personal del Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana, Cuba y del Laboratorio de Ecofisiología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, se encuentran trabajando en la adecuación de tecnologías para la producción de postlarvas de los camarones peneidos de importancia para América Latina por otra parte también el CRIP, apoya la factibilidad de obtener adultos del medio natural y en particular hembras fertilizadas ya que se cuenta con el equipo para capturarlos del medio marino y para almacenarlos y transportarlos, y estos ejemplares son utilizados para su posterior desove en laboratorio. En los estudios de Reproducción en cautiverio se han encontrado avances importantes en fecundidad y técnicas de desove de acuerdo a los siguientes autores: Fajer (1992), Orellano (1993), Mascaró (1993) Pérez (1994) y León (1995)

Para la segunda característica en estudio la cual se refiere a la capacidad de la especie para vivir en condiciones de Laboratorio, Alfonso *et al.*, (1993) confirma que entre los camarones peneidos del Atlántico, *P. setiferus*, *P. scmitii* y *P. paulensis*, presentan características que las hacen adecuadas para ser desarrolladas en cultivo, entre éstas se tiene: amplia tolerancia a la salinidad así como amplio espectro alimenticio. Rosas y Martínez (1996) por su parte exponen que el camarón blanco *P. setiferus* ha demostrado tener las cualidades que se requieren para ser una especie cultivable, entre estas se encuentran la tolerancia al manejo en condiciones de cautiverio, al cultivo de altas densidades, la resistencia de enfermedades y un crecimiento rápido y adecuado. De estas características el presente trabajo comprobó la tolerancia del camarón blanco al manejo en condiciones de laboratorio. Finalmente Díaz y Román (1980) mencionan que existen investigaciones de este recurso y sobre sus tasas metabólicas como especies potencialmente explotables mediante la cría artificial y que esto ha permitido conocer que han desarrollado mecanismos de regulación del medio interno, realizando ajustes del

metabolismo para conservar su homeostasis. Debido a lo anterior se puede comprobar que *P. setiferus* es una especie con características favorables a su mantenimiento en cautiverio.

Para la sensibilidad de la especie en el apéndice IV se observa que se encontró un autor que trabajó en específico para la especie *P. setiferus*, en un estudio realizado para peces marinos e invertebrados, sin embargo se localizaron distintos estudios realizados en el camarón blanco del golfo *P. setiferus* utilizando otros agentes tóxicos como el trabajo de Walker *et al.*,(1979) quien utilizó el 3-cloro, 4 metil cloruro de benzenamida reportando Tiempo de Letalidad Media (TLM) de 10.8 ppm .

Especialistas en la Biología de camarones peneidos y del camarón blanco en específico apoyan con sus investigaciones y bibliografía de consulta otra de las características que se refiere a que exista suficiente conocimiento de la biología y comportamiento de la especie de acuerdo a los enunciados de los siguientes autores. Gracia (1989) enfatiza que con respecto a las especies de camarón que se distribuyen en el Golfo de México existe una amplia información sobre la Biología y Ecología del camarón blanco y de sus diferentes estadios en el área norte, también expone que la literatura disponible sobre las tres especies de importancia comercial en el sur del Golfo de México, comprende aspectos biológico-pesqueros de las poblaciones adultas y a las fases estuarinas de éstas. Por otra parte Fajer, (1992) menciona que *P. setiferus*, al igual que otras especies de peneidos, ha sido ampliamente estudiada en sus aspectos biológicos, morfológicos y fisiológicos En los trabajos de Rosas (1992) y Gracia (1989) se recalca que debido a la importancia económica de *P. setiferus* éste ha sido objeto de gran número de investigaciones sobre biología pesquera. Debido a lo anterior puede apoyarse la característica de que la presente especie ha sido ampliamente estudiada en varios aspectos básicos de su biología.

En cuanto a la importancia ecológica y económica de la se reportan datos sobresalientes por lo que es evidente la importancia del camarón blanco a nivel comercial y ecológico Gracia (1989) por ejemplo menciona que el camarón es uno de los recursos pesqueros fundamentales del país ya que representa una fuente importante de divisas y proporciona empleos para una parte de la población pesquera, en el Golfo de México el recurso está compuesto por varias especies *P. duorarum*, *P. aztecus* y *P. setiferus*, estos organismos por su talla y volumen de captura constituyen las especies comerciales más importantes. En un estudio realizado por PESCA,1991 y Shrimp Framing,1991 en Saldaña (1992) Tres especies de importancia comercial, *P. aztecus*, *P. duorarum* y *P. setiferus* se distribuyen en el golfo de México. Nuestro país ocupó el octavo lugar del mundo en 1991.

Para la distribución de la especie en el área afectada se sabe que uno de los principales problemas en las costas del Golfo de México y en la Sonda de Campeche en particular son las perforaciones de los pozos petroleros, debido a esto el Instituto Mexicano del Petróleo eligió a la especie *P. setiferus* como representativa de esta zona para utilizarla en los bioensayos toxicológicos, la Sonda de Campeche se encuentra localizada en la plataforma continental del Sur del Golfo de México y esta delimitada por la isobata de las 100 brazas, extendiéndose aproximadamente 100 millas al norte de las costas de Campeche y Yucatán y 115 millas al oeste de la península de Yucatán. Si se analiza la información encontrada se afirma que la distribución principal de éste crustáceo es en la Sonda de Campeche debido a que es su principal zona de captura, el centro de abundancia más importante se encuentra entre las costas de los estados de Tabasco y Campeche (Gracia,1989) Por otra parte Orellano (1993) confirma que la principal zona de captura de *P. setiferus* en nuestro país es la llamada Sonda de Campeche. (Orellano,1993), SEPESCA in Hernández,1994 indica que en las aguas territoriales del Golfo de México, se han identificado dos principales lugares de distribución del camarón blanco: en la Sonda de Campeche y frente a las costas de Tamaulipas. Con estas bases se puede afirmar que la especie es representativa del área afectada.

De manera global se puede determinar que la especie *P. setiferus* cumple con la mayoría de las características requeridas para ser una especie susceptible de ser utilizada en bioensayos de toxicidad. Para los datos de sensibilidad establecidos existen pocos estudios con esta especie, sin embargo el presente trabajo puede aportar que esta especie fue de un fácil manejo y que los datos que se generaron fueron contundentes al caer en el rango de toxicidad establecidos para otras especies, por lo que se enfatiza nuevamente que el no tener datos de sensibilidad en específico para esta especie, aumenta la importancia de realizar estudios con ella misma. En cuanto a las características de disponibilidad de la especie, se puede considerar que se ha controlado casi a la perfección el abasto continuo del material biológico, por lo que se considera crucial la investigación en cuanto a la producción controlada del camarón blanco *P. setiferus*.

7.0 CONCLUSIONES.

Se encontró que para la edad 12 el valor de LC50 fue de a edad 18 el valor de LC50 fue de 4.22 ppm. para las edades de 30 y 42 el valor obtenido fue de 7.5 ppm y 6.41 ppm, respectivamente. Los valores de CL50 obtenidos en este trabajo fueron similares a los encontrados por otros autores en otras especies de crustáceos. Los datos obtenidos permiten afirmar la utilidad del Dodecil Sulfato de Sodio en pruebas toxicológicas de periodos cortos de exposición en la especie *Penaeus setiferus*.

Con respecto a la comparación de las edades utilizadas en este trabajo de *Penaeus setiferus*, no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), en el efecto del Dodecil Sulfato de Sodio sobre las distintas edades de los organismos.

En las diferentes edades del camarón blanco *P. setiferus* se logró estudiar el efecto sobre la conducta y morfología de la especie, y en el presente estudio características como la locomoción y el nado de los organismos reflejaron un comportamiento anormal.

La coloración fue una característica importante, para determinar un cuadro patológico en el organismo.

El camarón blanco *Penaeus setiferus*, es una especie susceptible a ser utilizada en pruebas toxicológicas.

