

# INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ



Carrera: Ing. Química

No. De control: 12270095

Nombre: Tania Guerrero Sánchez

Asesor: ING. Leonardo Gutiérrez Gómez

Revisores:

Dr. Juan José Villalobos Maldonado

Ing. Amin Rodríguez Meneses

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez Chiapas

Evaluación Eco toxicológica del Pez Diablo (*Pterygoplichtys pardalis*), en un ecosistema delimitado del rio Grijalva.

PRESENTA:

TANIA GUERRERO SANCHEZ

# ÍNDICE

1. RESUMEN .....	1
2. INTRODUCCIÓN .....	2
3. JUSTIFICACIÓN .....	4
4. OBJETIVOS .....	5
5. CARACTERISTICAS DEL ÁREA EN QUE PARTICIPÓ.....	6
6. PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZANDOLOS .....	14
7. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	15
8. FUNDAMENTO TEORICO .....	16
9. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS .....	30
10. RESULTADOS .....	32
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
12. BIBLIOGRAFIA.....	36



## 1. RESUMEN

En años recientes la abundancia del pez diablo (*Pterygoplichthys pardalis*) una especie exótica, ha traído muchas consecuencias ecológicas y económicas a las regiones donde este se encuentra; esto ha impulsado la necesidad de afrontar esta problemática, en un intento de aprovechar y a la vez disminuir la población excesiva del pez diablo, muchas de las soluciones que se han planteado descansan en el hecho de la alta calidad biológica y contenido químico del pez, es por ello que es de vital importancia evaluar la variación de contenido de proteína de acuerdo al lugar de asentamiento y calidad ecológica (nivel de contaminación) del medio donde este se encuentra. Como ya se ha visto en otras especies de peces donde la disponibilidad de alimentación, y calidad del entorno son factores que afecta en la absorción de nutrientes y que en consecuencia afectan en la síntesis de proteínas y otras moléculas esenciales para el organismo, es por ello que se esperan resultados similares en este trabajo y es de gran valor saber que tanto afectan el nivel de contaminación del cuerpo de agua donde se localiza en calidad biológica de la carne del plecos.

## 2. INTRODUCCIÓN

La transformación de los ambientes naturales es la causa principal de la incesante extinción de especies (explotación agropecuaria, deforestación, contaminación y obras de grave impacto).

La introducción de especies exóticas es la segunda causa de amenaza de extinción a la biodiversidad a nivel mundial. Este fenómeno actualmente afecta a un 30% de las aves que se encuentran en peligro de extinción, 11% de los anfibios y un 8% de los mamíferos a nivel mundial (Velázquez et al., 2013).

Una especie exótica es una especie de organismos no nativos del lugar o del área en que se los considera introducidos, y han sido accidental o deliberadamente transportados a una nueva ubicación por las actividades humanas, las especies introducidas pueden dañar o no el ecosistema en el que se introducen, alterando o no el sistema ecológico de otras especies; si una especie resulta dañina, produciendo cambios importantes en la composición, la estructura o los procesos naturales del ecosistema o poniendo en peligro la diversidad biológica nativa, entonces se denomina especie invasora. La IUCN (2000) define a una especie exótica como “aquella especie que se establece, la cual es un agente de cambio y amenaza la diversidad biológica nativa, cuyas consecuencias pueden ser desastrosas”.

Como lo mencionado por Velázquez (2013), las especies exóticas, invasoras, traen consigo efectos similares (en la mayor parte de los casos son efectos negativos) sobre la biodiversidad nativa y lo que conlleva a impactos económicos, sociales y más importante aún medioambientales.

Nelson, (2006), reporta que el pez diablo (*Pterygoplichthys spp*), conocido comúnmente como plecos, limpia-peceras o limpiavidrios; pertenece a un conjunto de peces conocidos como peces-gato armados de la familia Loricariidae, hasta el momento más de 684 especies en el mundo. Los plecos pertenecen a un grupo de especies nativas de la cuenca del Amazonas en Sudamérica, incluyendo Costa Rica y Panamá. “Plecos” o “plecostomus” es el nombre usado en los acuarios para las especies de muchos géneros de esta familia. Su popularidad como peces de acuario ha facilitado su introducción y establecimiento en ecosistemas no propios de ellos.

Algunas de estas especies han sido comercializadas como peces ornamentales y controladores de algas (Hossain et al, 2008). La capacidad de la familia Loricariidae como reguladora de algas ha promovido su introducción en ríos y lagos de regiones de clima cálido, ya se ha de forma controlada o accidental (Hoover et al., 2004; Nico et al., 2009).

Las diversas adaptaciones biológicas de este organismo incluyen su piel formada por placas óseas como hileras de pequeñas espinas, que van desde el opérculo hasta el pedúnculo caudal, y espinas bien desarrolladas en las aletas dorsales y pectorales, lo que les permite desplazarse y moverse fuera del agua; similarmente, su cuerpo ventralmente aplanado y una boca en posición ventral, desprovisto de mandíbulas y con dos labios que les permiten succionar lodo, les confiere ventajas adaptativas frente a las especies nativas (Chávez et al., 2006).

En México el primer reporte de loricaridos se produjo en 1995 en el río Mezcala en el estado de Guerrero, pero actualmente se encuentra en la presa el Infiernillo y río Balsas en el estado de Michoacán (Contreras-Balderas et al., 2006), en la Laguna de Catazajá y en los humedales de La Libertad (Ramírez-Guevara y Rodiles-Hernández 2008), en Palenque, Chiapas (Capps et al., 2008, 2009), y en el río Palizada en Campeche (Wakida-Kusonoki y Amador-del Ángel 2011).

### 3. JUSTIFICACIÓN

La problemática ambiental generada por *P. pardalis* ha ido en aumento debido a los efectos acumulativos de las perturbaciones en los sistemas acuáticos a través de mecanismos como la degradación del hábitat, el deterioro de la calidad del agua, e introducción de enfermedades o parásitos. En la actualidad *P. pardalis*, se ha convertido en un inconveniente para la pesca ribereña; debido a la morfología que presenta, dificultando la pesca, provocando la ruptura de las mismas y dada su abundancia ha causado una disminución en la captura de ejemplares de mayor interés comercial. De igual forma debido a que es un organismo introducido, puede desestabilizar la permanencia de poblaciones endémicas, la alteración del ecosistema donde se encuentre la introducción que pueden poner en peligro a las especies nativas (Hernández, 2008).

Su presencia en Chiapas fue reportada por pescadores del río Grijalva justo río abajo de la presa Peñitas en el 2003, cuando se llevaron los primeros ejemplares al Museo de zoología de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). Desde entonces se ha reportado la presencia de *Pterygoplichthys pardalis* en numerosas localidades de la parte de la cuenca Grijalva-Usumacinta. Los registros sugieren que estos peces se han establecido con éxito en todos los cuerpos de agua de la zona norte de Chiapas (sistemas fluvio-lagunares de la planicie del Golfo en los municipios de Reforma, Pichucalco, Salto de Agua, Catazajá, Palenque y La Libertad). En el caso del río Grijalva se cuenta con registros marginales hasta la cortina de la presa Peñitas, lo que ha impedido su desplazamiento hacia la parte superior del río, todo lo anterior indica la facilidad que tiene este *P. pardalis* para colonizar distintos tipos de ecosistemas acuáticos sumado con su capacidad de tolerar distintos tipos de estrés ambientales.

Debido a los problemas que causa el pez diablo (*P. pardalis*) se han buscado diferentes alternativas para solucionarlos, una de ellas es su uso como fuente de proteína, sin embargo, muchos ecosistemas donde habita, presenta distintos niveles de contaminación es por ello que en este trabajo se busca evaluar la variación del contenido de metales pesados y carga microbiana y el posible efecto que tienen sobre el pez diablo.



## 4. OBJETIVOS

### Objetivo general

- Evaluar toxicológicamente y el contenido de proteína del Pez Diablo proveniente del ecosistema delimitado para su aprovechamiento.

