



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
UNIDAD SINALOA



“CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS
ORGANOCOLORADOS Y CONDICIÓN
FISIOLÓGICA DE *Mugil cephalus* EN EL
COLORADITO, GUASAVE, SINALOA”

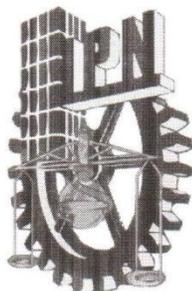
TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN RECURSOS NATURALES Y
MEDIO AMBIENTE

PRESENTA

NANCY JAZMÍN REYES MONTIEL

GUASAVE, SINALOA; MEXICO DICIEMBRE 2011



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de **Guasave** el día **28** del mes **noviembre** del año **2011**, el (la) que suscribe **Nancy Jazmín Reyes Montiel** alumno (a) del Programa de **Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente** con número de registro **B091710**, adscrito a **CIIDIR-SIN**, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **Dr. Héctor Abelardo González Ocampo y Dra. Apolinar Santamaría Miranda** cede los derechos del trabajo intitulado **“Concentración de plaguicidas organoclorados y condición fisiológica de *Mugil cephalus* en El Coloradito, Guasave, Sinaloa”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones nancy_rey3@hotmail.com, hgonzalezo@ipn.mx, hgocampo@yahoo.com y asantama@ipn.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ing. Nancy Jazmín Reyes Montiel



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO .

ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE DIRECTORES DE TESIS

Guasave, Sinaloa a 23 de noviembre del 2011

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-SIN en su sesión extraordinaria No. 18 celebrada el día 23 del mes de noviembre conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

<u>REYES</u>	<u>MONTIEL</u>	<u>NANCY JAZMÍN</u>
<small>Apellido paterno</small>	<small>Apellido materno</small>	<small>Nombre (s)</small>
Con registro:		
B	0	9
1	7	1
0		

Aspirante de: MAESTRÍA EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:
"Concentración de plaguicidas organoclorados y condición fisiológica de *Mugil cephalus* en El Coloradito, Guasave, Sinaloa".

De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:
Determinación de plaguicidas organoclorados en tejido muscular de *Mugil cephalus* mediante cromatografía de gases y analizar condición de salud utilizando análisis bioquímicos y morfofisiológicos.

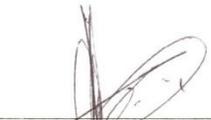
2.- Se designan como Directores de Tesis a los Profesores:
Dr. Héctor Abelardo González Ocampo y Dra. Apolinar Santamaría Miranda

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesina será elaborado por el alumno en:
CIIDIR-SINALOA

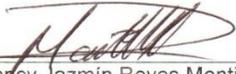
que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.	PROYECTO	SIP	20110313	Y
	FOMIX-SINALOA	99712		\$1 500
				000

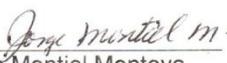
4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

Directores de Tesis


 Dr. Héctor Abelardo González Ocampo
 Aspirante


 Dra. Apolinar Santamaría Miranda
 Presidente del Colegio


 Ing. Nancy Jazmín Reyes Montiel


 Dr. Jorge Montiel Montoya





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Guasave, Sinaloa siendo las 10:00 horas del día 28 del mes de Noviembre del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-SIN para examinar la tesis titulada:

" Concentración de plaguicidas organoclorados y condición fisiológica de *Mugil cephalus* en El Coloradito, Guasave, Sinaloa"

Presentada por el alumno:

REYES MONTIEL NANCY JAZMÍN
Apellido paterno Apellido materno
Nombre(s)

Con registro:

B	0	9	1	7	1	0
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRÍA EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dr. Héctor Abelardo González
Ocampo

Dra. Apolinar Santamaría Miranda

Dra. Melina López Meyer

Dr. Cipriano García Gutiérrez

Dra. Guadalupe Dúrga Rodríguez
Meza

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Jorge Montiel Montoya



El trabajo de tesis se desarrolló en el Departamento de Medio Ambiente del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional (IPN). El presente trabajo fue apoyado económicamente a través del FOMIX-SINALOA SIN-2008-C01-99712, FOMIX-CAMPECHE M0003-2010-01-144280, SIP 20090313 y SIP 20100303. El alumno (a) Nancy Jazmín Reyes Montiel fue apoyado con una beca CONACYT con clave 32199, además de la beca otorgada por IPN como becario PIFI Y BECA TESIS. Gracias al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECyT) por la beca otorgada para terminación de tesis.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial para el Dr. Héctor A. González Ocampo por confiar en mí y aceptarme como su alumna, gracias por escucharme, guiarme y comprenderme, gracias por apoyarme en las buenas y malas, agradezco por preocuparse no sólo por mí trabajo sino también por mi situación emocional y económica. GRACIAS POR TODO y MÁS.

Gracias Dra. Apolinar Santamaría Miranda por el apoyo a lo largo de este tiempo, gracias por su ayuda y recomendaciones. Le agradezco muchas cosas pero la más importante es haberme abierto las puertas de su casa. MIL GRACIAS.

Gracias Dra. Melina López Meyer por sus comentarios y ayuda para mejorar mi trabajo. Gracias por esa conversación, logró que regresara a la vida.

Dr. Cipriano García Gutiérrez por los consejos y recomendaciones durante la realización de este trabajo, gracias por la introducción al conocimiento de los plaguicidas.

Dra. Guadalupe Durga Rodríguez Meza gracias por las recomendaciones a este trabajo, principalmente gracias por su amistad, es muy bello conocer a una persona que tiene tan buen corazón como usted.

Gracias a M.C. Genaro Diarte Plata y M. C. Arturo Fierro por su apoyo en campo y laboratorio. MUCHAS GRACIAS.

Al Dr. José Guillermo Galindo Reyes por aceptarme en su laboratorio y enseñarme la técnica de plaguicidas.

Gracias al personal de CIIDIR en especial a Don Roberto Urías por sus consejos, a Dorín Ortiz por su atención en asuntos escolares, al Ing. Celestino Vargas por su excelente ayuda técnica, a Ricardo Báez por hacerme feliz con la noticia “llegó PIFI e Institucional”.

Gracias Norma por convertirte no solo en mí compañera si no en algo más importante mí amiga, jamás olvidaré todos los momentos que pasamos juntas, te admiro por soportarme tanto tiempo, tal vez fue porque no te deje opción, gracias por tu hermosa amistad. Gracias por ser como eres.

Gracias Lucy por dejar de ser mi compañera de cuarto y convertirte en mi amiga, fueron muy divertidos todos los momentos que pase a tu lado. Soy friki de closet.

A ti Jazmín GRACIAS por estos últimos meses a mi lado, gracias por los todos momentos bellos, por estar en las buenas y en las peores. Vamos a pedirle M+A+S a la vida.

Gracias a César, Lulú y Myrna por su amistad y por hacer mis primeros meses en Guasave menos nostálgicos.

A Carlos, Gerardo y Hugo por su amistad y por las miles de carcajadas que me robaron.

Arely aunque me hayas abandonado gracias por tu amistad y por regresarme el gusto por la lectura.

A mis compañeros Dalia, Lucy Sotomayor, Raquel, Alejandro, Abraham, Ana Luisa, Brenda, Guillermo, Adolfo, Mauricio, Judith, Martín Lugo, Omar, Juan José, Jesús Mancillas, Martín Camacho, Gustavo, Alejandra, Ana Lilia, Olimpia y Nadia.

DEDICATORIA

A la persona más importante de mi vida, gracias por apoyarme en esta locura, por tus besos, abrazos, regaños, risas, lágrimas, por comprarme ese boleto que lleno de alegría mi corazón. Jamás podré agradecerte por trabajar día y noche por nosotros, se que ser padre y madre no fue fácil, sin embargo lo hiciste estupendamente, gracias por dejarme tener gatos y cuidar a mi gata hermosa. Las cosas más sencillas y satisfactorias las aprendí de ti, desde dibujar hasta hacer una escultura que parecía imposible. Espero algún día te sientas tan orgullosa de mí como yo lo estoy de ti, en mi otra vida creo que hice algo extremadamente bueno, como para que Dios me concediera el privilegio de tener a alguien como tú a mi lado, terminare diciendo que.....LO MEJOR DE MI VIDA ERES TÚ MAMI.....TE AMO.

A mis hermanos Irene y Geovanny quienes me han soportado durante tantos años, se que no soy la mejor hermana, pero después de nuestra madre soy la persona que los ama con todo su corazón.

A Vanessa la personita que me mostró un nuevo significado de la palabra amor. La palabra tía era tan insignificante en mi vida hasta que la escuche con su tierna y hermosa voz. "ERES lo que yo amo en este mundo, lo que más cuido en este mundo eso..... ERES".

A mis amigas Yesenia, Leticia, Eduarda, Noemi, Mayra y Denisse por escucharme una y otra vez con el mismo cuento, gracias por compartir conmigo risas, lágrimas, enojos, secretos, chismes, fiestas, tareas, proyectos , sueños. Las quiero cada día M+A+S.

ÍNDICE

GLOSARIO	XI
ABREVIATURAS	XII
LISTA DE FIGURAS	XIV
LISTA DE TABLAS	XVI
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XVIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Historia de los plaguicidas	3
2.2. Definición de plaguicidas	3
2.3. Clasificación de los plaguicidas	3
2.4. Plaguicidas organoclorados	4
2.4.1. Estructura química de plaguicidas organoclorados	6
2.5. Toxicología, signos y síntomas de envenenamiento	7
2.6. Convenio de Estocolmo	8
2.6.1. Sustancias comprendidas en el convenio de Estocolmo	9
2.7. Condición de Salud	10
2.7.1. Índices morfofisiológicos	10
2.7.2. Parámetros bioquímicos	11

2.7.2.1. Triglicéridos	11
2.7.2.2. Proteína	11
2.7.2.3. Glucosa	11
2.7.3. . Plaguicidas organoclorados en sistemas acuáticos	12
2.8. Características biológicas de la especie	23
2.8.1. <i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	15
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. HIPÓTESIS	18
5. OBJETIVO GENERAL	18
5.1. Objetivos particulares	18
6. MATERIALES Y MÉTODOS	19
6.1. Área de estudio	19
6.2. Obtención de muestras	20
6.2.1. Determinación de parámetros físico-químicos.	20
6.3.1. Análisis bioquímicos	21
6.3.2. Cuantificación de proteína	21
6.3.4. Cuantificación de triglicéridos	22
6.3.5. Cuantificación de glucosa	22
6.4. Índices morfofisiológicos.	23
6.5. Determinación de plaguicidas	24

6.5.1. Extracción de plaguicidas organoclorados	24
6.5.2. Purificación de las muestras	26
6.5.3. Determinación de plaguicidas organoclorados	27
6.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	28
7. RESULTADOS	29
8. DISCUSIONES	45
9. CONCLUSIONES	49
10. RECOMENDACIONES	50
11. BIBLIOGRAFÍA	51

GLOSARIO

BIOACUMULACIÓN. Proceso mediante el cual los organismos, por sus características biológicas, absorben a través de la respiración, alimentos o piel ciertos contaminantes, los cuales dependiendo de su especiación y afinidad química o biológica tienden a acumularse en los distintos tejidos y órganos de los seres vivos.

BIOCONCENTRACIÓN. Es el aumento de la acumulación de un producto químico en tejidos de los organismos a niveles mayores.

BIOMAGNIFICACIÓN. Es el proceso por el cual los plaguicidas pueden aumentar su concentración de manera progresiva a lo largo de las cadenas alimenticias, a un grado tal que pueda ser tóxico para los organismos intermedios o de los últimos niveles de dicha cadena.

CONDICIÓN. Se podría definir como una medida de potencial biológica, estado sanitario o fortaleza física del animal, que aporta información acerca de su capacidad de supervivencia y crecimiento.

CROMATOGRAFÍA. Es un método físico de separación en el cual los componentes a ser separados son distribuidos entre dos fases, una de las cuales es estacionaria mientras la otra se mueve en una dirección definida. Los componentes son separados por sus diferentes tasas de migración.

CROMATOGRAFÍA DE GASES. Es una técnica analítica que puede ser utilizada para separar compuestos orgánicos basada en sus volatilidades. También provee información cualitativa y cuantitativa de los componentes presentes en una mezcla. Los componentes son separados por sus diferencias de partición entre la fase móvil gaseosa y la fase estacionaria en la columna, permitiendo que sean separados en tiempo y espacio.

LIPOFÍLICO. Que tiene afinidad por las grasas y gran solubilidad; posee la propiedad físico-química que favorece el equilibrio de partición o reparto de soluto entre el agua y un disolvente orgánico, inmiscible a favor de este, influye en la absorción y bioacumulación.

METABOLISMO. Se refiere a todos los procesos físicos y químicos del cuerpo que convierten o usan energía, tales como: respiración, circulación sanguínea, digestión de alimentos y nutrientes.

METABOLITO. Se refiere al producto que queda después de la descomposición (metabolismo) de algún químico.

PERSISTENCIA. Es la capacidad de una sustancia de permanecer en un sustrato del ambiente, en particular después de que ha cumplido el objetivo por el cual se aplicó.

PLAGUICIDA. Cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destina a controlar cualquier plaga, incluidos los vectores que transmiten las enfermedades humanas y de animales, las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, por ejemplo, las que causan daño durante el almacenamiento o transporte de los alimentos u otros bienes materiales, así como las que interfieran con el bienestar del hombre y de los animales. También se incluyen en esta definición las sustancias defoliantes y las desecantes.

PLAGUICIDA ORGANOCOLORADO. Hidrocarburos con alto contenido de átomos de cloro que forman un grupo de plaguicidas artificiales desarrollados principalmente para controlar de insectos, su principal característica es acumularse en los tejidos de los organismos.

SALUD. Puede ser definida como el nivel de eficacia funcional y metabólica de un organismo a nivel micro (celular) y macro (social).

SOLUBILIDAD. Se trata de una medida de la capacidad de una sustancia para disolverse en otra. La sustancia que se disuelve se conoce como soluto, mientras que, la sustancia que la disuelve recibe el nombre de solvente.

ABREVIATURAS

CICOPLAFEST: Comisión intersecretarial para el control del proceso y uso de plaguicidas y sustancias tóxicas.

COP: Compuestos orgánicos persistentes.

DDT: tricoloro-2,2-bis (4-clorofenil)-etano.

EPA: Agencia de protección ambiental de Estados Unidos.

FAO: Organización para la agricultura y la alimentación.

FDA: Administración de Alimentos y Drogas por sus siglas en ingles Food and Drug Administration.

HCH: Hexaclorociclohexano.

OMS: Organización mundial de la salud.

SNC: Sistema nervioso central.

IOMC: Programa inter organizacional para el manejo adecuado de sustancias químicas.

