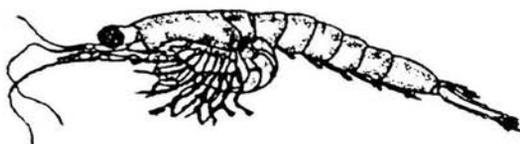




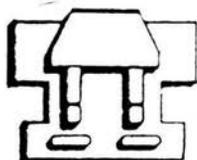
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

“EVALUACION DE TOXICIDAD DE UN FLUIDO Y RECORTES DE PERFORACION PROVENIENTES DE UN POZO PETROLERO, EMPLEANDO A *Mysidopsis bahia* MOLENOK (CRUSTACEA: MYSIDACEA) COMO ORGANISMO DE PRUEBA”.



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 :
NADIA LIVIA ORTIZ CORNEJO



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MEXICO.

2002



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



U.N.A.M. CAMPUS

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a toda mi familia pues gracias a todos he realizado todas mis metas y sueños, mil gracias a mis padres por todo el apoyo y el esfuerzo que han hecho para salir adelante, enseñarme a ser fuerte y luchar por lo que quiero, a ti mamá por toda tu dedicación, comprensión y por quererme tanto; a mis abuelitos por todo su cariño y sus palabras; a mis tíos por todo su apoyo y su ayuda; a mis hermanos por darme esos momentos de alegría; a Gris y Aarón por su cariño. Gracias a todos, ya que incondicionalmente han estado presentes en todo momento, los quiero mucho.

A todas esas personas que a través de mi vida han promovido la educación y el conocimiento y que gracias a ellos se abrió una nueva visión del mundo y me han hecho tener nuevas inquietudes, muchas preguntas y me enseñaron lo que es la dedicación y la superación.

A mis amigos que han estado pendientes de mí y con los que he compartido muchos momentos de felicidad, gracias por sus consejos y por su apoyo.

A la Biología por ser un mundo fascinante.

Y a todo aquello en lo que creo.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco de todo corazón a todos aquellos que de alguna forma estuvieron presentes durante la realización de este trabajo, pues todos ellos con sus palabras y los alicientes de cada día ayudaron a que se culminara satisfactoriamente.

A mi asesor M en C. Guillermo Muñoz Mejía por todo el apoyo y las enseñanzas que me ha brindado, por escucharme, tener paciencia y algo muy importante ser un buen amigo.

Gracias a mis sinodales a Biol. Ásela Rodríguez Varela, Biol. Mario A. Fernández Araiza, M en C Sergio Chazaro Olvera y Biol. Ángel Moran Silva. Por darme su apoyo y ser parte de aquellos, a quienes admiro y de quien he aprendido muchísimo, gracias por sus comentarios y sugerencias.

A toda el área de Perforación del IMP por brindarme su apoyo y en muchos casos su amistad. A Ing. Cristina Aviles, Gabriel y Nachito por su ayuda. En especial a mis compañeras y amigas, con las cuales esos momentos de cansancio y desesperación se convirtieron en sonrisas, gracias Maty, Julia, Tere, Ara y Karem.

A mis amigos de la FES por haber aprendido y vivido juntos tantas cosas durante esos años a: Ingrid, Gus, Beto, Nancy, Marisol, Iliana, Saúl, Luis, Omar, Karen y a Dan por todo tu apoyo. A mis amigos Nancy Huerta, Felipe y Casandra, por perdonar mi ausencia y estar siempre ahí.

Al Instituto Mexicano del Petróleo por el apoyo brindado a través de sus instalaciones y las facilidades para la realización de éste trabajo. Y darme la oportunidad de conocer a muchas personas valiosas.



I N D I C E

Página

IZT.

RESUMEN.....	i
INDICE DE TABLAS.....	ii
INDICE DE FIGURAS.....	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II ANTECEDENTES.....	10
III. JUSTIFICACIÓN.....	16
IV. OBJETIVOS.....	17
V. MATERIALES Y MÉTODO.....	18
Obtención de fluido y recortes de perforación.....	19
Metodología para bioensayos con fluidos y recortes de perforación.....	20
Prueba de toxicidad aguda.....	21
Tóxico de referencia: Dodecil Sulfato de Sodio.....	23
Bioensayo de toxicidad crónica.....	23
Análisis estadístico.....	25
VI. RESULTADOS	
Parámetros fisicoquímicos del fluido y recortes.....	27
Toxicidad aguda.....	27
Toxicidad crónica.....	30
VII. DISCUSIÓN	
Toxicidad aguda.....	37
Tóxico de referencia D.S.S.....	40



Toxicidad crónica	
- Supervivencia.....	41
- Talla.....	42
- Peso.....	43
- Reproducción.....	44
- Proporción hembras y machos.....	47
VIII. CONCLUSIONES.....	51
IX. LITERATURA CITADA.....	53
X. GLOSARIO.....	58



RESUMEN

Mysidopsis bahia es una especie utilizada extensivamente en bioensayos de toxicidad aguda y crónica en la evaluación de fluidos de perforación o sus componentes por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) y recientemente por parte del Instituto Mexicano del Petróleo ya que es una especie de alta sensibilidad a contaminantes ambientales y además se distribuye en nuestro País. En éste trabajo se empleó a dicha especie para evaluar un fluido de perforación base agua y recortes, generados de la perforación del mismo pozo, a diferentes profundidades de operación. De acuerdo a los resultados de las pruebas agudas ninguna de las muestras evaluadas presentaron valores por debajo del criterio de la USEPA que se utilizó, el cual indica que una muestra es tóxica si el valor de CL_{50} es igual o menor al 3% de la fase evaluada. Independientemente a este criterio, las muestras presentaron una tendencia al aumento de su toxicidad con respecto a la profundidad. Siendo la de menor toxicidad el lodo de entrada M2(usado entre 850-900m) con 15.26% y el más tóxico el lodo de salida M5 (profundidad de 1950-2000m) con un valor de 5.96%. El gradiente de toxicidad que se obtuvo fue: LEM5>LSM6>LSM4>LEM3>LEM1>LSM2. En el caso de los recortes, se presentaron valores de CL_{50} desde 8.43% a 29.59%, lo que indica que son menos tóxicos que los lodos. El gradiente de toxicidad en los recortes fue: RII>RIII>RI y no se observó relación con respecto al aumento de la profundidad. De cualquier modo, tanto los lodos como recortes carecen de toxicidad aguda de acuerdo al criterio señalado del 3% o menor.

En cuanto a las variables evaluadas en la parte de toxicidad crónica se observó que existen afectaciones principalmente en talla, peso y producción de juveniles en las pruebas realizadas con concentraciones subletales de los lodos. En el caso de los recortes, solo se presentó afectación en el recorte RII en la supervivencia de los organismos expuestos. Se asume que las diferencias entre lodos y recortes se deben a que éstos últimos presentan solo una parte de lodo impregnado, por lo que hay menor cantidad de partículas suspendidas potencialmente biodisponibles que afecten al organismo en sus procesos biológicos durante un período de exposición prolongado, lo contrario, sucede con el fluido ó lodo de perforación.

De acuerdo a los resultados obtenidos no se puede decir que una caracterización toxicológica a nivel agudo indique que cierto compuesto o material, como en este caso los lodos y recortes de perforación, pueda cumplir con el precepto de "cero daños al ambiente" ya que, como se vió en este trabajo, existen implicaciones a largo plazo que pueden suscitarse y que posiblemente causen desequilibrio en los ecosistemas acuáticos.



INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Profundidad de colecta de las muestras de fluido y recortes de perforación, tomadas durante la fase exploratoria.

Tabla 2. Condiciones de cultivo de *Mysidopsis bahia* (Tomado de Weber, 1993).

Tabla 3. Condiciones para realizar una prueba de toxicidad aguda empleando a *Mysidopsis bahia* como organismo de prueba (De acuerdo a USEPA, 1980).

Tabla 4. Condiciones para realizar una prueba de toxicidad crónica empleando a *Mysidopsis bahia* como organismo de prueba.

Tabla 5. Datos de pH, salinidad, conductividad y características físicas de las muestras tomadas durante la fase exploratoria de fluidos y recortes de perforación a diferentes profundidades del pozo.

Tabla 6. Valores promedio de CL_{50} (en %) de fluidos y recortes, utilizando a *Mysidopsis bahia*, se señalan los intervalos de confianza ($P=0.05$) y el coeficiente de variación.

Tabla 7. Respuestas evaluadas (promedio) con los lodos y recortes de mayor y menor toxicidad en concentraciones subletales durante un tiempo de exposición de 22 días, empleando a *Mysidopsis bahia* como organismo de prueba.

Tabla 8. Resultados de reproducción por camada de las muestras evaluadas durante los 22 días de exposición, en los adultos de *Mysidopsis bahia*.

Tabla 9. Proporción de sexos de los supervivientes, respecto a la inicial (100%=24 hembras: 16 machos), resultados expresados en porcentaje.

Tabla 10. Valores de CL_{50} para DSS en *Mysidopsis bahia* obtenidos en otros trabajos.

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Esquema que muestra la fase de perforación de un pozo petrolero.
- Figura 2. Morfología de una hembra y un macho adultos de *Mysidopsis bahia* (tomados de Weber, 1993).
- Figura 3. Distribución geográfica de *Mysidopsis bahia* en el Golfo de México.
- Figura 4. Procedimiento para obtener la Fase de partículas suspendidas(FPS), utilizada para evaluar la toxicidad de lodos y recortes de perforación.
- Figura 5. Valores promedio de CL_{50} de las muestras evaluadas, con sus respectivos intervalos de comparación($P=0.05$), obtenidos por el método T para *Mysidopsis bahia*.
- Figura 6. Valores de CL_{50} con el tóxico de referencia DSS, obtenidos a lo largo del periodo experimental de la fase aguda en juveniles de *Mysidopsis bahia*, expuestos a 96 hrs.
- Figura 7. Porcentaje de supervivencia de *Mysidopsis bahia*, expuesto a concentraciones subletales de lodos y recortes de perforación durante el periodo de exposición a 22 días.
- Figura 8. Valores promedio de talla de los organismos expuestos de *Mysidopsis bahia* a las concentraciones subcrónicas, con sus intervalos de comparación($P=0.05$) obtenidos con el método GT-2.
- Figura 9. Gráfica de valores promedio de peso, al finalizar el periodo de exposición (22 días) a concentraciones subcrónicas de lodos y recortes de perforación. Intervalos de comparación = 0.00004959 ($P=0.05$).Obtenidos por el método GT-2
- Figura 10. Producción promedio de juveniles por réplica/camada, obtenido durante el periodo de exposición subcrónico en *Mysidopsis bahia*. Intervalos de comparación obtenido mediante el método T.
- Figura 11. Número de juveniles acumulados por día(valores promedio), de acuerdo al tiempo de exposición.

I. INTRODUCCIÓN.

Cada día es más evidente que los mares no tienen un poder ilimitado de dilución de los productos residuales derivados de la actividad humana. Las áreas costeras y las de los estuarios son particularmente sensibles a la contaminación ya sea porque su facultad de dilución disponible para la eliminación de residuos puede ser pequeña, o incluso inadecuada para ciertas clases de contaminantes.

La prevención de la contaminación de los mares tiende primordialmente a proteger la salud pública y a los organismos vivos, especialmente peces, moluscos y crustáceos.¹

La regulación y manejo de contaminantes en ambientes acuáticos están basados en información toxicológica, que incluye la cuantificación de la respuesta biológica con una concentración del contaminante por algún periodo definido de exposición. Tradicionalmente estas respuestas se obtienen mediante bioensayos de toxicidad aguda. El período de exposición de los organismos es de 96 horas y la respuesta biológica que se mide es letalidad.² Pero este tipo de información es insuficiente para determinar los niveles que no ocasionan un efecto a largo plazo en los organismos expuestos. Lo ideal es determinar la concentración que causa efectos crónicos.³ Los estudios de toxicidad crónica sirven para evaluar los efectos de los contaminantes sobre el crecimiento, sobrevivencia y reproducción en largos periodos de exposición, o frecuentemente durante el ciclo de vida completo. Los resultados obtenidos de los bioensayos crónicos son esenciales para el desarrollo de una predicción que permita la extrapolación de los datos toxicológicos a las poblaciones naturales. Para ello las estrategias regulatorias actuales tienen que intentar combinar datos de toxicidad aguda y crónica dentro de sus herramientas de evaluación y predicción.⁴

Es por tanto que la toxicología, como ciencia que se dedica al estudio de los venenos, ayuda a comprender a las sustancias químicas según su grado de riesgo y consecuentemente, establecer normas de seguridad adecuadas para un manejo seguro.⁵ En México la Industria Petrolera es una de las más importantes dentro de la economía del país, siendo las actividades de perforación, en las que más contribuye al desequilibrio del ecosistema. Las actividades de perforación llevadas a cabo por PEMEX en el Golfo de México y que constituyen una parte importante de la fase de exploración, se realiza generalmente en aguas poco profundas (< 50 m).

El proceso de perforación, se realiza mediante el uso de barrena rotatoria, empleando un fluido circulante (lodos de perforación) que tiene funciones de: movimiento de los recortes, el enfriamiento y lubricación de la tubería y barrena y la aplicación de presión al yacimiento. El lodo o fluido es bombeado por el centro de la tubería de perforación hasta la barrena, lugar en el cual el lodo sale en forma de jet a alta presión y alta velocidad removiendo los recortes. El lodo junto con los recortes, es transportado hacia la plataforma por el espacio anular entre la tubería de perforación y la tubería de revestimiento. Cuando llega a la superficie entra en un proceso de separación mecánica mediante el cual el lodo es separado de los recortes, arenas y gases. De esta forma el lodo de perforación mantiene durante un mayor tiempo sus propiedades (viscosidad, densidad, porcentaje de sólidos, etc.) para poder ser reciclado a la tubería de perforación y llevar a cabo nuevamente, las funciones antes mencionadas (Figura 1).

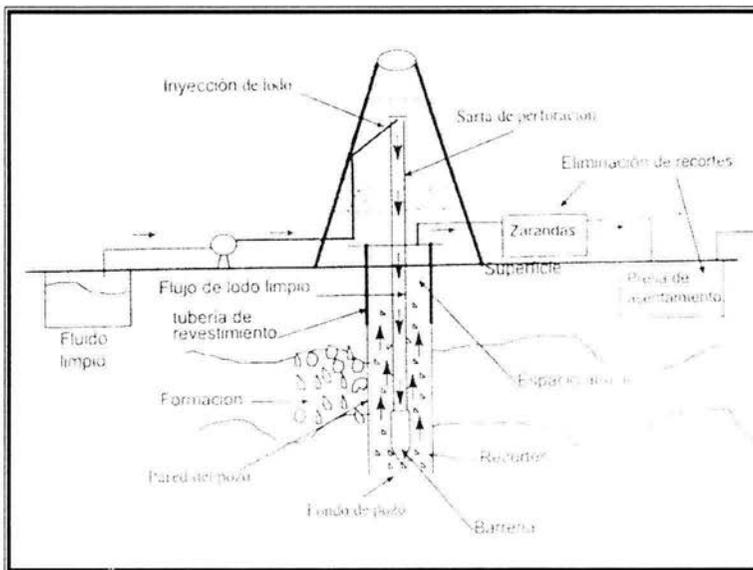


Figura 1. Esquema que muestra la fase de perforación de un pozo petrolero. (Tomado de González, 1998).

Los recortes separados varían en tamaño desde polvo hasta grava, éstos son separados del fluido mediante el uso de cribas vibratorias (temblorinas) y centrifugas. Aproximadamente el 80% de los recortes son separados del fluido de perforación en una primera etapa al ser tamizados por las

cribas vibradoras; en esta etapa un sistema centrífugo logra separar del 5.1 al 10.5% de fluido ó lodo remanente. El 20% restante se obtiene de una segunda etapa de tamizado en las mismas cribas vibradoras. La mezcla o lechada que se obtiene, es transportada a otra centrífuga más potente de la que se recupera cerca del 14.9% de fluido.⁶

Los fluidos de perforación se pueden clasificar de acuerdo a su base en tres tipos básicos: base agua, base aceite y gaseosos. De acuerdo a la característica de la formación, profundidad a perforar, costo, factores ambientales, etc., se deben seleccionar adecuadamente los aditivos necesarios para preparar los fluidos. En nuestro país, hasta hace algunos años, los aditivos que más impacto ocasionaban al ambiente, contenían importantes cantidades de lignosulfonato de ferrocromo. En un pozo típico la cantidad de lignosulfonato de ferrocromo utilizado podía ser del orden de 15,000 Kg. Actualmente estos aditivos ya no se emplean más, sin embargo el efecto crónico que su presencia pudiera ocasionar en el medio marino, no ha sido aún cuantificado.⁶

Existen tres tipos de fluidos de perforación utilizados actualmente por Petróleos Mexicanos: 1) Emulsiones base agua, 2) Emulsiones base aceite (emulsión Inversa) y 3) Emulsiones base aceite sintético.

Las principales características que debe cumplir un fluido de perforación son:

- 1) No ser corrosivo, ni abrasivo;
- 2) Ser estable a bajas o altas temperaturas;
- 3) Evitar la proliferación de microorganismos;
- 4) Ser compatible con aditivos especiales por ejemplo: obturantes;
- 5) Inerte y de fácil mantenimiento (resistir contaminación por sólidos perforados, calcio, carbonatos, yeso, sal, CO₂, H₂S, etc.);
- 6) No inferir en la interpretación de registros eléctricos;
- 7) Ser de baja toxicidad; y
- 8) Ser biodegradable.⁷

Dentro de los componentes de un fluido de perforación la barita es el principal componente regulador de la densidad, el uso de este químico ha traído problemas de toxicidad debido a la

presencia de impurezas de metales pesados como el mercurio y el arsénico.⁶ Los aditivos de perforación, se definen como: cualquier material agregado al fluido, cuyo objetivo es cambiar algunas de sus características o propiedades, como por ejemplo, aditivos poliméricos aniónicos, aditivos poliméricos catiónicos (aminas cuaternarias), todos ellos, utilizados en la formulación de lodos base agua. Algunos aditivos para el control de la corrosión y emulsión contienen alquifenol, etoxilatos y estrógenos que afectan el sistema reproductor de organismos acuáticos

Los recortes de perforación fueron tradicionalmente descargados en el mar desde el inicio de la explotación marina hasta la década de los 80's, formando lo que actualmente se conoce como "Pilas de Recortes de Perforación". Los recortes de perforación como tal, no representan un problema ambiental, no así el fluido de perforación impregnado en ellos. A partir de los años 90's prácticamente en todo el mundo se prohibió la descarga de recortes de perforación en los mares. Esto principalmente por el impacto ambiental generado por los químicos presentes en la elaboración de los fluidos de perforación, principalmente fluidos de emulsión inversa.