### Objetivos específicos

- Evaluar los elementos de la cuenca donde se ubican en el ecosistema así como la determinación de las condiciones medioambientales.
- Caracterizar el agua del ecosistema donde habita el pez diablo, mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
- Analizar el contenido de proteínas.
- Analizar el contenido de coliformes, coliformes totales y otras características indicadoras de contaminación en el pez diablo

## 5. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA EN QUE PARTICIPÓ

### Rio Grijalva

#### Ubicación geográfica

#### 1. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

##### 1.1. Fisiografía

El territorio del Consejo de Cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta (CCGU) forma parte de la Región Hidrológico-Administrativa XI, Frontera Sur. Geográficamente se encuentra ubicada entre los paralelos 14°55' y 18°35' de latitud Norte y los meridianos 91° 20' y 94° 15' de longitud Oeste. Limita al norte con el golfo de México, al sur con la Región Hidrológica veintitrés (RH 23) Costa de Chiapas y con el Océano Pacífico, al este con la Republica de Guatemala y al oeste con Veracruz y Oaxaca. Su extensión abarca en su mayor parte la Región Hidrológica treinta (RH 30) Grijalva-Usumacinta y una pequeña porción de la Región Hidrológica veintinueve (RH 29) Coatzacoalcos, cuenta con una superficie aproximada de 91 000 km<sup>2</sup> y comprende 102 municipios del estado de Chiapas y 17 municipios del estado de Tabasco (Figura 1).

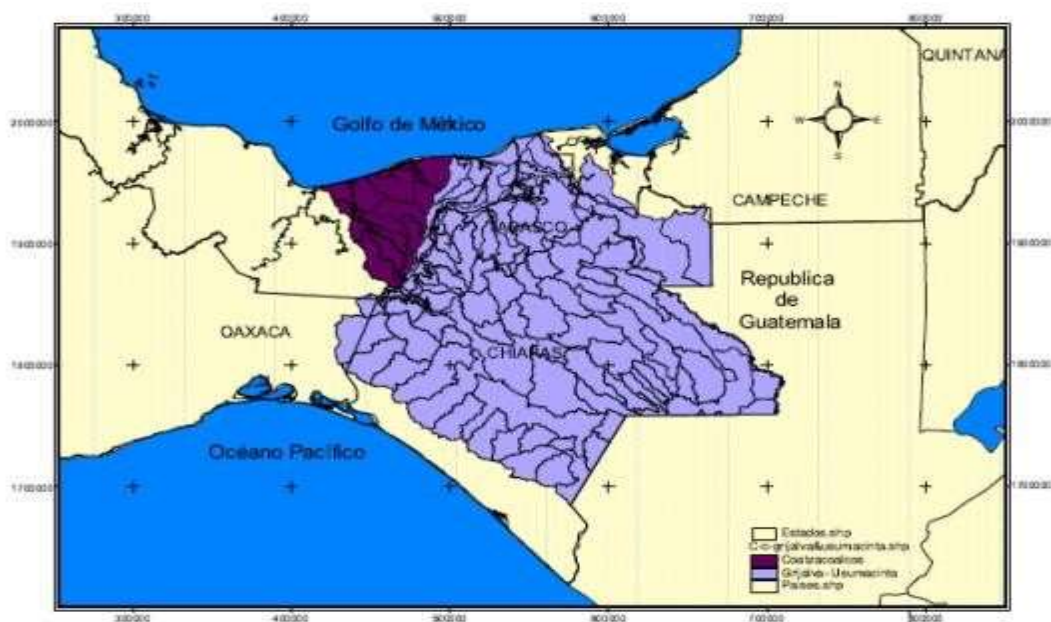


Figura 1. Ubicación geográfica del territorio del CCGU y sus municipios.

Para fines de planeación y conocimiento de los recursos hidráulicos y sus bienes interesantes el CCGU se ha dividido por seis Subregiones hidrológicas (Figura 2).



Figura 2. Regiones y Subregiones Hidrológicas del CCGU (Editado de CONAGUA, 2003).

### 1.1.1. Clima

El territorio del CCGU está compuesto de manera general por tres grupos climáticos: los cálido-húmedos (A) con aproximadamente un 93.5% del territorio los templado-húmedos (C) con 6.3% y una pequeña porción de clima seco (B). En las figuras Figura 3 y Figura 4, se presenta la clasificación de estos tres grupos climáticos y su distribución en el territorio del CCGU, las diferencias entre estos climas quedan determinadas por las distintas temperaturas medias de los meses más fríos y más cálidos, y por valores diferentes de humedad.

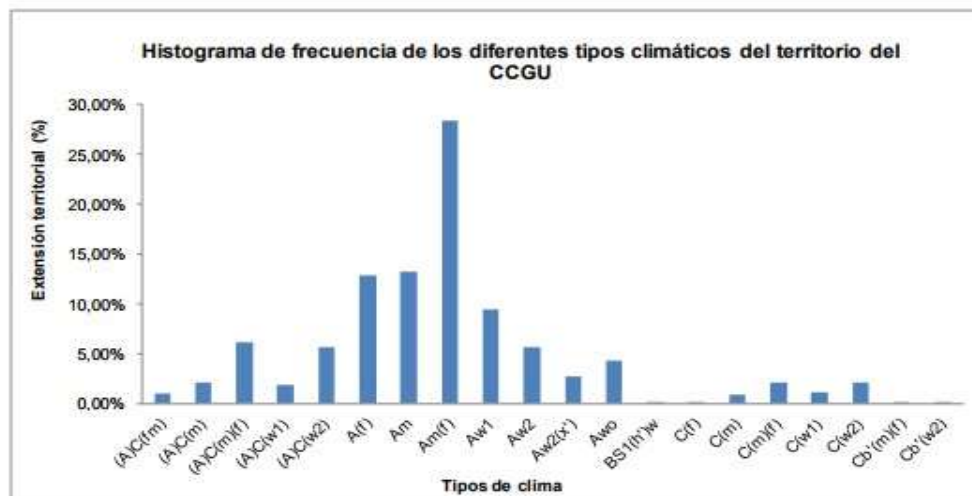


Figura 3. Histograma de frecuencia de los diferentes tipos climático del territorio del CCGU.

De acuerdo al PEOT (2005), en Chiapas los climas templados se deben a la presencia de elevaciones montañosas (sierras altas y mesetas). La región fisiográfica de la Sierra Madre y el macizo montañoso de los Altos son los únicos con estas características, en tanto que lo que predomina en el resto del estado de Chiapas son los climas cálidos.

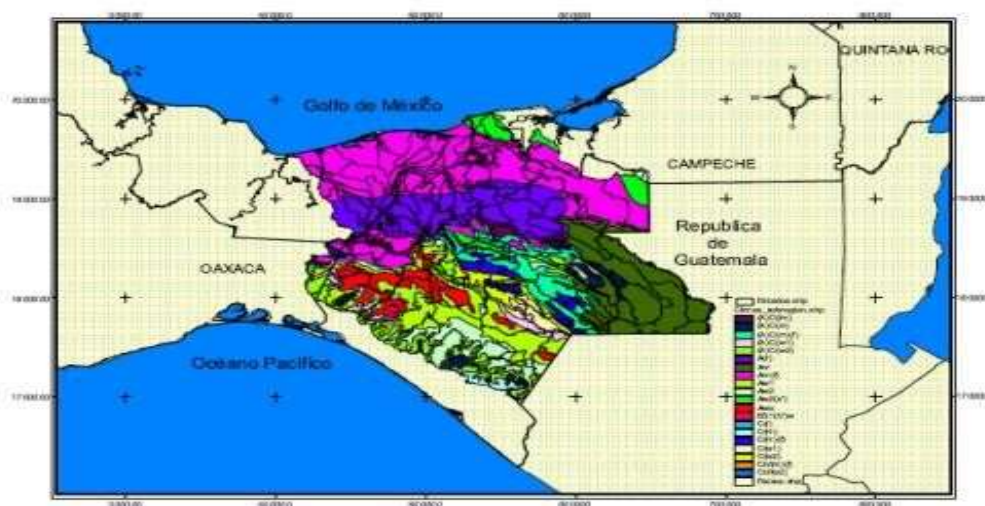


Figura 4. Climas del territorio del CCGU.