PNUMA: Programa de las naciones unidas para el medio ambiente.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de DDT	7
Figura 2. Estructura química de Aldrin y Dieldrin grupo de ciclodienicos clorados.	7
Figura 3. <i>Mugil Cephalus</i>	15
Figura 4. Principales países productores de <i>Mugil cephalus</i>	16
Figura 5. Ubicación del municipio de Guasave, Sinaloa.	19
Figura 6. Vista desde la panga de la zona pesquera El Coloradito, Guasave, Sinaloa	20
Figura 7. Registro de parámetros físico-químicos <i>in situ</i> durante la toma de muestras.	21
Figura 8. Tejido muscular de <i>Mugil cephalus</i> .	25
Figura 9. Tejido muscular con sulfato de sodio anhidro.	25
Figura 10. Alumina, Florisil, Silica gel y Sulfato de sodio anhidro	26
Figura 11. Purificación de la muestra a través de columnas empacadas.	27
Figura 12. Cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones.	28
Figura 13. Promedio de pH registrado durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011.	29
Figura 14. Promedio de oxígeno disuelto registrado durante Marzo de 2010 a Febrero 2011.	30
Figura 15. Promedio de temperatura registrada durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011.	31
Figura 16. Promedio de salinidad registrada durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011.	32

Figura 17. Índice hepatosomático de <i>Mugil cephalus</i> registrados durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011.	33
Figura 18. Índice de repleción gástrica de <i>Mugil cephalus</i> registradas durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011.	34
Figura 19. Índice gonadosomático de <i>Mugil cephalus</i> registrado durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011	35
Figura 20. Índice de condición de <i>Mugil cephalus</i> durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011.	36
Figura 21. Concentración de glucosa en plasma sanguíneo de <i>Mugil cephalus</i> durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011.	37
Figura 22. Concentración de triglicéridos en plasma sanguíneo de <i>Mugil cephalus</i> durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011.	38
Figura 23. Concentración de proteína total registrada durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011.	39
Figura 24. Concentración de plaguicidas organoclorados en tejido muscular de <i>Mugil cephalus</i> durante Marzo-Abril 2010.	40
Figura 25. Concentración de plaguicidas organoclorados en tejido muscular de <i>Mugil cephalus</i> durante Mayo-Junio 2010.	41
Figura 26. Concentración de plaguicidas organoclorados en tejido muscular de <i>Mugil cephalus</i> durante Julio-Agosto 2010.	42
Figura 27. Concentración de plaguicidas organoclorados en tejido muscular de <i>Mugil cephalus</i> durante Septiembre-October 2010.	43
Figura 28. Concentración de plaguicidas organoclorados en tejido muscular de <i>Mugil cephalus</i> durante Enero-Febrero 2011.	44

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los plaguicidas por los organismos que afecta.	4
Tabla 2. Clasificación de la OMS para los plaguicidas y ejemplos de cada clase.	5
Tabla 3. Uso más frecuente de los plaguicidas.	6
Tabla 4. Estudios realizados en pescados de consumo para la determinación de plaguicidas organoclorados.	9
Tabla 5. Estudios realizados en peces de consumo humano para la determinación de plaguicidas organoclorados.	14
Tabla 6. Clasificación científica de <i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	16

RESUMEN

Desafortunadamente a lo largo de los años lagunas, esteros y bahías se han deteriorado a consecuencia de asentamientos humanos, desechos agrícolas e industriales. Guasave es conocido también como el corazón agrícola del Estado de Sinaloa, para la protección de los cultivos se utilizan plaguicidas organoclorados, el principal riesgo del uso de estos contaminantes es la biomagnificación en cada nivel de la cadena trófica, provocando al ser humano problemas de salud ocasionados por el consumo de peces, moluscos y crustáceos contaminados con plaguicidas organoclorados. El presente estudio tuvo como objetivo conocer las concentraciones de plaguicidas organoclorados, utilizando el tejido muscular de *Mugil cephalus* para la determinación de plaguicidas y comparándolos con lo descrito por otros autores, el análisis de plaguicidas se realizó mediante un cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones marca SHIMADZU-17A. Para la condición de salud de *Mugil cephalus* se utilizó el peso de hígado, gónada, estómago y peso total del organismo y el plasma sanguíneo para la cuantificación de triglicéridos, proteína y glucosa. Los plaguicidas organoclorados más frecuentes fueron δ - HCH, dieldrin y metoxicloro. El Dieldrin tuvo las concentraciones más altas entre los meses de Julio-Agosto y Enero-Febrero (0.2359, 0.3555 $\mu\text{g/g}$ respectivamente), mientras que el Metoxicloro registró las concentraciones más altas entre Marzo-Abril (0.3033 $\mu\text{g/g}$). El índice de condición obtuvo se valor máximo entre los meses de Noviembre-Diciembre, mientras que el IG mostro dos periodos de reproducción durante Marzo-Abril y Noviembre-Diciembre. IH mostro una tendencia descendiente a lo largo del año, el IRG registro su valor máximo entre los meses de Mayo-Junio.

El nivel más alto de triglicéridos en plasma sanguíneo se registro en el mes de Julio-Agosto con 483.75 mg/dL, mientras que la glucosa obtuvo un valor máximo de 205.33 mg/dL durante los meses de Julio-Agosto, los meses de Enero-Febrero registraron el nivel más alto de proteína con 29.94 mg/dL.

ABSTRACT

Unfortunately over the years, lagoons, estuaries and bays had become deteriorated as a result of human settlements, agricultural and industrial wastes. Guasave is also known as the agricultural core of Sinaloa. For crop protection organochlorine pesticides are used and the main risk of using these contaminants is the biomagnification through the food web to humans causing health problems caused by the consumption of fish and shellfish contaminated with them. This study determined the concentration of organochlorine pesticides in the muscle tissue of *Mugil cephalus*. Pesticide analysis was performed using gas chromatography with an electron capture detector SHIMADZU® Model 17A. The Health Condition Profile of *Mugil cephalus* was determined analyzing the triglyceride, protein and glucose in the liver, gonad, stomach and blood plasma, as well as the total body weight. The organochlorine pesticides were the most frequent δ -HCH, dieldrin and methoxychlor. Dieldrin had the highest concentrations in the months of July-August and January-February (0.2359, 0.3555 mg / g respectively), while Methoxychlor the highest concentrations recorded between March-April (0.3033 mg / g). The Health Condition Profile showed the maximum value during November-December, while the Gonadic Index showed two periods one in March-April and the other between November-December. The Hepatosomatic index showed a downward trend throughout the year while the Estomach Repletion Index recorded the highest value between May to June. The highest level of triglycerides in blood plasma was recorded in the month of July-August with 483.75 mg/dL, while glucose recorded the maximum value of 205.33 mg/dL, from July to August. From January to February the highest level of protein 29.94 mg / dL was recorded.

1. INTRODUCCIÓN

Sinaloa es uno de los estados de la República Mexicana con mayor producción agrícola, y se calcula que aporta la tercera parte de la exportación agropecuaria del país (Albert *et al.*, 1988). Destinándose 1 469 443 hectáreas (25% de la superficie del estado) para el cultivo de granos, hortalizas y leguminosas, en los cuales se da elevado uso de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas). Esta actividad ha generado beneficios sociales y económicos, pero desde el punto de vista ambiental, se considera que los agroquímicos han impactado severamente los ecosistemas asentados en la planicie costera de la región. A nivel mundial se reconoce a la agricultura como el mayor problema de contaminación en este tipo de áreas por los plaguicidas utilizados en la actividad (Cifuentes, 2003). Entre los recursos marinos de mayor importancia en Sinaloa son los moluscos como: almeja y ostión; crustáceos como: langostino, camarón y peces dentro de los cuales destacan: curvina, pargo, lisa, robalo, sardina y marlín. Todas estas especies son abundantes y de considerable importancia económica nacional e internacional (Cifuentes, 2003).

La relación indirecta entre la agricultura y la pesca ribereña en el estado se da por la contaminación del agua por el uso de plaguicidas utilizados en la región agrícola del Valle de Guasave. Estos productos son introducidos al ambiente a través de su aplicación directa al sustrato que posteriormente es removido mediante la erosión pluvial (precipitación atmosférica, deslaves de tierra y cultivos) terminando en los sistemas costeros acentuando su importancia por la interacción de los plaguicidas tanto solubles como los insolubles con la biota acuática (Baddi *et al.*, 2006).

Las rutas de entrada al ambiente acuático son el arrastre, la infiltración, transporte atmosférico y la erosión de los suelos agrícola (Clava y Torres, 1998) que han sido rociados por plaguicidas, cuyo destino final es el ecosistema acuático.

Los plaguicidas organoclorados en el ecosistema acuático pueden ser transportados en el agua por advección (movimiento horizontal de los contaminantes disueltos), pudiendo experimentar reacciones físicas, químicas y biológicas, como la fotólisis,

oxidación, hidrólisis, volatilización, transformaciones biológicas, absorción y bioacumulación (Calva y Torres, 1998).

Así mismo ocasionan problemas de contaminación que deterioran la calidad del ambiente y provocan efectos nocivos sobre la biota acuática (organismos vegetales y animales) e indirectamente sobre la salud humana. En cuanto a su peligrosidad esta reside en la capacidad de ingresar por vía cutánea, respiratoria y digestiva (Cabanillas *et al.*, 1999). En los peces la vía de entrada de los contaminantes químicos se lleva a través del tejido epitelial o branquias y por alimentación, almacenándose a niveles que exceden las concentraciones ambientales (bioconcentración), e incrementando su concentración con cada eslabón de la cadena trófica (biomagnificación) y que en conjunto este proceso bioconcentración-biomagnificación se define como bioacumulación (Flores-Lozano, 2006).

El Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal del Gobierno del Estado de Sinaloa (2005) menciona que la pesca tradicional ha significado una importante aportación a la economía del Municipio de Guasave. En este municipio, se localizan 7 comunidades dedicadas a la explotación pesquera que son: El Cerro Cabezón, El Huitussi, El Caracol, El Coloradito, El Tortugo, La Pitahaya y La Boca del Río. Todos los productores están asociados en 25 sociedades cooperativas cuyo número de socios asciende a mil 292, con 674 equipos para la práctica de la actividad dentro de un área que tiene 50 km de litoral y 24 mil 700 hectáreas de bahías que representan un importante potencial pesquero. Entre los principales productos capturados están el camarón, lisa, tiburón, mojarra y la sardina.

2. ANTECEDENTES

2.1. Historia de los Plaguicidas

La historia de los plaguicidas se divide en tres etapas: La primera fue a principios del siglo XIX cuando se descubrió accidentalmente la acción de plaguicidas de elementos naturales como el azufre, cobre arsénico y fósforo. La segunda se enfocó en el uso de diferentes aceites insecticidas y más tarde con la utilización de productos sintéticos. La tercera etapa comenzó a partir de 1940 cuando Müller descubrió las propiedades del DDT (dicloro-difenil-tricoloroetano) que fue utilizado para la eliminación del piojo humano que transmitía enfermedades como el Tifo. A partir de este momento inició la producción intensiva de plaguicidas organosintéticos (Sistema Nacional Epidemiológica, 2006).

2.2. Definición de Plaguicidas

Son sustancias o mezclas de éstas que se destinan a controlar cualquier plaga, incluidos los vectores que transmiten las enfermedades humanas y de animales, las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, o con el bienestar del hombre y de los animales (Rivero *et al.*, 2001).

2.3. Clasificación de los Plaguicidas

Los plaguicidas pueden clasificarse de dos maneras. En la primera por el tipo de uso del plaguicida y según el organismo sobre el que actúan, definiéndose entre los más notables como insecticidas, herbicidas, acaricidas, fungicidas y raticidas. El segundo grupo está determinado de acuerdo a la estructura química de las sustancias con actividad plaguicida, definiéndose como organoclorados, organofosforados, carbamatos, ácidos carboxílicos, piretroides, amidas, anilinas, (Baddi *et al.*, 2006).

Tabla 1. Clasificación de los plaguicidas por los organismos que afectan.

Acaricida	Ácaros
Fungicidas	Hongos
Herbicidas	Hiervas invasoras “maleza”
Insecticidas	Insectos
Larvicidas	Larvas
Nematicidas	Nematodos
Rodenticida	Roedores
Ovicida	Huevecillos

La persistencia de un plaguicida se expresa indicando su vida media y se refiere al tiempo necesario para que la mitad del residuo desaparezca bajo condiciones normales. La persistencia del plaguicida puede variar de acuerdo a la dosis, la formulación usada y las características del ambiente por lo que su duración se expresa generalmente en un rango de ligera, poca, moderada y permanente (Bejarano, 2002).

2.4. Plaguicidas Organoclorados.

Los compuestos organoclorados son los que tienen la persistencia más prolongada y fueron los primeros plaguicidas orgánicos utilizados y producidos a gran escala. Entre sus propiedades destacan su reducida volatilidad, alta estabilidad química y solubilidad en lípidos, lenta biotransformación y degradación en el ambiente (Moreno, 2003). Por lo tanto, son sustancias altamente contaminantes de la cadena alimentaria que pueden ingresar al organismo por vía oral, cutánea, inhalación e ingestión, son capaces de acumularse en el tejido graso y biotransformarse en el hígado (García, 2007).

La biotransformación resulta en la producción de un metabolito que es más tóxico que el compuesto original, al proceso se le denomina bioactivación. Si estos metabolitos se acumulan y vencen las defensas del organismo entonces pueden producir un daño que se manifiesta en una respuesta tóxica (Peña, 2001).

Los plaguicidas organoclorados se bioacumulan en el tejido adiposo y son biomagnificados a través de la cadena alimenticia, lo cual implica un riesgo a la salud humana (Uresti-Marín *et al.*, 2008).

Tabla 2. Persistencia de plaguicidas organoclorados

PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS	PERSISTENCIA EN EL SUELO	BIOCONCENTRACIÓN
Aldrin	530	4444 pez
Dieldrin	312	3330 pez
Endrin	624	1000 pez
DDT	546	70000 ostra
Hexaclorobenceno	208	60 ostra

El estado de Sinaloa posee una gran cantidad de lagunas costeras y estuarios. Estos ecosistemas costeros son de suma importancia porque en ellos se albergan una gran variedad de flora y fauna silvestre. Estos sistemas acuáticos son el hábitat para la reproducción, crecimiento, protección y alimentación de una gran cantidad de peces, crustáceos y otros organismos, pero también se han convertido en receptores finales de desechos agrícolas, urbanos e industriales, dando lugar a una creciente contaminación, y con ello un peligro potencial a la salud humana, por el consumo de peces y mariscos contaminados extraídos a través de la pesca (Galindo-Reyes, 2008).

La organización Mundial de la Salud ha publicado criterios para la clasificación de los plaguicidas dependiendo de su peligrosidad para el hombre. De acuerdo con estos criterios, los plaguicidas se clasifican en cuatro categorías con base a su función de toxicidad aguda oral y cutánea y de su estado físico (Tabla 3).

Tabla 3.- Clasificación de la OMS para los plaguicidas y ejemplos de cada clase

CLASE 1A Extremadamente peligrosos	Clase 1B Altamente peligrosos	Clase II Moderadamente peligrosos	Clase III Ligeramente peligrosos
Alacor	Aldrin	Carbaril	Aletrina
Aldicarb	Aminocarb	Clordano	Difenoconazol
Clorfenvinfos	Dicloros	Clorpirifos	Fenotiocarb
Clortiofos	Dieldrin	Diquat	Malation
Hexaclorobenceno	Endrin	Endosulfan	Mepiquat
Metilparation	Mecarbam	Lindano	Metazol
Mevinfos	Pentaclorofenol	Paraquat	Á. metilarsónico
Nitrofen	Triazotión	2,4,5-T	2,3,6-TBA
Paration	Verde París	Toxafeno	Ziram

Fuente: Moreno, 2003.

2.4.1.- Estructura química de plaguicidas organoclorados

Los plaguicidas organoclorados se encuentran divididos en cuatro subclasificaciones dependiendo su estructura química.

- I. **Aromáticos clorados:** incluyen el DDT y análogos, dicofol, DDD, bulan, metoxicloro, prolan, cloropropilato, clorobencilatoy etilan.
- II. **Clicloalcanos clorados:** el principal de ellos es el Hexaclorociclohexano (HCH), este químico consiste de 8 isómeros estéricos, incluyendo el isómero γ -lindano. Cada isómero muestra propiedades diferentes.
- III. **Clicodienicos clorados:** aldrin, endrin, dieldrin, telodrin, heptacloro, isobenzam, clordano, endosulfán. Este grupo se caracteriza por ser de los compuestos más tóxicos.
- IV. **Terpenos clorados:** incluyen el toxafeno y compuestos relacionados. En este grupo se encuentra una mezcla compleja de químicos, muchos de los cuales son estructuralmente desconocidos.