Diferentes organismos mundiales de protección al ambiente, se encargan de regular o prohibir las descargas de cualquier material que produzca fluorescencia o decoloración en la superficie del agua. Tales regulaciones al respecto al medio ambiente, han forzado a diferentes compañías, a utilizar costosos equipos lavadores de recortes o en su defecto recolectar los recortes perforados y transportarlos a depósitos apropiados. Nuestro país no fue la excepción y a partir de 1992 los recortes de emulsión inversa y emulsión base agua han tenido que ser transportados a tierra para su disposición. En 1992 Estados Unidos publicó las normas para las actividades de explotación de hidrocarburos costa-fuera.

A principios de 1999 PEMEX publicó el lineamiento interno No. PEP/ASIPA-L-001-99 que establece los requerimientos en materia de Seguridad Industrial y Protección Ambiental que deberán cumplir las localizaciones y equipos para la perforación de pozos, así como el abandono del sitio. Basados en esta normatividad y lineamiento, se lleva a cabo el "Proyecto Integral Ecológico Cero Descargas", con el objetivo de eliminar las descargas de contaminantes durante las actividades de perforación y terminación de pozos. En éste proyecto, se han manejado de manera integral elementos como: instalación de geomembranas, tratamiento de aguas residuales y

aguas negras, deshidratación de recortes base agua, contenedores de derrames y manejo, tratamiento y disposición de recortes de perforación base agua y aceite. A la fecha, se han probado otras técnicas como la incineración y desorción térmica con mejores resultados ambientales, pero con un alto costo económico.⁶

Un recorte altamente tóxico presentaría un impacto ambiental bajo si la exposición de dicho recorte en el ambiente fuese reducida. De aquí la importancia en el manejo y destino de los fluidos y recortes de perforación, existiendo dos posibles rutas básicas de exposición de los recortes ante el medio ambiente: la descarga en el medio marino y/o en el medio terrestre.

La dispersión y disipación en el ambiente marino de descargas de recortes de perforación está en función de características como: corrientes, profundidad, actividad pesquera, temperatura y topografía del fondo. Una baja dispersión y baja degradación, mantienen las concentraciones de los contaminantes en sus niveles más altos, causando la mayor afectación al ambiente.

Se han identificado tres características básicas en los recortes de perforación para definir el potencial de impacto ambiental de un determinado fluido presente en los recortes: 1) Toxicidad, 2) Bioacumulación y 3) Biodegradación. Mediante estas tres características es posible predecir el efecto toxicológico de los recortes y por ende del fluido de perforación en las poblaciones, comunidades y ecosistemas.

Los organismos utilizados para los bioensayos de toxicidad varían de acuerdo al sistema receptor y a la legislación local y puede reflejar uno u otro o solo un eslabón de la cadena trófica. Comúnmente las pruebas de toxicidad en el Mar del Norte y en la parte del Golfo de México de Estados Unidos se realizan principalmente con especies como, el misidáceo *Mysidopsis bahia*, el copépodo *Acartia tonsa* que es un herbívoro pelágico, el pez (en estadio juvenil) *Scopthalmus maximus* y un anfípodo bentónico (*Corophium volutator*).

En el caso de los misidáceos, tienen el aspecto de pequeños camarones y puesto que poseen un marsupio ventral, en ocasiones se les denomina camarones zarigüeya. Ellos forman parte del bentos, meroplanton u holoplanton, aunque son típicamente hipoplanctónicos¹⁰

Los misidáceos pertenecen al superorden Peracarida dentro de la clase Malacostraca. Éstos organismos presentan el tórax cubierto por un caparazón, pero como en todos los peracaridos, dicho caparazón no está unido con los cuatro últimos segmentos torácicos. En la

parte anterior el caparazón se extiende a menudo hacia adelante como un rostro, debajo del cual se proyectan los ojos compuestos pedunculados. Los primeros apéndices torácicos y a veces el segundo par también (en Mysidae), están modificados como maxilípedos. Los seis a siete apéndices torácicos restantes son más o menos similares y los exopoditos son filamentosos y en ocasiones tienen setas natatorias. Los pleópodos, están reducidos en la hembra; en los machos el cuarto pleópodo a veces suele estar modificado y estar muy largo.¹⁰

Los géneros *Mysis*, emplean los exopóditos torácicos para nadar, sobre todo cuando los pleópodos están reducidos. Las formas bentónicas reptan por el fondo o hacen surcos en la superficie de la arena o el cieno. Buen número de misidáceos son filtradores y se alimentan mientras nadan, otros son carnívoros¹⁰ y algunos pueden ser caníbales.

Se han descrito aproximadamente 450 misidáceos. Las especies marinas viven a menudo en grandes enjambres y forman una parte importante de la dieta de algunos peces como los sábalos y lenguados.¹⁰ Muchas formas marinas se encuentran en algas y hierbas de la zona de mareas.

Mysidopsis bahia es una especie utilizada extensivamente en bioensayos de toxicidad aguda y crónica ya que presenta elevada sensibilidad a contaminantes ambientales, es fácil de mantener en cultivo y su ciclo de vida, es relativamente corto.¹¹

Dentro de un sistema de cultivo controlado *Mysidopsis bahia* alcanza su madurez sexual entre los 12 a 20 días, dependiendo de la temperatura del agua y de la dieta. Normalmente la hembra presenta huevecillos dentro del ovario aproximadamente a los 12 días de edad. La cámara embrionaria o marsupio se termina de llenar a los 15 días (Longitud cercana a los 5mm respecto al total del cuerpo). Y los embriones permanecen ahí dentro de su proceso de formación hasta el día 17 a 20 del ciclo de vida de la hembra. El número de juveniles producidos depende también de las condiciones ambientales y de la talla del organismo. Al eclosionar los neonatos una nueva cámara se forma nuevamente de 4 a 7 días.

Los juveniles son planctónicos durante sus primeras 24-48hrs y permanecen en la superficie, orientados por la corriente. Al sentirse amenazados se inmovilizan, haciéndose susceptibles a predación por los misidáceos adultos. Para alimentarse son predadores activos de organismos como *Artemia*.

Los adultos de *Mysidopsis bahia* miden de 4.4 mm a 9.4 mm, medidos desde el margen anterior del caparazón a el final de los urópodos. La hembras madura es normalmente de mayor longitud que los machos y los pleópodos de las hembras son menores que las del macho. Los organismos son transparentes, pero pueden presentar una coloración desde amarilla, café o negra.³²

Descripción taxonómica de *Mysidopsis bahia*, por Stuck 1979.

Caparazón: Margen anterior dorsal con un ancho y redondeado plato rostral extendido hasta la base de los ojos. Margen posterior dorsal suelto, cóncavo delgado, presenta 8 segmentos torácicos.

Pedúnculo de la Antena (tamaño): Mide aproximadamente 7.0 veces la longitud del cuerpo y de ancho la mitad de lo largo, sostiene una seta a lo largo de ambos márgenes, sin sutura distal o diente lateral. Primer segmento del pedúnculo aproximado a 0.7 veces la longitud del cuerpo hasta el segundo segmento; pedúnculo entero, delgado y menor que un medio del largo de su tamaño.

Urópodos se aprecia que los exópodos son aproximadamente 1.8 veces tan largos como el telson y 1.3 veces tan largos como los endópodos. Sostienen una seta a lo largo de cada margen, con 2 o 3 (raramente 4) espinas medias delgadas y un estatocisto delegado posterior.

Telson. Lingüiforme, sin fisura terminado en marginación, longitud cercana a 1.7 veces su ancho máximo; márgenes laterales cóncavos delgados, con 10 a 20 espinas, ápice completamente redondeado, con 4 a 6 pares de espinas estrechamente situadas las cuales incrementan su tamaño desde el par lateral al par medio.

Otras características: Todos los pleópodos de los machos son birramios, endópodos de los pleópodos son rudimentarios, 4 pleópodos con una larga seta con púas sobre la extremidad de 7 segmentos del exópodo. Todos los pleópodos de las hembras se reducen a platos unirramios

Observaciones: Muchos especímenes de *M. bahia* examinados desde el Norte del Golfo de México, muestran concentraciones variables de pigmentos negros a lo largo del margen ventral comparado a la concentración normal ventral abdominal característicos de otras especies de *Mysidopsis*.

Talla: Los machos adultos miden 7.0mm y las hembras 8.0mm(Figura 2).

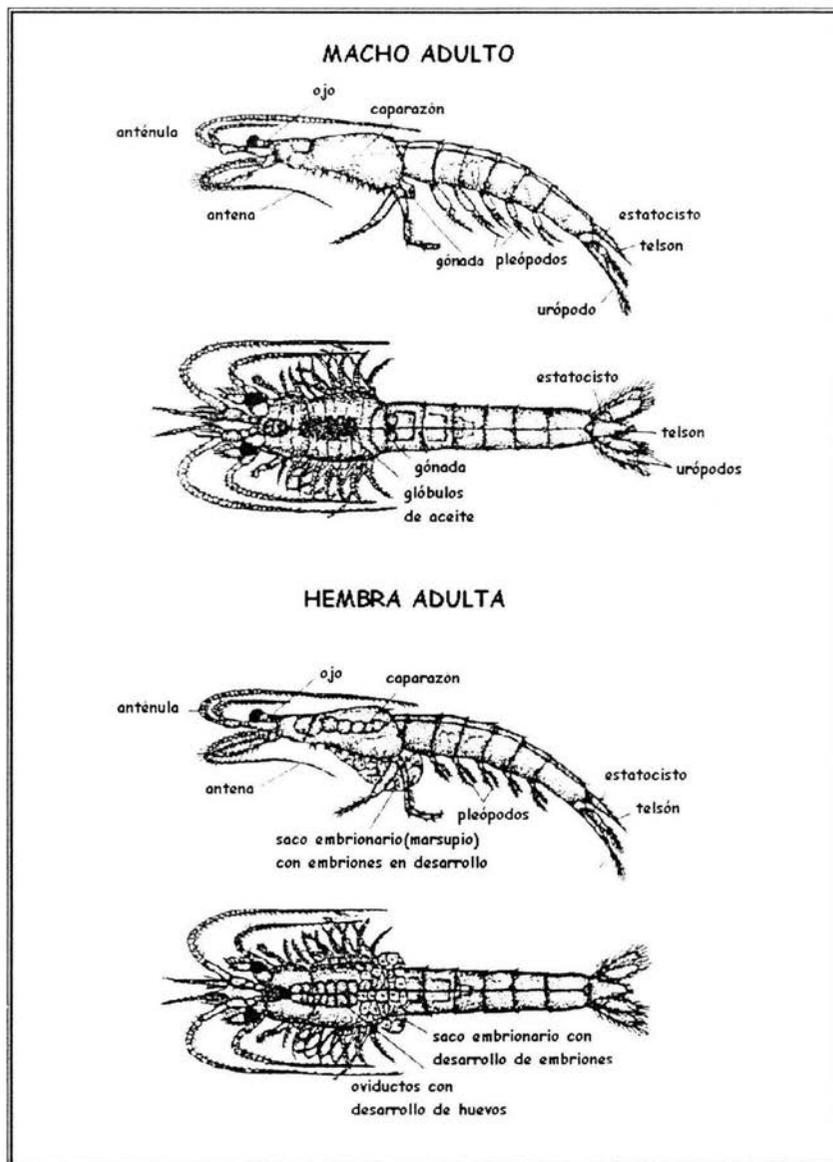


Figura 2. Morfología de una hembra y un macho adultos de *Mysidopsis bahia* (Tomados de Weber, 1993)

Distribución: Laguna de Tamiahua, Veracruz, México hasta el Canal de Buttonwood, Cabo Sable, Florida (Stuck, *et al.* 1979) (Figura 3).

Ecología: Estuarinos, comúnmente habitan salinidades arriba de 15‰, raramente en salinidades bajas como 2.0‰, a menudo colectado con *M. almyra*.



Figura 3. Distribución geográfica de *Mysidopsis bahia* en el Golfo de México.

II. ANTECEDENTES

Bioensayos de toxicidad con *Mysidopsis bahia*

El uso de Misidáceos en estudios de toxicología acuática, principalmente las especies pertenecientes al género *Mysidopsis*, ha sido seleccionado por un gran número de investigadores ya que estos organismos han demostrado alta sensibilidad a sustancias, puras o en mezcla, así como fácil cultivo en laboratorio; todo ello, en comparación con otras especies marinas¹². En ese sentido durante 1977 y 1978, se describió el sistema de recirculación y cultivo para *Mysidopsis bahia*, el cual ha sido usado extensivamente para bioensayos de toxicidad aguda y crónica¹³. Posteriormente se determinó y comparó con otros organismos, el efecto del Cadmio en bioensayos de toxicidad aguda. En los resultados obtenidos en el estudio, se determinó la CL_{50} de 15.5 mg/L para el Cadmio, siendo este valor el más bajo de los obtenidos, en comparación con otros crustáceos, equinodermos, anélidos, moluscos y algunos peces¹⁴.

Así mismo se han realizado trabajos con otros metales como Níquel y Mercurio empleando a *Mysidopsis bahia* para evaluar la toxicidad crónica de estos, de manera individual y en combinación. Las respuestas que se evaluaron fueron: sobrevivencia, incremento poblacional (r), valor reproductivo (Va) y fecundidad; se emplearon 4 concentraciones para el Mercurio (0.54, 0.82, 1.65, 2.51 $\mu\text{g/L}$) y 4 para el Níquel (30, 61, 141, 297 mg/L). En cuanto a los resultados obtenidos, la mortalidad se incrementó de acuerdo a la concentración, en el caso del Níquel se observó mortalidad total para los organismos en la concentración más alta; mientras que la madurez sexual se dio de los 12 a 21 días para el Hg y de 10 a 17 días para el Ni. En la cuenta de neonatos producidos, se obtuvieron de 1 a 53 para el Hg y de 7 a 338 para el Ni; lo cual indicó mayor sensibilidad hacia el Mercurio que al Níquel. En este trabajo se observó también un decremento en la producción de juveniles al incrementar la concentración del tóxico.¹⁵

En otro estudio, también se evaluó la toxicidad aguda y crónica de una selección de metales pesados y de Cianuro, con *Mysidopsis bahia*, encontrando valores de CL_{50} desde 3.5 mg/L de mercurio hasta 3130 mg/L para el plomo, obteniendo un gradiente de toxicidad de esta forma: Hg>Cd>Cu>Cn>Ag>Zn>Ni>As>Cr>Pb. En cuanto a los valores de toxicidad crónica, estos fueron de 1.2 mg/L de mercurio y 893 mg/L de arsénico. Los valores crónicos fueron calculados de acuerdo a la sobrevivencia, tiempo de la primera reproducción y el # de juveniles

producidos. En cuanto a la sensibilidad relativa del organismo en la parte crónica, los autores¹⁶ indican que solo para el cadmio la sobrevivencia se vio más afectada que la reproducción. En cambio sobrevivencia y reproducción fueron igualmente sensibles para el Mercurio, el Zn, Ni y As; para los otros metales, la reproducción fue la más afectada.

Se han realizado otros trabajos evaluando la toxicidad aguda de los efluentes municipales e industriales del Estado de Maryland U.S.A., obteniendo resultados de un año de pruebas. Las evaluaciones se realizaron con organismos dulceacuicolas, estuarinos (incluyendo a *Mysidopsis bahia*), invertebrados y peces. Se encontró una frecuencia de toxicidad de 14% y 36% en las descargas industriales y municipales, respectivamente. Estos resultados indicaron la importancia de implementar el biomonitoreo, con medición de toxicidad en los efluentes y en los puntos de confluencia para de esta forma, regular las descargas en las aguas del estado.¹⁷

Se han observado cambios fisiológicos y en el metabolismo energético de *Mysidopsis bahia* mediante una exposición de todo el ciclo de vida a un defoliante DEF (pesticida orgánico). Los resultados obtenidos de la exposición continua a DEF a una concentración $\geq 0.426 \mu\text{g/L}$ reducen la sobrevivencia y la edad de la primera camada. También la producción de juveniles de cada hembra se detuvo a una concentración de $\geq 0.606 \text{ mg/L}$. La exposición crónica a concentraciones $\geq 0.085 \mu\text{g_DEF/L}$ redujeron la producción de juveniles en la población. Una interacción entre la edad de los misidáceos y las concentraciones de DEF modifica el crecimiento y la energía metabólica.¹⁸

En otro estudio realizado con *Mysidopsis bahia* se observó la influencia del metoprenol (hormona juvenil análoga) usada para el control de un mosquito, se evaluó sobrevivencia, crecimiento y reproducción durante la exposición durante todo el ciclo de vida del misidáceo. Se encontró que a una exposición de $125 \mu\text{g/L}$ durante 4 días, se presenta una mortalidad total de los organismos expuestos. Se observó que a concentraciones de 2 a $8 \mu\text{g/L}$ hay un decremento significativo en la cantidad de juveniles producidos. Por lo tanto mencionan que el metoprenol a bajas concentraciones puede interferir con el sistema endocrino de este crustáceo.¹⁹

En estudios recientes se evaluó la toxicidad de los hidrocarburos policíclicos aromáticos, (PAH's) asumiendo que son la fracción tóxica del petróleo, utilizando *Mysidopsis bahia* como organismo de prueba. Se obtuvieron valores CL_{50} de 0.32 a 5.7 mg/L de PAH's. Los resultados de este estudio demostraron que el bajo contenido de aromáticos en el aceite pueden

ser altamente tóxicos pero la forma de evaluación no fue la más óptima y sugieren que se realice destilando los aceites.²⁰

Se han realizado trabajos evaluando el tóxico estándar Dodecil sulfato de sodio sobre la sensibilidad del camarón blanco *Litopenaeus setiferus* a diferentes edades (especie que habita las aguas del Golfo de México), para compararlo con *Mysidopsis bahia*. En estos trabajos, se obtuvieron valores de CL_{50} de 6.53‰ para la edad 12 días, 4.21 ‰ a los 18 días, 7.52 ‰ a los 30 días y 6.41 ‰ a la edad de 42 días. En este estudio se determinó que *L. setiferus* puede ser una especie viable en estudios toxicológicos debido a su alta sensibilidad.