En la Depresión Central de Chiapas es notoria la escasez de lluvias durante el periodo seco, situación que cambia significativamente en la siguiente temporada ya que se presentan lluvias moderadas (800 a 1200 mm). Está marcada temporalidad ha determinado en cierto sentido la presencia de selvas bajas caducifolias en la zona. Una situación similar se presenta en la costa, aunque la presencia de lluvias es más abundante en el periodo correspondiente. A continuación se presenta una breve descripción de los tipos de clima preponderantes en el territorio del CCGU de acuerdo a la clasificación del INEGI (1990).

#### 1.1.1.1. Semicálido húmedo con lluvias todo el año [(A)C(fm)]

Esta clase de clima se presenta únicamente en la zona sur de la subregión Bajo Grijalva o Grijalva-Villahermosa, en el sistema montañoso que integra la “Sierra Madre de Chiapas” entre elevaciones que van entre 1000 a 1500 m.s.n.m. Actualmente no existen estaciones climatológicas operando en esta zona, sin embargo de acuerdo a los datos históricos obtenidos de la Finca Morelia en Tila, Chiapas presentados en la Figura 5, se puede apreciar que la temperatura media en esta clase de climas varía entre los 27 y los 31 °C, siendo mayo el mes más caluroso y abril el más seco.

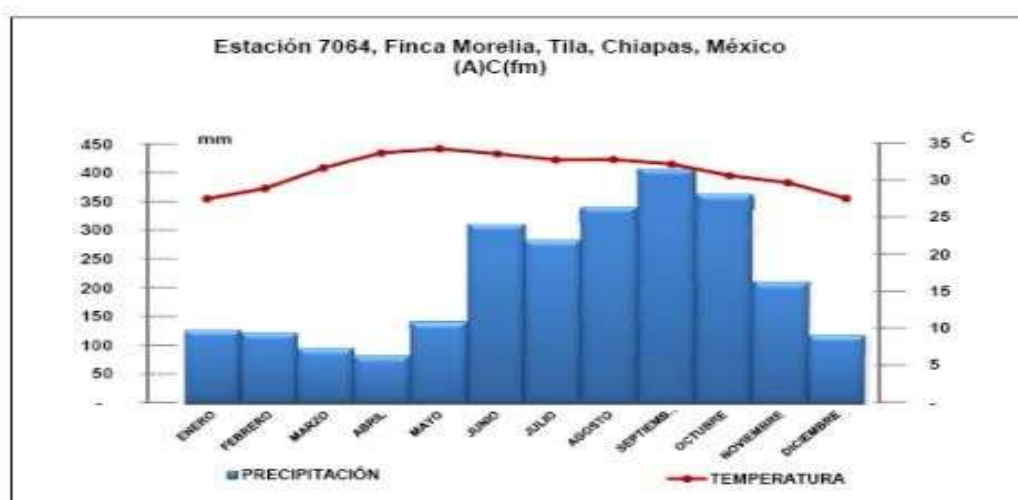


Figura 5. Climograma para la estación de la Finca Morelia en Tila, Chiapas

### 1.1.1.2. Semicálido húmedo con lluvias intensas de verano [(A)C(m)]

De acuerdo a los datos históricos obtenidos de la estación Motozintla, Chiapas presentados en la Figura 6, los meses más secos son Enero y Febrero, los que presentan mayor precipitación son junio y septiembre.

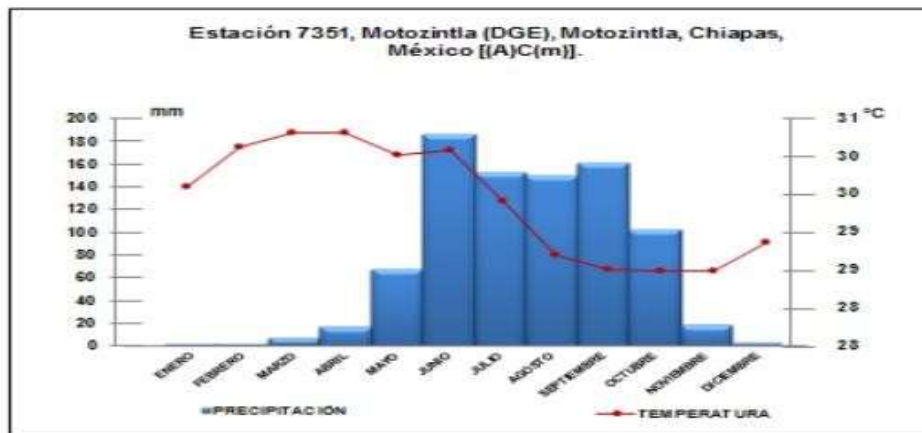


Figura 6. Climograma para la estación Motozintla en Motozintla, Chiapas.

### 1.1.1.3. Templado, subhúmedo, altamente húmedo entre los subhúmedos [C(w2)]

De acuerdo a los datos históricos obtenidos de la estación San Juan Chamula, Chiapas las temperaturas más altas oscilan entre los 17 y 20 °C. Se observa que los meses con menor precipitación son Enero, Febrero, Marzo, Noviembre y Diciembre (Figura 7).

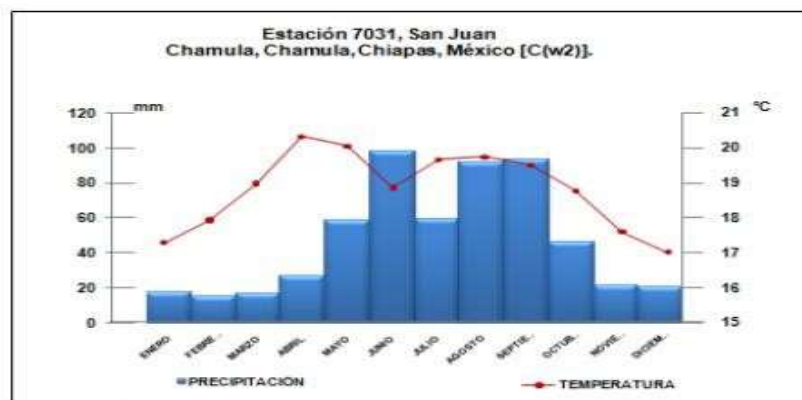


Figura 7. Climograma para la estación San Juan Chamula, Chamula Chiapas.

## LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez está localizado en el municipio de Tuxtla, Estado de **Chiapas**, su localización geográfica que colinda al este con Guatemala, al oeste con Oaxaca, al norte con Tabasco, al sur con el Océano Pacífico y al noroeste con Veracruz, en esta institución llegan jóvenes de distintos municipios de Chiapas y del país.



FIGURA 8. LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL INSTITUTO A NIVEL ESTATAL

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, se ubica en Carretera Panamericana Km. 1080. En el municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Micro localización



FIGURA 9. IMAGEN SATELITAL DEL PLANTEL

## **POLÍTICAS Y NORMAS**

Ser una oferta educativa tecnológica suficiente a nivel superior y posgrado, en las modalidades: Escolarizado y abierta, con perfiles profesionales acordes a los retos de todas las regiones del país.

Compartir con la población en general los beneficios del conocimiento, la cultura científica y tecnológica; en particular, proporcionar servicios directos al público, con la finalidad de coadyuvar al modelo de desarrollo que el país reclama, para alcanzar el bienestar social que demandamos los mexicanos.

Los objetivos de la institución son:

Promover el desarrollo integral y armónico consigo mismo y con su entorno, mediante una formación intelectual que los capacite en el manejo de los métodos y los lenguajes sustentados, en los principios de identidad Nacional, Justicia, Democracia, Independencia, Soberanía y Solidaridad; en la creación, el Deporte y la Cultura que le permite una mente y cuerpo sano.