8.0 BIBLIOGRAFIA

- Abel, P.D. 1973 Toxicity of synthetic detergents to fish and aquatic invertebrates. **Journal Fish Biology** 6:279-298.
- Abel, P.D. 1974 Toxic effects of an anionic detergent on the gills of Rainbow Trout **Journal Fish Biology** 9:759-765
- Alexander D.G. y R.Mc.V. Clarke 1978 The selections and limitations of phenol as a reference toxicant to detect differences in sensitivity Among groups of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) **Water Research**. 12: p. 1085-1090.
- Alfonso E. R. L. y E. Díaz-Iglesia, T. García y C. Rosas 1993 **Manual del II Curso Internacional de producción de postlarvas de camarones peneidos del Atlántico de América**. Facultad de Ciencias UNAM México pp132
- Amaya T. A.L. y G. Poillon 1974 Estudios preeliminares sobre sobrevivencia y osmoregulación de *Penaeus setiferus* (camarón blanco) de la Laguna de Términos. Facultad de ciencias. UNAM.
- American Public Health Association 1992. **Métodos normalizados**. 17edición. Copyright. Madrid, España. 8-1-8-45.
- Anderson, J.W.; J.M Cox Neff, , B.A., Tatem., y H.E Hihgtower. 1974. Characteristics of dispersions and water soluble extracts of crude and refined oils and their toxicity to estuarine crustaceans and fish. **Marine Biology** 27. 75-86 pp.
- Arellano, M. E. 1990 **Guías técnicas en el cultivo de larvas de camarón**. Escuela Superior Politécnica del Litoral . Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Guayaquil-Ecuador. 42 pp.
- Ayers, R.C. Saver, T.C.y P.W Anderson,. 1985 The generic mud concept for NPDES permitting of offshore drilling discharges. 15 pp.
- Bailey,R.C. y P Barret 1988 **Toxicity testing of drilling fluids: assesing laboratory performance y variability**. Chemical and Biological caracterization of sludges, sediments, dredge spoils and drilling muds. ASTM STP 976 Philadelphia. 374-374.

Bryon G. W. 1980 Recent trends in research on heavy metal contamination in the sea. Marine Biological Association of the United Kingdom. **Helgolander Meeresunters.** 33,6-25 24pp

Cárdenas F. L. L. 1989 Estudio preeliminar sobre distribución y abundancia de las postlarvas epibénticas de *Penaeus aztecus* ives 1891 y *Penaeus setiferus* en la Laguna de Tamiahua Veracruz (crustacea penaeidae). Tesis Licenciatura. Fac. Ciencias UNAM. México.54pp.

Chapa S. H. **La biología y el cultivo de camarones.** Subsecretaría de Educación e Investigaciones Tecnológicas. Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar. 71 pp.

Díaz H. F. y J. Román 1980 Factores fisiológicos que afectan la supervivencia y metabolismo energético de dos especies de peneidos (*Penaeus aztecus* y *Penaeus setiferus*) de la Laguna de Términos Campeche. Tesis Licenciatura. Fac.Ciencias. UNAM..56pp.

Duke, T.W; P.R Parrish.; R.M Montgomery., S.D Macauley. y G.M Cripe.. 1984 Acute toxicity of eight Laboratory-prepared Generic drilling fluids to mysids (*Mysidopsis bahia*) EPA-600/ 3-84-067 30 pp.

Environmental Protection agency. 1985 **Federal Register.** EPA50/165:34592-34633 United States. Washington,D.C. 4pp.

Environmental Protection Agency. 1987. **Quality Criteria for Water.** EPA 440/5-86-001. United States Environmental Protection Agency. Office of Water Regulations and Standards. Washington, D.C. 20460,s.p.

Environmental Protection Series. 1990 **Guidance Document on control of Toxicity test Precision Using reference Toxicants** EPS 1/RM/12 Ontario, Canadá. 85.pp

Fajer, F. M. 1992 Caracterización del estado reproductivo de una población de machos de *Penaeus setiferus* y el tiempo de regeneración del espermatoforo en organismos mantenidos en cautiverio. Tesis licenciatura. Fac. Ciencias UNAM. México.93pp.

FAO. 1991. **Manual de métodos de Investigación del medio ambiente acuático.** Documentos técnicos de pesca. México. 18 p.p.

Fogels,A and J.B Sprague. 1977 Comparative short-term tolerance of zebrafish, Flagfish and rainbow trout to five poisons including potential reference toxicants. **Water Research.** 11: 811-817.

Fucik, K.W., K.A. Carr, y B. Balcom. 1995 Toxicity of oil to the eggs and larvae of seven marine fish and invertebrates from the gulf of México. The use of chemicals in oil spill response. ASTM STP 1252 A. S.T.M. Philadelphia.

Gallardo E. P. P. 1994. Alimentación de larvas de *Penaeus setiferus* (Linneo, 1767) *Chaetoceros ceratosporum*, *Tetraselmis chuii* y *Artemia franciscana* (crustacea: penaeidae) Tesis Licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM México. 67pp.

González, H. 1993 **Contaminación del medio ambiente acuático por metales pesados.** Universidad Autónoma de Santo Domingo. Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas. Cuba. 38 pp.

Gracia G. A. 1989 Ecología pesquera del camarón blanco *Penaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) en la laguna de términos- Sonda de Campeche. Tesis Doctorado. Fac. Ciencias México. 123pp.

Gutiérrez, E., D.T. Lerdo, R. Huerta y J. García 1988. **Procedimientos de evaluación tóxica de efluentes industriales líquidos utilizando a *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustácea)** Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Comisión Nacional del Agua. México.

Hentschel, B. T. y Robert J. Feller. 1990 quantitative immunoassay of the ventricular contents of white shrimp *Penaeus setiferus* Linnaeus: a laboratory study. **Journal Marine Biology and Ecology** Vol.139. 85-99 pp.

Hinds, A.A., S.P.T. Smith y E.K. Marton 1986 A comparison of the Performance, cost and Environmental effects of diesel-based and low-toxicity oil mud systems. **SPE 1 1891/1 NL BAROID /Industries-Inc.** 169-188 pp.

Inda F. y B.R. Trucco 1994 **Contaminación marina.** Universidad Católica del Norte. Facultad de Ciencias del Mar. Coquimbo, Chile. 311 pp.

Instituto Nacional de la Pesca 1987. **Manual de cría de camarones Peneidos** Centro Regional de Investigación Pesquera. México. 29pp.

Jones, F. V.; W. Bettge, R. Garrison y A. J. Leuterma . 1986 Drilling fluids firms respond to EPA toxicity concerns. **Technology.** Nov 24 **Oil Gas Journal** 71-77pp

Kirk-Othmer 1979 **Encyclopedia of Chemical Technology** 3a edición. Copyright. USA. 8:900,14:93,12:82-86.

- Krebs, C.J. 1985 Estudio de la Distribución y la Abundancia. 2ª edición. Copyright México. 753 pp.
- León G., T. J. 1992. Efecto de la salinidad sobre el balance energético de juveniles de *Penaeus setiferus* en condiciones controladas. Tesis Licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM México.56pp.
- León G.T. J. 1995 Efecto de la luz y el alimento sobre la maduración sexual del camarón blanco *Penaeus setiferus* en condiciones controladas. Tesis Maestría. Fac. Ciencias. UNAM. México.103pp.
- Martínez G., J. E. 1996 Condiciones para el crecimiento del camarón blanco *Penaeus setiferus*: modelos para su cultivo. Tesis Doctorado. Fac. Ciencias. UNAM México.93pp.
- Mascaró, M. J. M. 1993 Aspectos de la biología reproductiva de los adultos del camarón *Penaeus setiferus* (Linnaeus 1761) de la plataforma occidental del Golfo de México. Tesis Licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM México.54 pp.
- Medina J. J., J. Muro y J. Ortiz. 1995. Estudio de la especie marina *Penaeus setiferus* y el impacto generado sobre la misma, debido a los sistemas de fluidos utilizados en la perforación de pozos costa afuera. Instituto Mexicano del Petróleo. México. 16 pp.
- Muñoz Mejía Guillermo. 1997 Cultivo experimental de tres especies de cladóceros de la familia *Daphniidae* y evaluación de su utilidad como organismos de prueba en estudios toxicológicos. IPN. 146 pp.
- Nimmo.D.R., LH Bahner, R.A Rigby,. J.M Sheppard. y A.J Wilson. 1977 *Mysidopsis bahia*: An estuarine Species suitable for life-cycle toxicity test to determine the effects of a pollutant. **Aquatic Toxicology and Hazard Evaluation**. ASTM STP 634 ASTM. 109-116 pp.
- Orellano B. M. J. 1993 Efecto de la inclusión de *Artemia franciscana* sobre la composición bioquímica de las hembras en maduración del camarón blanco *Penaeus setiferus*. Licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM. México.41 pp.
- Parrish, R. P. y J. M Macauley. 1986 Acute toxicity of two generic drilling fluids and six additives alone and combined, to Mysids (*Mysidopsis bahia*) Environmental Research Laboratory, Gulf Breeze, Florida, USA. 415-426.

Perez V. M. 1994 Fecundidad de los camarones blanco *Penaeus setiferus* Linnaeus, café *P. aztecus* Ives y rosado *P. duorarum* burKenroad (crustacea penaeidae) en el sur del golfo de México. Tesis Licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM. México.61 pp.