Bioensayos de toxicidad con *Mysidopsis bahia* evaluando fluidos de perforación.

La evaluación de la toxicidad de lodos de perforación o sus componentes, se realiza principalmente con especies de ambientes marinos siendo *Mysidopsis bahia* una de ellas. Esta especie ha sido muy estudiada en la parte noroeste del Golfo de México, en los Estados Unidos por la United States Environmental Protection Agency (USEPA) lo que la ha convertido en una especie de referencia toxicológica importante.

En 1977, se realizó una recopilación de los valores de toxicidad para *Mysidopsis bahia* que se han evaluado con distintos lodos y aditivos de perforación base agua utilizados en la fase exploratoria de pozos petroleros, los resultados indican valores de toxicidad muy bajos, siendo solo dos de 51 evaluados los que no cumplieran con el criterio señalado en el mismo estudio. En este trabajo el criterio fue de: mayor a 10,000 ppm no tóxico y muy tóxico menor de 1.0 ppm.²²

En 1984, se evaluaron por medio de pruebas de toxicidad aguda y con *Mysidopsis bahia*, 8 fluidos de perforación genéricos. Se evaluó la fase de partículas suspendida (FPS) de los fluidos en exposiciones a 96 horas. Se obtuvo un rango de CL_{50} de 2.7% (fluido polimérico y KCl) a 65.4% (fluido lignosulfonado) y en 3 de los fluidos evaluados, no se obtuvo mortalidad. En este trabajo se empleó como tóxico de referencia al Dodecil sulfato de sodio encontrando para este, un valor de CL_{50} a 96 hrs de 5.4 ppm²³.

En otro estudio se realizaron pruebas de toxicidad a dos fluidos genéricos de perforación de pozos petroleros utilizando también, como tóxico de referencia, al dodecil sulfato

de sodio. Las pruebas se realizaron de forma independiente y combinada entre los fluidos; los resultados obtenidos mostraron que en el caso de los fluidos la toxicidad combinada fue menor que de forma independiente y en cuanto a los resultados del tóxico de referencia se reportó un valor de CL_{50} de 4.3 a 9.2 mg/L.²⁴

También se ha estudiado la toxicidad en sedimentos incorporados con fluidos de perforación a 24, 96 y 168 hrs. de tiempo de exposición, utilizando como especie de prueba a un cordado bentónico (*Brachiostoma caribeum*); se determinó la CL_{50} y EC_{50} , calculada con el número de organismos que no fueron encontrados dentro del sedimento contaminado. Los resultados se compararon con un invertebrado bentónico (*Mysidopsis bahia*). Los lodos que se evaluaron fueron P5, P3, JX-67, P1, P3 con adición de limo, y Barita adicionada con limo; obteniendo valores de $CL_{50} > 100\%$ para la Barita y hasta del 8% para el lodo P1 a las 168h; en el caso de *Mysidopsis bahia* se encontraron valores muy bajos a las 96h al incorporar el fluido al sedimento (CL_{50} de 0.026%, 0.009%, 0.0026% para los fluidos P5, P3 y P1 respectivamente). En el caso de *B. caribeum* se obtuvieron valores de 100% para todos los lodos, excepto para el P1 cuyo valor de CL_{50} fue del 5%.²⁵

En 1997 en nuestro país se realizó, dentro del proyecto CDC-0402, "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 fuera" un estudio de toxicidad aguda a 96 hrs. de exposición, evaluando 8 fluidos de perforación genéricos utilizados por la EPA, así como evaluaciones de sensibilidad al tóxico de referencia DSS, para lo cual se empleó a *Mysidopsis bahia* y *Penaeus setiferus*. De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a la evaluación de los lodos genéricos, se tuvo que la respuesta de los organismos a los fluidos es similar ya que en los 8 lodos, se presentó una tendencia toxicológica parecida. Resultando solo uno tóxico para ambas especies y los 7 restantes no tóxicos de acuerdo con el criterio de la EPA. En este mismo estudio se evaluaron 6 lodos de perforación en uso en la Sonda de Campeche empleando a *P. setiferus*, 4 de ellos son base agua y 2 de emulsión inversa. Los lodos base agua no presentaron toxicidad ya que el valor obtenido fue mayor a 30,000 ppm en la fase de Partículas suspendidas considerando el criterio referido; mientras que los lodos de emulsión inversa resultaron ser tóxicos con valores menores a 300 ppm; lo anterior fue atribuido a que no hay una separación de fases y el lodo íntegro, es el que se evalúa; sin embargo se considera a estos lodos muy tóxicos. En lo que respecta al tóxico de referencia para *Penaeus setiferus* se reportó un valor de 7.28 ± 1.10 ppm.,

siendo este valor ligeramente superior a los reportados con *Mysidopsis bahia* (CL₅₀ entre 5.5 y 6.6 ppm). Con los resultados obtenidos, los autores indicaron que *P. setiferus* y *M. bahia*, son especies con alta sensibilidad y que la primera puede ser empleada para evaluar fluidos de perforación que son utilizados en la sonda de Campeche ya que los resultados son igualmente confiables que otras especies de referencia.²⁶

En el año 2000 se realizó un estudio de toxicidad aguda a 96hrs de la fase de partículas suspendidas, evaluando diferentes sistemas de fluidos, 7 fluidos genéricos y 6 fluidos de perforación. Como especie de prueba se utilizó al camarón blanco *Litopenaeus setiferus* en estadio de postlarva, este organismo se seleccionó debido a su importancia económica y a su distribución regional. Como organismo de comparación se utilizó a *Mysidopsis bahia* como especie de referencia empleada por la USEPA pero solo con la finalidad de comparar a los resultados arrojados con el camarón blanco. De acuerdo al criterio de la EPA se determinó la toxicidad de los fluidos, obteniendo una respuesta similar en cuanto a sensibilidad en ambas especies con los fluidos genéricos evaluados y con el tóxico de referencia (Dodecil sulfato de sodio reportando valores de CL₅₀ para *L. setiferus* de 4.57 mg/L hasta 10.72 mg/L), y solo uno de los fluidos genéricos fue tóxico para ambas especies; mientras que los demás fluidos sobrepasaron el límite de toxicidad presentando valores menores al de 30,000 ppm. En el caso de los fluidos, solo 2 fueron tóxicos para *L. setiferus* debido a que éstos están formulados con base aceite. De acuerdo a estos resultados se recomendó emplear a larvas de *Litopenaeus setiferus* como una especie de referencia en la Regulación mexicana para fluidos de perforación en las zonas de explotación petrolera, dado que la especie presenta alta sensibilidad y replicabilidad en las pruebas de toxicidad; respuestas similares a la manifestadas por *Mysidopsis bahia*.²⁷

Biología de la especie.

Se han realizado gran cantidad de estudios referentes a *Mysidopsis bahia*; esta especie fue identificada desde 1969 por Molenock. A la fecha, se han reportado muchos datos acerca de su distribución y se han hecho claves taxonómicas para su identificación así como de la gran variedad de especies de misidáceos; los cuales se distribuyen principalmente en el Golfo de México.

En 1979 se realizó una serie de anotaciones en las claves de los misidáceos del Norte central del Golfo de México; en este trabajo, se proporciona información acerca de 17 especies de

11 géneros, ilustrando a todas ellas. Se hace una descripción morfológica de cada una incluyendo a *Mysidopsis bahia*.²⁸

También en 1982 se realizaron claves taxonómicas ilustradas para la identificación de misidáceos de aguas poco profundas de las costas de Texas, incluyendo notas sobre la ecología de cada especie. Se reportan 6 géneros y 10 especies entre ellas *Mysidopsis bahia*; además, se hace una descripción taxonómica y se detalla la distribución de esta especie, el cual abarca desde la laguna de Tamiahua, Veracruz, México, hasta el suroeste de los Everglades en Florida. Se menciona también que *M. bahia* es muy abundante en salinidades mayores a 20‰.²⁹

Se han realizado otros trabajos relacionados con la biología de la especie en los que se han observado las interacciones de factores como salinidad, temperatura y edad sobre el crecimiento (determinado mediante la masa corporal) del misidáceo, mediante pruebas de laboratorio durante todo su ciclo de vida. Se reporta que la mayor masa corporal que el organismo obtuvo se presentó después de 4 semanas a temperaturas entre 24 y 29°C y a salinidades por arriba de 19‰.³⁰

III. JUSTIFICACIÓN

En México la industria petrolera es muy importante para la economía del país sin embargo, se le atribuye un impacto negativo de gran alcance en materia ambiental, debido al amplio espectro de productos derivados del petróleo que pueden, accidental o fortuitamente ser derramados. En nuestro país no ha sido posible cuantificar las descargas totales producidas desde la fase de exploración y explotación, ya que hace falta información acerca de muchas sustancias que son utilizadas (p.e. fluidos y aditivos empleados en la perforación de pozos) o de residuos (por ejemplo, recortes de perforación) que son generados durante la fase exploratoria y de los cuales, en muchos casos, no se tiene un manejo apropiado o que ocasionalmente llegan a contaminar los ambientes acuáticos.

Los fluidos de perforación específicamente los compuestos químicos que los constituyen, generalmente son importados de los Estados Unidos ya que las compañías comercializadoras (M-I Drilling, Baroid, etc.) tienen su sede en ese país. Como requisito para su comercialización en México, además de cumplir con normas de eficiencia estrictas, deben de presentar un certificado de baja o nula toxicidad realizado por un laboratorio estadounidense. La mayor parte de los fluidos de perforación y sus componentes o aditivos, no son evaluados en nuestro país para confirmar que no presentan características tóxicas a nivel letal (CL_{50} mayor a 30,000 ppm de acuerdo con la normatividad ambiental de la Environment Protection Agency de Estados Unidos (EPA). Con el fin de confirmar la "aparente" baja toxicidad de los productos, en este trabajo, se evaluó la calidad toxicológica de un fluido de perforación y los recortes producidos (como producto de la fase exploratoria), de un pozo petrolero ubicado en el Estado de Tabasco. Para este fin se utilizó como organismo de prueba a *Mysidopsis bahia*, el cual es una especie de referencia, de alta sensibilidad, habitante de las costas del Golfo de México y con antecedentes en evaluaciones con fluidos de perforación.

IV. OBJETIVOS

Objetivo General.

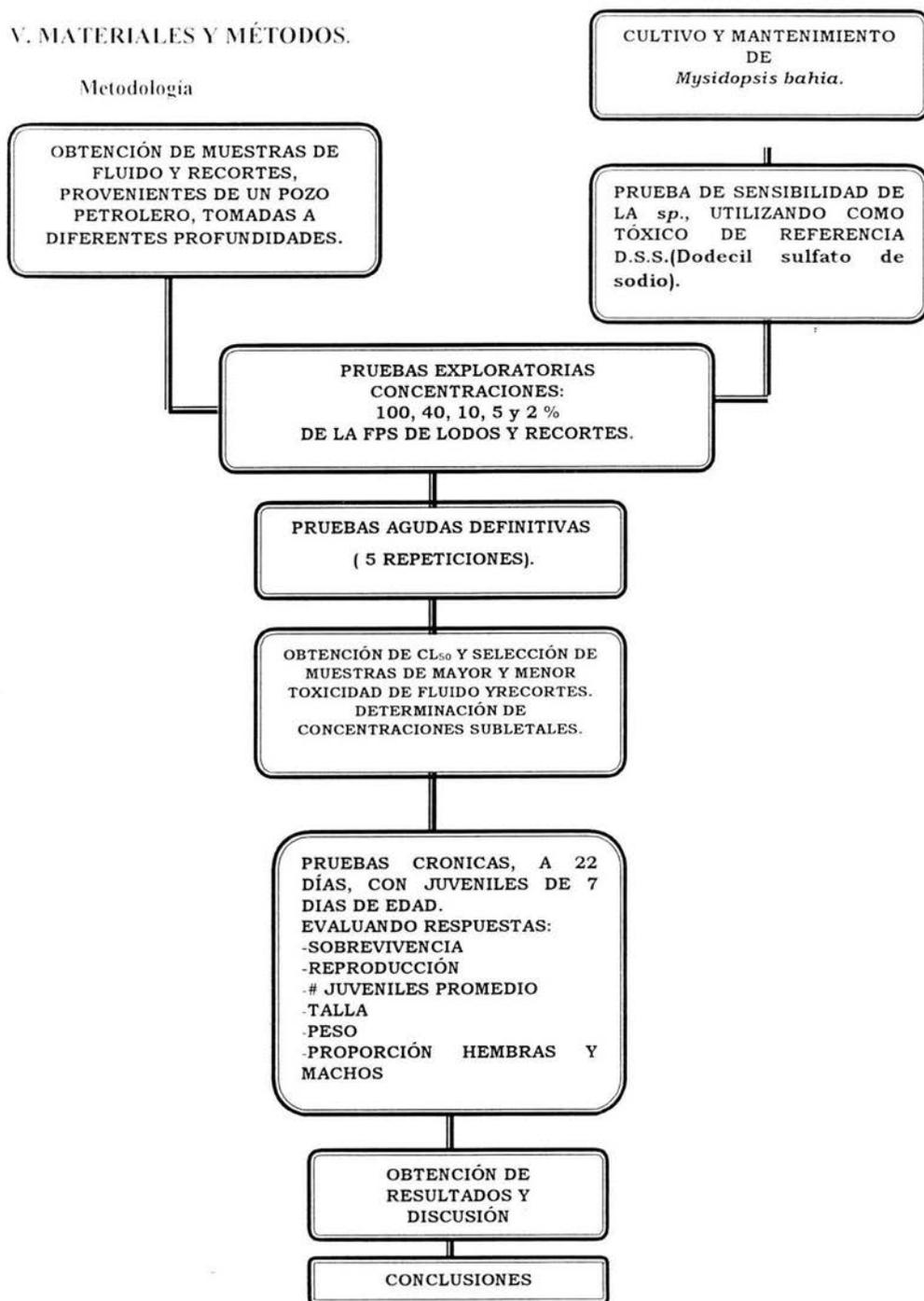
Evaluar mediante bioensayos de toxicidad aguda y crónica, la fase de partículas suspendidas (FPS) de un fluido base agua y recortes de perforación de un pozo petrolero, colectados a diferentes profundidades de operación, empleando a *Mysidopsis bahia* como especie de referencia.

Obj. Específicos.

- Obtener la CL50 de la fase de partículas suspendidas (FPS) del fluido de perforación y de los recortes a diferentes profundidades de operación del pozo.
- Realizar pruebas crónicas a concentraciones subletales (FPS) de los lodos y recortes de mayor y menor toxicidad evaluados en la fase aguda, para determinar respuestas biológicas como: sobrevivencia, reproducción, talla y peso, en juveniles de *Mysidopsis bahia*, apartir de los 7 días de edad.

V. MATERIALES Y MÉTODOS.

Metodología



La evaluación de toxicidad realizada con *Mysidopsis bahia* se basó en la exposición controlada de los organismos, durante de 96 horas, utilizando la metodología específica para evaluación de fluidos de perforación y adaptada para evaluar recortes, descrita por la Agencia de Protección del Ambiente³¹ En cuanto a las pruebas de toxicidad crónica se empleó la metodología propuesta por Weber, 1993, de la USEPA, descrita en el manual EPA/600/4-90/027F, de la Sección 14, "Prueba de toxicidad en *Mysidopsis bahia*, sobrevivencia, crecimiento y fecundidad"

IZT.

- **Obtención de los fluidos y recortes.**

Las muestras de los lodos se colectaron de un pozo petrolero terrestre en perforación ubicado en el Estado de Tabasco. Las muestras se tomaron y evaluaron a diferentes profundidades de acuerdo a la litología del pozo. El muestreo se efectuó durante la perforación del pozo y solo después de que el fluido circuló completamente al menos dos veces después de la adición de cualquier constituyente del lodo (algún aditivo). Se tomaron algunas de las características de las muestras, como profundidad mediante la cual, se diferenciaron las muestras. Se midieron algunos parámetros fisicoquímicos, como pH y conductividad, asimismo, se realizaron observaciones físicas de las muestras.

Las muestras se colectaron en recipientes de plástico, opacos y herméticos con capacidad de 1 galón, los cuales previamente se sometieron a un lavado riguroso.³² Posteriormente se transportaron al laboratorio a en donde permanecieron en refrigeración a una temperatura de 4° C. La selección de las muestras del fluido se realizó de acuerdo a la profundidad del pozo, seis del fluido de perforación a diferentes profundidades y 3 de recortes. Las características de las muestras y la profundidad de donde se tomaron se describen en la Tabla 1.

Tabla 1 Profundidad de colecta de las muestras de fluido y recortes de perforación, tomadas durante la fase exploratoria

MUESTRA	PROFUNDIDAD (mts)
LODO ENTRADA (M1)	850 -1000
LODO SALIDA (M2)	850 -900
LODO ENTRADA (M3)	1400 -1600
LODO SALIDA (M4)	1400 - 1550
LODO ENTRADA (M5)	1950 - 2000
LODO SALIDA (M6)	1850 - 1900
RECORTE I (RI)	850 - 1000
RECORTE II (RII)	1400 - 1650
RECORTE III (RIII)	1850 - 2000



- Metodología para bioensayos con fluidos y recortes de perforación.

- a) Preparación de la muestra.