## **POLÍTICA DE CALIDAD**

En el instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez estamos comprometidos con la formación de profesionales altamente capacitados en el campo de la ciencia y la tecnología, garantizando su formación integral a través del desarrollo de competencias, bajo el cumplimiento de los requisitos de un Sistema de Gestión de la Calidad con la responsabilidad de mantener su eficacia y mejora continua.

## **MISIÓN**

Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

## **VISIÓN**

Ser una Institución de Excelencia en la Educación Superior Tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.



## VALORES

- El ser humano.
- El espíritu de servicio.
- El liderazgo.
- El trabajo en equipo.
- La calidad.
- El alto desempeño.
- Respeto al Medio Ambiente.

Para el desarrollo de este proyecto se realizaron en diversos laboratorios, la vida de anaquel se hicieron en el edificio de planta piloto, la elaboración del alimento se realizó en el área del laboratorio de investigación y la palatabilidad en el edificio de planta piloto y en las instalaciones de Polo Tecnológico Nacional de Pruebas Analíticas en Biocombustibles se usó la centrifuga para decantar el pro biótico, estas áreas se encuentran dentro del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutierrez, Chiapas.

## 6. PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZANDOLOS

- Contenido de proteína
- Comprobar análisis de Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad, DQO, pH, ST.
- Comprobar si contenía coliformes fecales y totales en el análisis de agua.

## 7. ALCANCES Y LIMITACIONES

### ALCANCES

- Se realizó el contenido de proteína del pez
- Se realizó las pruebas físicas, químicas y microbiologías del agua donde habita el pez.
- Se concretaron todos los análisis de muestreo para evaluar la eco toxicidad del agua.

### LIMITACIONES

- Por falta de equipos en el plantel se tuvo que perder tiempo en espera.
- Por falta de materia prima, se retrasaron ciertas pruebas que no se podían realizar en tiempo y forma.
- También se perdió tiempo al estar transportándose a varios laboratorios por uso de materiales y escasez de estos.

## 8. FUNDAMENTO TEORICO

### ***Pterygoplichthys spp.***

Los loricáridos del género *Pterygoplichthys* son originarios de la cuenca alta del río Amazonas en Brasil y Perú, del río Madeira en Brasil y Bolivia y el río Orinoco (Weber, 1992; Page & Robins, 2006). Existen al menos seis especies de plecos establecidos en el medio silvestre (Velázquez et al., 2013).

De igual forma Velázquez (2013), reportó la presencia de poblaciones invasoras de esta especie en México, Puerto Rico, India, Filipinas, Taiwán, Panamá, Trinidad, Guyana, Japón, Perú, Singapur, Sumatra, Malasia, Java, Hawái, Florida y Texas, con fuertes impactos como son la competencia y el desplazamiento de los peces nativos, desórdenes de las cadenas tróficas, incremento de la sedimentación y la erosión de las orillas, daños en los equipos de pesca, y bajos rendimientos de la pesca.

Ecológicamente son extremadamente adaptables, algunos son tolerantes a la salinidad y su gran estómago vascularizado (que contiene gran cantidad de vasos sanguíneos) funciona como pulmón, permitiéndoles respirar aire atmosférico en condiciones de hipoxia (que es la privación del suministro adecuado de oxígeno) y resistir la desecación durante varios días (Velázquez et al., 2013).

Aunque se ha reportado la presencia de dos especies de plecos en Chiapas (*P. multiradiatus* y *P. pardalis*), el estatus taxonómico de las poblaciones es incierto, debido a la complejidad del grupo y probablemente a efectos de hibridación (Contreras- Balderas et al., 2006).

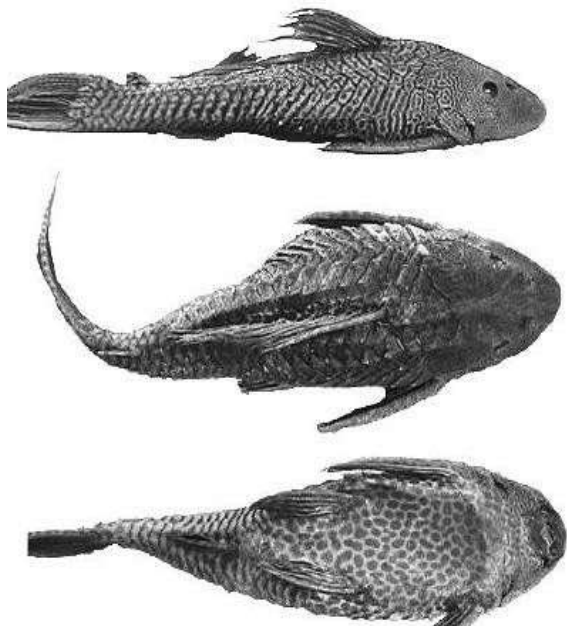
Maldonado (2015), determinó el contenido de metales pesados en harina del músculo de *Pterygoplichthys pardalis* los cuales fueron capturados en el río Usumacinta, Tabasco, México. Los metales Zinc, Hierro y Cobre se encontraron dentro de los valores permisibles establecidos por la FAO/OMS. Además, encontró que los metales Cadmio y Plomo, estuvieron presentes como elementos traza. La presencia de metales pesados en harina de músculo de *P. pardalis*, no representa posibles riesgos para la salud humana; sin embargo, no se realizó análisis microbiológicos en el pez.

Vinodhini y Narayanan (2008), reportó que en un estudio realizado en *Cyprinus carpio* (Carpas común) los órganos donde hay mayor acumulación de metales pesados son, branquias (Cr, Cd, Ni y Pb) hígado y riñón (Cr, Cd, Ni y Pb), siendo la carne uno de los últimos sitios para la acumulación de metales pesados, indicando que la contaminación por metales pesados definitivamente afecta la vida acuática de los peces de agua dulce.

*Pterygoplichthys pardalis* (pez diablo)

El borde posterior de proceso supraoccipital es delimitado por 3 escudos, y 2 escudos entre el escudo temporal y el segundo escudo predorsal. El número de escudos a lo largo de la línea lateral es de 29 a 30. La aleta dorsal tiene una espina y 11 radios; la aleta pectoral tiene una espina y 6 radios; la aleta pélvica tiene una espina y 5 radios (Armbruster & Page, 2006).

Su cuerpo está cubierto por placas óseas flexibles, boca ventral succionadora. Abdomen cubierto irregularmente con grandes manchas blancas de diferentes tamaños unidas formando un patrón parecido a las de un leopardo, presenta diseños geométricos en la cabeza, de igual forma presenta de 9 a 14 rayos en la aleta dorsal con una sola espina. Las aletas pectorales cuentan con gruesas espinas dentadas. (Fig. 1) (Hoover et al., Nico & Martin, 2001).



Reino: Animalia Filo:  
Chordata Subphylum:  
Vertebrata Clase:  
Actinopterygii Orden:  
Siluriformes Familia:  
Loricariidae Género:  
Pterygoplichthys  
Especie: Pardalis

Figura 1. Pez diablo (*Pterygoplichthys Pardalis*). Fotografías de Armando T. Wakida-Kusunoki 2011.

En un acuario, esta especie requiere un tanque grande, bien plantado con numerosos refugios de tamaño considerable. La química del agua no es crítica, pero su calidad debe ser buena con un rango de temperatura de 22 a 28°C. *Pterygoplichthys pardalis* es un pez pacífico que se puede mantener en un tanque de la comunidad, pero no se lleva con su propia especie y puede llegar a ser agresivamente territorial. Es más activa al atardecer y durante la noche y le gusta descansar en pedazos de madera flotante o en cuevas. (Mahoney, 2007).