Pesson, P. 1970. **La contaminación de las aguas continentales.** Ed. Mundiprensa. Madrid. 330 pp.

Porras A. J. 1984. Bacterias hidrocarbonoclasticas del tracto intestinal de los peneidos. *Penaeus aztecus*, *Penaeus duorarum* y *Penaeus setiferus*) Tesis Licenciatura Fac. Ciencias. UNAM. México.48 pp.

Rand, G. M. y S. Petrocelli. 1985 **Fundamentals of aquatic Toxicology.** Homisphere publishing co. New Yorck.230-262.

Rodriguez G.J.y M.M Esclapes. 1995 **Protocolos estándares para bioensayos de toxicidad con especies acuáticas (Versión 1.0)** Gerencia General de Tecnología. Departamento de ecología y Ambiente. Caracas, Venezuela. 109pp

Rosas, C. y E. Martínez G. 1996 Aspectos de la biología Reproductiva del camarón blanco del Golfo de México *Penaeus setiferus*_ UNAM. Campeche, Campeche.72 pp.

Saldaña F. G. 1992. Aspectos de la maduración y calidad reproductora de *Penaeus setiferus* en condiciones controladas en Tuxpan, Veracruz. Tesis Maestría. Fac. Ciencias. UNAM México 55 pp.

SECOFI. 1995. Análisis de aguas. Evaluación de toxicidad aguda con *Daphnia magna* Straus (Crustácea-caldocera). Método de Prueba NMX-AA-087-1995-SCFI. Secretaría de Comercio y Fomento industrial. México D.F. 42pp.

SEMARNAP. 1997. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Delitos ambientales. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca.

Sokal, R. R y F. J. Rohlf 1969 **Biometría.** Hblume España 483-533.

Sprague J.B. 1973 **The ABCs of Pollutant Bioassay using fish.** Biological methods for the Assesment of water quality ASTM STP 528 6-30

Tovel, P. W. A. C, Newsome C. Y D. Howes 1973 **Effect of water Hardness on the toxicity of an anionic detergent to fish.** Water Research. 8:291-296

Tron, M. L. 1993 Metales pesados en Branquias, exoesqueleto, Hepatopancreas Músculo y proci6n Anterior del cefálotorax de los camarones, *Penaeus vannamei* Boone y *Penaeus californiensis* Holmes Tesis Licenciatura. ENEPI. 58 pp.

Walker, W. W. A.R. Lawler y W.D. Burke 1979 Acute toxicity of 3-chloro-4-methyl benzenamine hydrochloride to shrimp and crabs. Environ. Contam. Toxicol. 21:4-5.

Young, J.. 1994 Morphology of white shrimp *Penaeus setiferus* (Linnaeus 1758) **Fishery bulletin of fish and wildlife services.** Washington p.p.3-6 V.59 N.145.

TABLA 8. EVALUACIÓN DE *P. setiferus* COMO ORGANISMO DE REFERENCIA

CARACTERÍSTICA	AUTOR	AUTOR	AUTOR
1.-DISPONIBILIDAD DE LA ESPECIE.	SI. Alfonso,1993	NO Saldaña (1992)	
2.-CAPACIDAD DE LA ESPECIE PARA VIVIR EN CONDICIONES DE LABORATORIO	SI Rosas (1996)	SI Alfonso (1993)	SI Diaz (1980)
3.-SENSIBILIDAD DE LA ESPECIE	SI Fucik y Carr (1995)		
4.- CONOCIMIENTO PREVIO DE LA BIOLOGÍA DE LA ESPECIE	SI Rosas (1996)	SI Fajer (1992)	SI Gracia (1989)
5.- AMPLIA DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE EN EL ÁREA AFECTADA	SI Orellano (1993)	SI Gracia (1989)	SI Hernández (1984)
6.-IMPORTANCIA ECONÓMICA Y ECOLÓGICA DE LA ESPECIE	SI Pérez (1994)	SI Saldaña (1992)	SI Gracia (1992)

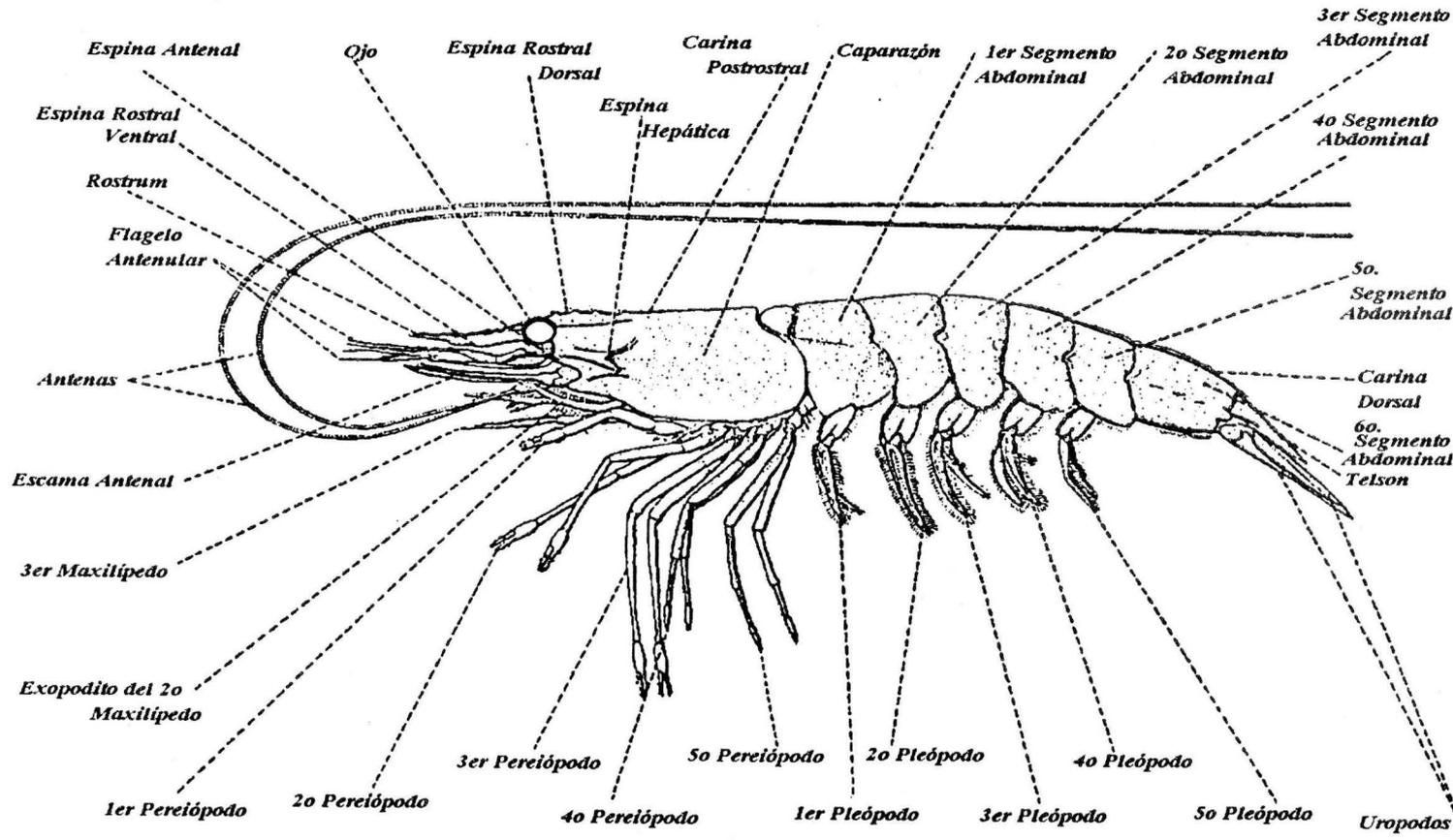


Fig. 2. *Penaeus setiferus*. Vista lateral de una Hembra adulta.