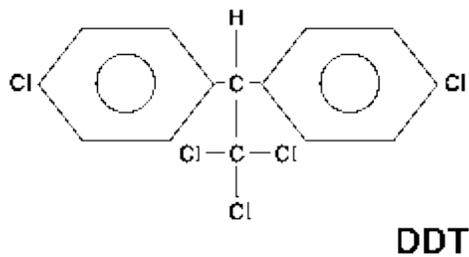


Fig. 1. Estructura química de DDT perteneciente al grupo aromáticos clorados.

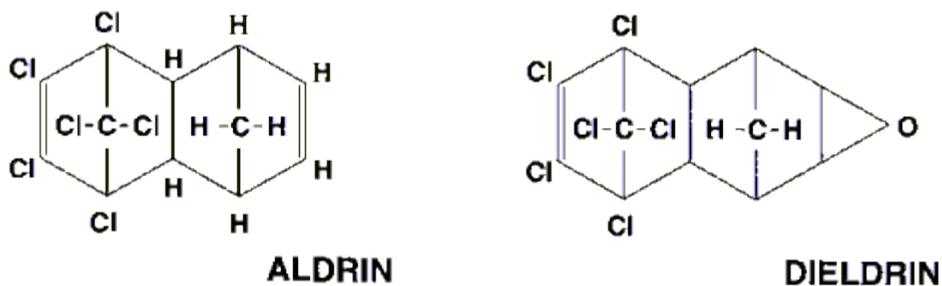


Fig. 2. Estructura química de Aldrin y Dieldrin grupo de clicodienicos clorados.

2.5. Toxicología, signos y síntomas de envenenamiento.

La mayoría de los plaguicidas organoclorados son utilizados como insecticidas, tienen una elevada toxicidad crónica, tendencia de acumularse en el tejido adiposo, y su excelente persistencia en los suelos y alimentos le confieren la propiedad de biomagnificarse en las redes tróficas. En los organismos, la capacidad de absorción de estos compuestos difiere con la relación a los órganos internos (intestino, pulmón) y externos (piel) y se asocian a la permeabilidad, superficie expuesta, textura que presenta y otros. Por ejemplo, el endosulfán se absorbe muy bien a través de la piel, mientras que, el difocol y el toxafeno no lo hacen. Posterior a la

absorción la mayor cantidad es almacenada en el tejido adiposo, aunque el resto, es metabolizado y excretado a la bilis y la orina (CICOPLAFEST, 2004).

Los plaguicidas organoclorados afectan principalmente el sistema nervioso donde interfiere con el flujo de cationes a través de las membranas nerviosas, incrementando la irritabilidad neuronal. Entre los efectos que se producen a largo plazo por la exposición prolongada a estos productos son la alteración al sistema nervioso central y también en la afección del funcionamiento hepático por inducción enzimática (CICOPLAFEST, 2004).

2.6.- CONVENCION DE ESTOCOLMO

En mayo de 1995 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en su decisión 18/32 pidió al Programa Inter Organizacional para el Manejo Adecuado de Sustancias Químicas (IOMC) iniciar un proceso de evaluación de Compuestos Orgánicos Persistentes (COP). En mayo de 2001 en Estocolmo, Suecia 127 países firmaron el tratado de la Naciones Unidas para prohibir o disminuir el uso de doce de las sustancias más tóxicas, consideradas como causantes de cáncer y de problemas congénitos en personas y animales. El principal objetivo de este convenio, que entro en vigor el 17 de mayo de 2004 fue eliminar o restringir la producción y uso de los COP que se fabrican intencionalmente. México firmó el convenio el 23 de mayo de 2001 y lo ratificó el 10 de febrero de 2003 (Fernández *et al.*, 2004).

2.6.1 Sustancias comprendidas en el Convenio de Estocolmo.

El catálogo oficial de Plaguicidas de 1998 clasifica al dieldrin, aldrin y endrin como plaguicidas prohibidos; su fabricación, formulación, comercialización y uso están prohibidos en México desde el 3 de enero de 1991 (Fernández *et al.*, 2004).

Tabla 4. Uso más frecuente de los plaguicidas.

ACTIVIDAD	USO
Agricultura	Control de las múltiples plagas que afectan los cultivos agrícolas en cualquiera de sus etapas.
Salud Pública	Control de enfermedades como la malaria, dengue, changas, peste, fiebre amarilla, control de plagas roedores, y erradicación de plantaciones cuyo producto final sea la droga ilícita.
Ganadería y cuidado de animales domésticos.	En la desinfección de ganado ovino, y de animales domésticos como perros y gatos.
Tratamiento de estructuras	Tratamientos de edificios públicos y privados, oficinas, hospitales, hoteles, cines, teatros, restaurantes, escuelas, supermercados, tiendas departamentales, instalaciones deportivas, bodegas de almacenamiento de alimentos, industria ferroviaria y navegación marítima.
Mantenimiento de áreas verdes	Tratamiento de parques, jardines, áreas de recreo, campos de golf y autopistas, vías férreas, torres con líneas de alta tensión y postes.
Mantenimiento de reservas de agua	Tratamiento de grandes reservas de agua, naturales y artificiales, presas, embalses, diques, canales y albercas.
Industria	En la fabricación de neveras, equipos eléctricos, pinturas, resinas, pegamentos y papel.

Entre los problemas que afectan la salud por intoxicación de plaguicidas organoclorados están; la parestesias, cefalea, anorexia, náuseas, vómitos, y dolor abdominal cuyo malestar neurológico se caracteriza por vértigos, temblor, alteraciones de conciencia y convulsiones tónico-clónicas (García, 2007).

2.7. CONDICION DE SALUD.

Las evaluaciones de condición nutricional se basan directa o indirectamente en la medida de reservas energéticas del cuerpo. El factor de condición (morfométrico) es un indicador el cual asume que los peces de mayor peso y longitud, se encuentran en mejor estado nutricional, aunque no es un indicador lo suficientemente sensible para conocer el contenido de energía.

Se están utilizando diferentes indicadores para conocer el estado nutricional de las especies y cada indicador ofrece ventajas y desventajas, por lo que es recomendable utilizar el mayor número de indicadores que sean necesarios para conocer el estado nutricional, actualmente se está utilizando la caracterización de muestras sanguínea de peces para conocer su estado fisiológico (García, 2008).

2.7.1. Índices morfofisiológicos.

En la mayoría de los estudios en los que se involucran cuestiones biológicas y ecológicas de especies acuáticas, se utilizan índices morfofisiológicos, destacando los índices: gonadosomático (IG), hepatosomático (IH), repleción gástrica (IRG) y el factor de condición (K1). Dado que en su conjunto pueden ayudar a conocer el ciclo reproductivo, y la condición nutricional de una especie determinada (Rojas, 2001; Santamaría *et al.*, 2003).

Un indicador de condición es un parámetro que nos puede ayudara a conocer la condición nutricional que tiene el animal en el momento del muestreo (García, 2008).

2.7.2. Parámetros Bioquímicos.

Los peces responden al estrés a través de cambios fisiológicos que comienzan en el sistema endocrino con el aumento de cortisol en la sangre, además de respuestas metabólicas como glucosa en sangre, osmorregulación de iones, osmolaridad sanguínea y hematológicas en número de eritrocitos y hemoglobina (Gómez-Manríquez *et al.*, 2009).

2.7.2.1.- Triglicéridos.

Los triglicéridos forman parte de los lípidos, que generalmente se acumulan en el citoplasma en forma de gotas lipídicas (Aparicio-Simón, 2004).

Los triglicéridos sirven de almacenamiento de energía para la actividad reproductiva y transporte de los ácidos grasos y como aislamiento para el organismo en condiciones de bajas temperaturas (García-Hurtado, 2008).

2.7.2.2.- Proteína.

Las proteínas desempeñan diversas funciones como: catalizadores (enzimas) que aceleran miles de reacciones en procesos como la digestión, o como componentes estructurales de los organismos, así como anticuerpos, factores de coagulación, transporte de iones (hemoglobina, lipoproteína) y moléculas (García-Hurtado, 2008).

2.7.2.3 Glucosa.

Es una fuente importante de energía para la mayoría de las células del cuerpo, incluyendo las del cerebro. Los carbohidratos se encuentran en las frutas, los cereales, el pan, la pasta y el arroz. Estos se transforman rápidamente en glucosa en el cuerpo, lo que eleva el nivel de dicho azúcar en la sangre.

2.7.3. Plaguicidas organoclorados en sistemas acuáticos.

Se han realizado varias investigaciones con referencia a este tema (Tabla 6) en las que se ha demostrado que estos deterioran el ecosistema marino, provocando problemas de salud a organismos acuáticos y seres humanos por lo que es importante monitorearlos.

A nivel internacional los estudios de Kiziewicz y Czczuga, (2003), Guo *et al.*, (2007), Bošnjir *et al.*, (2007), Darko *et al.*, (2008), Szlinder *et al.*, (2008), Begum *et al.*, (2009) y Kalyoncu *et al.*, (2009) han determinado la presencia de plaguicidas organoclorados en diversas especies acuáticas tanto marinas como de agua dulce.

Kiziewicz y Czczuga, (2003) determinaron el DDT en especies de carpa, carpín, lucio y la platija, en la provincia de Podlasie, Polonia, el DDT se analizó en músculo, hígado y cerebro, encontrando las concentraciones más altas en hígado, cerebro y más bajo en músculo (1.1650, 0.5469 y 0.0530 mg/kg⁻¹ respectivamente).

Bošnjir *et al.*, (2007) en Zagreb, Croacia determinaron concentraciones de plaguicidas organoclorados en Leucisco (*Leuciscus leuciscus* L.), carpa pequeña (*Rutilus rutilus* L.), besugo (*Abramis brama* L.), barbo (*Barbus barbus* L.), pez de colores (*Carassius auratus*). Los resultados mostraron cantidades de plaguicidas dentro de los límites permisibles, sin embargo aún se encuentran presentes en el ambiente marino a pesar que hace más de 30 años se prohibió el uso de estos plaguicidas, esto se debe a la persistencia que tienen los plaguicidas organoclorados en el ambiente. Guo *et al.*, (2007) determinaron la presencia de plaguicidas organoclorados en el hígado de peces marinos y dulceacuícolas como la carpa bocona (*Aristichthys nobilis*), pez mandarín (*Siniperca chuatsi*), pez serpiente cabezona (*Ophicephalus argus*), pargo (*Lutjanus erythropterus*), y el pez dorado (*Nemipterus virgatus*), donde se encontró que los peces de mar contenían niveles altos de DDT, mientras que en los peces de agua dulce el contaminante fue el DDE.

Darko *et al.*, (2008) determinaron la presencia de plaguicidas organoclorados en peces del lago de Bosomtwi, Ghana, donde se encontraron niveles altos de

plaguicidas organoclorados en tilapia (*Tilapia zilli*), relacionándolo con la utilización de estos químicos en la agricultura, causando contaminación a la biota acuática así como al humano.

Kalyoncu *et al.*, (2009) en Konya, Turquía, analizaron el tejido muscular de 18 de las especies de mayor consumo en la región, el plaguicida con la concentración más alta fue el DDT, aunque se encontraron dentro de los límites permisibles.

Szlinder *et al.*, (2008) realizaron un estudio de plaguicidas organoclorados en peces del Mar Báltico durante 1995 y 2006 en cinco especies de peces arenque (*Clupea harengus*.) el espadín (*Sprattus sprattu*), salmón (*Salmo salar*), bacalao (*Gadus morhua*.) y la platija (*Platichthys flesus*), en las que el plaguicida más encontrado fue el β -HCH.

Kiziewicz y Czczuga, (2003) determinaron el DDT en especies de carpa, carpín, lucio y la platija, en la provincia de Podlasie, Polonia. El DDT se analizó en músculo, hígado y cerebro, encontrando las concentraciones más altas en hígado, cerebro y más bajo en músculo (1.1650, 0.5469 y 0.0530 mg kg⁻¹ respectivamente).

Begum *et al.*, (2009) en Karnataka, India determinaron plaguicidas en el Rio Cauvery, en el cual encontraron concentraciones plaguicidas como HCH y DDE en sedimentos, muestras agua y en crustáceos como *Caridina sp.*, *Litopenaeus*, *Macrobrachium*, *Neocaridina* además de peces tales como *Etropolis suratensis*, carpa plateada (*Channa marulius*) y el pez gato (*Heteropneustes fossilis*) la presencia de organoclorados puede atribuirse al gran número de destilerías, industria de azúcar y actividades agrícolas durante todo ese año, el estudio mostró la acumulación de los plaguicidas a través de la cadena alimentaria desde el suelo-agua-sedimentos-peces-humanos.

En México entre los trabajos más destacables con biota están los de Uresti-Marin *et al.*, (2008), analizaron el tejido muscular de 4 especies de pescado: bagre (*Ictalurus punctatus*); carpa (*Ciprynus carpio*), lobina (*Micropterus salmoides*) y tilapia (*Oreochromis*, encontraron concentraciones de plaguicidas dentro de los

límites recomendados por la Environmental Protection Agency y/o Food and Drugs Administration de EEUU.

Rueda *et al.*, (1997) determinaron la presencia de plaguicidas organoclorados en muestras de sedimentos y organismos (*Penaeus vannamei* y *Lutjanus novemfasciatus*) en dos sistemas lagunares (Laguna Chantuto-Panzocola y Carreteras Pereyra) del estado de Chiapas donde los niveles de concentración de plaguicidas de ambas especies están por debajo de los límites permisibles de la FDA.

Calderón *et al.*, (2001) determinaron la presencia de plaguicidas organoclorados en sedimentos y organismos acuáticos del lago de Catemaco, Veracruz. Aunque sus concentraciones fueron bajas, a largo plazo puede representar un riesgo a la salud por el consumo de pescado.

Tabla 5. Estudios realizados en peces de consumo humano para la determinación de plaguicidas organoclorados.

NOMBRE	LUGAR	ORGANISMO	RESULTADOS
Uresti-Marín <i>et al.</i> , 2008	Tamaulipas	Bagre, carpa, lobina, tilapia.	Concentraciones permitidas por EPA, EUA.
Rueda <i>et al.</i> , 1997	Chiapas	Sedimentos, crustáceos (<i>Penaeus vannamei</i> y peces <i>Lutjanus novemfasciatus</i>)	Concentraciones permitidas (FDA 1979 y 1984)
Bošnjir <i>et al.</i> , 2007	Zagre, Croacia.	Coto, carpa pequeña, besugo, barbol, pez de colores.	Concentraciones permitidas.
Kalyoncu <i>et al.</i> , 2009	Konya, Turkia	Trucha, solmonete, salmonete gris, carpa común, sardine, bonito, lucio perca, pez azul, merlan.	Concentraciones permitidas.
Darko <i>et al.</i> , 2008	Bosomtwi, Ghana	Tilapia (tilapia zilli)	Concentraciones de DDT sobrepasaron los límites permitidos.

2.8.- CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LA ESPECIE.

2.8.1. *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758)

La especie *Mugil cephalus* pertenece a la familia Mugilidae tiene una amplia distribución a lo largo del litoral mexicano. Es una especie importante porque forma parte de la dieta de las comunidades cercanas a los sistemas lagunares (Ramos-Santiago *et al.*, 2010).