### **Impactos asociados**

Velázquez (2013) y Dervick, (1989), Su éxito en ambientes ajenos ha provocado grandes daños, como son problemas de sedimentación y turbidez en ríos y embalses; además que los efectos causados por la introducción de este tipo de peces son: la muerte de aves acuáticas nativas de la región en su intento por ingerir estos peces, de igual forma causa el desplazamiento de las especies nativas, por dos vías principales, la primera siendo la ingesta accidental de los huevos y la segunda, la competencia de por recursos alimenticios. También representan pérdidas económicas al dañar las redes usadas por los pescadores.



Figura 2. Peces diablo capturados en los sistemas lagunares del municipio de reforma, Chiapas.

### **Usos y aplicaciones del pez diablo**

Con el objeto de reducir al máximo los costos de producción e incrementar la eficiencia de los alimentos acuícolas, investigadores del estado de Michoacán realizaron la evaluación química de la harina del pleco. Encontraron que ésta presenta una alta calidad biológica, por lo que puede ser utilizada como ingrediente proteico en la formulación de dietas acuícolas. Detallaron, por

ejemplo, que las tilapias alimentadas con una dieta elaborada con base de harina de pleco presentan una respuesta mayor de crecimiento. (CONAPESCA, 2011).

Una alternativa que se ha aplicado para aprovechar la sobrepoblación de este pez y a la vez disminuirla, es la elaboración de harina para la obtención de abono orgánico, debido a que tiene valores altos de nitrógeno (7.74 %) y de cenizas (34.7%), por otra parte, la Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco, ha investigado la posibilidad de usar la carne del pez diablo como alimento debido a su gran valor proteico (Benítez, et al., 2000).

El Instituto Limnológico de la Universidad de Oriente, determinó la concentración de grasa y proteína en el tejido muscular de diferentes peces, (*Pygocentrus cariba*, *Prochilodus mariae*, *Plagioscion squamosissimus*, *Piaractus brachypomus* e *Hypostomus Plecostomus*) capturados en el río Orinoco medio. Los contenidos de proteína y grasa se determinaron por los métodos de la Asociación Química Analíticos Oficiales (AOAC), un análisis de varianza (ANOVA) demostró diferencias estadísticamente significativas en el contenido de grasa entre especie con los mayores valores de concentración de grasas fueron *P. brachypomus* y *P. brachypomus* y sin diferencia significativa entre si *P. mariae*, *H. Plecostomus* y con la menor concentración *P. cariba*, esta variación en el contenido de grasa entre especies generalmente está determinado por el efecto diferencial de algunos factores ambientales, alimenticios y fisiológicos, en cuanto a la concentración de proteínas no hubo diferencia estadísticamente significativa (González, et al., 2009).

En el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDR) del Instituto Politécnico Nacional de Sinaloa se realizaron trabajos con el propósito de validar la eficiencia de la harina de pleco en el crecimiento y producción con calabacitas y fresa en sistemas de invernadero. Los resultados que arrojó el sistema de producción de calabacita muestran que la harina de pescado es una buena alternativa para sustituir parcialmente las aplicaciones de fertilizantes químicos nitrogenados. Su alto contenido de nitrógeno presentó un efecto positivo en el desarrollo y producción de la hortaliza. Los abonos orgánicos que es todo material que se obtiene directa o indirectamente de las plantas o



animales durante la descomposición son importante en la agricultura porque son fuente de nutrientes esenciales. También proporcionan materia orgánica, sustancias húmicas, fitohormonas y otros compuestos de naturaleza enzimática y proteica. Influyen también en el rendimiento de los cultivos y mejora las condiciones físicas, químicas biológicas del suelo (CONAPESCA, 2011).

Humedales Usumacinta Asociación Civil, trabaja en actividades de conservación de humedales y cuencas hidrográficas, implementado gestiones de desarrollo sustentable, que integran actividades económicas, tecnológicas, sociales, culturales y ambientales. Ha tenido el interés de elaborar un proyecto de aprovechamiento integral del pez diablo, para obtener beneficios de manera total del pez, utilizando la carne, hueva, aceite, de los huesos y restos se consigue harina, fertilizante, etc. Se extrajo la carne y limpió perfectamente, agregando conservadores naturales (achiote, pimienta, romero, ajo entre otros), posteriormente otra parte de la carne se elaboró jamón de pescado, llamado y conocido comercialmente como SURIMI, los desperdicios (cabeza, piel, aleta, cola y vísceras) obtenidos son aprovechados para obtener un subproducto, la harina la cual contiene proteínas, minerales y es utilizada para preparar alimento para ganado, peces, gatos, perros y sopas instantáneas (Hernández, 2013).

### **Contaminación del agua en Chiapas**

En todas las corrientes de esta región existe algún grado de contaminación. Generalmente se debe a las descargas de aguas residuales de origen doméstico y a la utilización de agroquímicos diversos en la producción agrícola y ganadera (IEA 2013).

Existen 135 puntos de descargas de aguas residuales sin tratamiento, 79% se localiza en ríos y arroyos y son 82 municipios involucrados, solo en 9 municipios las aguas residuales, o una fracción de ellas reciben tratamiento; existen comunidades que, por sus usos y costumbres, no aceptan la desinfección por medio del cloro debido al cambio en el sabor y olor del líquido, lo que agrava la situación para el debido tratamiento de las aguas (IEA 2013).

En México en 2011, el volumen de aguas residuales provenientes de los centros urbanos fue de aproximadamente 7.5 kilómetros por hora. Este volumen creció a la par del aumento de la población y la urbanización entre 2000 y 2005 la generación de aguas residuales de los centros urbanos aumentó alrededor de 7%, aunque a partir de esa fecha y a hasta el 2010 se observó un decremento del volumen del caudal descargado incrementándose nuevamente en 2011 (CONAGUA 2011).

### **Eco toxicológico**

La eco toxicología es el estudio del efecto de compuestos químicos tóxicos sobre los seres vivos, especialmente en poblaciones, comunidades y ecosistemas. La eco toxicología es un campo multidisciplinario, que integra la toxicología, la ecología y la química ambiental. El objetivo es ser capaz de predecir efectos de la contaminación para tomar la acción más eficiente y efectiva y prevenir o remediar cualquier efecto de deterioro ambiental. En aquellos ecosistemas que están perdiendo calidad ambiental por efecto de la contaminación u otras actividades humanas. Los estudios eco toxicológicos pueden dar información para dar el mejor curso de acción para restablecer los bienes y los servicios eco sistemáticos (De la Torre, 2004).

El proceso de análisis eco toxicológico se fundamenta en:

- Una identificación de peligro que permite evaluar la peligrosidad potencial de una sustancia.
- Una valoración de riesgo que permite estimar la probabilidad de que ocurran efectos adversos, es decir, de que una sustancia peligrosa para el medio supere una concentración umbral que origine daños en los organismos del medio.
- Evaluación de los efectos o cálculo de la concentración prevista sin efecto conocido como PNEC (Predicted no-effect concentration). Requiere

establecer una concentración umbral sin efecto para diferentes grupos de organismos o receptores, representativos del medio, previamente seleccionados.

- Estimación de la exposición o cálculo de las concentraciones de las sustancias en el medio ambiente (agua, suelo, etc) conocida con el nombre de PEC (Predictive Environmental Concentration). Conlleva la cuantificación de los contaminantes de la zona de estudio a la que están expuestos los receptores biológicos.
- Cuantificación del riesgo. El riesgo medioambiental de las sustancias viene expresado por la relación entre los parámetros calculados en los pasos anteriores, exposición y efecto, de forma que siempre que la exposición sea superior a la concentración sin efecto, se identifica un riesgo.

### **Identificación del peligro (clasificación y etiquetado).**

La identificación de peligro, que establece la clasificación y etiquetado de las sustancias, puede considerarse como el primer paso en las valoraciones de riesgo. La peligrosidad de una sustancia se establece en función de sus propiedades intrínsecas, considerando como tales la toxicidad inherente para los organismos del medio, su capacidad de bioacumulación y su degradabilidad (COM, 2003).