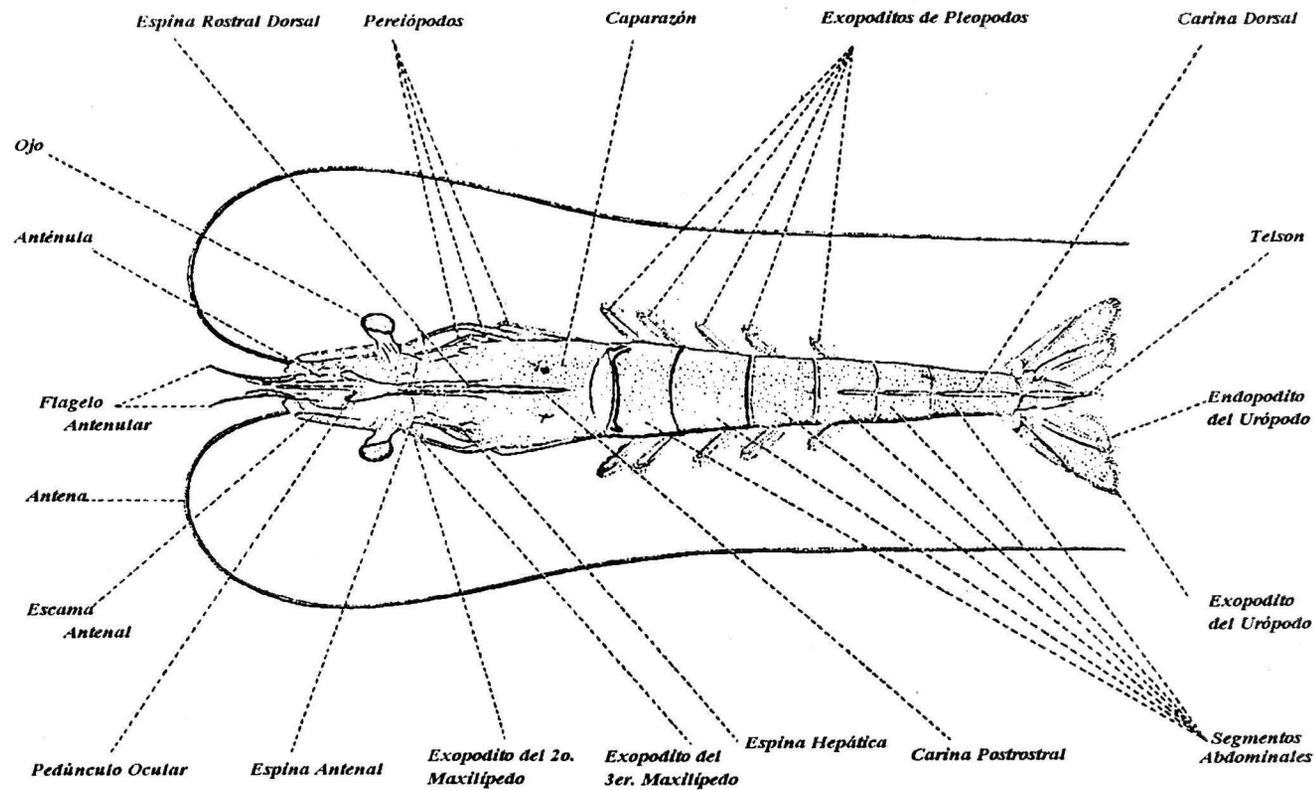


Fig 3. Vista dorsal de una hembra adulta de *Penaeus setiferus*.