Con el fin de simular las condiciones de campo o naturales, el fluido y los recortes de perforación son mezclados con un medio de prueba, en este caso agua marina artificial y de esta forma obtener la separación de fases.

El primer paso es la obtención de la fase de partículas suspendidas(FPS) de la muestra; es decir la fase acuosa y biodisponible, se realizó a partir de una relación volumétrica 1:9 (muestra+agua marina), ambos se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 1L, 100 mL de la muestra y 900 mL de agua marina artificial con salinidad y temperatura de 20‰ y 25°C, respectivamente. (La muestra del lodo previamente se homogenizó durante 10 minutos mediante un dispersor a alta velocidad a 3000rpm. Enseguida se mezcló con un agitador magnético durante 15 minutos, al finalizar el tiempo se midió el pH. En caso de ser necesario, se ajustó el pH de la FPS aproximando el valor obtenido, con el medio de prueba, empleando NaOH ó HCl 6N según fuese el caso. Posteriormente se dejó reposar durante 1 hora, transcurrido el tiempo, se observó una separación de fases en el recipiente, la fase que queda en la parte superior, es la que se conoce como fase de partículas suspendidas o FPS. Mediante una decantación cuidadosa se transfiere a otro recipiente. La muestra así obtenida, presenta una concentración de 1 000,000 ppm en la fase de partículas suspendidas, lo que corresponde al 100% de la concentración (figura 4) Este procedimiento se realizó de igual forma para todas las muestras.

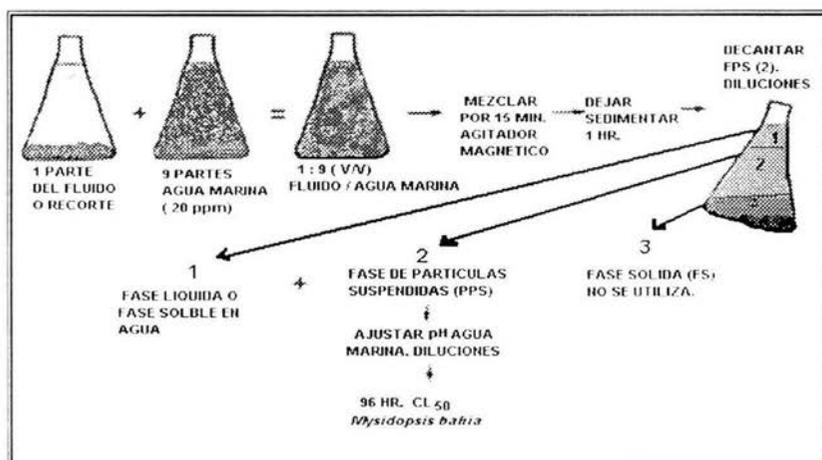


Figura 4. Procedimiento para obtener la Fase de partículas suspendidas(FPS), utilizada para evaluar la toxicidad de lodos y recortes de perforación (Tomado de USEPA; 1988).

b) Obtención de la especie de prueba: *Mysidopsis bahia*.

Los organismos se cultivaron en el laboratorio de Toxicología Acuática del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), provenientes de la Empresa Chesapeake Cultures Inc., Virginia, U.S.A. El cultivo y mantenimiento detallado de la especie se describe en el Anexo 1. El cultivo se realizó en un sistema de recirculación continua, el cual tiene una combinación de filtros mecánicos, biológicos y químicos, con lo cual se mantienen homogéneas las características fisicoquímicas del agua marina. El agua marina se preparara artificialmente(marca Cristal sea, libre de fosfatos), preparada en el laboratorio con una salinidad de $20 \pm 1\%$, las condiciones de cultivo se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Condiciones de cultivo de *Mysidopsis bahia* (Tomado de Weber, 1993).

CONDICIÓN DE CULTIVO	
Sistema de cultivo	Recirculación
Medio de cultivo	Agua marina artificial (Cristal sea)
Salinidad	20‰
Temperatura	26± 2°C
Alimentación	Nauplios de <i>Artemia franciscana kellogg</i> (50 nauplios/mysidopsis/día)
pH	8.3 - 8.4
Oxígeno Disuelto (mg/L)	5
Fotoperíodo (Luz: Oscuridad)	14 :10 hrs
Intensidad de luz (Luxes)	1200
Velocidad flujo (Litro/min)	5
Recipientes de cultivo	Acuarios de 40 y 90 Litros
Amonio (mg/Litro)	<0.5
Densidad/litro	organismos

Prueba de toxicidad aguda CL₅₀ a 96hrs.

El primer paso de la evaluación del potencial de daño de un material, a los organismos y a los ecosistemas del medio ambiente marino, se realiza mediante un "bioensayo letal.

Una vez obtenida la FPS mencionada con anterioridad, se realizaron pruebas exploratorias, empleando para ello, concentraciones de 100, 40, 10, 5 y 2 % y como control agua marina artificial. Después de la obtención de la CL₅₀, se utilizaron concentraciones menores y

mayores de este valor (al menos 5 concentraciones) para la realización de las pruebas definitivas. Cada prueba se repitió 5 veces para determinar la variabilidad en el método. Las pruebas se realizaron de acuerdo a las condiciones que se mencionan en la Tabla 3.

Tabla 3. Condiciones para realizar una prueba de toxicidad aguda empleando a *Mysidopsis bahia* como organismo de prueba(De acuerdo a USEPA, 1988).

CONDICIONES DE PRUEBA AGUDA	
Tipo de prueba	Estática sin renovación de la solución de prueba.
Duración (hrs.)	96
Intensidad de luz (lx)	1 200
Medio de prueba	Agua marina artificial (Cristal sea)
Fotoperiodo	14 :10 Luz/Oscuridad
Recipientes de prueba (mL)	1500
Volumen total, agua marina + muestra (mL)	1000
Edad de los organismos	Juveniles de 4 a 6 días
Salinidad	De 20 a 22 ‰
Temperatura(°C)	26± 2
Alimentación	Sí, Nauplios de <i>Artemia franciscana kellogg</i> (50 nauplios/mysidopsis/día)
PH	8.3 - 8.4
Oxígeno Disuelto	5 mg/l.
No. de réplicas por concentración	2
No. Organismos / réplica	20
No. Concentraciones de la prueba	5 y 1 control
Respuesta evaluada	Inmovilidad a 96 horas
Criterio de aceptabilidad de la prueba	Sobrevivencia > ó = al 90% en los testigos

Para cada prueba se emplearon un total de 240 organismos, los cuales se obtuvieron de los lotes de cultivo, mediante una red de malla fina se colectaron adultos y juveniles y se separaron en cristalizadores empleando una pipeta pasteur de plástico recortada. Al obtener a los juveniles, los adultos se incorporaron de nuevo al acuario de cultivo. Los juveniles se colocaron dentro de la concentración correspondiente dando con esto, inicio a la prueba.

El monitoreo de los parámetros fisicoquímicos (pH, OD, T^o y S^o_{no}) se realizó cada 24 horas (0, 24, 48, 72 y 96 hrs.). Para mantener la temperatura constante (26 ± 2 °C) se colocaron

los acuarios en baño maría y a cada acuario de prueba se le proporciono aireación mediante compresor de aire de uso en acuarios. Cada 24 horas se registró el número de animales vivos, esto con la finalidad de no perder el número real de organismos expuestos ya que pueden morir y descomponerse y/o mudar y confundir su exoesqueleto con un organismo muerto. En el caso de los controles se utilizó agua marina artificial, sin ningún tóxico, la máxima mortalidad aceptada para el control de cada prueba fue del 10%, en caso de exceder éste valor la prueba se repitió.

Control positivo de la prueba, Tóxico de referencia.

Se realizaron pruebas de sensibilidad con *Mysidopsis bahia* utilizando como tóxico de referencia Dodecil Sulfato de Sodio (DSS) de la marca Sigma con 95% de pureza (Formula: $C_{12}H_{25}NaO_4S$, Peso molecular 288.38), ya que se emplea como detergente y por ello, se encuentra comúnmente en sistemas acuáticos. A consecuencia de sus propiedades se reduce la tensión superficial, debido a la formación de espumas en ciertos puntos de los cursos de agua impidiendo con ello, los procesos de autodepuración de los sistemas acuáticos.³³

Para determinar las concentraciones que se emplearon con la especie se hizo referencia a los valores reportados por algunos autores como Parrish y Macauley (1986) quienes obtuvieron un valor de CL_{50} para el tóxico de 4.3 a 9.2 mg/L, de acuerdo a estos valores se realizaron las siguientes concentraciones: 1, 5, 9, 13, 17 y un control. Para cada prueba se realizó 1 réplica. La prueba se realizó 1 vez al mes, durante el periodo de experimentación.

Para realizar la prueba se preparó una solución concentrada o madre de 1 g/L de DSS. Las pruebas se realizaron bajo las mismas condiciones que se describen en la Tabla 3.

Bioensayos de toxicidad crónica.

Las pruebas de largo plazo, subletales o crónicas se diseñan para proveer información del efecto de varias concentraciones del tóxico en la sobrevivencia, crecimiento y sucesos reproductivos en un organismo. Por ello se emplean concentraciones que están por debajo del nivel de letalidad establecido mediante las pruebas agudas o CL_{50} .

Las pruebas de toxicidad crónica se realizaron posteriormente a la obtención de la CL_{50} a 96 hrs, obtenidas durante la fase aguda, . Para ello, se empleó la cuarta parte de la CL_{50} de las muestras más y menos tóxicas de fluidos y recortes, sumando éstas un total de cuatro pruebas, más un control. Las pruebas se realizaron bajo las condiciones descritas en la Tabla 4.

Los organismos que se ocuparon para la prueba se mantuvieron desde su nacimiento en un acuario de cultivo, apartados del resto de organismos. Todos los animales presentaban la misma edad. Al llegar a los 7 días se sacaron y se separaron hembras y machos, empleando para determinar el sexo, un microscopio estereoscópico y siguiendo el criterio descrito por la EPA/600/4-90/027F/1993, el cual se basa, en el caso de las hembras, en la presencia o ausencia de huevecillos en los oviductos o en el saco embrionario y en los machos, en la observación de las gónadas y los gránulos de aceite en la parte dorsal.

Tabla 4. Condiciones para realizar una prueba de toxicidad crónica empleando a *Mysidopsis bahia* como organismo de prueba.

CONDICIONES DE PRUEBA CRÓNICA	
Tipo de prueba	Estática con renovación del 50% de la solución de prueba, cada 96 hrs.
Duración	22 días.
Intensidad de luz(lx)	1 200
Medio de prueba	Agua marina artificial (Cristal sea)
Fotoperíodo	14 :10 Luz/Oscuridad
Recipientes de prueba (Volumen)	1 Litro
Volumen total (agua marina + muestra)	8 Litros
Edad de los organismos	Juveniles de 7 días
Salinidad	De 20 a 22 ‰
Temperatura(°C)	26± 2°C
Renovación de solución de prueba	Sí, cada 96 horas (50% del volumen)
Alimentación	Sí, Nauplios de <i>Artemia franciscana kellogg</i> (150 nauplios/mysidopsis/día)
PH	8.3 - 8.4
Oxígeno Disuelto	5 mg/l.
No. de réplicas por concentración	8
No. Organismos / réplica	5 (3hembras y 2 machos)
No. Concentraciones de la prueba	1 y 1 control
Criterio de aceptabilidad de la prueba	Sobrevivencia > ó = al 80% en los testigos
Respuestas evaluadas	Supervivencia, talla, peso, fecundidad (. # de juveniles totales, proporción hembras y machos)

Se realizaron las concentraciones de cada una de las muestras (2 fluidos y 2 recortes) mediante el mismo procedimiento señalado para la obtención de la FPS, enseguida se colocaron

en la prueba 40 juveniles, 5 en cada réplica (2 machos y 3 hembras). Las pruebas se realizaron en acuarios de vidrio de 10L, con 8 divisiones, comunicados entre sí, por medio de malla fina. Para mantener la temperatura se introdujeron a un baño maría, se les proporcionó aireación por medio de mangueras conectadas a una bomba de aire de uso en acuarios. Las pruebas dieron inicio a la edad de 7 días de los organismos y tuvieron una duración de 22 días.

Diariamente se realizó el monitoreo de los parámetros físicoquímicos y el conteo de sobrevivencia. A las 96 horas de exposición se renovó cada concentración en un 50% del volumen y se limpiaron las divisiones del acuario para evitar que se acumulara materia orgánica. Las características del agua y el fotoperiodo fueron similares al de las pruebas de toxicidad aguda, siendo estáticas con renovación y verificadas diariamente. El periodo de la prueba fue de 22 días. Los organismos de prueba fueron alimentados diariamente con nauplios de *Artemia franciscana* una vez al día; se realizó limpieza de los desechos de los organismos y de las exubias.

Para determinar el número de neonatos, cada día se realizó un conteo de juveniles en cada réplica y se sacaron de los acuarios de prueba para transferirse en frascos viales de 20mL, posteriormente fueron fijados con una solución de glicerina y alcohol en una relación v/v de 1/1.

Transcurridos los 22 días se realizó un conteo de todos los sobrevivientes de cada prueba y se determinó el peso húmedo de cada organismo, empleando una balanza analítica; posteriormente éstos se midieron, empleando una regla micrométrica adaptada a un microscopio estereoscópico, colocando a los organismos en posición lateral, de tal forma que quedaran totalmente extendidos. Enseguida se observó la proporción de sexos para dar lugar por último, a la fijación y etiquetado de los organismos.

Se realizaron tablas con todos los datos reproductivos de los organismos, con los cuales se pudo determinar, el número de neonatos totales, por camada y por organismo, así como edad de la 1ra reproducción.

• ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para determinar el valor de la CL_{50} en cada prueba, se utilizó el Método Probit, calculando el valor mediante el software de CL_{50} ³⁴. Se calcularon los valores promedio de cada serie de datos (réplicas), intervalos de confianza ($P=0.05$) de cada serie y coeficiente de variación

(CV^{0.6}).³⁵ este último cálculo, con el fin de determinar la variabilidad resultante en los grupos de repeticiones realizadas con cada muestra.

Para determinar diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$) se realizó un análisis de varianza unifactorial (ANOVA) Enseguida, y con el fin de determinar el gradiente de toxicidad de cada lodo y recorte con la especie, se utilizó una prueba de comparación múltiple entre medias, utilizando el Método T mediante la aproximación gráfica de Gabriel.³⁶ Finalmente para determinar diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos crónicos (talla, peso, sobrevivencia y reproducción) y el control, se utilizó también un ANOVA unifactorial y la aproximación gráfica de Gabriel.³⁶

VI. RESULTADOS

Parámetros Físicoquímicos

Se tomaron algunos parámetros físicoquímicos de las muestras del fluido de entrada y salida a diferentes profundidades y así mismo de los recortes de perforación (Tabla 5). Los resultados indican que son muestras de pH básico y de salinidades altas, mostrando un incremento en salinidad y conductividad respecto al aumento de la profundidad.

Tabla 5. Datos de pH, salinidad, conductividad y características físicas de las muestras tomadas durante la fase exploratoria de fluidos y recortes de perforación a diferentes profundidades del pozo.

MUESTRA	Profundidad (mts)	Salinidad (‰)	Conductividad ($\mu\text{mhoms/cm}$)	pH	Caract. Físicas
LODO ENTRADA (M1)	850 - 1000	34.73	52600	12.44	Líquido
LODO SALIDA(M2)	850 - 900	51.85	74250	12.24	Líquido
RECORTE I(R1)	850 - 1000	-	-	-	Sólido
LODO ENTRADA(M3)	1400 - 1600	51.26	75300	12.27	Líquido
LODO SALIDA(M4)	1400 - 1550	34.83	52666	12.34	Líquido
RECORTE II(R2)	1400 - 1650	-	-	-	Líquido y roca
LODO ENTRADA(M5)	1950 - 2000	54.2	2173000	12.26	Líquido
LODO SALIDA(M6)	1850 - 1900	69.66	96766	12.22	Líquido
RECORTE III(R3)	1850 - 2000	-	-	-	Sólido, chicloso

Toxicidad aguda.

Se realizaron un total de 50 pruebas, con duración de 96 hrs, 30 de estas correspondientes a las muestras de fluido (lodo), 15 a los recortes y 5 al tóxico de referencia Dodecil Sulfato de Sodio. Los resultados promedio de CL_{50} se pueden observar en la Tabla 5.

De acuerdo con el criterio de la EPA³⁷ relativo a que un lodo de perforación, evaluado en su fase de partículas suspendidas, se considera como tóxico a valores de $CL_{50} \leq 30,000$ ppm ó 3%, en ninguno de los casos evaluados en este trabajo, resultaron ser tóxicas ya que están por arriba del límite señalado. Sin embargo esto no significa que no lo sean, por ello en este trabajo se maneja el criterio de mayor o menor toxicidad de acuerdo a los valores de CL_{50} que se obtuvieron.

Tabla 6. Valores promedio de CL_{50} (en %) de fluidos y recortes, utilizando a *Mysidopsis bahia*, se señalan los intervalos de confianza ($P=0.05$) y el coeficiente de variación.

Muestra	Réplicas	Prom. de CL_{50} (%) ± I. C. ($P=0.05$)	Coficiente. Variación.
LODO ENTRADA (M1)	5	7.27 ± 0.8858	11.922
LODO SALIDA (M2)	5	15.26 ± 0.3252	8.570
RECORTE (RI)	5	29.59 ± 5.7844	18.907
LODO ENTRADA (M3)	5	7.458 ± 1.1119	14.422
LODO SALIDA (M4)	5	7.05 ± 0.6893	12.776
RECORTE (RII)	5	8.43 ± 1.5340	19.3252
LODO ENTRADA (M5)	5	5.696 ± 0.6998	13.7
LODO SALIDA (M6)	5	5.986 ± 0.5383	10.04
RECORTE (RIII)	5	13.228 ± 2.4802	17.5695

En el caso de los lodos de perforación se observó un gradiente de toxicidad proporcional a la profundidad de operación a la que se tomaron las muestras (de 850-9000m a 1950-2000m que fue la máxima). Mostrándose así: LEM5>LSM6>LSM4>LEM3>LEM1>LSM2.

