



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Evaluación del Índice de Integridad Biótica (IIB), en el río
Las Margaritas, Veracruz, México.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Biólogo

P R E S E N T A:

BLANCA ESTELA JIMÉNEZ MARTÍNEZ



**DIRECTOR DE TESIS:
Dr. Fernando Alvarez Noguera
2017**

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

1. Datos del alumno
Jiménez
Martínez
Blanca Estela
5527421934
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
309282565
2. Datos del tutor
Dr.
Fernando
Alvarez
Noguera
3. Datos del sinodal 1
Dra.
Edna
Naranjo
García
4. Datos del sinodal 2
M. en C.
José Luis
Bortolini
Rosales
5. Datos del sinodal 3
M. en C.
Héctor Salvador
Espinosa
Pérez
6. Datos del sinodal 4
M. en C.
Gema Yolanda
Armendáriz
Ortega
7. Datos del trabajo escrito.
Evaluación de Índice de Integridad Biótica (IIB), en el río Las Margaritas,
Veracruz, México
65 Pp.
2017

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México, por todo lo que me ha brindado y por el orgullo de pertenecer a esta máxima casa de estudios.

A la Facultad de Ciencias, por todo lo que aprendí en sus aulas y a los excelentes profesores que tuve a lo largo de la carrera.

A la estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas", por todas las veces que dentro de sus instalaciones, pude realizar el análisis de mis muestreos, durante la realización de este estudio.

A la Colección Nacional de Crustáceos, por todo el apoyo brindado, para que pudiera llevar a cabo este trabajo.

Al Taller de Invertebrados de la zona Costera y Arrecifal del Golfo de México y a los profesores que en él imparten, porque durante el tiempo que estuve ahí, siempre aprendí cosas nuevas y que me han ayudado para culminar este trabajo.

A la M. en C. Gema Armendáriz, por todo el apoyo brindado, para poder realizar este trabajo, desde correcciones, sugerencias y motivaciones para seguir adelante, hasta las horas invertidas dentro y fuera del laboratorio, ya que no es fácil encontrar un maestro que se esmere tanto en la realización profesional de sus alumnos y porque además te has convertido en una gran amiga, que siempre me escucha, entiende y apoya. Te quiero y sabes que siempre podrás contar conmigo.

Al Dr. Fernando Alvarez, por el apoyo brindado para que pudiera realizar este trabajo, desde la revisión de este escrito, hasta el esfuerzo realizado en campo durante los muestreos y por las increíbles anécdotas que hacían más amenos los viajes a Los Tuxtlas.

Al Dr. José Luis Villalobos, por su apoyo y por el gran entusiasmo en los muestreos en campo.

A mis sinodales, la Dra. Edna Naranjo García, el M. en C. José Luis Bortolini Rosales y el M. en C. Héctor Salvador Espinosa Pérez, por tomarse el tiempo, esfuerzo, y por las valiosas aportaciones que fortalecieron este trabajo.

Al M. en C. Adán Gómez, por su valiosa ayuda durante la identificación de los peces.

A mis compañeros del taller de invertebrados, por su gran ayuda en el momento de realizar las colectas en campo: Alejandra, Cecilia, Isaias, Viridiana, Eduardo, Alejandro, Alma, Aarón, Angélica, Uziel, Oscar, Olinka y Jorge, por todo lo vivido, gracias.

A Alejandro Monterrosas, por apoyarme al momento de tomar las fotografías.

A la sangha Mar de Lotos, por el gran compañerismo, apoyo y consejos que he encontrado en cada uno de ustedes y en especial a Eduardo López-Bópchi, porque siempre me apoyas y me ayudas a ver las cosas con mayor claridad.

A mis amigos del CCH, por todo lo que hemos vivido juntos “Disfuncionales”, siempre es un gusto poder salir, distraerme y divertirme con ustedes.

A Areli, gracias por estar mi lado, compartirme tus consejos y sobre todo apoyarme en momentos difíciles de mi vida.

A Selene, por compartir tantos momentos inolvidables, desde tomar materias juntas y ser el equipo más rifado, hasta ir a fiestas, salidas al cine o a tomar un café. Porque cada momento a tu lado es único.