### **Criterios de clasificación para el medio acuático.**

Se utilizan tres bioensayos a corto plazo en el medio acuático. De cada uno de ellos se obtiene una CE50 o concentración que produce un 50% de efecto en los organismos de ensayo. Para la clasificación de peligro, se selecciona el grupo más sensible, es decir, la CE50 más baja. Si esta CE50 está por debajo de 1 mg/L se considera que la sustancia es MUY TOXICA, si está entre 1 y 10 mg/L, se considera que la sustancia es TOXICA, si está entre 10 y 100 mg/L, se considera

PELIGROSA, y si todas las CE50 están por encima de 100 mg/L se considera que la sustancia no clasifica como peligrosa para el medio acuático (OCDE 1984).

De acuerdo a lo mencionado por De la Torre (2004), los procedimientos más habituales son los bioensayos, que consisten en ensayos realizados con organismos, generalmente de una única especie (uniespecíficos) y en condiciones controladas de laboratorio. Con ellos se pretende obtener información acerca de los efectos producidos por una sustancia.

Para la cuantificación de un efecto en los ensayos agudos sobre una población, se utiliza la CL50, CE50 y la CI50, que es la concentración que resulta letal, o que inhibe una función vital en el 50% de los individuos del ensayo. Estos se suelen evaluar en tiempos iguales o inferiores a 96 horas. La estimación de la CE50 se obtiene interpolando este dato de una curva concentración/efecto previamente realizada con los resultados del ensayo (De la Torre, 2004).

## **PROTEINAS**

Las proteínas son moléculas formadas por aminoácidos que están unidos por un tipo de enlaces conocidos como enlaces peptídicos. El orden y la disposición de los aminoácidos dependen del código genético de cada persona. Todas las proteínas están compuestas por:

- Carbono
- Hidrógeno
- Oxígeno
- Nitrógeno

Y la mayoría contiene además azufre y fósforo.

Las proteínas suponen aproximadamente la mitad del peso de los tejidos del organismo, y están presentes en todas las células del cuerpo, además de participar en prácticamente todos los procesos biológicos que se producen.

## **Indicadores de contaminantes fisicoquímicos**

### **Temperatura**

Un aumento de la temperatura produce efectos sobre la concentración de oxígeno disuelto, velocidad de reacciones bioquímicas, pH, toxicidad causando perturbaciones ecológicas en el curso del agua; además de afectar la actividad física de las especies acuáticas (Medina, 2002; Ludevid, 1998).

### **Conductividad**

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, depende de la concentración de sustancias disueltas ionizadas en el agua y la temperatura a la cual se haga la determinación. Este factor está íntimamente relacionado con la suma de los cationes o aniones determinados químicamente y constituye un parámetro básico de evaluación en la calidad del agua (Medina, 2002).

### **pH**

La mayor cantidad del agua superficial varía desde 6 hasta 8 de pH. El agua natural puede tener pH ácido por el dióxido de carbono disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos o por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales. El agua normal de las corrientes superficiales casi no contiene alcalinidad de carbonato y si su contenido de calcio es apreciable debe registrar un pH inferior a 8.2, siendo así la principal sustancia básica en el agua natural que puede reaccionar con el dióxido de carbono formando un sistema amortiguador carbonato/bicarbonato (Peña, et al., 2000; Medina, 202).

### **Oxígeno disuelto**

El oxígeno libre disuelto es el reactivo esencial para la generación de los procesos aeróbicos; cuando los organismos aeróbicos utilizan los nutrientes orgánicos, consumen al mismo tiempo el oxígeno disuelto, si no se repone el oxígeno disuelto, el crecimiento aeróbico se detiene cuando se agota este elemento y sólo pueden continuar los procesos anaeróbicos lentos y malolientes. La disponibilidad del oxígeno libre disuelto en el agua es, por tanto, el factor clave que limita la capacidad de autopurificación de una corriente de agua (Roldán, 2003).

### **Demanda química de oxígeno (DQO)**

La DQO determina la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar a la materia orgánica de aguas de desecho, por medio de un agente oxidante bajo ciertas condiciones de acidez, temperatura y tiempo, transformando la materia orgánica en bióxido de carbono y agua. Una de las principales limitaciones de la prueba es de oxidar la materia orgánica sin determinar su degradabilidad biológica (García, 2002).

### **Sólidos totales**

Los sólidos totales son materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales. Los sólidos totales, incluyen los sólidos suspendidos totales que es una porción de sólidos totales retenidos por un filtro y los sólidos disueltos totales, es la porción de sólidos totales que atraviesan el filtro. Los sólidos totales pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias maneras, además de actuar como medio de transporte para microorganismos patógenos. Los contenidos mayores de sólidos pueden impedir la penetración de la luz, disminuir el oxígeno disuelto y limitar entonces el desarrollo de la vida acuática (García, et al., 1998).

### **Nitrógeno amoniacal**

La contaminación de una corriente de agua por un fuerte crecimiento orgánico estimulado por nutrientes inorgánico, se conoce como eutrofización. Los

compuestos orgánicos de nitrógeno están presentes en los desechos domésticos y agrícolas; por otra parte, los compuestos inorgánicos de nitrógeno se encuentran en ciertos desechos industriales y fertilizantes agrícolas. Para la fauna acuática el nitrógeno amoniacal es tóxico en concentraciones en el agua de unas cuantas partes por millón. Un incremento súbito del contenido normal de nitrógeno amoniacal en un agua implica la presencia de contaminación de aguas residuales (Romero, 1999).

### **Nitratos**

Algunas veces el amoníaco del agua proviene de la descomposición del agua negra y del escurrimiento agrícola. Este amoníaco se oxida fácilmente a través de la reacción de ciertos organismos, formando nitratos; a este proceso se le conoce con el nombre de nitrificación. En casi toda el agua natural existe pequeñas cantidades de nitratos y generalmente su concentración varía de 0 a 70 mg/l. En 1940 se descubrió que las aguas con un alto contenido de nitratos producen enfermedades en los niños, especialmente en los menores de 3 años (Perdomo, et al., 2001).

### **Nitritos**

La presencia de nitritos en el agua es un indicio de la contaminación por aguas negras o desechos animales; también puede existir si los abastecimientos de agua que contienen nitrato entran en contacto con ciertos 70 materiales reductores. Cuando el agua usada para preparar alimentos contiene nitritos se corre el riesgo de que se puedan formar sustancias carcinogénicas llamadas nitrosaminas, por combinación con los compuestos de nitrógeno orgánico que se forman a su vez por la descomposición de la proteína presente en los alimentos (Medina, 2002).

### **Fósforo**

El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de plantas y animales. Actualmente es considerado como uno de los nutrientes que controla el crecimiento de algas. Un exceso de fósforo produce un desarrollo acelerado de

algas, las cuales consumen el oxígeno deteriorando la calidad del agua. Cabe señalar, que en el crecimiento microbiano se asimila al fósforo en forma de fosfatos. Teniendo en cuenta la importancia del fósforo como nutriente, su determinación es necesaria en estudios de contaminación de ríos, lagos y embalses, así como en los procesos químicos y biológicos de purificación y tratamientos de agua residual (Kemmer y col., 1989).

### **Alcalinidad**

La alcalinidad de un agua residual está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio o el amoníaco. La alcalinidad ayuda a regular los cambios de pH producidos por la adición de ácidos y se determina por titulación con un ácido normalizado, expresándose los resultados en carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3$  (Romero, 1999).

### **Dureza**

La dureza se origina al contacto del agua con los suelos de formaciones rocosas y en áreas donde la capa de suelo es gruesa y hay calizas presentes. No presenta problemas aparentes para la biota acuática (Romero, 1999).

**Indicadores microbiológicos** Los agentes patógenos transmitidos por el agua constituyen un problema mundial, que demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental, a fin de evitar el incremento de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua (Vargas, 1996).

Con respecto a la composición biológica de las aguas superficiales y aguas residuales, que es la parte viva natural de la materia orgánica, contiene un número incalculable de organismos, como bacterias y otros microorganismos vivos más complejos, cuyas actividades son las que causan el proceso de descomposición (Jones, et al., 1998; Escamirosa, 1999).