En el caso de los recortes esta relación no es notoria ya que los valores de toxicidad obtenidos se relacionan más con las características físicas de las muestras, que con la profundidad, presentando el recorte RII(tomado a 1400-1650m) el valor más alto de toxicidad y teniendo mayor cantidad de lodo impregnado que los recortes RI (850-1000m) y RIII (1850-2000m) cuyo aspecto es más compacto y con menor cantidad de fluido, por lo tanto con menos partículas disueltas

Del análisis de varianza realizado a estos datos y el subsecuente cálculo de intervalos de comparación se elaboró la Fig. 5, en ella se puede observar que hay notables diferencias significativas ($P=1.932E-16$) en el recorte RI respecto a todas las muestras, siendo el menos tóxico con un valor de CL_{50} de 29.59 %. El lodo M2 también presenta diferencias significativas con respecto a todas las muestras, exceptuando el Recorte III. con el cual se sobreponen los intervalos de comparación, siendo el menos tóxico de los lodos con un valor promedio de CL_{50} de 15.26 %. Entre todas las muestras restantes (M1,M3,M4,M5, M6 Y R2) no se encontraron diferencias significativas ya que los intervalos de comparación se sobreponen, lo cual indica que no hay mucha variabilidad con respecto a la toxicidad de las muestras.

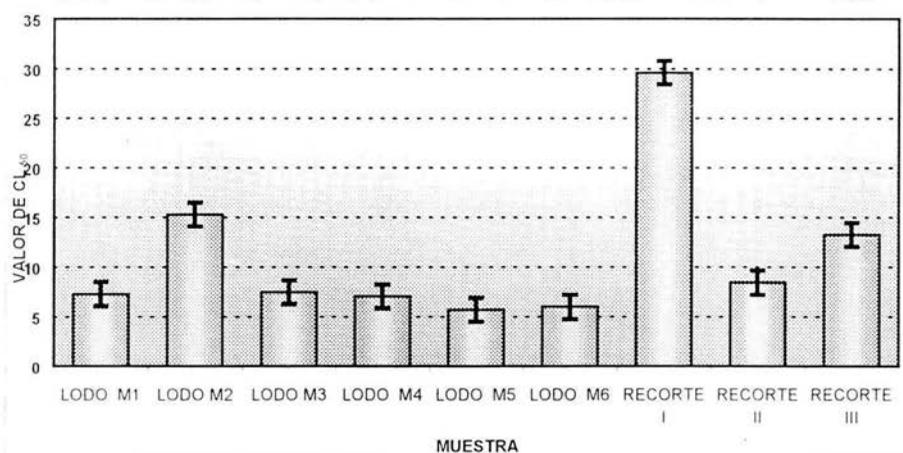


Figura 5. Valores promedio de CL_{50} de las muestras evaluadas, con sus respectivos intervalos de comparación ($P=0.05$), obtenidos por el método T, para *Mysidopsis bahia*.

De acuerdo a los valores promedio de cada muestra, las más tóxicas relativamente resultaron ser el lodo M5 con un valor de CL_{50} de 5.696 y el recorte RII con una $CL_{50}= 8.43$ y en cuanto a el menos tóxicos es el y el recorte RI, ya mencionados anteriormente sus valores. Es importante resaltar estas muestras ya que se ocuparon para realizar las pruebas subcrónicas.

En cuanto al tóxico de referencia DSS, se realizaron 5 pruebas aproximadamente una por mes (de Julio a Octubre de 2001) durante el tiempo en que se realizaron los bioensayos de la fase experimental aguda, obteniendo un valor promedio de 7.272 mg/L, la tendencia que tuvieron los valores de CL_{50} se pueden observar en la Figura 6.

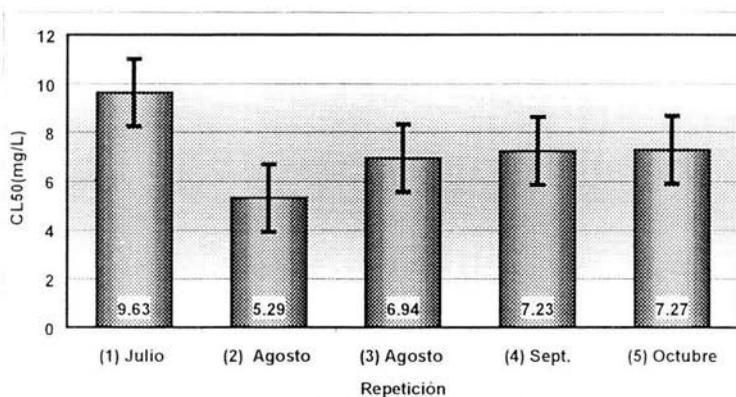


Figura 6. Valores de CL_{50} con el tóxico de referencia DSS, obtenido a lo largo del periodo experimental de la fase aguda en juveniles de *Mysidopsis bahia*, expuestos a 96hrs.

Todos los valores que se obtuvieron con DSS se encuentran dentro de los rangos ya reportados para este tóxico con *Mysidopsis bahia*, por lo tanto el valor promedio obtenido determina que el estado de la población en cuanto a sensibilidad durante todo el periodo experimental, fue estable y las condiciones de cultivo adecuadas; por ello se garantizan los resultados de todo el trabajo experimental.

Toxicidad crónica.

Se realizaron 4 pruebas crónicas a 22 días con organismos de una sola cohorte y con edad de 7 días, corriendo al mismo tiempo de prueba un Control.

Los resultados de las respuestas evaluadas: sobrevivencia, talla, peso, número de camadas y producción de neonatos, se observan en la Tabla 7. Además se tomaron en cuenta otros factores como el porcentaje de sexos.

Las condiciones fisicoquímicas registradas diariamente durante el transcurso de las pruebas fueron:

pH= 8.2±0.5

OD = 4.8±1

T°C =27± 2

S‰= 20± 1

Tabla 7. Respuestas evaluadas (promedio) con los lodos y recortes de mayor y menor toxicidad en concentraciones subletales durante un tiempo de exposición de 22 días, empleando a *Mysidopsis bahia* como organismo de prueba.

Muestra	Concentración % FPS	Sobrevivencia %	Talla (mm)	Peso (grs.)	Camadas	Producción juveniles
CONTROL	--	85	6.694	0.0029	5	184
LODO M2	4	62.5	6.041	0.0022	5	130
LODO M5	1.5	42.5	5.918	0.0024	5	146
RECORTE I	7.5	52.5	6.54	0.0028	5	248
RECORTE II	2	37.5	6.056	0.0026	5	170

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que la sobrevivencia del Control fue aceptable ya que solo en el 15 % se dio mortalidad (85% de sobrevivencia), mientras que en el RII ésta alcanzó el 72.5% aunque en todos los casos se presentó una sobrevivencia baja.

La sobrevivencia de *Mysidopsis bahia* se puede observar claramente en la Figura 7, durante la exposición a los lodos y recortes.

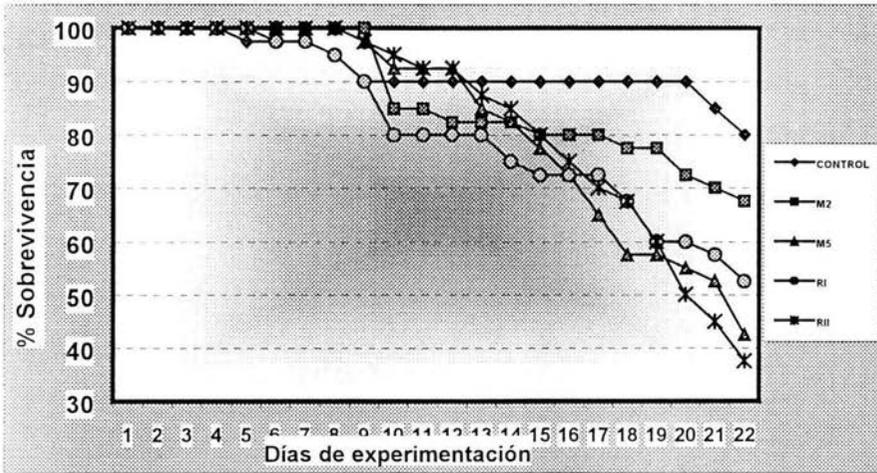


Figura 7. Porcentaje de sobrevivencia de *Mysidopsis bahia*, expuesto a concentraciones subletales de lodos y recortes de perforación durante el período de exposición a 22 días.

En cuanto a los resultados de talla, el Control presentó un valor de 6.694 mm el cual difiere significativamente de los lodos ($P=1.6622E-08$) y no de los recortes, como se puede observar en la Fig. 8, ya que los intervalos de comparación de control y recortes no se sobreponen mientras que los del control y recortes sí.

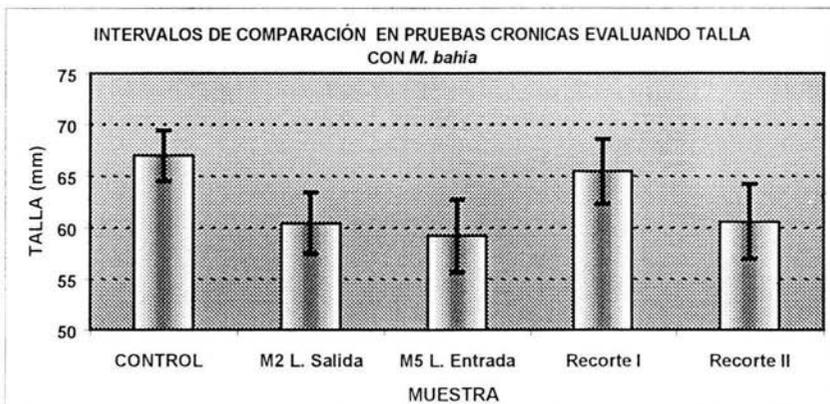


Figura 8. Valores promedio de talla de los organismos expuestos de *Mysidopsis bahia* a la concentraciones subcrónicas, con sus intervalos de comparación ($P=0.05$) obtenidos con el método GT-2.

Lo anterior se traduce en que los lodos evaluados tienen un efecto a nivel crónico que se manifiesta en una disminución de la talla de los organismos expuestos; mientras que este efecto no se identifica en los recortes.

En cuanto a los resultados de peso de los organismos (Fig 9), se observan diferencias significativas ($P=5.963475E-08$) en el Control, (peso promedio de 0.29mg) respecto a las muestras de lodos (M2 y M5 con peso promedio de 0.2191mg y 0.2441mg, respectivamente); mientras que los Recortes RI y RII se sobreponen en sus intervalos de comparación respecto al Control, por lo tanto no hay diferencias significativas. Lo anterior indica, igual que en el caso de la variable talla, que hay un efecto de disminución de peso en los organismos expuestos a los lodos, mientras que en los recortes no se evidencia esta situación ya que el peso de los animales expuestos es similar al de los controles.

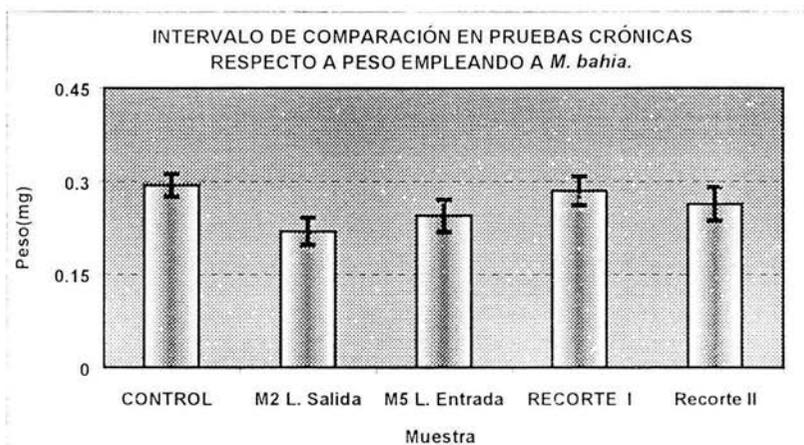


Figura 9. Gráfica de valores promedio de peso, al finalizar el periodo de exposición (22 días) a concentraciones subcrónicas de lodos y recortes de perforación. Intervalos de comparación = 0.0004959 ($P=0.05$). Obtenidos por el método GT-2

En cuanto a los resultados de reproducción se tomaron en consideración 5 camadas en todas las pruebas. Los resultados obtenidos durante la prueba crónica se observan en la tabla 7, considerando el número de juveniles por réplica y por camada. En el caso del Control, este presentó un promedio de 23 neonatos por réplica/camada, el cual difiere significativamente ($P=0.52095$) de

las dos muestras de lodos (M2 y M5) y de recortes. En el caso de los lodos, las diferencias significativas indican que estos tienen un efecto sobre la reproducción de *M. bahia* ya que ocasionan

una disminución en su potencial reproductivo; esta misma situación se identificó también con el Recorte RII como se aprecia en la Fig. 10, ya que no hay traslape en los intervalos de comparación. Sin embargo, en el caso del recorte RI se aprecia que promueve el potencial reproductivo de los organismos ya que se registraron los valores más elevados de neonatos promedio por réplica/camada, siendo éstos de 31, valor superior al reportado en los controles.

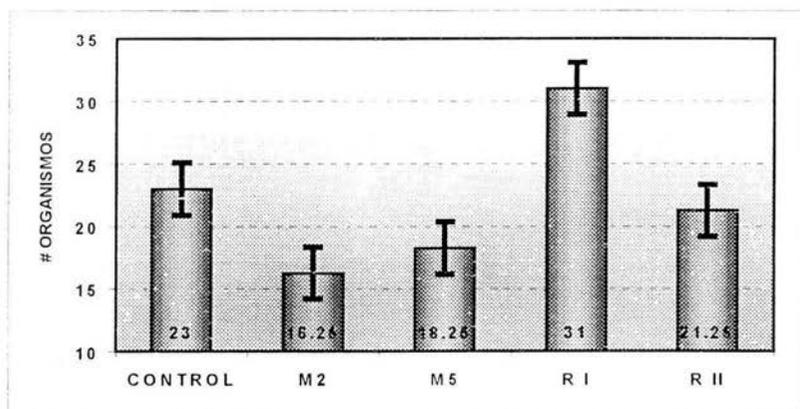


Figura 10. Producción promedio de juveniles por réplica/camada, obtenido durante el período de exposición subcrónico en *Mysidopsis bahia*. Intervalos de comparación obtenido mediante el método T.

En la Tabla 8 se presentan los resultados de reproducción por camadas, durante los 22 días que duraron las pruebas crónicas; se puede apreciar que las muestras de lodos presentaron valores muy bajos en la primera camada la cual se dio entre los días 8 y 9 de exposición, respecto a los recortes se observa un valor mayor de juveniles a comparación del Control en el se obtuvieron 40 organismos. El valor mayor registrado fue de 4.29 y 3.5 organismos por hembra en el RI y Control respectivamente, durante la camada de máxima producción.

Durante la camada 2 se observó en el Control, la mayor producción de juveniles obteniendo 84 individuos y con respecto a las muestras la camada de mayor producción fue la tercera con valores de 58, 48, 103 y 37 para M2, M5, RI y RII respectivamente, a partir de esta camada se dio una disminución paulatina en la producción.

Tabla 8. Resultados de reproducción por camadas de las muestras evaluadas durante los 22 días de exposición.

MUESTRA	CONTROL			M2			M5			R I			R II		
	# Juvenile por camada	Juveniles Promedio por replica (8)	Juveniles promedio por hembra (3)	# Juvenile por camada	Juveniles Promedio por replica (8)	Juveniles promedio por hembra (3)	# Juvenile por camada	Juveniles Promedio por replica (8)	Juveniles promedio por hembra (3)	# Juvenile por camada	Juveniles Promedio por replica (8)	Juveniles promedio por hembra (3)	# Juvenile por camada	Juveniles Promedio por replica (8)	Juveniles promedio por hembra (3)
1	40	5	1.6666	17	2.125	0.7083	24	3	1	49	6.125	2.0416	66	8.25	2.75
2	84	10.5	3.5	22	2.75	0.9166	32	4	1.3333	41	5.125	1.7083	32	4	1.3333
3	35	4.375	1.4583	58	7.25	2.4166	48	6	2	103	12.87	4.2916	37	4.625	1.5416
4	21	2.625	0.875	25	3.125	1.0416	24	3	1	26	3.25	1.0833	21	2.625	0.875
5	14	1.75	0.5833	8	1	0.3333	18	2.25	0.75	30	3.75	1.25	14	1.75	0.5833

Y con respecto a la proporción de sexos resultante al concluir la prueba con los sobrevivientes se puede observar en porcentajes en la Tabla 9. Partiendo de una proporción de 3 hembras: 2 machos en cada una de las 8 replicas, con un total de 24 hembras x 16 machos en cada prueba.

Tabla 9. Proporción de sexos de los sobrevivientes, respecto a la inicial (100%=24 hembras: 16 machos), resultados expresados en porcentaje.

Muestra	Hembras	%	Machos	%
CONTROL	16	66.6	16	100
LODO M2	17	70.83	13	81.25
LODO M5	9	37.5	8	50
RECORTE I	10	41.66	11	68.95
RECORTE II	9	37.5	7	43.75

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que hubo mayor mortandad en las hembras, siendo las muestras M5 y RII las que mayor mortalidad presentaron seguidas del RI y MII. El control presentó una mortalidad de 33.3% en las hembras al término de la prueba (22 días). En el

caso de los machos, la muestra RII tuvo la mortalidad más alta seguida de la M5, RI y M2. El control no presentó mortalidad de machos durante toda la prueba.