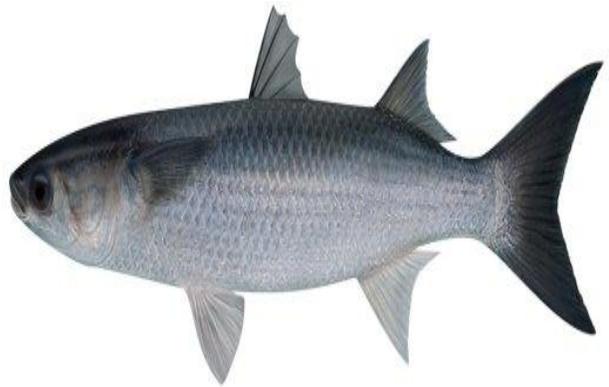


Fig. 3. *Mugil cephalus*

Su talla máxima es de 91 cm pero comúnmente se pueden encontrar ejemplares de 35 cm. Viven principalmente sobre fondos fango-arenosos y rocosos, hasta unos 120 cm de profundidad. Son organismos tolerantes a grandes variaciones de salinidad, por lo que oscila de aguas hipersalinas hasta aguas dulces (a veces en ríos) aunque más abundantes en bahías y lagunas de aguas salobres y estuarios. Posee un color generalmente plateado y con escamas muy relucientes en vista lateral, pero de color gris oscuro en vista dorsal; su cuerpo muestra frecuentemente manchas, líneas u otras marcas poco evidentes. Las aletas por lo general son incoloras pero en algunas especies son amarillas o con bordes amarillos o negros (FAO, 2000).

Mugil cephalus (Fig. 3) posee hábitos alimenticios diurnos, consumiendo principalmente zooplancton, materia vegetal en decadencia y detritos (FAO, 2011).

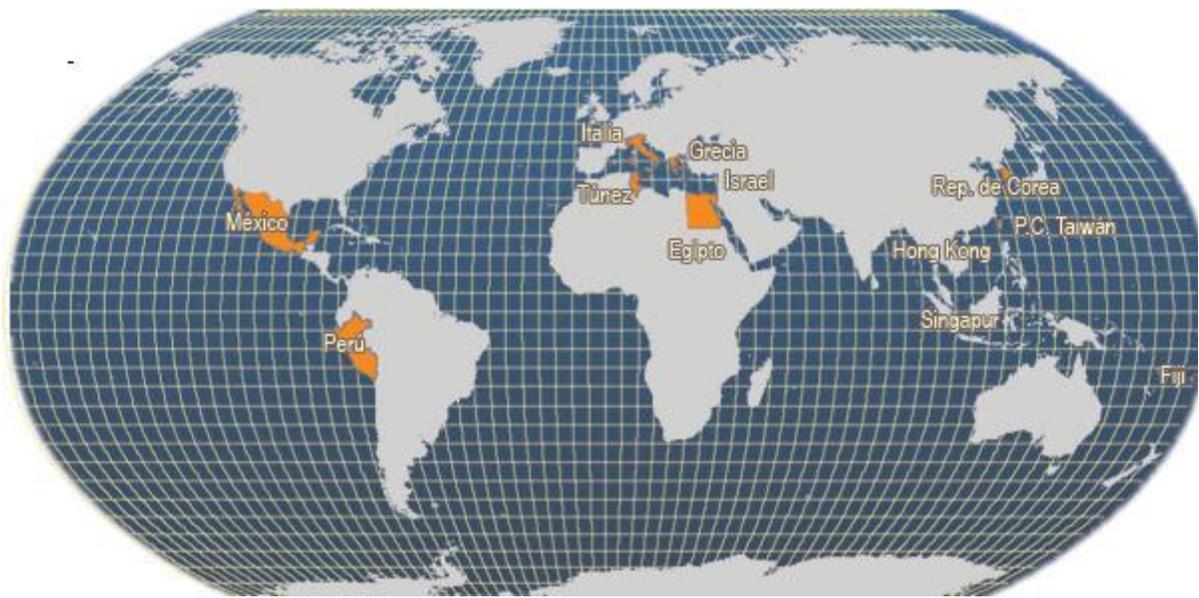


Fig. 4. Principales países productores de *Mugil cephalus* (FAO, 2011).

Tabla 6. Clasificación científica de *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinoptergi
Orden	Mugiliformes
Familia	Mugilidae
Genero	Mugil
Especie	<i>Mugil cephalus</i>

3.-JUSTIFICACIÓN

Es importante conocer la concentración de plaguicidas organoclorados en *Mugil cephalus* como especie importante para el consumo humano y de interés en la pesca comercial en la región de Guasave. Estos contaminantes son causantes de alteraciones en el organismo de las especies y provocar problemas de salud de aquellas personas que consumen alimentos expuestos a plaguicidas organoclorados.

Los plaguicidas tienen la capacidad de causar malformaciones congénitas además de mutaciones. En nuestro país se tienen reportes de niños recién nacidos con problemas de anencefalia los cuales han sido relacionados con plaguicidas (Marmolejo, 1999).

De esta manera, el presente estudio da a conocer las concentraciones de plaguicidas organoclorados y la fisiología básica del estado de salud de *Mugil cephalus*, como una especie de consumo frecuente en los campos pesqueros de la Bahía Navachiste y con ello conocer el riesgo potencial de la presencia de estos productos químicos adquiridos por una especie marina de alto consumo en la salud humana.

4.- HIPÓTESIS

Las concentración de plaguicidas organoclorados en tejido muscular de *Mugil cephalus* implica un riesgo potencial a la salud humana de la comunidad del campo pesquero El Coloradito, Guasave.

5.- OBJETIVO GENERAL

- Determinar la concentración de plaguicidas organoclorados y la condición de salud en *Mugil cephalus* durante en la campo pesquero El Coloradito, Sinaloa.

5.1.- OBJETIVOS PARTICULARES

- Registrar los parámetros fisicoquímicos del hábitat de la especie durante el ciclo anual.
- Determinar la condición de salud de la lisa (*Mugil cephalus*) mediante análisis bioquímicos y morfofisiológicos.
- Determinar la concentración de plaguicidas organoclorados mediante cromatografía de gases en tejido muscular de la lisa (*Mugil cephalus*).

6.- MATERIALES Y MÉTODOS.

6.1.- ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es el campo pesquero de El Coloradito, Guasave, Sinaloa. Ubicado entre los $25^{\circ}30'22.48''$ longitud norte y los $108^{\circ}43'04.98$ latitud oeste.



Fig. 5. Ubicación del municipio de Guasave, Sinaloa.

6.2. OBTENCIÓN DE MUESTRAS.

Las muestras fueron recolectadas en el campo pesquero El Coloradito, a bordo de una lancha. La pesca se llevó a cabo con la ayuda de un pescador originario del campo pesquero, utilizando una red. Los pescados fueron colocados en una hielera con agua de mar y aireación constante, con la finalidad de mantenerlos vivos hasta su llegada al departamento de acuicultura de CIIDIR-SINALOA.



Fig. 6. Estero El Coloradito, Guasave, Sinaloa.

6.2.1. Determinación de parámetros físico-químicos.

Los parámetros fueron medidos de forma bimensual en cada punto de muestreo, los cuales fueron realizados durante un año Marzo 2010 a Febrero 2011. La lectura del pH del agua *in situ* se realizó con un potenciómetro marca Hanna, para la salinidad se empleó un refractómetro marca Vital Sine, mientras que, la temperatura y oxígeno disuelto se registraron utilizando un oximéetro marca YSI-55 (Fig. 7).



Fig. 7. Registro de parámetros físico-químicos *in situ* durante la toma de muestras.

6.3.1. Análisis bioquímicos

Los peces capturados fueron transportados vivos con aireación constante al Laboratorio de acuicultura de CIIDIR-SINALOA para obtener el plasma sanguíneo. Una vez en el laboratorio, la sangre se extrajo con jeringas las cuales contenían anticoagulante SIC-EDTA; las muestras fueron colocadas y etiquetadas en tubos eppendorf de 2.5 mL y congeladas a -20°C hasta su análisis.

6.3.1.1. Cuantificación de proteína.

La muestra de sangre contenida en los tubos eppendorf se descongeló a temperatura ambiente, posteriormente se centrifugó a 3600 g en una centrífuga marca Sigma durante 10 min a temperatura ambiente. Posteriormente se separó el plasma y se colocó nuevamente en un nuevo tubo eppendorf previamente etiquetado.

Para la cuantificación de proteína se utilizó el kit Bradford BioRad, el concentrado de Bradford se diluyó en agua destilada, y se filtró con un papel whatman #1, paso

seguido se colocó en un frasco de vidrio color ámbar y se mantuvo a 4°C sin agitar. Para la cuantificación de proteína se utilizaron 20 µL de plasma sanguíneo a los cuales se les agregó 200 µL de la solución estándar, posteriormente se incubó durante 10 min y se leyó a 595 nm en un detector de multimodal DTX880.

6.3.1.2. Cuantificación de triglicéridos.

Para la cuantificación de triglicéridos se utilizaron el kit marca RANDOX. En una microplaca se colocaron 20 µL del plasma sanguíneo y se le agregó 200 µL de la solución estándar, se incubó durante 20 min y posteriormente se leyó a 490 nm en un detector multimodal DTX880.

6.3.1.3- Cuantificación de glucosa

Para la cuantificación de glucosa se utilizó el kit RANDOX y una placa con 96 pozos. Se tomaron 20 µL del plasma sanguíneo y se adicionó 200 µL de la solución estándar, se dejó incubar durante 30 minutos, a continuación se leyó a 490 nm en un detector multimodal DTX880.

6.4. Índices morfofisiológicos.

Para llevar a cabo la determinación morfofisiológica de los peces recolectados, estos fueron pesados y se obtuvo el peso total, peso sin víscera y eviscerados, además se registró el peso del estómago, gónada e hígado. Con estos datos se determinó el índice de condición (K1), índice hepatosomático (IH), índice de repleción gástrica (IRG) y el índice gonadosomático, los cuales fueron determinados utilizando las siguientes fórmulas (Santamaría-Miranda *et al.*, 2003)

$$K1 = \left[\frac{\text{Peso total}}{\text{Longitud total}^3} \right] * 100$$

$$IRG = \left[\frac{\text{Peso estómago}}{\text{Peso total}} \right] * 100$$

$$IG = \left[\frac{\text{Peso de gónada}}{\text{Peso total}} \right] * 100$$

$$IH = \left[\frac{\text{Peso hígado}}{\text{Peso total}} \right] * 100$$

6.5.- DETERMINACIÓN DE PLAGUICIDAS

La colecta de muestra se llevó a cabo en el campo pesquero El Coloradito, Guasave, partiendo de ese sitio y recorriendo el estero a bordo de una lancha, una vez capturados los peces fueron transportados vivos al CIIDIR-SINALOA , posteriormente fueron sacrificados, etiquetados en bolsas de polietileno y colocados en un congelador a -20°C hasta su análisis.

6.5.1.- Extracción de plaguicidas organoclorados

Todo material utilizado en esta técnica fue previamente lavado, enjuagado con agua des ionizada y acetona. Posteriormente, fue colocado en un horno para su secado, esto con el fin de reducir las interferencias que pudiera existir durante el análisis debido a suciedad del material.

Los peces fueron descongelados y se les extrajo el músculo dorsal del cual se pesaron 7.5 gramos de tejido muscular húmedo (Fig. 8), el cual se molió en una cápsula de porcelana a la que se le agregó 5 g de sulfato de sodio anhídrido (Fig. 9) y 25 mL hexano grado plaguicidas, recuperando 20 mL de hexano en un tubo de ensayo.



Fig. 8. Tejido muscular de *Mugil cephalus*.



Fig. 9. Tejido muscular de *Mugil cephalus* macerado con sulfato de sodio anhidro.

6.5.2.- Purificación de las Muestras.

Los reactivos utilizados para la purificación de la muestra Alumina, Florisil, Silica gel y Sulfato de sodio anhidro (Fig. 10) fueron previamente activados y desactivados, ésto se realizó adicionando 5% de agua des ionizada a cada reactivo (Alumina, Florisil y Silica gel). La desactivación se realizó antes de la purificación, evitando no utilizar los reactivos desactivados después de 7 días. Los reactivos fueron colocados en un horno a 130°C durante 12 horas continuas.



Fig. 10. Alumina, Florisil, Silica gel y Sulfato de sodio anhidro

Para comenzar con la limpieza de las muestras se utilizaron micro columnas de vidrio de 6 mL las cuales fueron empacadas con fibra de vidrio, Alumina, Florisil, Silica gel y sulfato de sodio anhidro, la muestra obtenida fue recuperada en vasos de precipitado de 20 mL (Fig. 11) posteriormente se colocaron en un horno a 50°C de esta manera se obtuvo el extracto puro de plaguicidas, posteriormente se les agregó 2 ml de trimetil pentano y se colocaron en viales de 2 mL (AOAC, 1990; Modificado por Galindo-Reyes, 2008).



Fig. 11. Purificación de la muestra a través de columnas empacadas.

6.5.3.- Determinación de Plaguicidas Organoclorados.

Se utilizó un cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones (CG-ECD) modelo SHIMADZU GC-17 A (Fig. 12) para la detección de los plaguicidas. Para ello se inyectaron 2 μ L de las muestras de plaguicidas con trimetil pentano. Las condiciones del cromatógrafo fueron: una temperatura inicial del horno de 99°C durante 2 min. Transcurrido ese tiempo la temperatura se incrementó 8°C por minuto hasta llegar a 290°C manteniendo esa temperatura durante 3 min para después regresar a 99°C. La temperatura del inyector, del detector y de la columna fueron de 260°C, 310°C, y 99°C respectivamente. Se utilizó una columna de la marca Restek, Rt-5 de 0.25mm de diámetro interno con una longitud de 30 metros y nitrógeno como gas acarreador a una presión de 60 lb/pul² y un flujo de 31 mL/min.

Para la calibración se utilizó un estándar interno de 2 ng/ μ l de estándares de plaguicidas recomendados por la EPA (EPA 8080 Pesticides Mix, No. CAT 4-7913, SUPELCO Bellefonte, P.A).



Fig. 12. Cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones.

6.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para comparar la concentración de plaguicidas organoclorados, parámetros físico-químicos, morfofisiológicos y bioquímicos, se utilizó el análisis de varianza ANOVA unifactorial utilizando un límite de confianza de $p \leq 0.05$. Previamente se verificó la normalidad de los datos y la homogeneidad. Donde se encontraron diferencias significativas se utilizó la prueba de Tukey.

7.- RESULTADOS.

7.1.- Parámetros físico-químicos del agua.

Los parámetros físico-químicos pH, oxígeno disuelto (OD), temperatura y salinidad fueron tomados *in situ* durante la toma de muestras (bimensuales), desde Marzo de 2010 a Febrero de 2011.

El pH mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los muestreos (Fig. 13). Registrando un valor máximo de 8.8 entre los meses de Marzo-Abril y un valor mínimo de 5.3 en los meses de Noviembre-Diciembre.