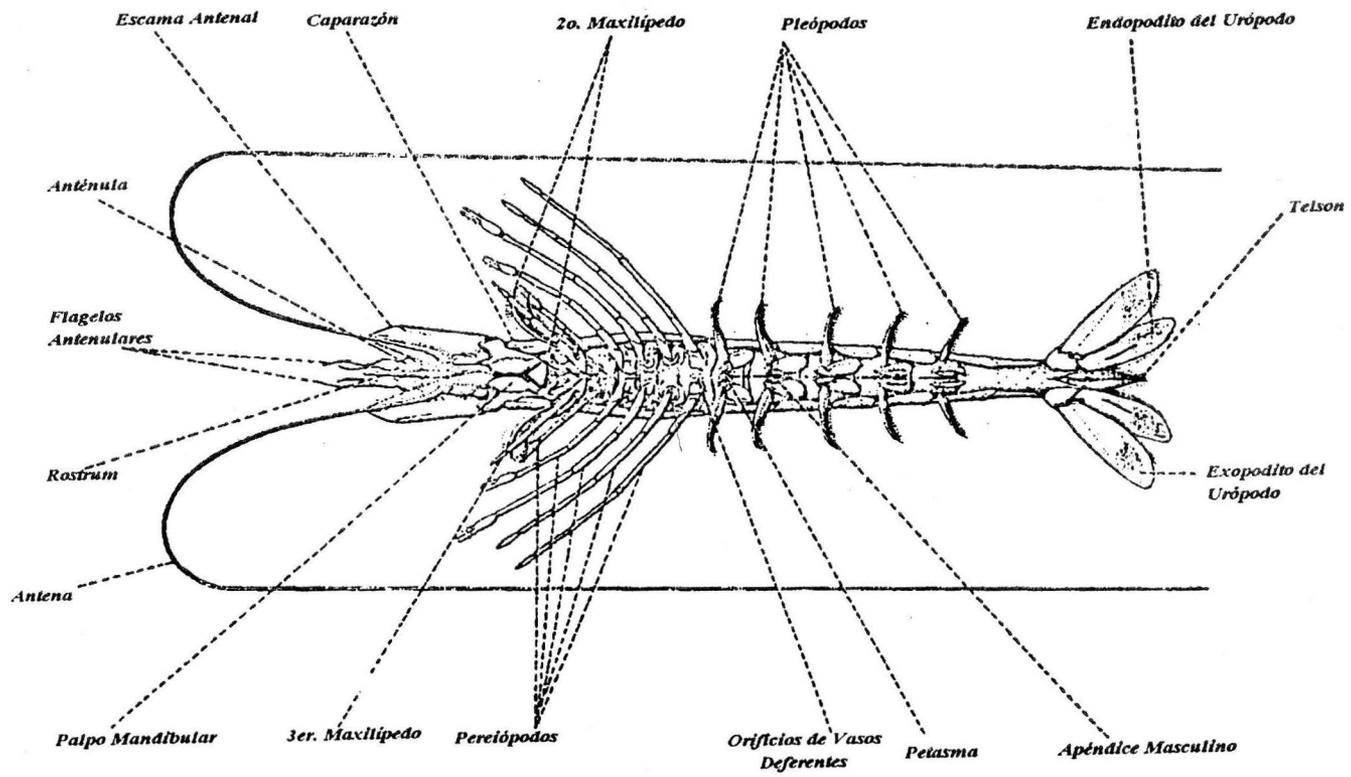


Fig.4. Vista ventral de una hembra adulta de *Penaeus setiferus*

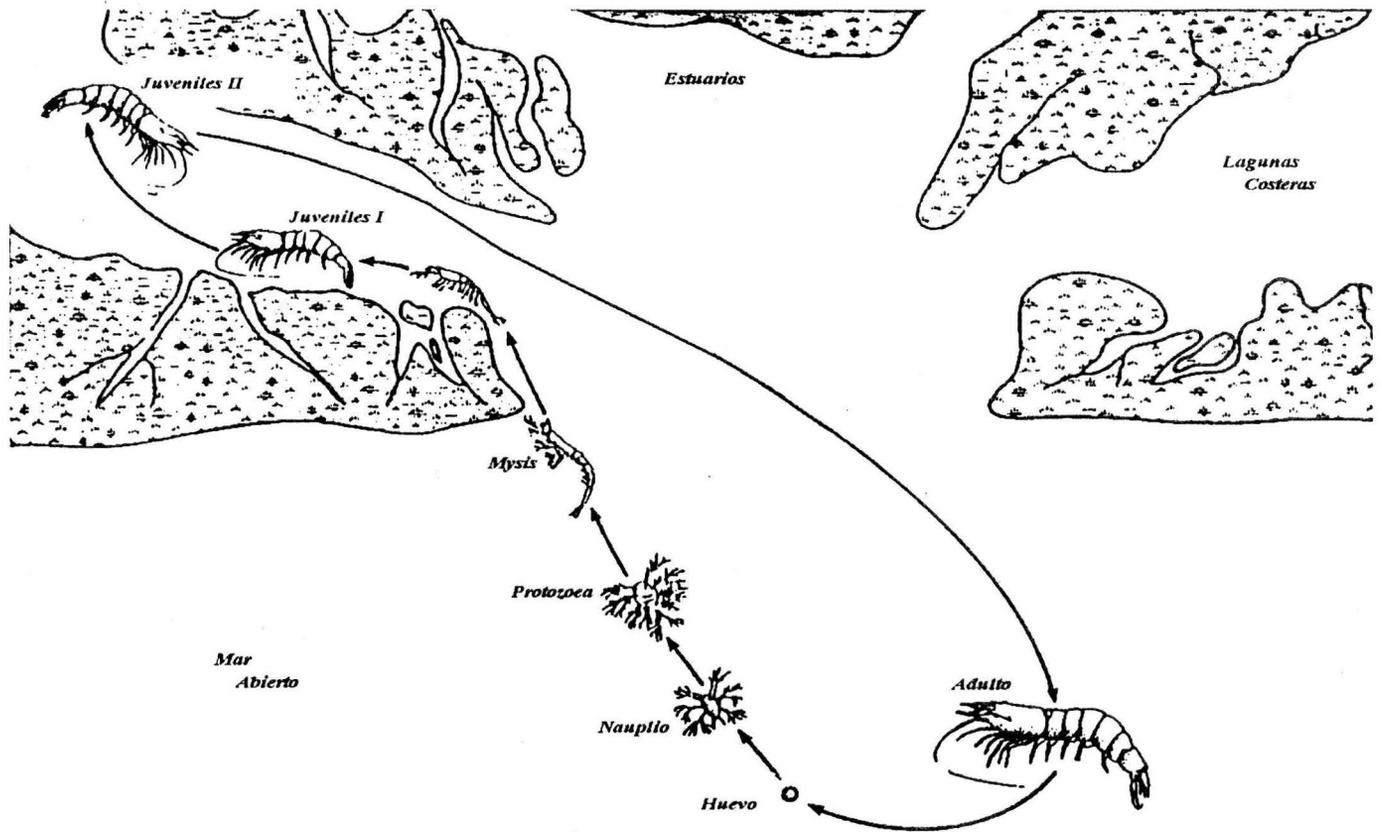


Fig. 5 Ciclo de vida de camarones peneidos.

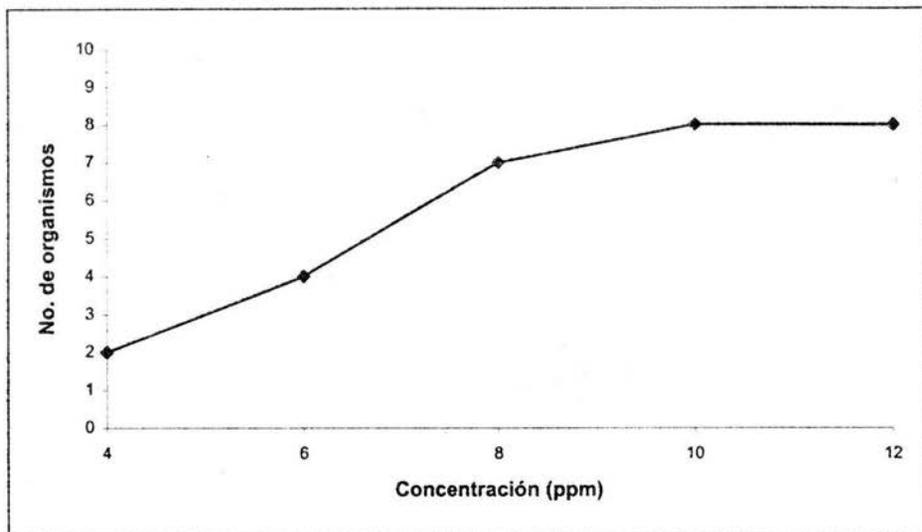


Fig. 6 Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en *Penaeus setiferus* de 12 días. 96 Hrs.

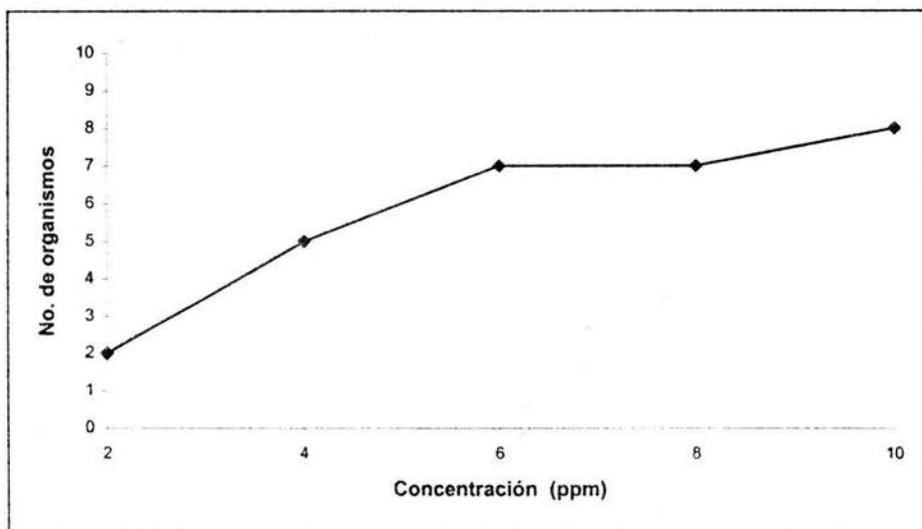


Fig. 7 Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en *Penaeus setiferus* de 18 días. 72 Hrs.

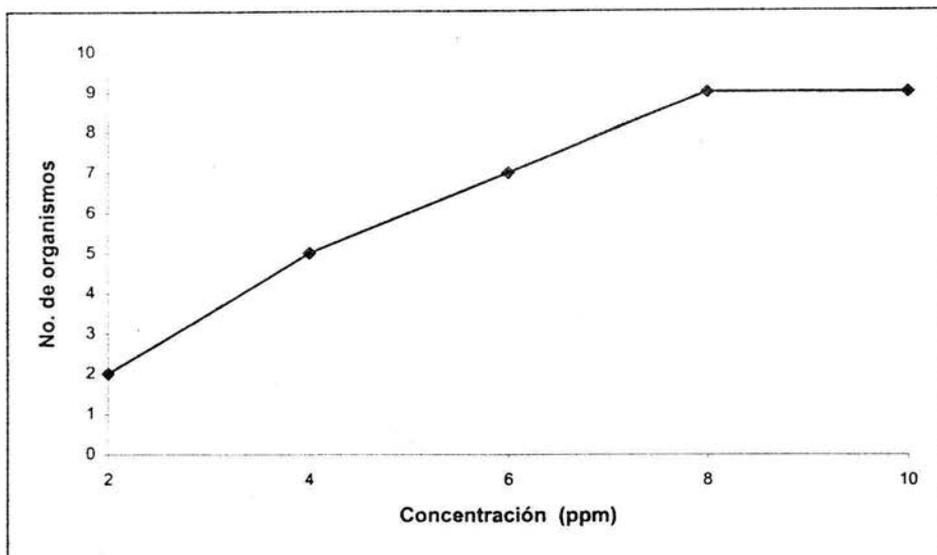


Fig. 8 Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en *Penaeus setiferus* de 18 días. 96 Hrs.

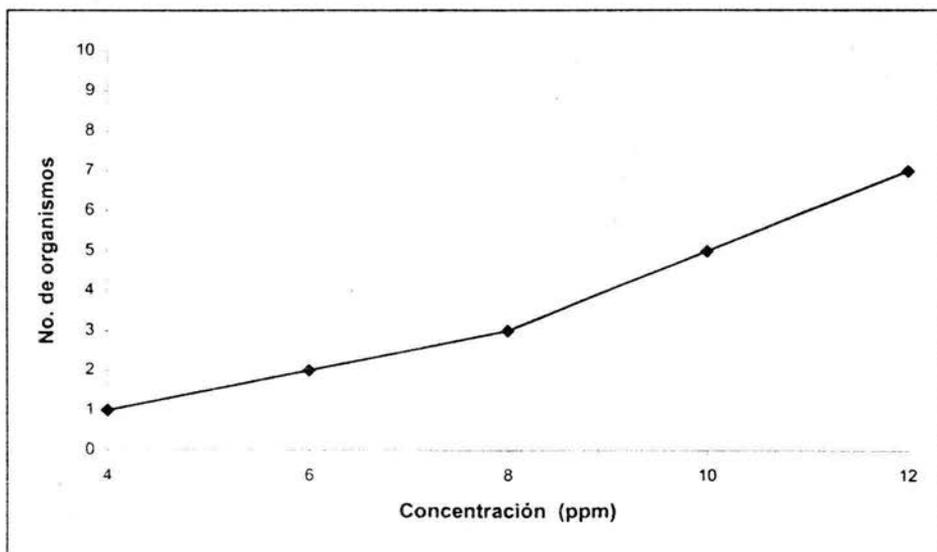


Fig. 9 Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en *Penaeus setiferus* de 30 días. 24 Hrs.