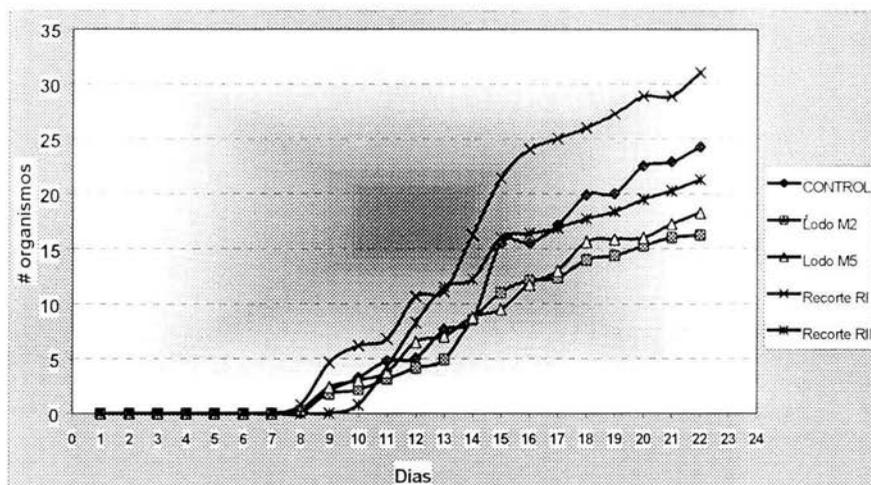


Figura 11. Número de juveniles acumulados por día(valores promedio), de acuerdo al tiempo de exposición.

En la gráfica 11 se puede observar, que hay un incremento en la producción de juveniles a partir del día 8 de exposición a las concentraciones sub-letales, este incremento se observa en todos los casos. La camada 1 se dio entre el día 8-10 de exposición para el control y las muestras M2, M5 y RI, exceptuando a la muestra RII, quien tuvo un retraso en la 1er camada de un día. Así mismo se puede ver un incremento abrupto en el Recorte RI, a partir del día 13 hasta el día 18 de exposición; esta muestra, es en la que se presenta el mayor pico de reproducción durante toda la fase experimental (respecto al control y las muestras).

Posterior al día 18 se puede ver un ligera estabilidad en el número acumulado, para finalizar con un promedio de 31 juveniles por réplica. En cuanto al control el pico más alto de producción se dio del día 12 al 15 con un número promedio de progenie por réplica igual a 23. Como se puede observar el número de organismos del Recorte RII es mayor al del control y con respecto a todas las muestras. En cuanto al lodo M2 se observa un menor número de juveniles al transcurrir la prueba, así como el pico de mayor producción se da entre los días 13-16, mostrando al final de la evaluación un promedio de juveniles por réplica de 16.25, siendo esta la muestra de menor producción.

En cuanto al lodo M5 se puede observar poca producción con un promedio de neonatos por organismo de 18.25. No se observa, como en el caso de los otros grupos de datos, un incremento de juveniles en alguna etapa de la prueba. Finalmente el recorte RII, presenta un comportamiento similar al del control, pero con un pico de producción más marcado, durante los días 10-13 de exposición, en donde se ve un incremento abrupto en el número de juveniles, y con una tendencia a la poca producción al final de la prueba, obteniendo un promedio de 21.25 juveniles, un valor cercano al del control (23.0 juveniles).

VII. DISCUSIÓN

Toxicidad aguda.

Mysidopsis bahia es una especie ampliamente utilizada en los Estados Unidos como una especie de referencia en pruebas toxicológicas, debido a su elevada sensibilidad, fácil manejo, reproducibilidad en cuanto a resultados y a su amplia distribución en ambientes marinos, específicamente en gran parte de la zona costera del Golfo de México. De acuerdo a estas características esta especie ha sido empleada para evaluar lodos de perforación y se han establecido criterios ó límites permisibles de toxicidad para estos compuestos, se maneja como límite permisible un valor $> \text{ó} = 30,000$ ppm, para la fase de partículas suspendidas (FPS) de los lodos³⁷ en el caso de los recortes en este estudio se maneja el mismo criterio debido a que como ya se explicó anteriormente el recorte es la roca impregnada con el fluido de perforación y por lo tanto lo que queda disuelto prácticamente es el fluido. Lo cual indica que valores iguales o superiores al mencionado, no se consideran tóxicos para los organismos expuestos. El criterio para que esta clasificación halla sido aceptada se basa en que el lodo de perforación al ser vertido al mar va a ser rápidamente diluido en una porción y otra se va a sedimentar (por lo cual no se puede evaluar en su totalidad) y sobre la fase que se forma del agua de mar y lodo diluido se estableció el límite, ya que no se consideraría el factor de dilución que en condiciones naturales se presenta y el veredicto establecido, estaría totalmente fuera de lugar³⁷.

En cuanto a las muestras de lodos y recortes que fueron tomadas en campo a diferentes profundidades de operación de un pozo petrolero, hay que tomar en cuenta que las muestras pueden ser de diferentes estratos debido a la profundidad en que se obtuvieron, y que pueden pertenecer a estratos diferentes y estos de alguna forma alterar la composición del lodo, así como la presión y las temperaturas a las que se somete el lodo pueden causar cambios o reacciones que alteren la toxicidad del fluido.

De acuerdo a los resultados de la tabla 4 anteriormente presentada, se puede observar que los valores de CL_{50} obtenidos para los lodos y recortes no rebasan el límite de toxicidad por lo tanto de acuerdo a éste criterio se señalan como no tóxicos, los coeficientes de variación de todas las muestras son aceptables, pues son valores inferiores a 20%, esto indica poca variabilidad entre los datos. De acuerdo a los criterios establecidos por De Graeve³⁸, mencionan

que el intervalo de variación en las técnicas analíticas que es aceptado por el Programa Nacional de Eliminación de descargas Contaminantes (NPDES) de los Estados Unidos de América, es del 20 al 40 %. Por otra parte, otros autores consideran que el intervalo más adecuado es el de 30 al 40%.³⁹ Esto indica que si en pruebas analíticas, cuyos resultados están dados por equipos de alta precisión, se consideran adecuadas las variaciones hasta de un 40%, en los seres vivos es de esperarse que se presente una variación similar o aún mayor, dado que su respuesta esta influenciada por características tales como: tipo de clon, nutrición, genéticas, calidad de agua, etc.⁴⁰

Sin embargo hay variaciones en cuanto a los valores de CL_{50} que quedan por explicar. Para que nos sea más fácil entender lo que esta sucediendo con las muestras evaluadas se agruparon de acuerdo a la profundidad. El primer bloque comprende la profundidad de 850 – 1000mts encontrando que el Lodo de entrada M1 presentó un valor de CL_{50} de 7.27 %; esto pudiera indicar que el lodo está íntegro al ser la primera fase de perforación. Por otra parte, al salir del pozo se evaluó el lodo M2 en el cual, la toxicidad disminuye aproximadamente a la mitad del valor de el Lodo M1 (valor de CL_{50} de 15.26%), causado posiblemente, por la pérdida de compuestos del lodo o bien la degradación del mismo. Finalmente el Recorte I, registró la menor toxicidad en este estrato (CL_{50} de 29.59%), debido a que sólo presenta una parte mínima de fluido, el cual está impregnado en la roca pulverizada que se extrae de la formación; además, al realizase la prueba, es mínima la cantidad de partículas que quedan disueltas en la fase evaluada.

En la profundidad de 1400-1650mts, los lodos M3 (CL_{50} de 7.58%) de entrada y M4 (CL_{50} de 7.05%) de salida presentaron valores de toxicidad muy parecidos considerando que no hay alteración del fluido a su paso. En cuanto al recorte RII (CL_{50} de 8.43%) presenta el valor más alto en toxicidad respecto a los recortes, sin embargo el valor no difiere en gran medida con respecto a los lodos de la misma profundidad. A este respecto, durante el proceso de preparación y evaluación del recorte RII, se observó mayor cantidad de lodo impregnado en la roca, siendo ésta también de mayor tamaño que los otros recortes; además su estado fue tendiente en mayor a medida a ser líquido que sólido, por lo que mayor cantidad de lodo quedó disuelto en la FPS y posiblemente, origine mayor toxicidad a los organismos expuestos.

Por último las muestras de la profundidad 1850-2000 mts. presentaron los valores más altos de toxicidad; de éstas el M5 de entrada fue el más tóxico con un valor de CL_{50} de 5.696%. El lodo de salida M6 presentó un valor de CL_{50} de 5.986%; el cual por cierto no presentó significancia estadística ($P > 0.05$) con respecto al anterior. Estos resultados pueden deberse a que se esta perforando a una mayor profundidad y aumenta la presión y la temperatura de operación dentro del pozo; además, es posible que sea otro tipo de estrato en el que se este trabajando y que por lo tanto, el fluido sufra alteraciones en cuanto a su composición; ya sean inducidas, por la adición de algún aditivo específico para el tipo de roca o indirectamente debido a factores propios de operación.

Los valores de CL_{50} mencionados, están cercanos al valor limite de toxicidad³⁷, sin embargo no se consideran tóxicos de acuerdo con ese criterio.

En cuanto al recorte RIII presenta un valor muy bajo de toxicidad, también debido a la poca cantidad de lodo que quedó impregnado a la roca. Esta muestra presentó una consistencia compacta, difícil de disolver, y con gran cantidad de roca de tamaño fino, lo que dificultó su mezclado ocasionando que una porción mínima quedara disuelta en la FPS.

En cuanto a la evaluación fisicoquímica de los fluidos (pH, salinidad y conductividad ($\mu\text{mhos/cm}$) estos valores no tienen un efecto significativo respecto al valor de toxicidad debido a que el agua marina actúa naturalmente como un sistema buffer, dirigido hacia a condiciones básicas (pH de 8.0 – 8.5 en agua marina).

De acuerdo a otros trabajos realizados con *Mysidopsis bahia* con fluidos de perforación base agua, se han reportado valores no tóxicos en 49 muestras de lodos y aditivos, con esta especie²². El Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y Petróleos Mexicanos (PEMEX) reportaron valores bajos de toxicidad aguda evaluando fluidos base agua que son empleados en la perforación de pozos dentro de la Sonda de Campeche²⁶. Estos resultados coinciden en cuanto a la baja toxicidad que presenta el lodo evaluado en este trabajo.

Los lodos base agua son ampliamente utilizados a nivel mundial en la industria de la perforación y se recomiendan debido a su composición en la cual el agua es la base del fluido; se le adicionan aditivos químicos, como arcillas, polímeros, densificantes, los cuales ayudan a controlar diversas propiedades del lodo como el filtrado, el pH, la viscosidad y la gelatinosidad. Desde el punto de vista de toxicidad aguda y tomando en cuenta el criterio de la EPA ya

mencionado, los lodos y recortes evaluados cumplen con la normatividad norteamericana ya que no rebasan dicho límite; sin embargo, no se sabe que daños pueden causar estas sustancias a las poblaciones naturales a largo plazo y que cantidad es biodegradada en el ambiente acuático.

Tóxico de referencia D.S.S.

En cuanto a la evaluación con el tóxico de referencia Dodecil sulfato de sodio, se presentaron los valores en la tabla 5, obteniéndose un valor promedio de CL_{50} 7.272 mg/l. Los valores obtenidos son congruentes con estudios realizados por otros autores como Parrish y Macauley (Tabla 8), quienes obtuvieron un rango de CL_{50} de 4.3 a 9.2 mg/L (también Duke, P. R. obtuvo un valor con el tóxico de referencia a 96 hrs de 5.4 ppm. También valores muy parecidos son reportados por el IMP y PEMEX quienes indicaron CL_{50} entre 5.5 y 6.6 mg/L.

Tabla 10. Valores de CL_{50} para DSS en *Mysidopsis bahia* obtenidos en otros trabajos.

Autor, año	CL_{50}
Duke, P. R. et al,(1984)	5.4 ppm
Parrish y Macauley,(1986)	4.3 a 9.2mg/L
IMP y PEMEX,(1997)	5.5 y 6.6 ppm
Este trabajo,(2001)	5.29-9.63mg/L

El coeficiente de variación (CV) que se obtuvo en nuestro trabajo, fue de 19.054%. De acuerdo al criterio de Willis (1995) en donde consideran que en pruebas de toxicidad, valores del coeficiente de variación entre 16 y 24% revisten elevada precisión en las pruebas⁴⁰, el valor de CV señalado, indica que efectivamente hay reproducibilidad en los datos obtenidos y que la población se mantuvo estable durante la fase experimental, además de que el control en la edad de los organismo se fue adecuado y las condiciones de mantenimiento constantes; además, indica que la reproducibilidad en la respuesta de *M. bahia* se da a nivel intra e inter laboratorios y esto aumenta la importancia de la utilización de la especie en bioensayos toxicológicos.

Toxicidad crónica.

La regulación y el manejo de los contaminantes dentro de ambientes acuáticos está basada en información toxicológica obtenida en la cuantificación de las respuestas biológicas como la concentración de un contaminante durante un tiempo definido de exposición. Tradicionalmente, la toma de decisiones se hace utilizando datos de toxicidad aguda con periodos de exposición a 96 horas y la respuesta biológica evaluada es mortalidad,² sin embargo, éste tipo de información es insuficiente para considerar a una sustancia como no-tóxica, lo ideal es realizar también, estudios de toxicidad crónica los cuales evalúan el efecto del tóxico sobre crecimiento, sobrevivencia y reproducción bajo periodos prolongados de exposición o sobre el ciclo de vida completo del organismo de prueba.

La selección de las muestras para la realización de las pruebas subcrónicas con *Mysidopsis bahia*, se dio a razón de los valores de toxicidad aguda de fluidos y recortes de perforación, seleccionando los más tóxicos (Lodo entrada M5 y Recorte R2) y los menos tóxicos (lodo de salida M2 y el Recorte R1). Se eligieron estas muestras para determinar el efecto que causan a largo plazo con la especie de estudio evaluando la afectación de estas sustancias en cuanto a sobrevivencia, talla, peso y reproducción (número de neonatos).

Las concentraciones subcrónicas se obtuvieron a partir del valor de CL_{50} tomando una cuarta parte de este valor. Todos los datos obtenidos de las pruebas realizadas se compararon respecto al Control. De los resultados obtenidos, el análisis se realizará detallando cada respuesta por separado.

Sobrevivencia

El número de organismos que se sometieron a la prueba fue de 40 juveniles con edad de 7 días, con el fin de identificar diferenciación morfológica de hembras y machos¹⁴. En esta prueba el día 1 corresponde al séptimo del ciclo de vida del organismo y en el cual se incorporó a la prueba. De acuerdo a la Tabla 3 de resultados se puede observar el porcentaje de sobrevivencia hasta la culminación de la prueba (22 días); en este caso el Control obtuvo un 85% de sobrevivientes. Algunos criterios establecidos para *M. bahia*⁴⁵, señalan que una prueba de toxicidad crónica es aceptable siempre y cuando se cumplan los siguientes supuestos: a) la sobrevivencia en el control sea $\geq 80\%$; b) El peso del control sea: $\geq 20\text{mg} = 0.0020\text{gr}$; c) Por lo

menos el 60% de los misidáceos del control hallan alcanzado la madurez sexual, y d) en por lo menos el 50% de las hembras se observe la presencia de huevecillos en el oviducto o en el saco embrionario. Todos estos supuestos se presentaron en el Control, por ende los resultados de muestras pruebas son aceptables.

En los resultados de las muestras evaluadas, se puede observar que en donde hay menos mortandad es en aquéllas que resultaron ser menos tóxicas durante la fase aguda (Lodo salida M2 y el Recorte R1) como era de esperarse, además se observó un descenso en la población de todas las muestras, aproximadamente a partir del día 17 de exposición al tóxico o del día 24 de edad del organismo (ver Figura 6). Por otra parte, en el Control, se dio una disminución a la misma edad, aunque en menor porcentaje de mortandad. En el caso de las muestras M5 y RII se observó un decremento paulatino desde el inicio de la prueba, lo cual indica que el tóxico pudo acumularse en el tejido del organismo y finalmente causar mortalidad, esto podría estar relacionado con la aparición de una franja oscura a lo largo del cuerpo del organismo en la parte dorsal, causada posiblemente por la acumulación del tóxico en el tejido de este durante el transcurso de la prueba. Esta condición no se observó en los controles ya que durante toda la prueba presentaron una coloración traslúcida en todo el cuerpo. Se cree que el tiempo de exposición esta relacionado con los efectos que causan los contaminantes, como p.e. acelerar la mortalidad y retardar el desarrollo de los organismos⁴⁶, lo cual fue observado en este trabajo como consecuencias a largo plazo de exposición; además, al darse un aumento en la mortalidad del organismo respecto al tiempo, es posible que estos se encuentren dentro del límite de la compensación fisiológica, en donde su sobrevivencia depende del tiempo de exposición a los tóxicos.⁴⁷

Talla

El factor talla se vio afectado principalmente en ambos lodos (M2 con un valor promedio de 6.041mm y 5.918mm para el lodo M5) y en el Recorte RII (6.056 mm), las diferencias fueron significativas con respecto al Control cuyo valor promedio fue de 6.694 mm. La reducción de talla en los organismos se adjudica a la influencia del tóxico principalmente en el lodo M5, en donde la cantidad de partículas siempre fue mayor y por tanto la afectación al

organismo se dio en mayor grado. Esto se relaciona con el alcance para el índice de crecimiento, que es el número de calorías requeridas para asimilar el alimento después de la demanda metabólica de un organismo. De acuerdo a trabajos respecto a este punto, indican que el alcance del índice de crecimiento expuesto en larvas de langosta y en misidáceos juveniles se redujo en un 57% y 36%, respectivamente. Por lo tanto el mecanismo de acción del tóxico puede diferir en estas dos especies de crustáceos. En ambas mostró una declinación en las calorías disponibles para crecimiento. Histopatológicamente los fluidos de perforación han mostrado causar daños al sistema digestivo de crustáceos y causar reducción en la asimilación,⁴⁴ lo cual se pudo observar a partir del día 16 de la prueba, ya que hubo una baja en la ingesta del alimento. Lo anterior, puede también estar relacionado con la reducción de talla en los organismos expuestos a los lodos. Es probable que en los misidáceos expuestos a los lodos y recortes, se halla dado una alteración de los mecanismos responsables de la asimilación de la eficiencia en la absorción del alimento y en consecuencia de la asimilación del alimento ingerido. La disminución en las tasas de ingestión y asimilación contribuyen a limitar el suministro de energía del organismo y en consecuencia estas alteraciones nutricionales reducen la energía disponible para sus funciones metabólicas y en última instancia disminuyen la capacidad de crecimiento en los organismos.