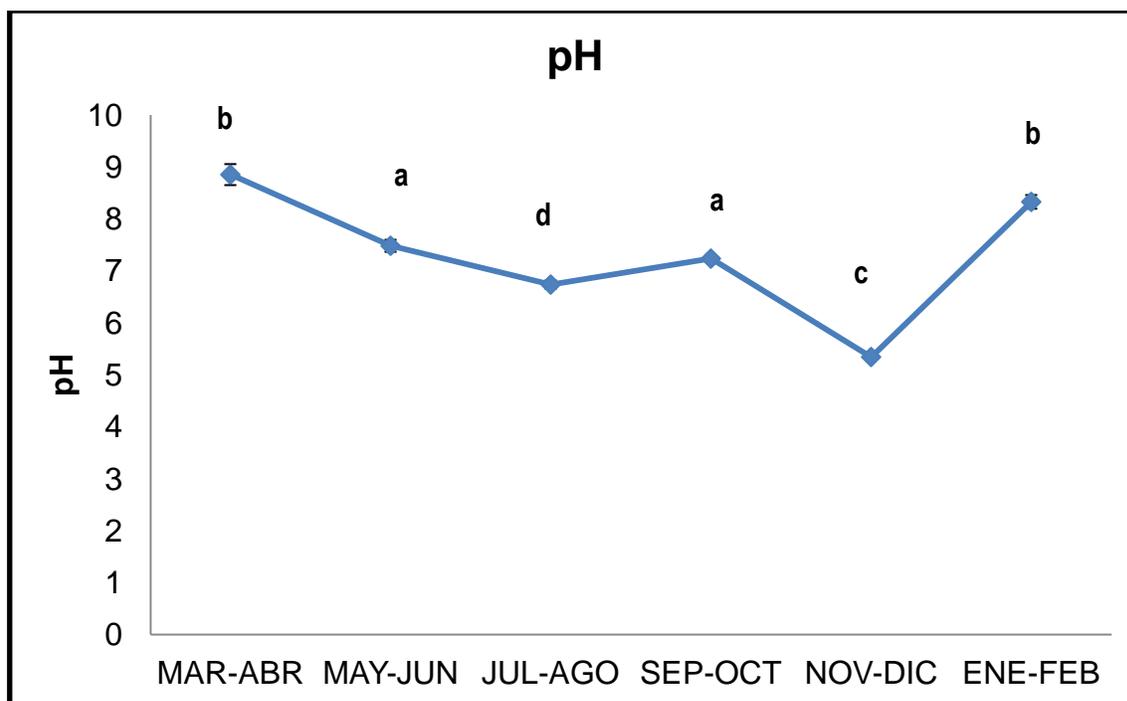


Fig. 13. Promedio de pH registrado durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011. Letras diferentes indican diferencias entre meses de muestreo.

El oxígeno disuelto presentó diferencias significativas $p < 0.05$ (Fig. 14) entre los meses de muestreo, registrando un valor máximo de 7.8 mg/L entre los meses de Enero-Febrero y un mínimo 3.5 mg/L para los meses de Septiembre-Octubre.

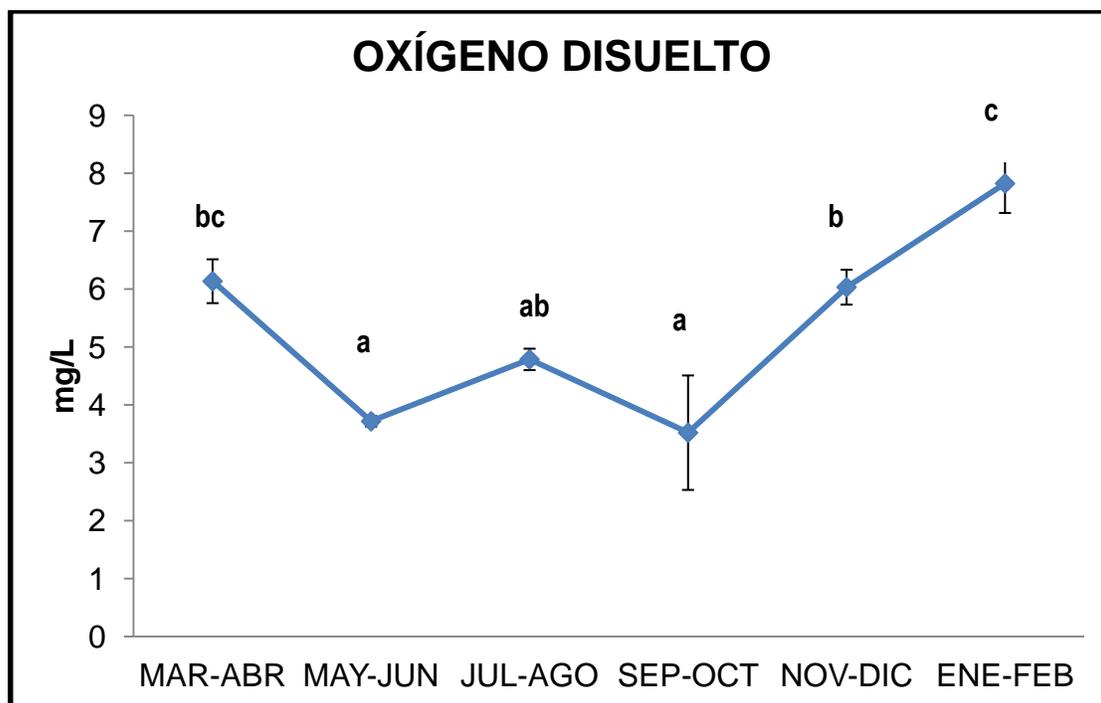


Fig. 14. Promedio de oxígeno disuelto registrado durante Marzo de 2010 a Febrero 2011. Letras diferentes indican diferencias entre meses de muestreo.

La temperatura registrado de Marzo de 2010 a Febrero de 2011, presentó diferencias significativas $p < 0.05$ (Fig. 15). Registrando un temperatura máxima de 32.1 °C en los meses de Julio-Agosto y una mínima de 19.6°C entre Enero-Febrero de 2011.

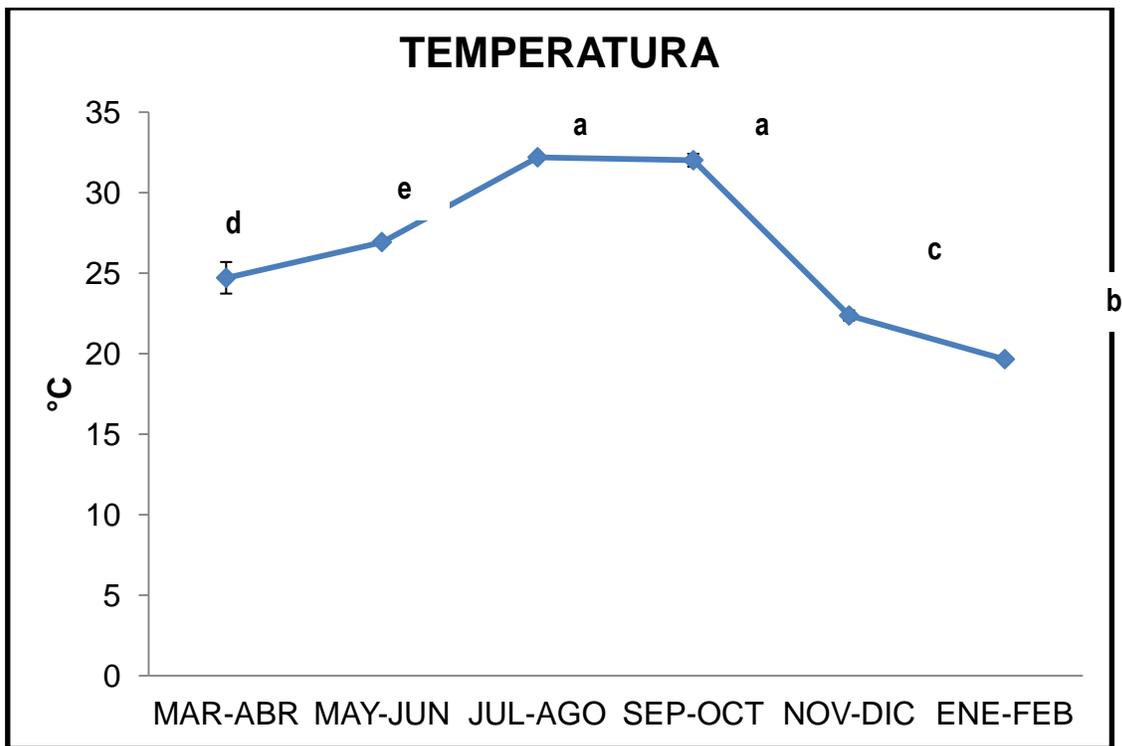


Fig. 15. Promedio de temperatura registrada durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011. Letras diferentes indican diferencias entre meses de muestreo.

La salinidad registrada de marzo de 2010 a febrero de 2011 presentó diferencia significativa $p < 0.05$ (Fig. 16). Registrando un valor máximo de 24.8 UPS entre Marzo-Abril de 2010 y un valor mínimo de 3 UPS entre Enero-Febrero 2011.

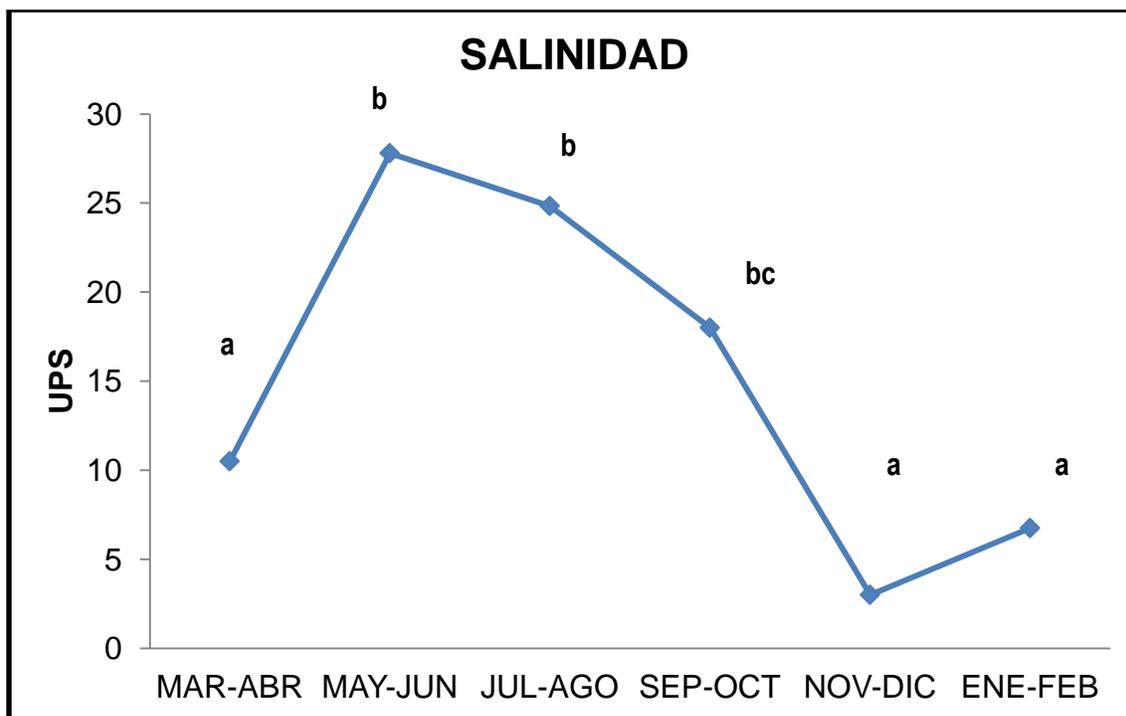


Fig. 16. Promedio de salinidad registrada durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011. Letras diferentes indican diferencias entre meses de muestreo.

7.2.- Determinación de índices morfofisiológicos.

El índice hepatosomático (IH) mostró diferencias significativas $p < 0.05$ (Fig. 17) durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011. Registrando un valor máximo de 1.7 entre Marzo-Abril y un mínimo de 0.30 entre Enero-Febrero.

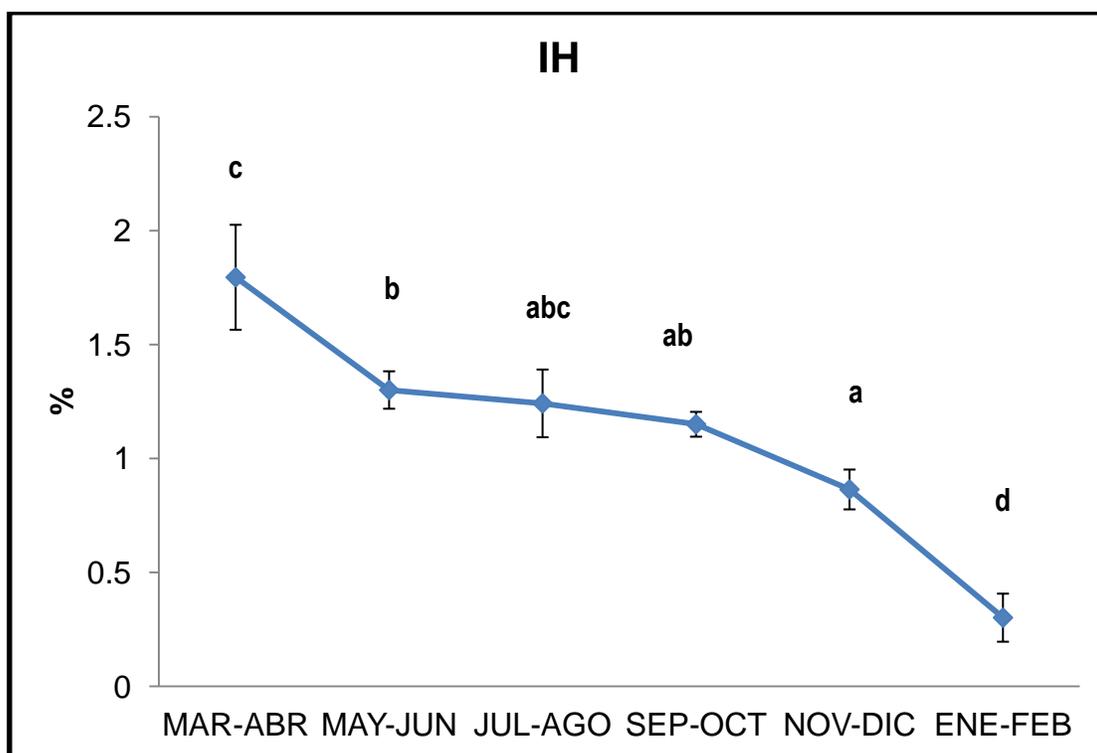


Fig.17. Promedio índice hepatosomático de *M. cephalus* registrados durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011. Letras diferentes indican diferencias entre meses de muestreo.

El índice de repleción gástrica mostro diferencias significativas $p < 0.05$ (Fig. 18) durante Marzo 2010 a Febrero 2011. Registrando un valor máximo de 11.4 entre Mayo-Junio y un valor mínimo de 3.8 entre Noviembre-Diciembre.