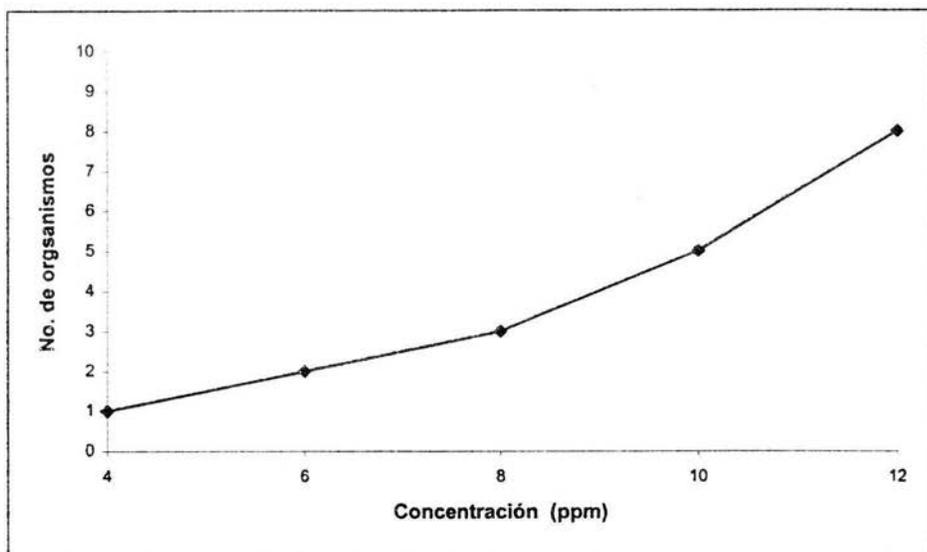


Fig. 10 Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en *Penaeus setiferus* de 30 días. 48 Hrs.

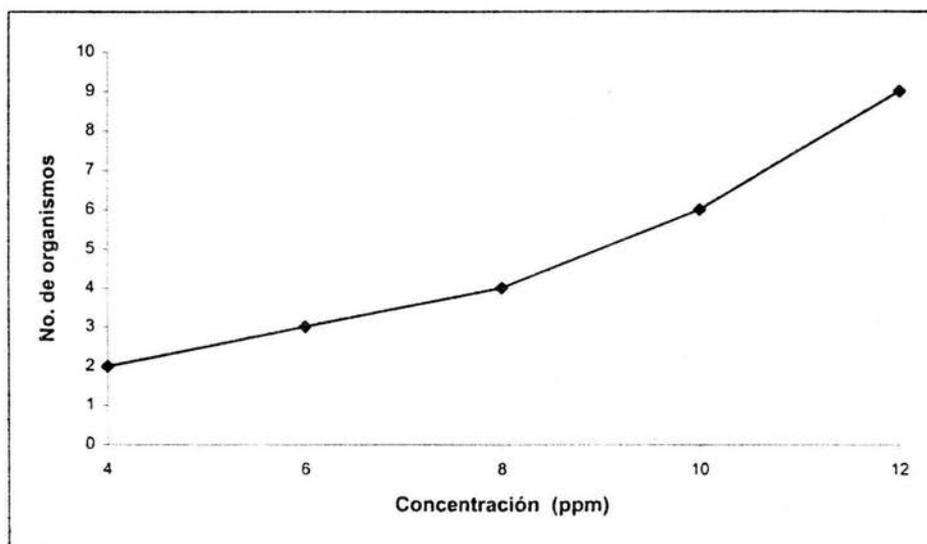


Fig. 11 Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en *Penaeus setiferus* de 30 días. 72 Hrs.

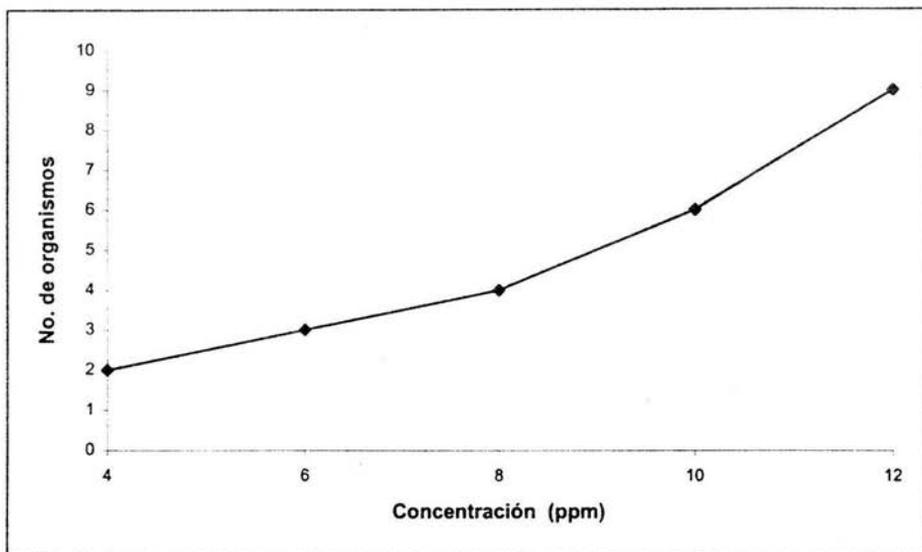


Fig. 12 Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en *Penaeus setiferus* de 30 días. 96 Hrs.

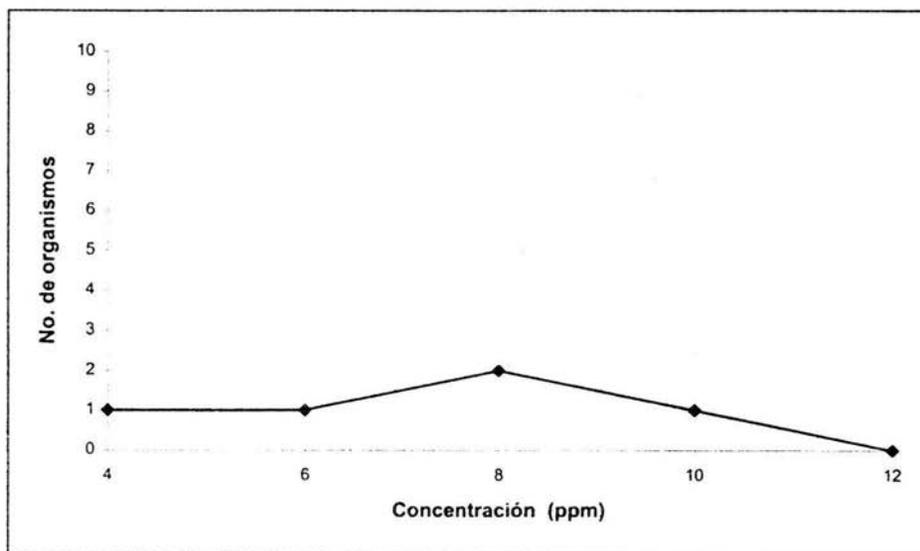


Fig. 13 Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en *Penaeus setiferus* de 42 días. 24 Hrs.

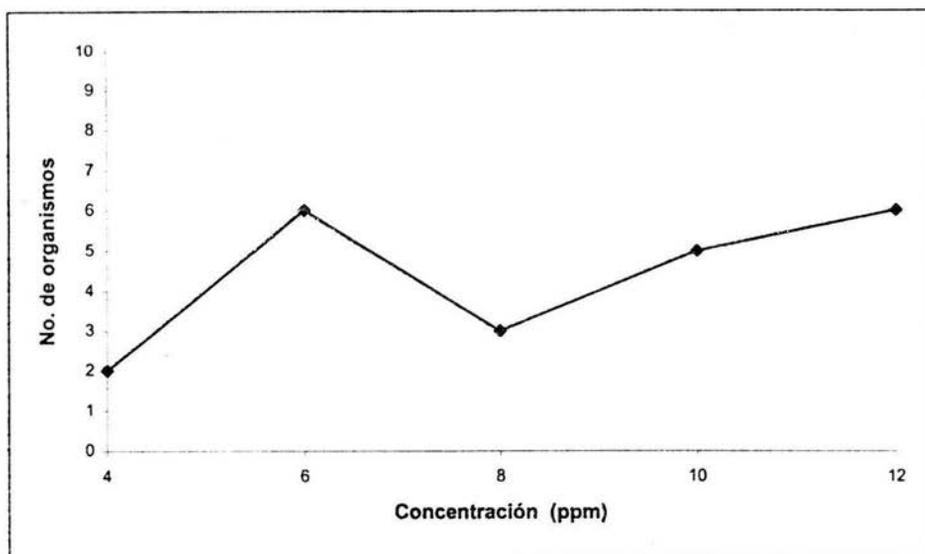


Fig. 14 Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en *Penaeus setiferus* de 42 días. 48 Hrs.