Peso

En cuanto a peso se encontraron diferencia significativas principalmente en el Lodo M5 respecto al Control obteniendo valores de 0.0024 y 0.0029grs, respectivamente. El peso recomendado para el control es ≥ 0.0020 grs, por lo tanto nuestra prueba cumple con este criterio.⁴⁵ En cuanto a los recortes se puede decir que no hay un efecto directo del tóxico en cuanto a la reducción de masa corporal, en peso húmedo, (como fue medido). El peso en los lodos se vio claramente afectado por el fluido, suponiendo que se redujo la energía útil para crecimiento somático. Los fluidos de perforación pueden causar reducción en el peso del organismo tal como lo menciona Carr *et al.*, 1980,⁴⁴ quienes observaron en *Mysidopsis* y en larvas de langosta una reducción en peso seco, encontrando que el valor del control en *Mysidopsis* fue dos veces más grande que el de los organismos expuestos a 30g/L de un fluido de perforación y a 7 días de duración de la prueba. Así mismo se ha demostrado que la temperatura y la salinidad influyen directamente sobre el crecimiento y subsecuentemente en la masa corporal

del misidáceo.³⁰ De hecho la interacción de la salinidad y la temperatura han mostrado modificar el crecimiento de crustáceos estuarinos. Sin embargo en este trabajo no se puede atribuir la disminución del peso de los organismos a estos factores, ya que las condiciones se mantuvieron

controladas mediante el recambio de la concentración cada 96 hrs, con la finalidad de evitar la concentración de sales y de amonio en el agua, factores que de alguna forma pudieran influir en las respuestas. También al retardarse la tasa de crecimiento se observan interrupciones energéticas, lo cual puede mostrar valores bajos en cuanto a la eficiencia de crecimiento e inducir a un incremento en la demanda metabólica y reduciendo la capacidad de asimilación de la energía disponible para la formación de tejido nuevo.¹⁸

El peso y la talla están directamente relacionados con el crecimiento del organismo, y por tanto la eficiencia de crecimiento se refiere a la capacidad del organismo de transformar el alimento ingerido y utilizarlo como fuente de materiales y energía en la síntesis de tejido somático, así la eficiencia será alta si con un mínimo de la energía contenida en el alimento ingerido o asimilado, el crecimiento del organismo es óptimo.⁴⁴

Reproducción

Al inicio de la prueba se colocaron hembras con oostegitos (huevecillos) en los oviductos y con el marsupio ya formado, esto garantizó la adecuada selección en la proporción de hembras y machos fértiles.

Durante el transcurso de la prueba el número de camadas que se consideraron fue de 5 para todos los casos. El día de la primera reproducción fue entre el octavo y noveno de exposición, sin haber mucha diferencia entre las muestras y con poca producción de juveniles. Esto es un comportamiento normal de acuerdo con el estadio reproductivo del organismo¹⁶, el cual también se registró en el control.

El Control, presentó un número total de 184 juveniles (ver figura 9) durante la prueba, iniciando a la primer camada con un número de 40 juveniles, ocurriendo esta entre el día 9 de exposición y mostrando un incremento de juveniles durante la segunda camada, obteniendo un promedio por hembra de 3.5 individuos, este valor fue el más alto durante la prueba para el control. Dentro de las camadas posteriores se observó un decremento paulatino en la producción.

sin embargo es un comportamiento normal, ya que de acuerdo a la edad del organismo hay una tendencia al decremento de la progenie. El punto máximo de fecundidad se obtuvo durante la segunda camada.

Como se observa en la figura 9, respecto a la producción promedio de juveniles por replica observa que el control presento un numero promedio de 23 juveniles, no encontrando diferencias significativas entre las muestras.

De acuerdo a los resultados obtenidos el Lodo M2 presentó solo 130 neonatos (ver Tabla 6), en este caso si se observó un decremento en el número de juveniles, comparado con el control, así como también, influyo en un disminución en cuanto a la cantidad de neonatos por hembra. El número máximo fué de 2.4 en la tercer camada, siendo en esta donde se observa mayor producción de juveniles durante la prueba, aquí se observa la influencia del tóxico directamente en la reproducción, ya que relacionado con la sobrevivencia esta no se vio afectada. Sin embargo el peso y la talla tienden a ser menores, esto indica que la cantidad de energía y el efecto del tóxico influyó en una baja reproducción y el gasto energético del organismo se manifestó en su subsistencia, además la talla y el peso son un factor importante, ya que esto también implica un menor tamaño del marsupio y por ende una menor cantidad de embriones viables. Lo que también puede deberse a una estrategia reproductiva la cual implica tener un índice de natalidad bajo, pero con un elevado nivel de sobrevivencia y acrecentar el reclutamiento.

Un comportamiento similar lo presentó el Lodo M5 con un total de 146 organismos, también por debajo del Control, pero en esta prueba se observó mayor afectación en los organismos, ya que la mortalidad fue alta; en cuanto a peso y talla, se obtuvieron valores muy por debajo del Control. Sin embargo el numero de juveniles fue bajando un poco después del pico más alto de producción dado durante la 3er camada. La reducción en la progenie puede estar causada no solo por las partículas suspendidas provenientes del agua que atrofian la actividad biológica de los organismos, también se ha señalado que algunos aditivos para el control de la corrosión y emulsión contienen alquifenol, etoxilatos y estrógenos que afectan el sistema reproductor de organismos acuáticos⁶; estos aditivos son constituyentes muchas veces de los fluidos de perforación

El Recorte RI presentó un número de juveniles mayor al del Control y no se vio afectado en ninguna de las respuestas observadas, ya que no solo no se dieron alteraciones debidas al efecto del tóxico, como resultado de su exposición en la fase aguda, sino que además durante la exposición subcrónica, presentó los valores mas elevados en reproducción y las diferencias en la talla y peso no fueron significativas al compararse con el control. Lo anterior puede deberse a la elevada cantidad de roca y su aparente, poca disolución al preparar la fase de partículas cual nos puede indicar que hay una alteración y los organismos pudieron dedicar su taza energética a la reproducción, empleando esta como una estrategia reproductiva, sin embargo el costo es una disminución en la longevidad del organismo, de acuerdo a la teoría del costo reproductivo existe una correlación negativa entre los recursos dedicados a la reproducción y los destinados a crecimiento y sobrevivencia.⁴⁸ También cabe señalar que el desequilibrio en las poblaciones acuáticas, ocasionado por los contaminantes, puede inducir el aumento de ciertas especies y causar el desplazamiento de unas o la sobrepoblación de otras.

En estudios realizados con copépodos, se ha observado que al evaluar fluidos de perforación estos causan un decremento significativo en la fecundidad. También se establece que existe una marcada relación entre la fecundidad y la densidad alimenticia, lo cual quiere decir que a mayor cantidad de alimento mayor fecundidad, aunque la longevidad tiende a reducirse,⁴⁸ esto por una parte explica algunos supuestos de estos resultados ya que los organismos se mantuvieron en condiciones alimenticias controladas en cuanto a la cantidad requerida por el organismo, sin embargo se pudo observar que en todas las pruebas que parte del alimento no se consumia y quedaban los restos depositados en el fondo.

Por último el Recorte II presentó valores muy parecidos respecto al control en el número de juveniles, presentó una menor talla y sin diferencias significativas en cuanto al peso; además una mortalidad muy elevada. También se observó que durante la primer camada se dio la mayor cantidad de progenie y paulatinamente decreció en número de acuerdo al tiempo de exposición. Tal parece que el efecto del Recorte se dio directamente sobre la integridad fisiológica del organismo reduciendo su ciclo vital. Este hecho puede deberse a la acumulación de ciertas sustancias en el organismo, debido a que se pudo observar en la parte dorsal del organismo una línea oscura, causada tal vez, por la acumulación de algunos metales o de otros compuestos. En este trabajo solo se pueden manejar supuestos en cuanto a que sustancia o

elemento es el que está causando afectación al organismo, puesto que no se tiene conocimiento de la formulación del lodo y por ende de los recortes, sin embargo bibliográficamente se conoce que los fluidos de perforación presentan ciertos metales pesados, muchos de estos pueden estar disueltos en el agua y quedar a disposición del organismo de prueba. Sin embargo se sabe que la toxicidad de los metales pesados en los organismos acuáticos está relacionada con los mecanismos de incorporación y de excreción, los cuales determinan la bioacumulación de los tóxicos, por lo tanto las alteraciones biológicas (a nivel bioquímico, celular o fisiológico) y en última instancia la muerte de los individuos es el resultado directo de la acumulación de los metales debido al deterioro de los procesos de desintoxicación y excreción.⁴⁴

Proporción de Hembras y Machos

En cuanto a este dato se pudo observar una reducción en el número de hembras respecto al número original de cada prueba, se colocaron 24 hembras con 16 machos en todos los casos respecto al control; se dio una reducción considerable en el número de progenitoras, debido posiblemente al gasto energético mayor, utilizado en la reproducción; las hembras sean las más afectadas y su tiempo de vida se acorte y sean a la vez más sensibles bajo condiciones adversas. Lo cual implica una disminución en el potencial reproductivo de la especie.

La mayoría de los estudios de toxicidad con muestras provenientes de fluidos de perforación que circularon por el pozo, no están correlacionados con la profundidad de perforación; sin embargo, a mayores profundidades es necesario emplear otro tipo de componentes o aditivos que permitan perforar de manera eficiente y no únicamente bentonita o barita, que presenta muy baja toxicidad.⁴⁹ Estos componentes pueden ser compuestos que le proporcionen estabilidad al fluido (emulsificantes, inhibidores de hidratación de arcillas, etc.) que se componen de sustancias orgánicas complejas (aminas cuaternarias, alquifenoles, etocilatos, imidazolininas modificadas, ésteres de fosfato y polímeros de poliaspartato)⁵². Muchas de ellas con probada toxicidad de manera individual o en mezcla⁷. Es posible que en las muestras evaluadas en este trabajo provenientes de estratos profundos, el uso de aditivos haya ocasionado que los niveles de toxicidad se incrementaran con relación a las muestras evaluadas en estratos subsuperficiales.

La toxicidad de los recortes y lodos de perforación en el medio ambiente esta directamente relacionada con la composición química de los fluidos de perforación (lodos) utilizados durante la actividad de perforación, se sabe que los aditivos químicos por sí solos son más tóxicos que al constituir el fluido.⁵⁰ Así mismo se corrobora que la cantidad de partículas disueltas de acuerdo a la concentración del lodo causan alteraciones a los organismos. Trabajos en los que se ha evaluado la bentonita y la barita, han resultado ser no tóxicos en comparación con el fluido de perforación⁴⁹. También se ha observado que el decremento en los componentes particulados de los fluidos, producen una reducción en la toxicidad. Hay otros factores que reducen la toxicidad, estos pueden incluir la pérdida de absorción de componentes orgánicos, con la renovación o adición de componentes de arcillas y una pérdida de compuestos volátiles a través del proceso de perforación.

La toxicidad del fluido y recortes de perforación también esta relacionada con factores como la dispersión y disipación en el ambiente marino de estos ya que al ser descargados su toxicidad está en función de características como: corrientes, profundidad, actividad pesquera, temperatura y topografía del fondo. Una baja dispersión y baja degradación, mantienen las concentraciones de los contaminantes en sus niveles más altos, causando la mayor afectación al ambiente.

De acuerdo a los resultados obtenidos las principales afectaciones durante las pruebas crónicas se dieron en sobrevivencia, y reproducción. *Mysidopsis bahia* es un importante componente de la cadena trófica marina y estuarina debido a que constituye parte de la dieta de algunos peces como los sábalos y el lenguado, y además tiene una amplia distribución dentro del Golfo de México ocupando zonas costeras importantes de actividad petrolera, es por esto que radica su importancia a nivel ecológico y toxicológico. En los estudios ecotoxicológicos, el objetivo fundamental es evaluar y predecir los efectos causados por las sustancias químicas y otros estresores ambientales en el ecosistema, considerando que los efectos acumulados a nivel organismo tienen proyección a nivel de poblaciones, comunidades y ecosistemas. Así una condición en la cual los organismos sobreviven pero se reduce la efectividad de sus funciones, repercute en la dinámica de organización biológica inmediata, esto es a nivel de poblaciones,⁵¹ por lo tanto la alteración en el equilibrio energético de los organismos puede tener efecto a largo

plazo en la estabilidad de las poblaciones al modificarse el potencial de la especie en términos de crecimiento y de reproducción.

Para finalizar y ya que durante este estudio los lodos resultaron ser, tanto a nivel de exposición letal y subcrónica, más tóxicos que los recortes, es probable que el nivel de toxicidad dependa en este caso, de la cantidad de partículas que se encuentran disueltas en el agua marina. En su estudio, Nimmo *et al.* (1979) expusieron a varias concentraciones de sedimentos a *M. bahia*, observando durante todo el ciclo de vida del organismo los efectos mecánicos y físicos causados por la turbiedad; los resultados indicaron que la turbiedad puede afectar la sobrevivencia y los sucesos reproductivos de la especie⁴¹, además de otros componentes que pudieran estar presentes en los lodos (metales pesados incorporados en el lodo por corrosión de la barrena o adicionados por la formación) y que bajo ciertas condiciones pudieran estar biodisponibles. En los crustáceos acuáticos la pérdida de la integridad fisiológica de los organismos por efecto de los tóxicos, está relacionada por una parte con la alteración de procesos respiratorios como la ventilación y la perfusión, el intercambio respiratorio, el transporte de oxígeno y la respiración celular.⁴³ Así como también se puede dar el deterioro estructural y funcional de las branquias, las cuales desempeñan un papel fundamental en el intercambio gaseoso, el intercambio iónico, el balance ácido-base, la excreción nitrogenada y la regulación corporal del agua.⁴⁴

IZT.

En México, hasta hace algunos años, no se había contemplado a las actividades petroleras de perforación dentro de los ramos industriales regulados. Esto trajo como consecuencia el diseño de tecnologías y actividades de perforación que no tomaron en cuenta el impacto ocasionado al ambiente. En la actualidad, existen lineamientos que regulan las actividades de perforación en zonas ganaderas agrícolas y eriales⁵³ y criterios de descarga para recortes impregnados de fluidos de perforación de emulsión inversa⁵³. Sin embargo es necesario realizar un mayor número de investigaciones y crear nuevas tecnologías para el manejo de estos residuos en el ambiente. En este trabajo se pudo observar la importancia de la ecotoxicología acuática a nivel agudo y con mayor relevancia a nivel crónico, ya que se observaron afectaciones en las respuestas evaluadas (talla, peso, sobrevivencia y reproducción), causadas principalmente por los lodos, así que un manejo inadecuado de estas sustancias podría causar daños en las poblaciones naturales.



Es de suma importancia realizar otros estudios a nivel crónico, con los fluidos y otras sustancias que se emplean en la perforación utilizando a *Mysidopsis bahia*, ya que es una especie de alta confiabilidad a nivel toxicológico e implementar nuevas metodologías en otras especies de distribución nacional y endémicas. Lo cual traería consigo una nueva regulación y normatividad para el uso y manejo de los fluidos y recortes de perforación en México.

VIII. CONCLUSIONES

Los lodos y recortes de perforación cumplen de acuerdo a sus valores de toxicidad aguda, con el requisito de baja o nula toxicidad señalado por el criterio de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). A pesar de ello, los juveniles de *Mysidopsis bahia* son más sensibles a los lodos evaluados, lo cual se relaciona con la cantidad de partículas suspendidas que quedan a disposición de los organismos y que alteran su actividad biológica; en el caso de los recortes, la disposición de partículas suspendidas y de compuestos tóxicos que están disponibles en menor cantidad y por lo tanto muestran menor toxicidad.

A nivel agudo en este estudio el lodo más tóxico fue el de entrada o **M5** (5.696 ± 0.6998); mientras que en los recortes fue el **RII** (8.43 ± 1.53). El lodo de salida **M2** (15.26 ± 0.3252), y el recorte **RI** (29.59 ± 5.7844), fueron los menos tóxicos.

En todas las muestras evaluadas, se observó una leve tendencia al aumento de toxicidad respecto a la profundidad de perforación; esta puede estar influenciada por la formación rocosa o a la adición de algún aditivo.

Las pruebas realizadas con el tóxico de referencia indican que la sensibilidad de la especie se mantuvo estable durante toda la fase experimental por lo tanto, los valores aquí presentados son confiables y reproducibles.

En concentraciones subletales (toxicidad crónica) se puede concluir, que, los organismos sometidos a las muestras de lodos **M2** (4%) y **M5** (1.5 %) presentaron disminución en todas las variables evaluadas (talla, peso, número de juveniles producidos y sobrevivencia), causado por la gran cantidad de partículas suspendidas, las cuales interfieren en los procesos biológicos de los organismos expuestos.

Y en cuanto a los recortes de perforación no se observó una afectación considerable respecto al control, esto también atribuido a baja cantidad de partículas suspendidas disueltas y que por tanto no causaron ningún daño durante el período de exposición.

En cuanto a los recortes se concluye que debido a la poca cantidad de partículas suspendidas que quedan en el agua, no influyen en los organismos al menos hasta el tiempo de exposición al que se sometieron (22 días) ya que al parecer una cantidad muy baja de compuestos

quedan a su disposición; sin embargo, puede causar que el ciclo de vida del organismo se reduzca o bien, altere algunas respuestas biológicas

Los lodos de perforación con todos sus compuestos deben ser tratados y no ser desechados a cuerpos de agua, pues gran cantidad de partículas quedan en suspensión y causan alteraciones biológicas en los organismos, principalmente en aquellos que son filtradores y/o que se desplazan dentro de la columna de agua. Además los compuestos que constituyen a los fluidos no se sabe si son de calidad biodegradable y por tanto pueden permanecer en el cuerpo de agua y reaccionar formando otras sustancias.