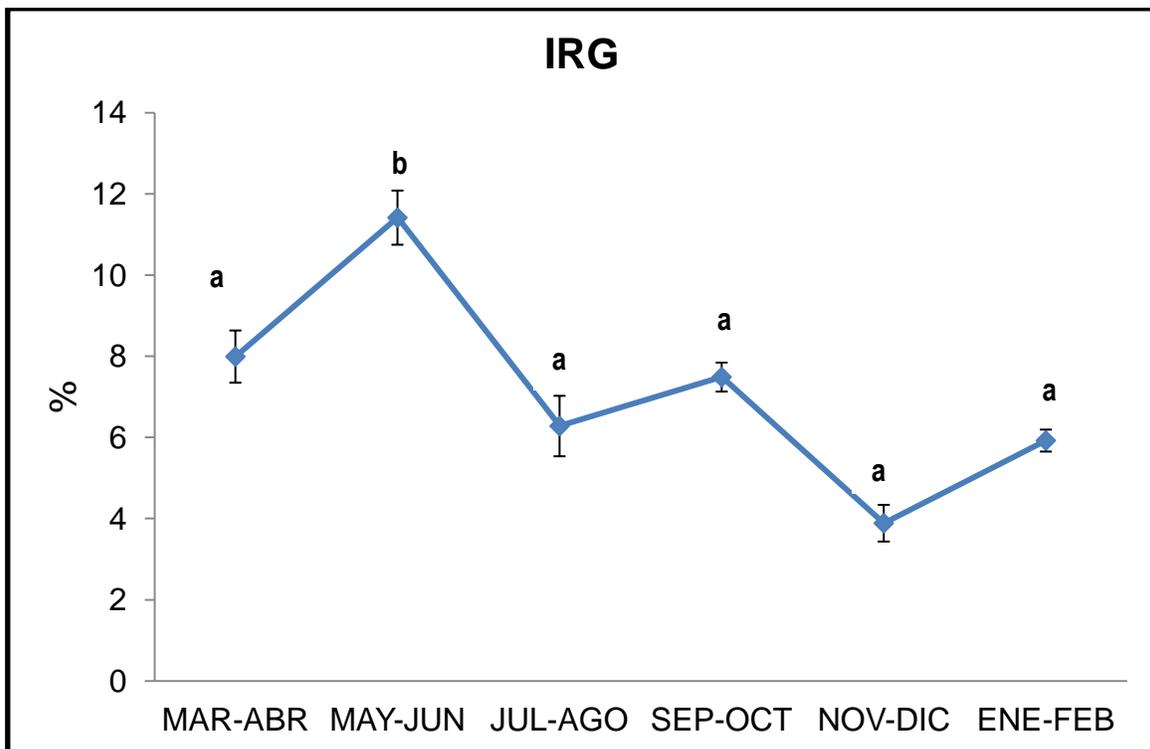


Fig. 18. Índice de repleción gástrica de *M. cephalus* registradas durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011. Letras diferentes indican diferencias entre meses de muestreo.

El índice gonadosomático (IG) mostró diferencias significativas $p < 0.05$ (Fig. 19). Registrando un valor máximo de 2.5 entre Marzo-Abril y un mínimo de 0.07 entre Julio-Agosto.

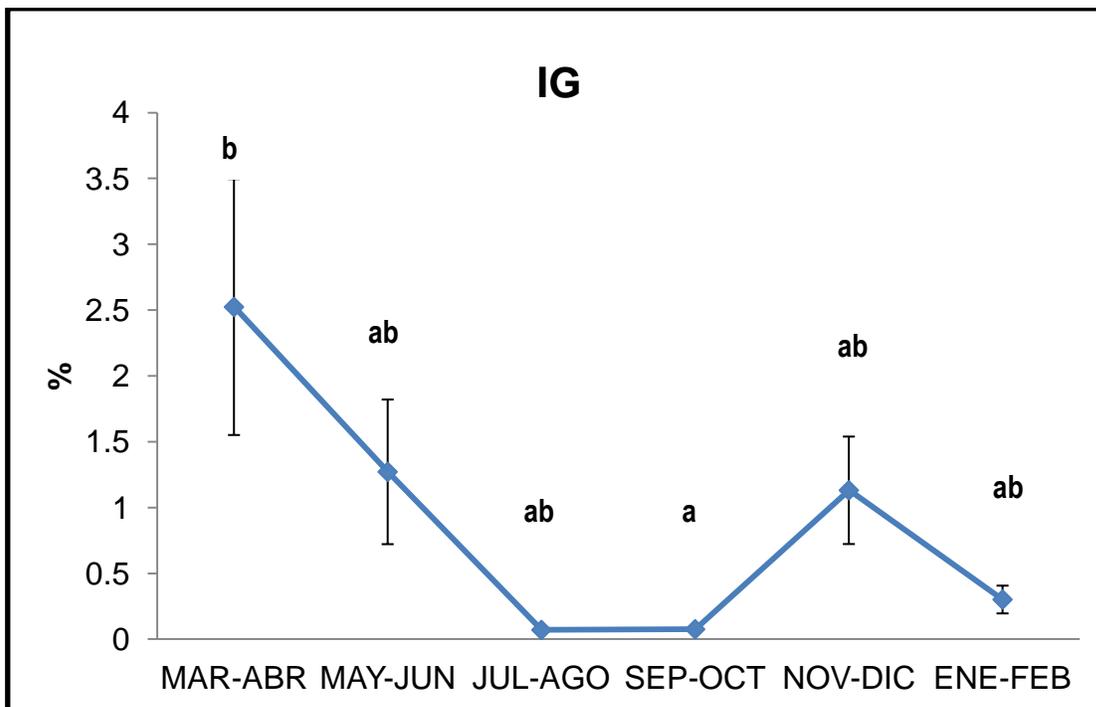


Fig. 19. Índice gonadosomático de *M. cephalus* registrado durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011. Letras diferentes indican diferencias entre meses de muestreo.

El factor de condición (K1) mostró diferencias significativas $p < 0.05$ (Fig. 20). Registrando un valor máximo de 1.06 entre Noviembre-Diciembre y un mínimo de el nivel más alto de K1 se encontró entre los meses de Noviembre-Diciembre.

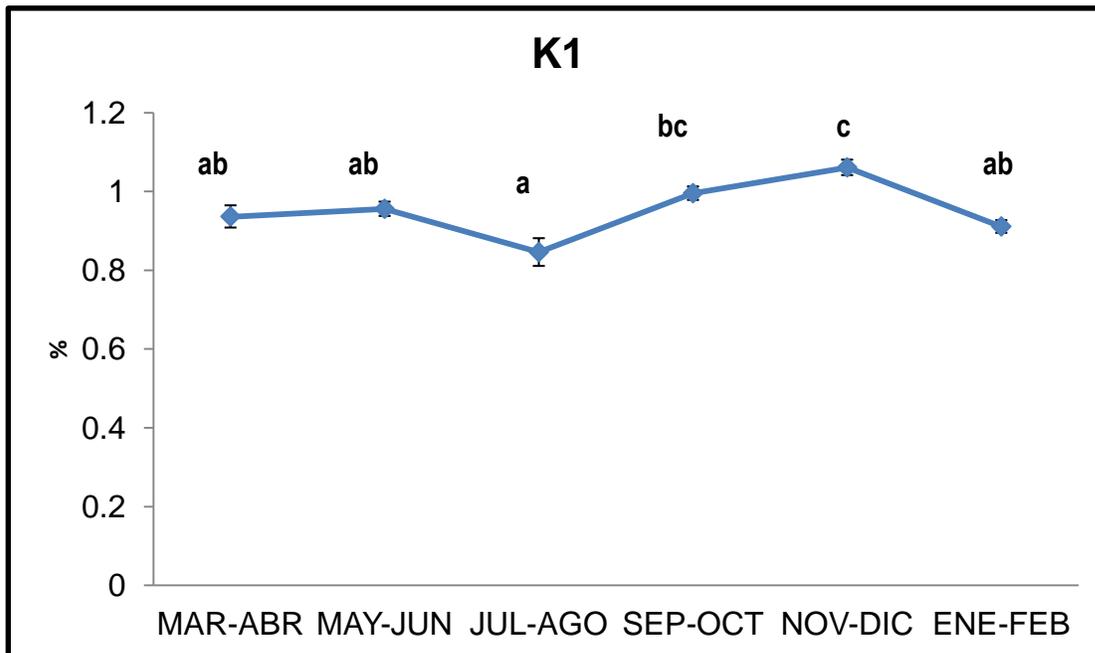


Fig. 20. Índice de condición de *M. cephalus* durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011. Letras diferentes indican diferencias entre meses de muestreo.

7.3. Análisis bioquímicos.

La glucosa mostro diferencias significativas $p < 0.05$ (Fig. 21), registrando un valor máximo de el valor más alto se registró en los meses de Julio-Agosto.

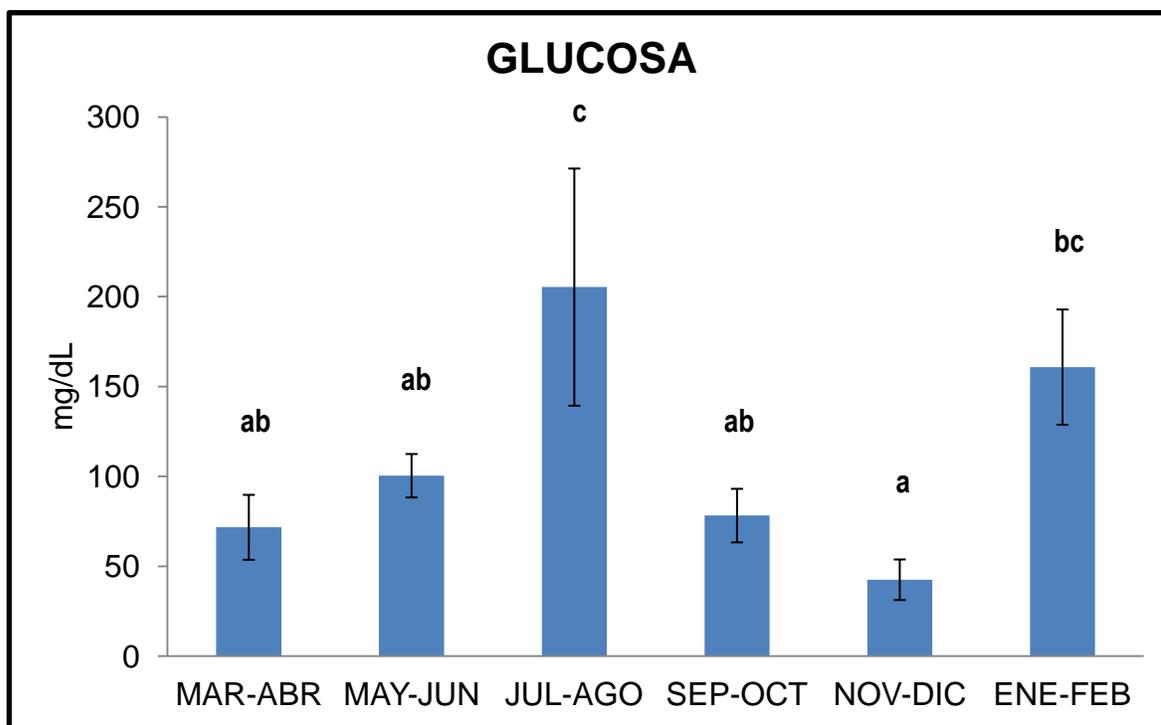


Fig. 21. Concentración de glucosa en plasma sanguíneo de *M. cephalus* durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011. Letras diferentes indican diferencias entre meses de muestreo.

Los triglicéridos mostraron diferencias significativas $p < 0.05$ (Fig. 22), el nivel más alto de triglicéridos se registró entre los meses de Julio-Agosto. Posteriormente se realizó una prueba Tukey para ver la diferencia entre meses.

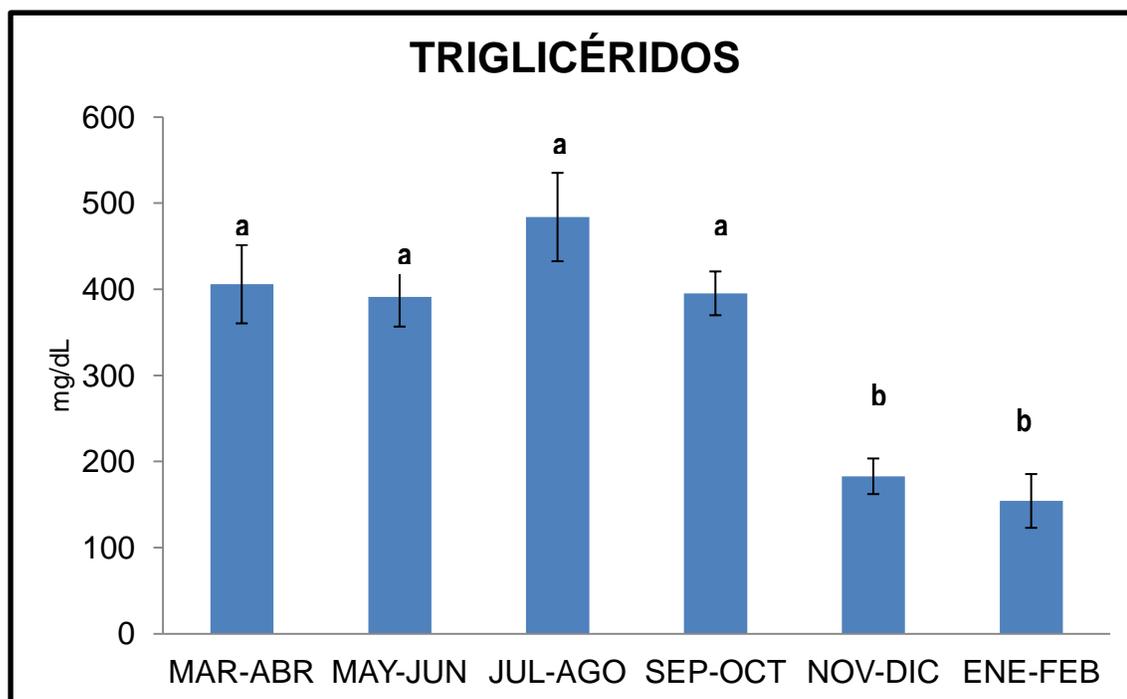


Fig. 22. Concentración de triglicéridos en plasma sanguíneo de *M. cephalus* durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011. Letras diferentes indican diferencias entre meses de muestreo.

En la figura 23 se muestran los valores registrados de proteína en plasma sanguíneo, mostrando los niveles más alto entre los meses de enero-febrero.

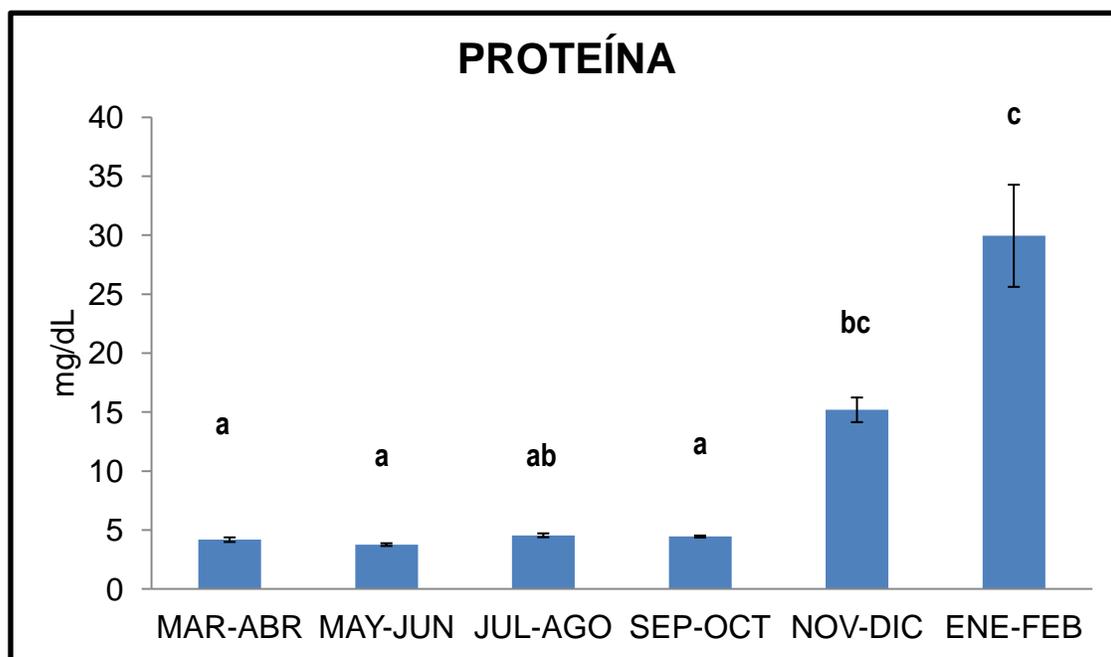


Fig. 23. Concentración de proteína total en plasma sanguíneo de *M. cephalus* durante Marzo de 2010 a Febrero de 2011. Letras diferentes indican diferencias entre meses de muestreo.