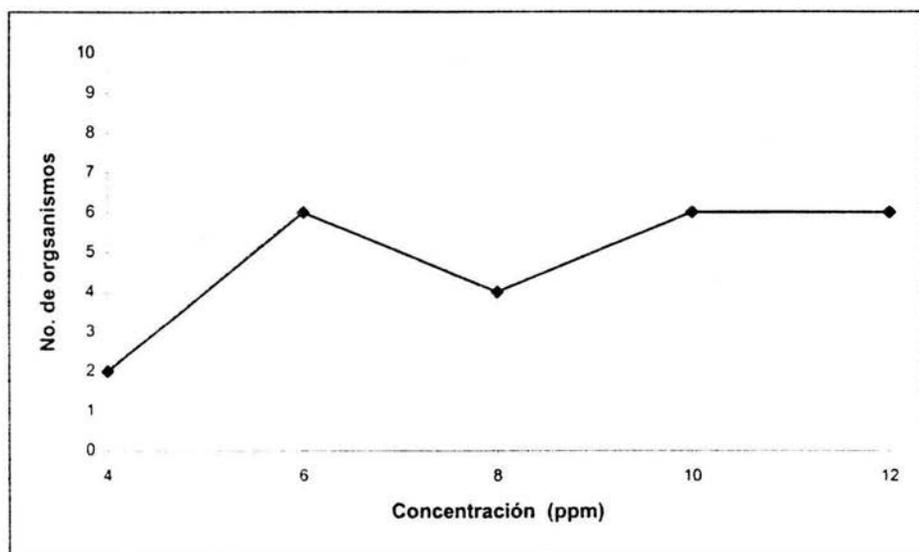


Fig. 15 Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en *Penaeus setiferus* de 42 días. 72 Hrs.

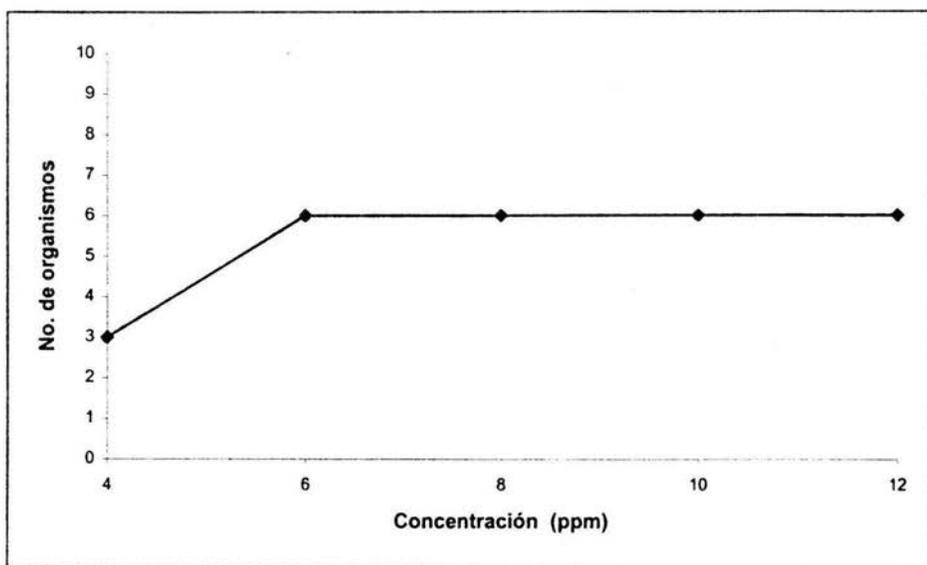


Fig. 16 Número de organismos muertos por cada una de las concentraciones utilizadas en *Penaeus setiferus* de 42 días. 96 Hrs.

Fig 17 CL50 96 Hrs con Dodecil Sulfato de Sodio para *Penaeus setiferus* (Edad 12) y datos de mortalidad observada y calculada en Unidades Probit

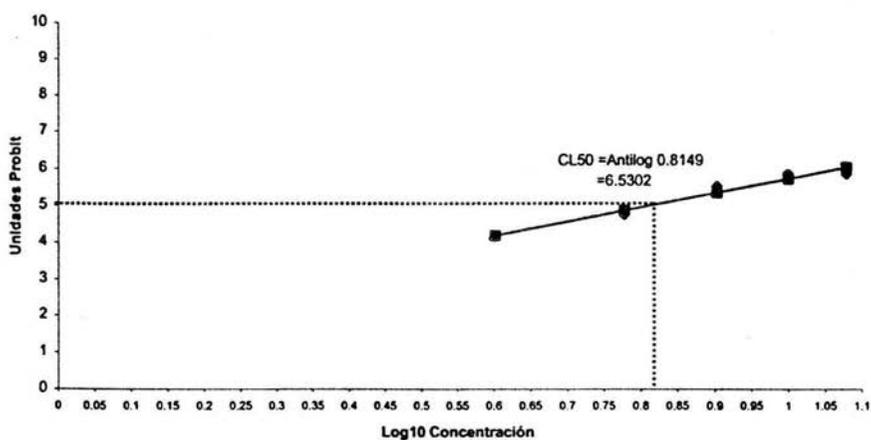


Fig 18 CL50 a 96 Hrs con Dodecil Sulfato de Sodio para *Penaeus setiferus* (Edad 18) y datos de mortalidad observada y calculada en Unidades Probit

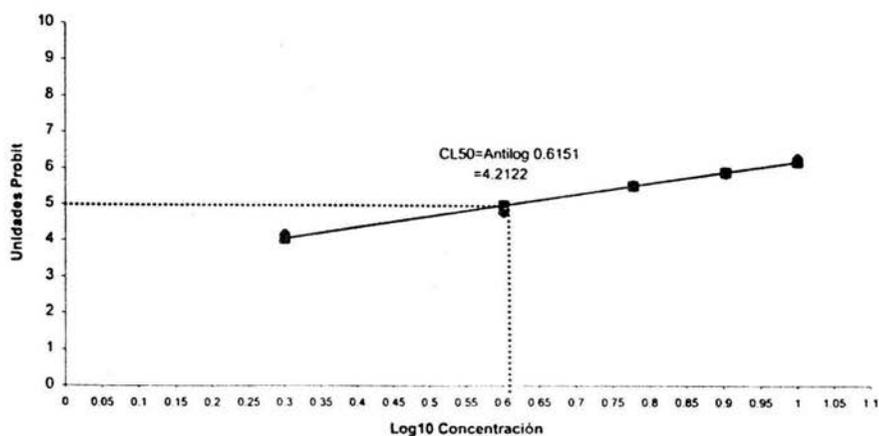


Fig.19 CL50 96 Hrs. con Dodecil Sulfato de Sodio para *Penaeus setiferus* (Edad 30) y datos de mortalidad observada y calculada en Unidades Probit.

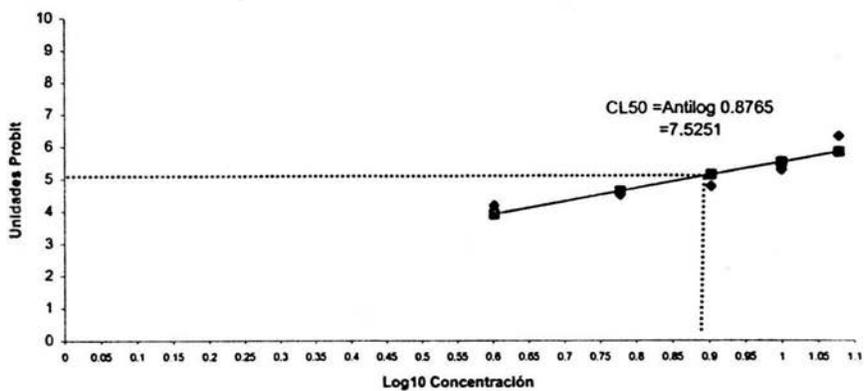
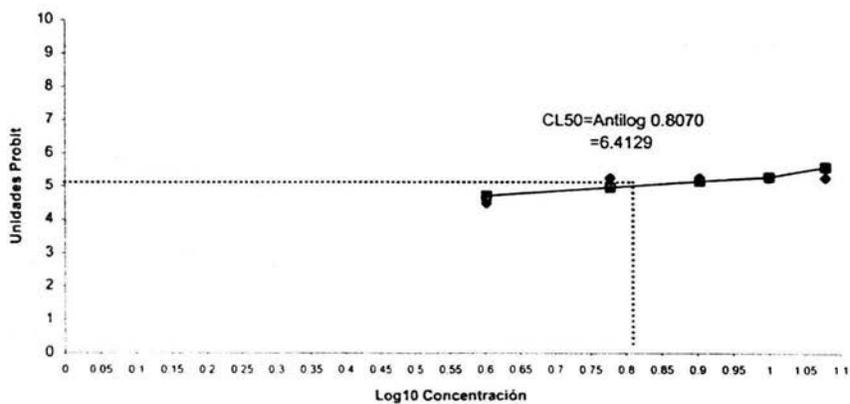


Fig.20 CL50 96 Hrs con Dodecil Sulfato de Sodio para *Penaeus setiferus* (Edad 42) y datos de mortalidad observada y calculada en Unidades Probit.