A Mari Carmen, por tus valiosos consejos y siempre ayudarme a ponerme de pie, por ser tan divertida y kawai, agradezco mucho la amistad que hemos formado.

A Yiss, por ser mi amiga desde el inicio de la carrera, por siempre estar conmigo, escucharme, apoyarme, abrazarme cuando lo necesito y por todas las aventuras que hemos vivido juntas y por las que aún nos faltan, en esta travesía que se llama vida.

A mi abuelo Elias, por inculcarme buenos valores y por caminar a mi lado.

A Pedrito, por todos los momentos que viví a tu lado, por formar parte de mi vida y por dejar una huella imborrable en mis memorias.

A mi hermosa madre, porque siempre ha sido para mí un ejemplo de esfuerzo y dedicación, por apoyarme en cada instante de mi vida y por nunca quitar el dedo del renglón. Te amo mami.

A mi amigo, colega y cuñado Brayan, por siempre tenderme la mano cuando lo necesito, por tus grandes consejos y por ayudarme a levantarme siempre que tropiezo, por hacerme reír y por mostrarnos tu apoyo incondicional siempre.

A mi hermano Oscar y a mi sobrina Elena, por su apoyo y amor.

A mis hermanas Ana y Dulce, porque siempre me han apoyado, en cualquier decisión que tome, siempre están ahí conmigo, por sus valiosos consejos y porque son parte fundamental en mi vida. Las amo con todo mi corazón.

A David Roa, porque en estos meses, me has demostrado tu apoyo incondicional, y sobre todo, porque crees en mi y llenas mi corazón cada día.

ÍNDICE

RESUMEN-----	1
INTRODUCCIÓN-----	2
Composición y riqueza de especies-----	4
Composición trófica-----	5
Método de obtención del Índice de Integridad Biológica-----	5
Grupos taxonómicos-----	7
Moluscos-----	7
Crustáceos-----	7
Peces-----	8
ANTECEDENTES-----	9
JUSTIFICACIÓN-----	14
OBJETIVOS-----	15
Objetivo General-----	15
Objetivos Particulares-----	15
ÁREA DE ESTUDIO-----	16
Geología y orografía-----	17
Hidrografía-----	18
Vegetación-----	18
Clima-----	19
MATERIALES Y MÉTODOS-----	20
Colecta en campo-----	20
RESULTADOS-----	22
Abundancia y riqueza de especies-----	22
Taxonomía de las especies-----	23

<i>Barynaias (Plagiola) opacata</i> -----	23
<i>Corbicula fluminea</i> -----	24
<i>Melania indiorum</i> -----	25
<i>Melanoides tuberculata</i> -----	26
<i>Pomacea catemacensis</i> -----	27
<i>Tarebia granifera</i> -----	28
<i>Macrobrachium tuxtlaense</i> -----	29
<i>Avotrichodactylus constrictus</i> -----	30
<i>Tehuana diabolis</i> -----	31
<i>Astyanax finitimus</i> -----	32
<i>Ophisternon aenigmaticum</i> -----	33
<i>Pseudoxiphophorus tuxtlaensis</i> -----	34
<i>Rhamdia guatemalensis</i> -----	35
<i>Vieja fenestrata</i> -----	36
<i>Xiphophorus helleri</i> -----	37
<i>Xiphophorus milleri</i> -----	38
Tipo de distribución y alimentación-----	39
Riqueza específica, abundancia e Índices de diversidad, dominancia y equitatividad-----	43
Aplicación del IIB-----	44
Análisis de asociación de Olmstead-Tukey-----	47
DISCUSIÓN-----	49
Abundancia y riqueza de especies-----	49
Moluscos-----	49
Crustáceos-----	50
Peces-----	52
Tipo de distribución y alimentación-----	52

Riqueza específica abundancia e Índices de diversidad, dominancia y equitatividad-----	53
Aplicación del IIB en el río Margaritas-----	54
Análisis de asociación Olmstead Tukey-----	54
Conclusiones-----	56
Literatura Citada-----	57