En la actualidad se conoce una gama de enfermedades transmitidas por el agua, causadas por diferentes microorganismos: bacterias, protozoarios (gusanos), helmintos (lombrices) y virus. Además, las enfermedades hídricas (fiebre tifoidea, disentería, cólera, etc.) más comunes son aquellas que se propagan por el agua



contaminada con heces u orina humana, localizadas en las aguas residuales municipales (Escamirosa, 1999; Hildebrandt, et al., 2006).

## 9. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

### Área de estudio

En este trabajo se estudió un ecosistema delimitado donde habita el pez diablo, del río Grijalva localizado en el estado de Chiapas.

### Río Grijalva

Geográficamente se encuentra ubicada entre los paralelos 14°55' y 18°35' de latitud Norte y los meridianos 91° 20' y 94° 15' de longitud Oeste. Limita al norte con el golfo de México, al sur con la Región Hidrológica veintitrés (RH 23) Costa de Chiapas y con el Océano Pacífico, al este con la República de Guatemala y al oeste con Veracruz y Oaxaca.

### Muestreo

Para este sitio se localizaron tres puntos de muestreo, ubicándolos con un sistema de posicionamiento global (GPS), para recolectar muestras integradas y puntuales en el caso de las muestras que estén destinadas a análisis microbiológicos.

Las captaciones de las muestras se extrajeron en tres zonas arriba, media y abajo de la presa. Ya que entre más cerca de la presa y lejana a la población es menos la contaminación. Y entre más cerca de la población más contaminación.

Se tomaron muestras puntuales con un volumen de 4L de agua y recolección de 10 peces en cada punto tanto *P.pardalis* y mojarras.

Se utilizó un medidor Multiparametrico Hasch el cual media Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto pH, y Temperatura en los 3 puntos.

Los peces se almacenaron en hieleras con hielo y los peces envueltos con aluminio en la recolección de agua se usó botellas de cristal ámbar y botes de plástico de poliuretano.

Caracterización fisicoquímica, microbiológica, Las variables determinadas son:

**In situ.**

- Temperatura.
- Conductividad eléctrica.
- Oxígeno disuelto
- Potencial de hidrogeno pH
- Turbidez
- Oxido-reducción
- Solidos totales
- Alcalinidad

En el laboratorio.

- Demanda química de oxígeno (DQO).
- Cuenta de microorganismos coliformes fecales y totales en placa.

## 10. RESULTADOS

### Contenido de Proteína del pez diablo del Rio Grijalva

Se utilizó carne del pez diablo

<b>humedad</b>	<b>1.39 %</b>
<b>cenizas</b>	<b>40.37%</b>
<b>grasa</b>	<b>14.82%</b>
<b>proteínas</b>	<b>40.09%</b>
<b>carbohidratos</b>	<b>3.33%</b>
<b>total</b>	<b>100%</b>

De acuerdo con los estudios realizados por la Comisión Nacional de Pesca (CONAPESCA) el contenido nutricional del pez diablo, se concluyó que de cada 100g de pescado, tiene:

- Calorías 97%, de las cuales el 85% son proteínas omega3.
- Proteína 22.7g
- Vit A 20% •Tiamina 7%
- Niacina 6%
- Vit C 6% •Colesterol 0%
- Grasa total 5.3 g

### Puntos de muestras georreferenciadas del rio Grijalva.

**Cuadro 1**

<b>PUNTO DE MUESTREO</b>	<b>UBICACION</b>
Zona 1	Latitud:16°46'11.9" Longitud:93°11'22.0"
Zona 2	Latitud:16°45'33.5" Longitud:93°08'57.7"
Zona 3	Latitud:16°45'53.6" Longitud:93°04'37.7"

## Resultados de los parámetros de campo

### Cuadro 2

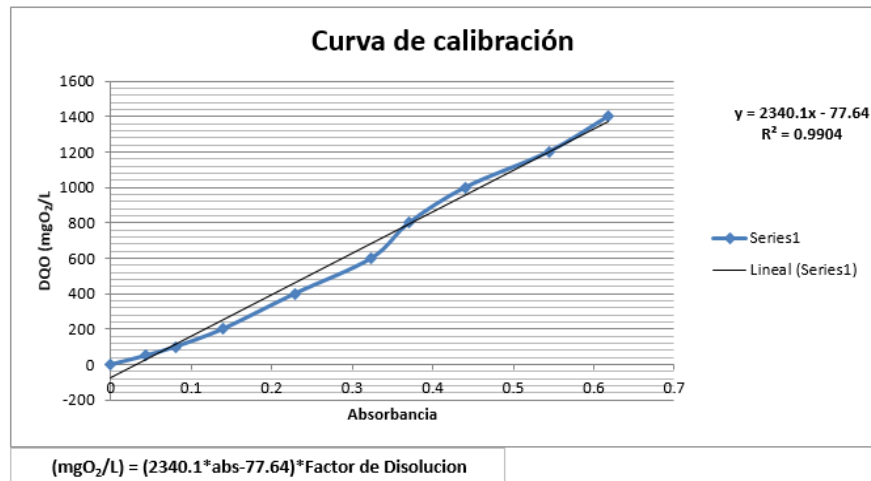
Fecha de muestreo	Punto de muestreo	Temp. ambiental	Temp. del agua	pH	Oxígeno disuelto mg/L mg/l	Conductividad μS/cm
08/06/17	1	30°C	29.6°C	7.05	4.51	350
08/06/17	2	31°C	29.5°C	8.01	4.33	380
08/06/17	3	29°C	29.4°C	7.5	3.62	398

## Resultados de los parámetros fisicoquímicos

### Cuadro 3

Punto de muestreo	Zona 1			Zona 2			Zona 3		
Parámetros/unidades	Mg/l	Mg/l	mg/l	Mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Dureza total	288.15	282.68	316.57	335.57	333.74	673.63	324.63	339.22	337.39
Alcalinidad total	255.17	243.69	285.57	310.99	350.37	313.91	346.27	433.59	362.18
Nitrógeno amoniacal	0.83	0.82	0.71	6.84	13.33	0.59	18.04	33.54	13.27
Nitrógeno orgánico	0.83	0.60	<0.4	0.77	0.82	0.59	7.7	27.24	7.21
Nitrógeno total (kjendhal)	1.67	1.42	ND	7.61	14.14	1.18	25.74	60.78	20.48
Fosforo total	<0.108	<0.11	<0.11	1.3	0.46	1.00	6.42	5.01	1.8
Nitritos(N)	<0.010	<0.01	<0.010	0.098	0.09	<0.01	<0.01	<0.010	<0.01
Nitratos(N)	1.66	1.38	0.00	0.73	0.44	1.85	<0.16	0.472	0.91
DQO	44.87	37.85	.35.51	58.91	56.57	56.57	65.93	58.91	44.87
Solidos Sedimentales	0.10	0.10	0.20	0.1	0.10	1.60	1.1	0.20	3.1
Solidos Suspendidos Totales	44.00	46.00	104.00	20	64.00	920.00	214	100	172

Absorbancia	mg O <sub>2</sub> /L (DQO)
0	0
0.043	50
0.08	100
0.139	200
0.229	400
0.324	600
0.371	800
0.441	1000
0.544	1200
0.618	1400



**Nota:** Índices muy bajos de absorbancia en la determinación de DQO.

**Resultados de los parámetros microbiológicos Coliformes fecales y Totales**

**Cuadro 4**

Parametro	Coliformes fecales	Coliformes totales
Fecha de muestreo	08/06/2017	08/06/2017
Punto de muestreo	UFC/100 ml	UFC/100 ml
Zona1	1.41x10 <sup>4</sup>	1.20x10 <sup>4</sup>
Zona 2	1.8x10 <sup>7</sup>	7.27x10 <sup>5</sup>
Zona 3	3.64x10 <sup>7</sup>	>2.02x10 <sup>8</sup>

## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Se realizó harina de pescado a base del pez diablo para poder determinar su contenido de proteína ya que la harina de pescado es la mejor fuente de energía concentrada para alimentación de animales. Con un 70% a 80% del producto en forma de proteína y grasa digerible, su contenido de energía es notable mayor que muchas otras proteínas animales o vegetales ya que proporciona una fuente concentrada de proteína de alta calidad y una grasa rica en ácidos grasos omega-3.