ANEXOS

APÉNDICE I. Estimación del valor de LC50 a 96 hrs mediante el Método de Unidades Probabilísticas PROBIT.

EDAD: 12 DÍAS

Conc. mg/l	Log10 Conc. X	No. de org (N)	Mortalidad (R)	% Mortalidad (P)	Probit Empir. Y (EP)	X	Y observada	Y calculada
4	0.60205999	10	2	20	4.16	0.60205999	4.16	4.179147597
6	0.77815125	10	4	40	4.75	0.77815125	4.75	4.858187557
8	0.90308999	10	7	70	5.52	0.90308999	5.52	5.339974076
10	1	10	8	80	5.84	1	5.84	5.713676733
12	1.07918125	10	8	80	5.84	1.07918125	5.84	6.019014037

Resumen

Estadísticas de la regresión

Coefficiente d 0.97878718 ANÁLISIS DE VARIANZA

Coefficiente d	0.95802435	Grados de libertad				a de cuadra	io de los cua	F	
R ² ajustad	0.94403247	Regresión	1	2.1107959	2.1107959	68.4700116		Coefficientes	
Error típico	0.17557914	Residuos	3	0.0924841	0.03082803		Intercepción	1.857494638	
Observacion	5	Total	4	2.20328			Variable X 1	3.856182095	

$$X = \frac{5 - 1.857494638}{3.8561821} = 0.814926599 \quad \text{LC50 = Antilog de } 0.814926599$$

$$\text{LC50} = 6.53020175$$

EDAD: 18 DÍAS

Conc. mg/l	Log10 Conc. X	No. de org (N)	Mortalidad (R)	% Mortalidad (P)	Probit Empir. Y (EP)	X	Y observada	Y calculada
2	0.30103	10	2	20	4.16	0.30103	4.16	4.042551035
4	0.60205999	10	4	40	4.75	0.60205999	4.75	4.96007604
6	0.77815125	10	7	70	5.52	0.77815125	5.52	5.496793761
8	0.90308999	10	8	80	5.84	0.90308999	5.84	5.877601044
10	1	10	9	90	6.28	1	6.28	6.172978121

Resumen

Estadísticas de la regresión

Coefficiente d 0.98763334 ANÁLISIS DE VARIANZA

Coefficiente d	0.97541962	Grados de libertad				a de cuadra	io de los cua	F	
R ² ajustad	0.96722616	Regresión	1	2.83066775	2.83066775	119.048578		Coefficientes	
Error típico	0.15419928	Residuos	3	0.07133225	0.02377742		Intercepción	3.125026031	
Observacion	5	Total	4	2.902			Variable X 1	3.04795209	

$$X = \frac{5 - 3.125026031}{3.04795209} = 0.7001588285 \quad \text{LC50 = Antilog de } 0.615158609$$

$$\text{LC50} = 4.212248049$$

APÉNDICE I. Estimación del valor de LC50 a 96 hrs mediante el Método de Unidades Probabilísticas PROBIT.

EDAD: 30 DÍAS

Conc. mg/l	Log10 Conc. X	No. de org (N)	Mortalidad (R)	% Mortalidad (P)	Probit Empir. Y (EP)	X	Y observada	Y calculada
4	0.60205999	10	2	20	4.16	0.60205999	4.16	3.907558562
6	0.77815125	10	3	30	4.48	0.77815125	4.48	4.608469591
8	0.90308999	10	4	40	4.75	0.90308999	4.75	5.105773881
10	1	10	6	60	5.25	1	5.25	5.491513056
12	1.07918125	10	9	90	6.28	1.07918125	6.28	5.80668491

REGRESIÓN

Coef. C.M.	0.90628427						
Coef. R ²	0.82135118	G.d libert	Suma de c	Prom de c	F		
R ² ajustad	0.76180158	Regresión	1	2.2489581	2.2489581	13.7927224	Coeficientes
Error típico	0.40379941	Residuos	3	0.4891619	0.16305397		Intercepción
Observacion	5	Total	4	2.73812			Variable X 1

$$X = \frac{5 - 1.511127923}{3.98038513} = 0.8876516206 \quad \text{LC50} = \text{Antilog de } 0.8876516206$$

$$\text{LC50} = 7.525168103$$

EDAD: 42 DIAS

Conc. mg/l	Log10 Conc. X	No. de org (N)	Mortalidad (R)	% Mortalidad (P)	Probit Empir. Y (EP)	X	Y observada	Y calculada
4	0.60205999	10	3	30	4.48	0.60205999	4.48	4.699274445
6	0.77815125	10	6	60	5.25	0.77815125	5.25	4.957597199
8	0.90308999	10	6	60	5.25	0.90308999	5.25	5.14088011
10	1	10	6	60	5.25	1	5.25	5.283045381
12	1.07918125	10	6	60	5.25	1.07918125	5.25	5.585206013

REGRESION

Coef. C.M.	0.80251791						
Coef.R ²	0.64403499	Grados de libert	a de cuadro	io de los cua	F		
R ² ajustad	0.52537999	Regresión	1	0.30547868	0.30547868	5.42779469	Coeficientes
Error típico	0.23723499	Residuos	3	0.16884132	0.05628044		Intercepción
Observacion	5	Total	4	0.47432			Variable X 1

$$X = \frac{5 - 3.816063113}{1.46698227} = 0.807056031 \quad \text{LC50} = \text{Antilog de } 0.807056031$$

$$\text{LC50} = 6.412923083$$

APÉNDICE II. DETERMINACIÓN DE DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS DISTINTAS EDADES UTILIZADAS MEDIANTE EL MÉTODO DE ANOVA (SOKAL,1963)

PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Ho : b1=b2. NO EXISTEN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LOS VALORES DE PENDIENTE CALCULADOS PARA LAS DISTINTAS EDADES.

Ha : b1 ≠ b2 EXISTEN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LOS VALORES DE PENDIENTE CALCULADOS PARA LAS DISTINTAS EDADES.

$$F_s = \frac{(b_1 - b_2)^2}{\frac{\sum X^2_1 + \sum X^2_2}{(\sum X^2_1)(\sum X^2_2)} S^2_{y,x}}$$

Comparar F_s con $F_{\infty}(1, a_1 + a_2 - 4)$. Dado que existe un solo grado de libertad en el numerador, $t_s = F_x^{-1/2}$

Comparación	F_s	$F_{t, f}$	Decisión
12-18	0.42	2.44	No #
12-30	0.096	2.44	No #
12-42	1.34	2.44	No #
18-30	0.50	2.44	No #
18-42	0.84	2.44	No #
30-42	1.43	2.44	No #

APÉNDICE III. CRITERIOS PARA LA CONSIDERACIÓN DE CAMARONES SANOS EN EL ESTANQUE. (Rand, 1983; Odum, 1987; FAO, 1991; y Rosas, 1996)

DESCRIPCIÓN	CAMARON SANO
1.-Nado normal	Prefiere estar sobre fondo y paredes, tomando alimento con sus gulas.
2.-Canasta de alimentación	Salta fuera de la canasta
3.-En el día	Nunca nada en superficie
4.-En la noche	Nada a lo largo del banco del tanque
5.-Exoesqueleto o caparazón	Limpio sin materia adherida
6.-Estructura de branquias	Branquias no espirales o rectas
7.-Color de las branquias	Blancas
8.-Estirando el cuerpo	Se siente duro
9.-Apéndices	Completos y limpios.
10.-Orientación hacia químico o evitación.	Orientación hacia comida.
11.-Interacciones sociales: Territorialidad. Dominancia. Agregación.	Canibalismo en situaciones extremas de falta de alimento.

APÉNDICE IV. SELECCIÓN DE ORGANISMOS DE REFERENCIA. (FAO, Bellan , Reish y Oshida in FAO 1991)

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE ORGANISMOS DE REFERENCIA.
<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de la especie. • Capacidad de la especie para vivir en condiciones de Laboratorio • Sensibilidad de la especie • Amplia distribución de la especie en el área afectada • Importancia económica y ecológica de la especie