7.4. Plaguicidas organoclorados en *Mugil cephalus*

Los plaguicidas identificados en los meses de Marzo-Abril no presentaron diferencias significativas $p > 0.05$ (Fig. 24), el plaguicida organoclorado con la concentración más alta fue el Metoxicloro con $0.22 \mu\text{g/g}$ en tejido húmedo.

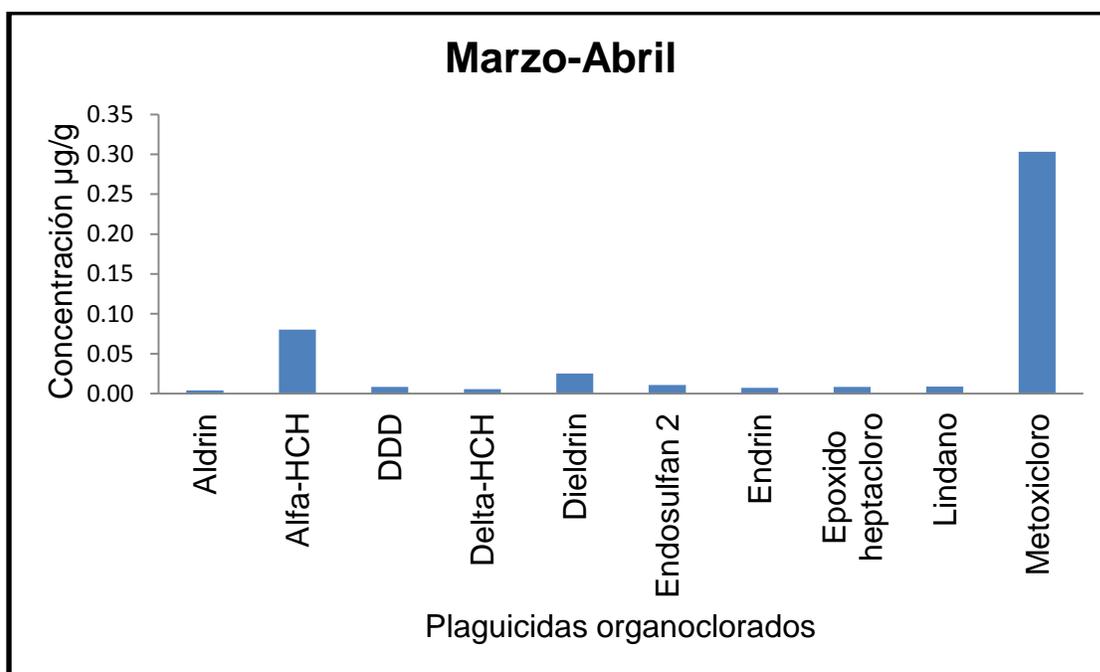


Fig. 24. Concentración de plaguicidas organoclorados en tejido muscular de *M. cephalus* durante Marzo-Abril 2010.

Durante los meses de Mayo-Junio los plaguicidas organoclorados detectados en *M. cephalus* no presentaron diferencia significativa $p > 0.05$ (Fig. 25), la concentración más alta se observó para α -HCH con 0.29 $\mu\text{g/g}$ en tejido húmedo.

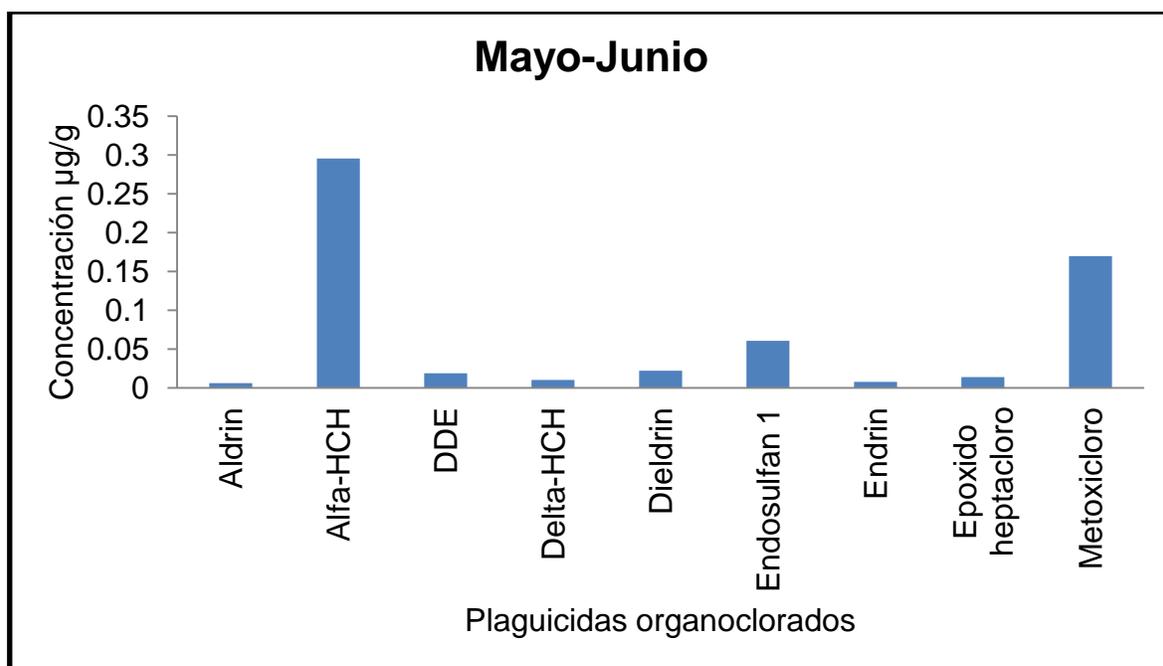


Fig. 25. Concentración de plaguicidas organoclorados en tejido muscular de *M. cephalus* durante Mayo-Junio 2010.

Los plaguicidas organoclorados detectados en los meses Julio-Agosto no mostraron diferencias significativas $p > 0.05$ (Fig. 26), el dieldrin fue el organoclorado con la concentración más alta con $0.23 \mu\text{g/g}$ en tejido húmedo de *M. cephalus*.

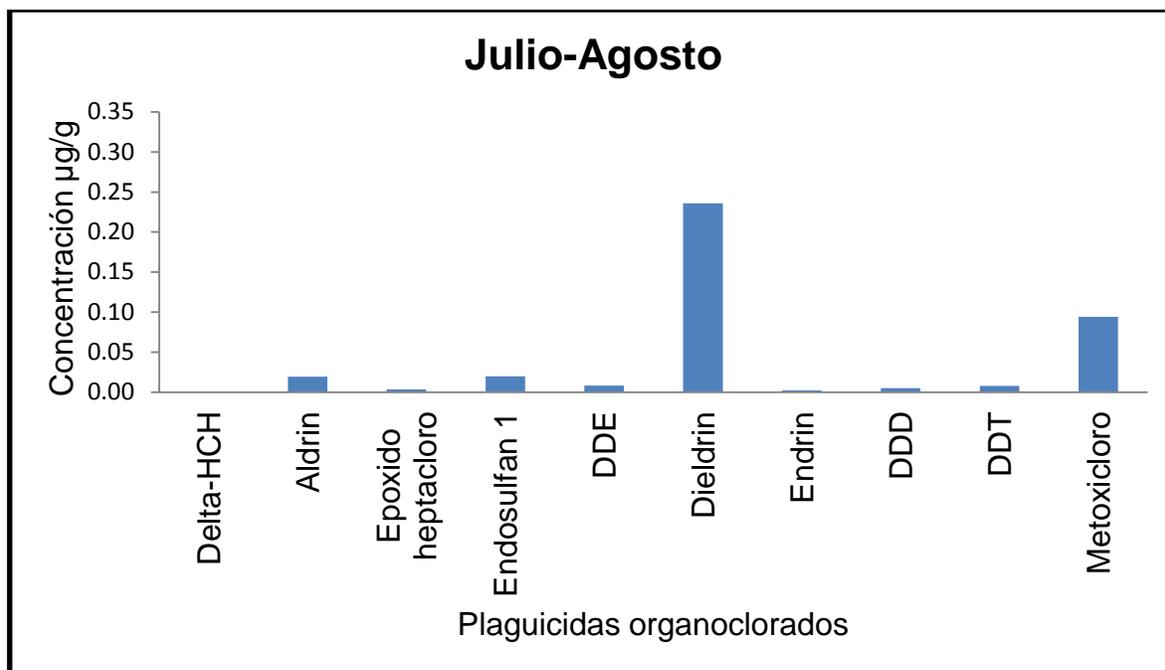


Fig. 26. Concentración de plaguicidas organoclorados en tejido muscular de *Mugil cephalus* durante Julio-Agosto 2010.

Los plaguicidas organoclorados en los meses de Septiembre-October no mostraron diferencias significativas $p>0.05$ (Fig. 27), el Endosulfan 1 fue el organoclorado con la concentración más alta con $0.04 \mu\text{g/g}$ en tejido húmedo de *M. cephalus*.

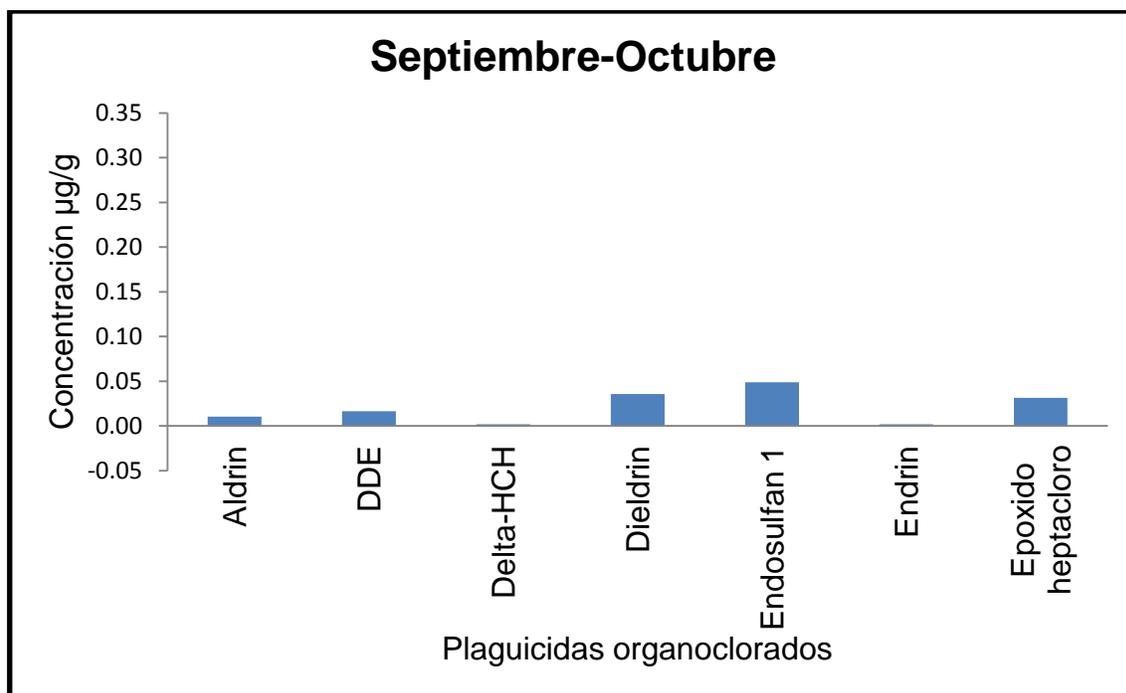


Fig. 27. Concentración de plaguicidas organoclorados en tejido muscular de *M. cephalus* durante Septiembre-October 2010.

Los plaguicidas organoclorados identificados en los meses de Enero-Febrero no mostraron diferencias significativas $p > 0.05$ (Fig. 28), el dieldrin fue el plaguicida organoclorado con la concentración más alta con $0.35 \mu\text{g/g}$ en tejido húmedo de *M. cephalus*.

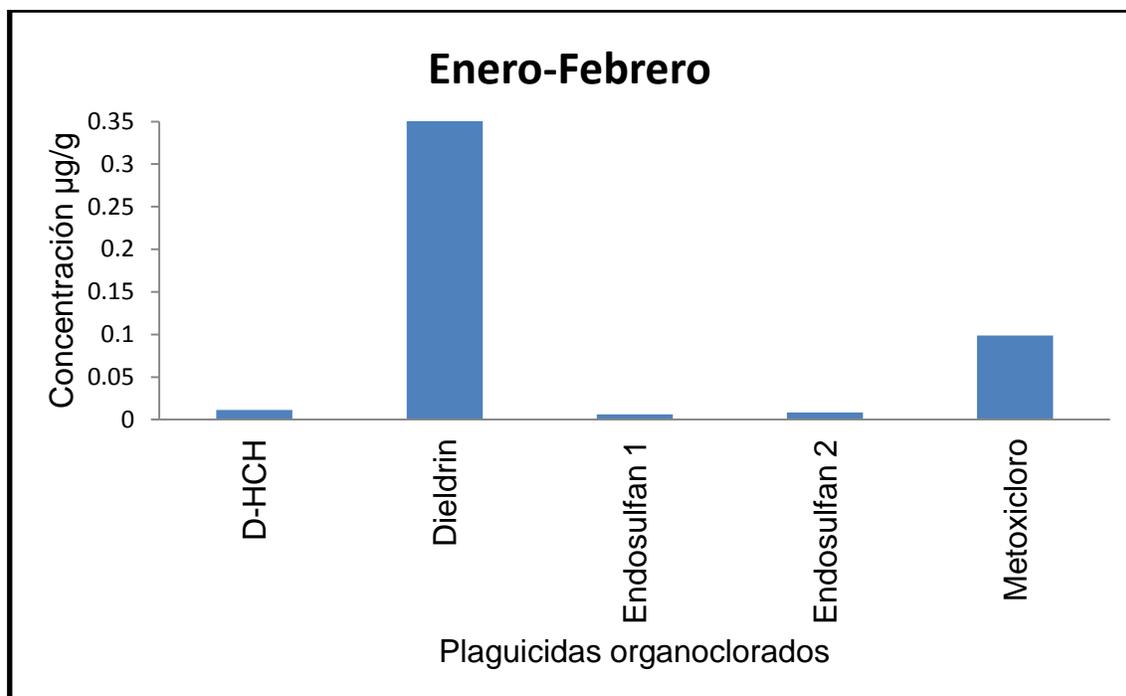


Fig. 28. Concentración de plaguicidas organoclorados en tejido muscular de *M. cephalus* durante Enero-Febrero 2011.

9. DISCUSIÓN

Durante los meses de muestreo se encontraron organismos juveniles y maduros, el IG mostró que la lisa tiene dos periodos de reproducción, Marzo-Abril y Noviembre-Diciembre (Fig. 19), dichos resultados coinciden con lo reportado por Ramos-Santiago *et al.* (2010) en las costas de Oaxaca y Guerrero, ellos reportan una etapa de reproducción en los meses de Noviembre-Diciembre para *Mugil cephalus*. Para confirmar las etapas de reproducción se podría realizar exámenes histológicos como lo hicieron Arellano *et al.* (2001), donde ellos mencionan que los picos máximos reproductivos del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* coincidieron con sus máximos de IG obtenidos en este trabajo, aunque se trata de una especie de otra familia. Mientras que Arias *et al.* (2006) mostraron un IG máximo en Marzo-Mayo para *Brycon amazonicus* con un máximo en abril coincidiendo con sus análisis anatómo-histológicos.