RESUMEN

El río Margaritas está ubicado en las coordenadas 18° 22' 06.09" N y 95° 01' 00.89" W, con una longitud de 5 km. Localizado en la región de los Tuxtlas, Veracruz, es un pequeño tributario del lago de Catemaco. Este cuerpo de agua se ve afectado por la zona agrícola aledaña, por lo cual es importante monitorear la salud del ecosistema a través de la aplicación de un Índice de Integridad Biótica (IIB). El IIB es una herramienta multi-paramétrica que permite, a partir de una muestra de la comunidad biológica, indicar la condición ambiental de un sitio dado, conjugando elementos estructurales y funcionales de los ecosistemas acuáticos e integrando diferentes características de las comunidades como son: riqueza de especies, presencia de especies intolerantes, número de especies benthicas, nativas, exóticas, proporción de omnívoros, detritívoros, invertívoros y carnívoros, así como el número de peces con anomalías. Se considera una herramienta confiable y de bajo costo. Se realizaron cinco muestreos a lo largo de un año. Los moluscos y crustáceos se colectaron con redes de cuchara, así como de forma manual removiendo rocas. Para los peces se utilizó una red de tipo chinchorro. Los organismos colectados fueron colocados en cubetas con agua del medio, para posteriormente ser contados e identificados, consecutivamente fueron devueltos a su hábitat; en total tres ejemplares de cada especie fueron preservados en alcohol al 70%. Se encontraron 16 especies y se realizaron fichas técnicas que contienen: clasificación taxonómica, tipo y área de distribución, tipo trófico, características, hábitos y el status de conservación de la especie. Se encontraron tres especies introducidas de moluscos: *Tarebia granifera*, *Melanooides tuberculata* y *Corbicula fluminea*. Se identificaron tres crustáceos, el langostino *Macrobrachium tuxtleense* especie endémica y los cangrejos nativos *Avotrichodactylus constrictus* y *Tehuana diabolis*. Se registraron seis especies de peces, de las cuales cinco se comparten con el lago de Catemaco y son endémicas. El valor más alto de diversidad Shannon-Wiener fue en el mes de diciembre 2015 ($H' = 2.52$). La aplicación del IIB, cataloga al río Margaritas en un estado de conservación entre regular y excelente, donde se puede encontrar una estructura trófica balanceada. El 50% de las especies son raras, 25% son comunes y 25% son dominantes. Es preciso tomar medidas de conservación para este río, el cual alberga una gran diversidad en relación a su tamaño.

Palabras clave: Moluscos, crustáceos, peces, endémicas



INTRODUCCIÓN

El término biodiversidad o diversidad biológica hace referencia a la variedad de formas que hay en los organismos vivos, incluyendo los ecosistemas dulceacuícolas, terrestres, marinos y los complejos ecológicos de los que forman parte. Comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (Balmford *et al.*, 2005).

Cerca de dos terceras partes de la biodiversidad mundial se localiza en poco más de una docena de países conocidos como países megadiversos. México, destaca entre ellos siendo la cuarta nación en cuanto a riqueza de especies, debido a su accidentada topografía y compleja geología, permite que se desarrollen todos los ecosistemas terrestres presentes en el mundo. Con más de 11,000 km de costas y un mar territorial que se estima en 231,813 km², México posee también una extraordinaria diversidad marina; como ningún otro país del mundo. Posee un mar exclusivo, que es el Golfo de California, de gran diversidad biológica y alta productividad marina (Sarukhán *et al.*, 2009).

Los ecosistemas acuáticos mantienen una gran diversidad de organismos, incluso mayor a los terrestres, por lo que los impactos provocados por la contaminación, inducen a cambios en la estructura de las comunidades, en la función biológica de los sistemas y de los propios organismos, afectando su ciclo de vida, crecimiento y condición reproductiva (Bartram y Ballance, 1996). Los ecosistemas acuáticos presentan dos semejanzas con los de tipo terrestre, ya que poseen propiedades de resistencia al cambio y cierto grado de resiliencia, propiedad que permite volver al estado original, luego de experimentar cambios moderados. Pero una vez alterados más allá del límite que puede ser manejado por esas dos propiedades, los entornos acuáticos no necesariamente regresarán a su estado inicial (Sánchez, 2007).