Las Normas Oficiales Mexicanas NOM-127-SSA1- 1994 y NOM-001-ECOL-1996 establecen estrictamente el valor de 0 Unidad Formadora de Colonia por 100 mL (UFC/mL) de coliformes fecales en aguas naturales. Sin embargo, Este indicador esta fuera de Norma en los 3 puntos de muestreo. Basada en la norma NOM-127-SSA1- 1994 los parámetros físico-químicos del agua están dentro de los parámetros como la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad. Para la determinación de DQO basada en la norma NOM-127-SSA1- 1994 los índices están bajos.

### Recomendaciones:

1. Continuar con los muestreos de calidad del agua del rio Grijalva y sus afluentes para evaluar el comportamiento del sistema a través del tiempo y poder detectar cambios que podrían afectar el equilibrio del rio Grijalva.
2. Es necesario aumentar la capacidad de procesamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, para aminorar el impacto de las aguas negras provenientes del rio Sabinal sobre la calidad del agua en el área, así como gestionar su construcción en municipios de la cuenca alta que vierte sus descargas residuales a las aguas del rio Grijalva.
3. Se requiere la supervisión de las autoridades correspondientes para verificar las descargas puntuales de los municipios cercanos.

## 12. BIBLIOGRAFIA

- Armbruster, J. W. y L. M. Page. 2006. Redescription of *Pterygoplichthys punctatus* and description of a new species of *Pterygoplichthys* (Siluriformes: Loricariidae). *Neotropical Ichthyology* 4(4): 401-409.
- Benítez, R. A., Callejas, C. A., Olvera, J. M., Pacheco, P. J., & Santana, T. G. (2000). El Pez diablo como suplemento alimenticio.
- Capps, K. A., R. Rodiles-Hernández, A.S. Flecker. 2008. The Impacts of Armored Catfish (Siluriformes: Loricariidae) on Invaded Freshwater Ecosystems. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Montreal, Quebec, Canadá. 45 pp.
- Capps, K. A., R. Rodiles-Hernández, A. S. Flecker. 2009. The impact of exotic species on biogeochemical processes: introduced armored catfishes (Siluriformes: Loricariidae) in Chiapas. The Southwestern Association of Naturalist (SWAN), Monterrey, México. 78 pp
- CONAGUA, Semarnat. Estadísticas del Agua en México. Edición 2007. CONAGUA. México. 2007
- CONAGUA, Semarnat. Estadísticas del Agua en México. Edición 2008. CONAGUA. México. 2008
- CONAGUA, Semarnat. Estadísticas del Agua en México. Edición 2011. CONAGUA. México. 2011
- CONAGUA, Semarnat. Situación del Subsector de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2011. México. 2011.
- CONAGUA, Semarnat. Situación del Subsector de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2012. México. 2012.
- CONAPESCA. (2011). Consumo de nuevas especies y su aprovechamiento productivo. Contreras-Balderas, S., E. Velázquez-Velázquez, T. Zubieta-Rojas, O. Domínguez-Domínguez, Páramo-Delgadillo S., G. C. Lara, C. Escalera-Gallardo, R. Mendoza-Alfaro, C. Ramírez-Martínez. 2006. Los plecos invasivos en México (Abstract). En: X Congreso Nacional de Ictiología; 2006 Oct 23-27. Sociedad Ictiológica Mexicana, México.



- De la Torre, A. (2004). Toxicología Ambiental y Seguridad Química. Sanidad Ambiental. Gonzáles, Á., Márquez, A., Senior, W., & Marínez, G. (2009).
- Contenido de grasas y proteína en *Pygocentrus cariba*, *Prochilodus*, *marie*, *Plagioscion squamosissimus*, *Piacatus Brachypomus* e *Hypostomus plecostomus* en una laguna de inundación del orinco medio. 15-19
- Hernández, M. E. 2008. Aspectos reproductivos del Loricarido *Pterygoplichtys pardalis* (Castelnau, 1855) en Laguna de las Ilusiones, Tabasco, México. Tesis de licenciatura en biología, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, México, 64 pp.
- Hossain, M. Y., M. M. Rahman, Z. F. Ahmed, J. Ohtomi y A. Islam A. 2008. First record of the South American sailfin catfish *Pterygoplichthys multiradiatus* in Bangladesh. *Journal of Applied Ichthyology* 24: 718-720.
- Mahoney, J. M. (2007). *Hypostomus Plecostomus*. Rosamond Gifford Zoo.
- Maldonado-Enríquez, E. J. (2015). Contenido de metales pesados en músculo de pez. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 67-73
- Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the World*. John Wiley & Sons, Inc, Canadá. 602 pp.
- Nico, Leo G; Howard L. Jelks y Travis Tuten, 2009b. No nativos ventosa Blindados Bagres en Florida: Descripción de la jerarquía Burrows y Madriguera Colonias con la evaluación de costa Condiciones. Programa de Investigación de Especies acuáticas nocivas (ANSRP) Boletín Vol-09-1 de abril de 2009.
- Nico, L. G. & R. L. Martin. 2001. The South American suckermouth armored catfish, *Pterygoplichtys anitsitsi* (Pisces: Locariidae), in Texas, with comments on foreign fish introductions in the American Southwest. *The Southwestern Naturalist* 46: 98-104.
- OCDE 1984. Directiva de la comisión de 25 de abril de 1984 por la que se adapta por sexta vez al progreso técnico de la directiva 67/548/CEE del consejo relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de la clasificación, envasado y

etiquetado de sustancias peligrosas. Parte C: métodos de determinación de la ecotoxicidad.

- Ramírez-Guevara, N. N. y R. Rodiles-Hernández. 2008. Invasión de bagres armados (Siluriformes: Loricariidae) en la Cuenca del Grijalva-Usumacinta, Chiapas. XII Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación. San Salvador, El Salvador, 12 de noviembre de 2008.
- Tsekenis, G., Filippidou, M. K., Chatzipetrou, M., Tsouti, V., Zergioti, I., & Chatzandroulis, S. (2015). Heavy metal ion detection using a capacitive micromechanical biosensor array for environmental monitoring. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 208, 628–635.
- L. Alvariño, J. Iannacone, J. C. Soto & C. Salcedo (2007). Efecto Toxicológico del “Sachayoco”, *Paullinia clavigera* (Sapindaceae) sobre *Daphnia magna* y sobre Dos Controladores Biológicos de Plagas Agrícolas. *JSBE*, v. 2, n. 1, 15-25.
- U. Forstner and G. T. W. Wittmann. *Metal pollution in aquatic environment*. Berlin, Springer-Verlag., 1983, pp: 30-61.
- Velázquez, V. E. (2013). El pez diablo: Especie invasora en Chiapas. *Lacandonia*, 99-104. Vinodhini, R., & Narayanan, M. (2008). Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish. *J. Environ. Sci. Tech*, 179-182.
- Wakida-Kusunoki, Armando T.; Ramón Ruiz-Caro; Enrique Amador-del-Angel, 2007.
- Amazon siluro sailfin, *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Loricariidae), otras especies exóticas establecidas en el sureste de México. *The Southwestern Naturalist*. 52 (1). Marzo 2007. 141-144.
- Wakida-Kusunoki, A. T. y E. L. Amador del Ángel 2011 Aspectos biológicos del plecos invasor *Pterygoplichthys pardalis* (Teleostei: Loricariidae) en el río Palizada, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 870-878.

- WEBER, C., 1992. Revision du genre *Pterygoplichthys* sensu lato (Pisces, Siluriformes, Loricariidae). *Revue Française d'Aquariologie et Herpétologie* 19: 1-36.