Lo anterior presupone que la menor toxicidad de los recortes de perforación, comparados con los lodos, se debe a que en su mayoría son roca, provenientes de la formación en donde se esta perforando, y quedan con muy poco fluido impregnado por tanto, al entrar en contacto con un medio acuoso no hay gran disolución de los compuestos que lo conforman disminuyendo el grado de afectación a los organismos. Además se cree que el tipo de lodo empleado para perforar el pozo muestreado, fue exclusivamente base agua por lo cual, pudo haber sido el mismo el que se empleó en la perforación de todo el pozo, solo que reacondicionado. Por ello, al ser menor cantidad de partículas en suspensión en la mezcla lodo-recorte, su toxicidad se vió reducida.

Por último se recomienda realizar pruebas de toxicidad crónica con *Mysidopsis bahia* durante todo el ciclo de vida y evaluar bioacumulación de compuestos provenientes de los fluidos y recortes de perforación y determinar cuales son los elementos que causan mortalidad.

IX. LITERATURA CITADA

1. FAO. *Manual de métodos de investigación del Medio Ambiente Acuático*, Parte 4ª, bases para la elección de ensayos biológicos para evaluar la contaminación marina. Documentos técnicos de pesca México. 1991, N° 164, pp 18
2. Gentile, J.H.; Gentile, S.M.; Hairston, N.G.; Sullivan, B.K. The use of life-tables for evaluating the chronic toxicity of pollutants to *Mysidopsis bahia*. *Hydrobiologia* 1982, 93, 179-187
3. Gentile, S. M.; Gentile, J. H.; Walker, J.; Heltshe, J. F. Chronic effects of cadmium on two species of mysid shrimp: *Mysidopsis bahia* and *Mysidopsis bigelowi*. *Hydrobiologia* 1982, 93, 195-204
4. U.S. Environmental Protection Agency, Guidelines for deriving water quality criteria for the protection of aquatic life and its uses. Apéndice B. Federal Register 1980, 45, 79341-79347
5. Albert, L. A. *Introducción a la Toxicología Ambiental*. Gobierno del Edo. de México Secretaría de Ecología 1997, pp. 471
6. Zamudio, M. R.; Islas S. E. *Propuesta para la reclasificación de peligrosidad en recortes de perforación contaminados con hidrocarburos*. XII Congreso Latinoamericano de perforación. 2000, pp 22
7. Luna, P. M.; Domínguez, C. L. *Proyecto FIES 97-03-I Desarrollo de un método de Biodegradabilidad aerobia rápida para inhibidores de arcillas empleados en los fluidos de perforación de pozos petroleros*. Instituto Mexicano del Petróleo-Facultad de Química, UNAM 2001, pp 300
8. Getliff, J.; Still, I.; Candler, J.; Rabke, S. Ecotoxicity and drilling fluids an international perspective. 7^m Anual international Petroleum Environmental Conference, Albuquerque New México 2000, pp 16
9. Stuck, K. C.; Perry, H.M.; Heard, R. W. An annotated key to the Mysidacea of the north central Gulf of Mexico 1979. *Gulf Research Reports*, 6 (3), 225-238
10. Barnes, R. D. *Zoología de los invertebrados*. Ed. Interamericana. Cuarta Edición. México, D.F. 1986, 701-848
11. Nimmo, D.R., Hamaker, T. L. Mysids in toxicity testing - a review. *Hydrobiologia*, Vol. 93, 1982, 93, pp. 171-178
12. Sturck, K. C.; Perry, H. M.; Heard, R. W. Records and range extensions of Mysidacea from coastal and shelf waters of the Eastern Gulf Mexico. *Gulf Research Reports* 1979, 6(3), 239-248

13. Nimmo, D. R.; Hamaker, T. L. y Sommers, C. A.: Culturing the mysid (*Mysidopsis bahia*) in flowing sea water or a static system. Biossay Procedures for the Ocean Disposal Permit Program. EPA 600/9-78-010, E.U.A. 1978b, pp. 59-60
14. Nimmo, D. R.; Rigby, R. A.; Bahner, L. H.; Sheppard, J. M. The acute and chronic effects of Cadmium on the estuarine Mysid, *Mysidopsis bahia*. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology* 1978, 19, 80-85
15. Gentile, S. M., Gentile, J. H., Hairston N. G., Sullivan, B. K. The use of life-tables for evaluating the chronic toxicity of pollutants to *Mysidopsis bahia*. *Hydrobiologia* 1982, 93, 179-187
16. Lussier, S. M., Gentile, J. H., Walker, J.. Acute and chronic effects of heavy metals and cyanide on *Mysidopsis bahia* (Crustacea: Mysidacea). *Aquatic Toxicology* 1985, (7), 25-35
17. Fisher, C. M., Hersh, R. L., Paulson, D. T., Burton, L. W., Hall, Jr. Acute toxicity of industrial and munisipal effluents in the state of Maryland, USA: results from one year of toxicity testing. *Hydrobiologia* 1989, 188/189, 641-648
18. McKenney, C. L., Hamaker, T. L., Mattheews, E. Changes in the pysiological performance and energy metabolism of an estuarine mysid (*Mysidopsis bahia*) exposed en the laboratory through a complete life cycle to the defoliant DEF. *Aquatic Toxicology* 1991, 19, 123-135
19. McKenney, C. L., Celestial, D. M. Modified survival, growth and reproduction in an estuarine mysid (*Mysidopsis bahia*) exposed to a juvenile hormone analogue through a complete life cycle. *Aquatic Toxicology* 1996, 35, 11-20
20. Barron, M. G., Podrabsky, T., Ogle, R. S., Dugan, J. E., Ricker, R.W. Sensitivity of the Mysid *Mysidopsis bahia* to a weathered oil. *Bulletin Enviromental Contamination Toxicology* 1999, 62, 266-271
21. Nuñez, G. R. Evaluación del tóxico estandar dodecil sulfato de sodio sobre la sensibilidad de la especie *Penaeus setiferus* Linneo, 1767. (Camarón blanco). Tesis de Licenciatura en Biología. Escuela Nacional de estudios Profesionales Iztacala. U.N.A.M. 1998, pp 52
22. Nimmo, D. R., Bahner, Rigby, R. A., Sheppard, M., Wilson, A. J. *Mysidopsis bahia*: An estuarine species suitable for life-cycle toxicity test to determine the effects of a pollutant. *Aquatic toxicology abd Hazard Evaluation* 1977, ASTM SPT 634 ASTM, 109-116
23. Duke, T. W., Parrish, P. R., Montgomery, R. M., Macauley, S. D., Cripe, G. M. Acute toxicity of eight laboratory-prepared generic drilling fluids to mysis (*Mysidopsis bahia*). EPA-600/3-84-067 1984, pp 30

24. Parrish, R. P., Macauley, J. M. acute toxicity of two generic drilling fluids and six additives alone and combined, to Mysids (*Mysidopsis bahia*). *Environmental Research Laboratory, Gulf Breeze, Florida, USA* 1986, 415-426
25. Clark, J., Patrick, J. M. JR. Toxicity of sediment- incorporated drilling fluids. *US Environmental Protection Agency, Environmental research Laboratory, Gulf Breeze, Florida 32561, U.S.A.* 1987, 18 (11), 600-603
26. Instituto Mexicano del Petróleo, PEMEX. Proyecto CD-0402 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 costafuera. 1995, pp 500
27. Muñoz, M. G., Domínguez, C. L., Luna, P. V., Núñez, G. R. Acute toxicity of drilling fluids used in Mexican Offshore facilities tested with postlarvae white shrimp (*Litopenaeus setiferus*). *Society of Petroleum Engineers* 61499 2000.
28. Stuck, K. C., Perry, H. M., Heard, R. W. An annotated key to the Mysidacea of the north central Gulf of Mexico. *Gulf Research Reports* 1979, 6 (3), 225-238
29. Price, W. W. Key to the shallow water Mysidacea of the Texas coast with notes on their ecology. *Hydrobiologia* 1982, 6, 9-21
30. McKenney, C. L., Celestial, D. M. Interactions among salinity, temperature, and age on growth of the estuarine Mysid *Mysidopsis bahia* reared in the laboratory through a complete life cycle. I. Body mass and age-specific growth rate. *Journal of Crustacean Biology* 1995. 15 (1), 169-178
31. EPA Pt. 435, Subpt, A, App.1. Procedure for conducting static, acute toxicity test whit mysids (*Mysidopsis bahia*) and drilling fluids. U. S. EPA 1988, 1-6
32. Weber C.I. Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. EPA/600/4-90/027F 1993, 201-269
33. Stephan, C.E. Methods for calculating an CL_{50} . In: F. L. Mayer y J.L Hamelink (eds.); *Aquatic toxicology and Hazard Evaluation*, ASTM STP 534. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, U.S.A. 1977, 65-84
34. Daniel, W.W. *Bioestadística. Bases para el análisis de las ciencias de la salud*. 5ta Edición. Edit. Limusa, México 1995, 345-446
35. Sokal, R.R., Rohlf, F.J. *Biometry*. W: H: Freeman and Co., San Francisco, A.S.A. 1981, xviii+859
36. Jones, M., Hulse, M. Drilling-fluid bioassays and the OCS. *Technology, Oil and gas Journal* 1982, 241-244

37. De Graeve, G.M., Cooney, J.D., Marsh, B.H. Variability in the Performance of the 7-d Ceriodaphnia dubia Survival and reproduction test: An Intra-and Interlaboratory study. *Environ. Toxicol. Chem.* 1992, 11, 851-866
38. Rue, W.J., Fava, A., Grothe, D.R. A review of inter and intralaboratory effluent toxicity test method variability. In: W. J. Adams, G.A. Chapman y W.G. Landis (Eds.). *Aquatic Toxicology and Hazard Assessment*, ASTM STP 971, Philadelphia, U.S.A. 1988, 10, 190-203
39. Muñoz, M.G. Cultivo Experimental de tres especies de Cladóceros de la familia Daphnidae y evaluación de su utilidad como organismos de prueba en estudios toxicológicos. Tesis de Maestría. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México 1997, pp 146
40. Nimmo, D.R., Hamaker, T.L., Moore, J.C., Sommers, C. A.. Effect of Diflufenuron on an estuarine crustacean. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology* 1979, 22, 767-770
41. Nebel, B.J., Wrigth, R.T. *Ciencias ambientales, Ecología y desarrollo sostenible*. Sexta edición, México 1999, pp. 698
42. Spicer, J.I., Weber, R.E. Respiratory impairment in crustaceans and molluscs due to exposure to heavy metals. *Comp. Biochem. Physiol.* 1985, 100C(3), 339-342
43. Venegas, P.R. Efectos subletales del cadmio y zinc en el camarón blanco *Penaeus setiferus*. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. 1997, pp 111
44. Khan, A., Barbieri, J., Khan, S., Sweeney, F. A new short-term mysid toxicity test using sexual maturity as an endpoint. *Aquatic Toxicology* 1992, 23, 97-105
45. Voyer, R.A., McGovern, D.G.. Influence of constant and fluctuating salinity on responses of *Mysidopsis bahia* exposed to cadmium in a life-cycle test. *Aquatic Toxicology* 1991, 19, 215-230
46. Espina, S., Vanegas, C. Ecotoxicología y Contaminación. En: Botello, A.V., Rojas, J.L., Benites, T.J., Zárate, L.D.(Eds.). *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental. Diagnostico y Tendencias*. EPOMEX Serie Científica 5. UACH-SEP: Campeche, México 1996, pp 666
47. Conklin, P.J., Doughtie, D.G., Rao, K.R. Effects of Barite and used drilling muds on crustaceans, with particular reference to the grass shrimp, *Palaemonetes pugio*. In: *Research on Environmental Fate and Effects of Drilling Fluids and Cuttings, Vol. 2*. Courtesy Associates, Washington, D.C. 1980, pp 912-943
48. Martínez, J.F. Autoecología experimental de *Daphnia magna* (Crustacea-Cladocera) y su aplicación en estudios de Toxicología acuática. Tesis Doctoral Esc. Nal. Cienc. Biol. IPN, México 1995, pp 157

49. Derby, S.J., Capuzzo, J.M. Physiological and Behavioral effects of drilling fluid on marine crustaceans. *Wastes in the Ocean Vol. 4*, John Wiley Sons. E.U.A. 1985, pp 289-303
50. Sprague, J.B., Ramsay, B.A. Letal levels of mixed Koper-zinc solutions for juvenils salmon. *J. Fish res. Board. Can.* 1965, 425-432
51. Moriarty, F. Ecotoxicology. *The study of pollutants in ecosystems*. Academic Press. N.Y. 1988, pp 289
52. Norma Oficial Mexicana *NOM-CRP-005-ECOL/93*, que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 22 de octubre de 1993.
53. Norma Oficial Mexicana *NOM-CRP-007-ECOL/93*, que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 22 de octubre de 1993.



IX. GLOSARIO

Bioensayo de toxicidad: Prueba en la que se utilizan organismos acuáticos, para evaluar los efectos de sustancias puras o combinadas, contaminantes y factores ambientales, sobre el desarrollo y la sobrevivencia de los organismos.

Camada: Organismos que se desarrollan simultáneamente en la cámara incubatriz o saco embrionario de la hembra y que eclosionaron una vez que completaron su desarrollo larvario, mediante movimientos del postabdomen de la hembra.

Concentración Letal (CL): Concentración de una sustancia (pura o combinada), que produce la muerte del organismo.

Concentración Metal Media (CL₅₀): Concentración de una sustancia (pura o combinada), que produce un efecto letal en el 50% de los organismos expuestos, en un tiempo determinado.

Confiabilidad: Calidad inherente de una prueba con respecto a la metodología a seguir, el desempeño de la prueba y los resultados descritos.

Control: Organismos de prueba expuestos a agua de dilución solos y/o con el solvente que se utiliza.

Cultivo: Grupo de organismos mantenidos bajo condiciones controladas de laboratorio, con la finalidad de obtener un lote de organismos sanos.

Dosis: Cantidad de tóxico que entra en el organismo.

Efecto: Es todo cambio que se puede producir en un organismo o una unidad biológica de una población determinada, como resultado de la exposición a una sustancia y la interacción de ésta con los sistemas biológicos del organismo.



Efecto crónico: Es la respuesta a un estímulo que se produce durante una gran parte del ciclo de vida del organismo expuesto, generalmente se manifiesta en su crecimiento y reproducción.

Efecto tóxico agudo: Aquel que se manifiesta en una respuesta inmediata(en invertebrados acuáticos se refiere comúnmente a 24,48 y 96 hrs.) del organismo al tóxico o tóxicos a los que ha sido expuesto. Generalmente produce inmovilidad o muerte. El valor de CL_{50} se refiere a la concentración(ppm, desechos, partículas y compuestos contaminantes), necesaria para matar el 50% de los organismos bajo prueba, en un tiempo determinado. Un alto valor de CL_{50} significa baja toxicidad.

Efecto tóxico subagudo: Es aquel que se manifiesta como alteraciones en el crecimiento, reproducción y ciclo de vida y que sólo es susceptible de reconocerse en períodos de exposición prolongados.

Exposición: Se define como el contacto de una sustancia con los límites de intercambio de un organismo.

Fluido de perforación: El uso de un fluido de perforación es sacar los recortes del agujero. Los fluidos pueden ser aire, gas natural, agua, aceite o una combinación de líquidos usados con aditivos químicos especiales. Los fluidos de perforación están diseñados para resolver o minimizar muchos problemas de la perforación. Tienen diferentes propósitos: enfriar y lubricar la sarta de perforación y la barrena, controlar las presiones de formación, limpiar el fondo del agujero, llevar los recortes a la superficie, mantener la integridad del agujero, ayudar a la toma de registros geofísicos y mejorar la velocidad de perforación.

Fluido base agua: En este sistema la fase continua es el agua, pero puede contener un poco de aceite (emulsión directa) o aire (lodo aireado) como fases discontinuas. Por lo general el agua dulce es la base de este fluido a la cual se le adicionan aditivos químicos tales como arcillas, polímeros, densificantes y aditivos para controlar algunas variables. El sistema de lodos base agua es el más usado mundialmente en la industria de la perforación.



Medio de cultivo: Medio que contiene las cantidades requeridas de cada uno de los nutrientes necesarios para el desarrollo, crecimiento y reproducción adecuados de los individuos.

Organismo de prueba: Ejemplar de una especie que se emplean como material biológico vivo para evaluar efectos tóxicos y efectos adversos de factores ambientales. Los hay cultivados y colectados.

Prueba de toxicidad (Bioensayos de toxicidad): Exposición controlada de organismos a sustancias puras, combinadas y aguas provenientes de cuerpos de agua, para evaluar su efecto.

Prueba estática: Ensayo en el cual las soluciones y los organismos de prueba se colocan en sus recipientes y permanecen ahí durante el tiempo que dure la prueba.

Respuesta: Indica la proporción de una población determinada de organismos que manifiestan un efecto biológico definido, es decir, es la tasa o frecuencia de incidencia del efecto buscado.

Recorte de perforación: Trozo de roca proveniente de la formación impregnado con fluido de perforación.

Tiempo de exposición: Período al que se someten los organismos a las soluciones de prueba en un bioensayo de toxicidad.

Toxicidad aguda: Efecto letal que se produce después de exponer a los organismos de prueba a sustancias (puras o combinadas) una sola vez, durante un período de tiempo corto.

Tóxico de referencia: Sustancia química de alta solubilidad utilizada en bioensayos de toxicidad, cuyo efecto en los organismos a determinadas concentraciones es conocido, y por tanto, permite establecer el estado de respuesta de los organismos de prueba empleados, así como comparar los resultados intra e Inter. Laboratorios. El uso de estos tóxico, proporciona también una evaluación general de la precisión (estabilidad y repetibilidad) del método a través del tiempo.



Toxicidad: Efecto adverso causado por un contaminante a un organismo de prueba. La toxicidad es el resultado de la concentración y el tiempo, es modificable por variables como la temperatura, forma química y disponibilidad.

Tóxico: Cualquier sustancia(pura o combinada) que al entrar en contacto con el organismo produzca daños estructurales, alteraciones bioquímicas o fisiológicas e incluso la muerte, dependiendo de la concentración y del tiempo de exposición.