Sin embargo la etapa de reproducción establecida por CONAPESCA para los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco sugieren la implementar un veda del 01 de diciembre al 31 de enero son las etapas de reclutamiento máximo de las poblaciones de la zona de transición de las corrientes de aguas que ahí convergen. En IRG nos muestra su máximo valor en el mes de Mayo-Junio (figura 18), la lisa se alimenta regularmente de detritus orgánicos, algas y pequeños organismos, según Amezcua-Linares (1976), según Allen 1999, puede existir competencia por alimento y espacio entre los crustáceos y las lisas.

El IH se presentó de manera descendiente a lo largo de los meses de muestreos (figura 17), sin embargo algunos autores sugieren como Arias *et al.* (2006) que el nivel de IH se reduce al momento en que los organismos juveniles inician la etapa de la madurez sexual esto debido a la transferencia de nutrientes energéticos dado que se necesita una mayor demanda de vitelogenina para la producción de ovocitos en las gónadas.

La proteína presentó su nivel más alto entre los meses de Enero-Febrero (Fig. 23) lo cual se considera se debe a que los peces la están utilizando para su crecimiento esto coincide con Daza *et al.*, (2005) ya que mencionan que la proteína es un nutriente esencial para que los organismos puedan crecer. El examen de proteínas en plasma puede ser un buen indicador para conocer las alteraciones en actividades funcionales de órganos somáticos y cambios metabólicos (Auro *et al.*, 1999).

El estrés en los peces puede provocar que los niveles de glucosa se eleven, las concentraciones de glucosa pueden ser afectados por factores ambientes como la temperatura, coincidiendo con lo registrado en este trabajo, donde el nivel más alto de glucosa se registró en los meses de mayor temperatura Julio-Agosto (Fig.15), otra razón puede ser por la manipulación de los organismos (Ottolenghi *et al.*, 1995). Ottolenghi *et al.* (1995) mostraron que *Ictalurus mela* obtuvo los niveles de altos a temperaturas más bajas 24°C. Los triglicéridos es la principal fuente de energía, dichas concentraciones puede variar dependiendo la alimentación del organismo, además estos son sumamente importantes para el desarrollo embrionario. (Aparicio, 2004). Las cantidades de triglicéridos pueden variar debido a la disponibilidad de alimento, el tamaño del pez, estado madurez sexual, los triglicéridos son hidrolizados en el tejido adiposo en tres ácidos grasos y un glicerol y estos son liberados al torrente sanguíneo para después ser transportados a otros órganos (Aparicio, 2004).

El dieldrin se encontró en todos los meses de muestreo, El dieldrin se encontró en todos los meses de muestreo. Los compuestos con un K_{OA} 4-7 tienen un mayor grado de bioconcentración y este con un K_{OA} de 6.2 le da mayor posibilidad de unirse a la materia orgánica de suelos y sedimentos y al tejido grase de los organismos (Baird, 2004). Darko *et al.* (2008) encontró concentraciones de aldrin y dieldrin en *tilapia zilli* en el lago de Bosomtwi, Ghana, mientras que en muestras de agua no se registró residuos de dieldrin y aldrin, estos organoclorados son poco solubles en agua, por lo que tienden a acumularse en sedimentos y peces (Darko *et al.*, 2008).

El DDT forma parte de la familia de los aromáticos es de uso restringido y solo se utiliza en campañas sanitarias, tiene la capacidad de bioacumularse a través de la cadena alimenticia, provocando la alteraciones en el organismo (CICOPLAFEST, 2004), su degradación se desarrolla de DDT>DDE>DDD (ATSDR, 2002). De esta forma la incidencia de DDE en el tejido muscular de *Mugil cephalus* se relaciona con el Ph y este se degrada lentamente en condiciones alcalinas (Fig.13).Esta condición y su característica lipofílica, al consumirse en los alimentos con residuos lo hace difícil eliminarlo posteriormente del cuerpo (Baird,2004). Aunque se ha determinado la presencia de DDT y sus metabolitos en peces como *Carassius carassius*, *Cyprinus carpio*, *Esox lucius* y *Leocapius delineatus*, regularmente se concentran más en cerebro e hígado (Kiziewicz y Czczuga, 2003). No obstante, nuestros datos fueron hasta diez veces a los reportados por Szlinder (*et al.*, 2008) en músculo de peces. Esta situación, hace potencialmente riesgoso el consumo de peces que pueden provocar efectos potenciales a la salud humana (Wik *et al.*, 2001). Esto se agrava más con la presencia de Epóxido de Heptacloro por la degradación de Heptacloro, que es una sustancia más tóxica aún (ATSDR, 2007), mientras que Ahmed *et al.* (2004) no encontró concentraciones de Heptacloro en *Mugil spp*, *Sparus auratus*, *Boops boops* y *Pegusa lascaris*.

Para la región, nuestros resultados fueron inferiores a los reportados por Galindo-Reyes (2008) en tejido muscular de *Mugil cephalus* pero superiores a las encontradas por El Nerm *et al.* (2004) en *Mugil spp*, *Sparus auratus*, *Boops boops* y *Pegusa lascaris* y Chávez-García (2006) en lisa (*Mugil curema*), Sábalo (*Megalopus atlanticus*), Mojarra castarrica (*Cichlasoma octofasciatum*), Mojarra pinta (*Cichlasma pearsei*), Chaqueta (*Oligoplites saurus*) especies capturadas en la Laguna El Yucateco. A diferencia de Chávez-García quien determinó el grado de grasa en esas especies, Szlinder *et al.* (2008) sugiere que no existe una relación entre el contenido de grasa y la concentración de DDT, no obstante las especies tienen diferencias en accesibilidad y factores internos como tasas de patrones y metabolismo, frecuencia de ingestión y excreción (Chávez-García, 2008). Por esto la concentración de plaguicidas organoclorados varían de *Mugil cephalus* con respecto a otras como

tilapia Botaro *et al.* (2011) *Mugil cephalus* (Sankar *et al.*, 2006), en tilapia, bagre y carpa (Uresti-Marin *et al.*, 2008) que dependiendo del hábitat de la especie, sus hábitos alimenticios, y la capacidad excreción de las sustancias tóxicas (El Nerm *et al.*, 2004) influyen en su concentración.

La presencia de organoclorados en peces capturados en Laguna El Yucateco, Tabasco pueden estar influenciados por el aporte del Río Chicozapote el cual transporta los clorados utilizados en el cultivo de arroz, caña, plátano, al sistema, debido a la dinámica de la laguna estos pueden permanecer por largo tiempo en el sistema, con ellos concentrándose en el tejido de los organismos. Mientras que el estero El Coloradito, Guasave, se encuentra cerca de la desembocadura del dren “San Antonio” principal dren agrícola de la región lo cual influye en su alto contenido de contaminantes proveniente de los campos agrícolas.

9. CONCLUSIONES

- Se determinó la presencia de plaguicidas organoclorados en tejido muscular de *Mugil cephalus* durante marzo de 2010 a febrero de 2011.
- El plaguicida organoclorado con la concentración más alta fue el dieldrin entre los meses de Enero-Febrero 2011.
- El estero presenta un grado de contaminación suficiente para que los organismos acuáticos bioacumulen los plaguicidas.
- El metoxicloro fue el plaguicida organoclorado más prevaleciente en las muestras analizadas.
- Las concentraciones de plaguicidas organoclorados en *Mugil cephalus* no cumplen con las NOM-027-SSA1-1993 y NOM-029-SSA1-1993.
- Los habitantes del El Coloradito, Guasave están expuestos a la contaminación de plaguicidas organoclorados por el consumo de lisa *Mugil cephalus* aún cuando la concentración de estos no superó los límites establecidos por la EPA y FDA.
- Los periodos de reproducción de *Mugil cephalus* en El Coloradito está entre Marzo a Abril y de Octubre a Noviembre, por lo que debe permanecer una veda y evitar su captura.
- El mayor consumo de alimentos por parte de la lisa se registró en los meses de Mayo-Junio dentro del periodo reproductivo de la especie.
- El nivel de triglicéridos presentó el valor más alto en el mes de Julio-Agosto (241.8 ± 25.6 mg/dL), al igual que los niveles de glucosa (102.6 ± 33 mg/dL)
- Los niveles de proteína registraron los niveles más alto en el mes de enero-febrero (14.9 ± 2.1 mg/dL).

10. RECOMENDACIONES

- Monitorear la concentración de plaguicidas organoclorados en peces del El Coloradito, Guasave.
- Analizar la concentración de plaguicidas en tejido muscular de otras especies de interés comercial y consumo frecuente, así como en agua y sedimentos.
- Informar en las comunidades pesqueras sobre el riesgo en el consumo de *Mugil cephalus* contaminados por plaguicidas organoclorados.
- Utilizar los indicadores bioquímicos encontrados en este trabajo como herramienta para conocer el estado de salud de *Mugil cephalus*.
- Utilizar los índices morfofisiológicos y análisis bioquímicos en especies de interés comercial, para conocer su condición de salud y tener un manejo sustentable y sostenible de esta especie.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Albert, L.A., Rendón-vos., O.J., 1998. Contaminación por compuestos organoclorados en algunos alimentos procedentes de una región de México. *Revista de salud publica* 22(6):500-6.
- Aparicio-Simón, B., 2004. Importancia de los lípidos en la reproducción ontogenia del pez blanco de Pátzcuaro (*Chirostoma estor estor*). Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
- Baddi, M., Garza V., Landeros J., 2006. Efecto de los plaguicidas en la fauna silvestre. *CULCyT*. Año 3, No. 14-15.
- Begum, A., Harikrishna S., Khan, I., 2009. A survey of persistent organochlorine pesticides residues in some streams of the Cauvery River, Karnataka, India. *International Journal of ChemTech Research*. (1) 2: 237-244.
- Bejarano, G. F., 2002. La Espiral del Veneno. Guía crítica ciudadana sobre plaguicidas. *Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México*. 34-35.
- Bonšir, J., Puntaric, D., Šmit Z., Klaric, M., Grgic, M., Mirjana, K. L., 2007. Organochlorine pesticides in freshwater fish from the Zagreb Area. *Arh Hig Rada Toksikol*. 58:187-193.
- Cabanillas, M. J.L., Fernández, T. M., Laynez, B. F., Ledesma, M. J., López, -M. A., Planas, A. C., Serrano, R. J.L., Ventura, G. A., 1999. Plaguicidas. Comisión de salud pública consejo interterritorial del sistema nacional de salud.
- Calderón, V.H. E., González, E. R., Durán de Bazúa, C., 2001. Plaguicidas organoclorados en sedimentos y organismos acuáticos del Lago de Catemaco, Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. Vol. 17. Número 001, 23-30.
- Calva, L.G., Torres, M., 1998. Plaguicidas organoclorados. *Contactos* 30, 35-46.
- Cifuentes J., Gaxiola J., 2003. Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa. 379, 417.

- Darko, G., Akoto O., Oppong C., 2008. Persistent organochlorine pesticide residues in fish, sediments and water from lake Bosomtwi, Ghana. *Chemosphere*. 72.21-24
- El Nemr, A., Abd-Allah, A.M.A., 2004. Organochlorine contamination in some marketable fish in Egypt. *Chemosphere*. 54,1401–1406
- FAO. 2000. Servicio de utilización y mercadeo del pescado. Orientaciones técnicas para la pesca responsable. 7. 37.
- FAO. 2011. Cultured Aquatic Species Information Programme *Mugil cephalus*. Cultured Aquatic Species Fact Sheets. *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO*.
- Fernández, B. A., Yarto, R. M., Castro, D. J., 2004. Las sustancias tóxicas persistentes. Instituto Nacional de ecología. 257.
- Flores-Lozano, N. A., 2006. Plaguicidas organoclorados y bifenil policlorados como indicadores de la estructura poblacional de la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) del Golfo de California. IPN.CICIMAR.
- Galindo-Reyes, J. G., 2008. Contaminación por plaguicidas en lisas (*Mugil cephalus*) y sus posibles riesgos a la salud humana. *Revista acuícola* vol. 5 no. 1, 8-11.
- García A., 2007. Plaguicidas. *Ciencia y Trabajo*. Año 9, numero 26, p.p 147-151.
- García-Hurtado, P.A., 2008. Determinación bioquímica en el plasma de la condición en reproductores de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) bajo condiciones de cautiverio. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.
- Guo Y., Meng X., Tang H., Zeng E., 2008. Tissue distribution of organochlorine pesticides in fish collected from the Pearl River Delta, China: implications for fishery input source and bioaccumulation, environmental pollution 150-156.
- Kalyoncu, L., Agca I., Aktumsek A., 2009. Some organochlorine pesticide residues in fish species in Konya, Turkey. *Chemosphere* 74. 885-889.

- Kiziewicz, B., Czeczuga, B., 2003. DDT and Its Metabolites in the Tissues of Certain Fish Species from Podlasie Province. Polish Journal of Environmental Studies Vol. 12, No.
- Marmolejo-Rodríguez, A. J., 1999. Determinación de plaguicidas organoclorados en camarón blanco adulto (*penaeus vannamei*) cultivado en laboratorio. Tesis de maestría. Universidad de Colima. Facultad de ciencias marinas.
- Moreno M. 2003. Toxicología ambiental Evaluación de riesgo para la salud humana. Mc Graw Hill. p.p 282.
- NOM-027-SSA1-1993.1995. Norma Oficial Mexicana, Bienes y Servicios. Productos de la pesca. Pescados frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias. Diario Oficial de la Federación.
- NOM-029-SSA1-1993 .1995. Norma Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Productos de la pesca. Crustáceos frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias. Diario Oficial de la federación.
- Ottolenghi, C., Puviani, A.C., Ricci, D., Brighenti, L., Morsianiz, E., 1995. The effect of high temperature on blood glucose level in two teleost fish (*Ictalurus melas* an *Ictalurus punctatus*) Comp. Biochem. Physiol. 11 IA, 229-235.
- Peña C., Carter D., Ayala-Fierro F., 2001. Evaluación de riesgos y restauración ambiental. Toxicología ambiental.
- Rivero O., Rizo Pedro., Ponciano G., Oláiz G. 2001. Daños a la salud por plaguicidas. Editorial el Manual Moderno, p.p. 212.
- Rojas H., Agustin A. 2001. Aspectos de dinámica de poblaciones del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols and Muyrphy, 1922) y del flamenco *lutjanus gattatus* (Steindachner, 1869) (pisces:lutjanidae) del litoral de guerrero.

- Rueda L., Botello A.V., Díaz G., 1997. Presencia de plaguicidas organoclorados en dos sistemas lagunares del Estado de Chiapas, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 13(2), 55-61
- Sankar, T.V., Zynudheen, A.A., Anandan, R., Viswanathan N. P.G., 2006. Distribution of organochlorine pesticides and heavy metal residues in fish and shellfish from Calicut region, Kerala, India. *Chemosphere* 65. 583–590.
- Santamaría-Miranda, A., Elorduy, G. J.F., Villalejo, F. M., Rojas, H. A.A., 2003. Desarrollo gonadal y ciclo reproductivo de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical* 51 (2).
- Szlinder, R. J., Barska I., Mazerski, J., Zygmunt Usydus Z., 2008. Organochlorine pesticides in fish from the southern Baltic Sea: Levels, bioaccumulation features and temporal trends during the 1995–2006 period. *Marine Pollution Bulletin* 56. 927–940.
- Uresti-Marín R., Santiago-Adame R., Díaz-Moroles N., Gutiérrez-Lozano, J., Vázquez M., Ramírez de León J., 2008. Evaluación preliminar de la presencia de pesticidas organoclorados en pescados de la presa Vicente Guerrero (Tamaulipas, México). *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 6(1) 48-55.
- Wik, V. E., Bouwwman, H., Bank, H., 2001. Persistent organochlorine pesticides detected in blood and tissue samples of vultures from different localities in South Africa. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 129. 243-264.