La pérdida de la diversidad en ambientes acuáticos ha recibido poca atención, aún cuando la degradación física, química y biológica en estos es ampliamente reconocida como un problema mayor en comparación con los terrestres. Los ecosistemas acuáticos soportan una extraordinaria variedad de especies, muchas de las cuales se están perdiendo, junto con la degradación de sus hábitats, incluso antes de ser descritas. Así mismo, se encuentran sometidos a la influencia antropogénica, lo que ha resultado en distintos grados de perturbación, causando daños irreversibles (Velázquez y Vega, 2004).

El creciente deterioro en los ecosistemas acuáticos ha propiciado el desarrollo de sistemas y métodos que permitan conocer su grado de alteración, provocado por causas naturales y antropogénicas. Como estrategias para valorar las alteraciones en los sistemas acuáticos, se han diseñado los índices bióticos que con frecuencia emplean como nivel de identificación la familia y/o el género de las especies, por lo que éstos son eficientes y fáciles de usar; además permiten no solo detectar la contaminación orgánica, sino también otros tipos de afectaciones (Barbour *et al.*, 1999).



Para efectos de monitoreo se ha privilegiado el uso de las comunidades de macroinvertebrados, debido a su sensibilidad para reflejar condiciones que no son fáciles de determinaren los sistemas acuáticos (Porter *et al.*, 2000). De acuerdo con Cummins (2002), los macroinvertebrados se encuentran representados en varios niveles tróficos, de modo que cualquier cambio en la estructura comunitaria implicaría y/o explicaría cambios en toda la comunidad acuática, dando un fuerte carácter integrador del ecosistema. De acuerdo a lo anterior, el estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos ha ido en aumento, como consecuencia de su aplicación como organismos bioindicadores dentro del proceso de evaluación del medio fluvial, ya que mediante el análisis de la composición taxonómica y la estructura de las comunidades se puede llegar a determinar el grado de alteración producido por diversas perturbaciones antrópicas (Loeb y Spacie, 1994).

Los índices multiparamétricos se encuentran entre los métodos más utilizados para el monitoreo de sistemas acuáticos en la actualidad y están compuestos por una combinación de diversas métricas, incluyendo simples (temperatura, conductividad, pH, total de sólidos disueltos, etc.), así como índices bióticos (Damanik-Ambaritaa *et al.*, 2016). Usualmente incluyen de cinco a 12 parámetros que deben ser construidos o adaptados específicamente para cada ecorregión o incluso, subcuenca (Tabla 1); en esta categoría se encuentran los Índices de Integridad Biótica (IIB) (Carvajal, 2016).

El Índice de Integridad Biótica (IIB), es una herramienta multiparamétrica que permite, a partir de una muestra de la comunidad biológica, indicar la condición ambiental de un sitio dado, conjugando elementos estructurales y funcionales de los ecosistemas acuáticos para conocer el estado aproximado de sus procesos ecológicos y evolutivos (Pérez *et al.*, 2007). Además, el IIB emplea una serie de medidas basadas en la estructura de la comunidad biótica que da señales puntuales sobre la condición del río. Las medidas que incluye el IIB se basan en varios atributos biológicos dependientes de la riqueza de especies, de la composición de especies, de la estructura trófica, de la abundancia y de condiciones individuales (Karr y Chu, 1999).

Según Karr (1981), la integridad biológica se define como “...la capacidad de un ecosistema para soportar y mantener una comunidad adaptada, integrada y balanceada de organismos que tienen una composición de especies, diversidad y organización funcional, comparable a los hábitats naturales de la región...”



Frecuentemente se utilizan 13 criterios para el desarrollo del IIB, basados en tres parámetros, los cuales son: 1) composición y riqueza de especies, 2) composición trófica y 3) abundancia y condición de los peces (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros utilizados en el desarrollo del Índice de Integridad Biótica.

1) Composición y riqueza de especies	2) Composición trófica	3) Abundancia y condición de los peces
a) Número de especies	h) Proporción de omnívoros	l) Número de individuos
b) Presencia de especies intolerantes	i) Proporción de detritívoros	m) Proporción de peces con anomalías
c) Número de especies sensitivas	j) Proporción de invertívoros	
d) Número de especies bénticas	k) Proporción de carnívoros tope	
e) Número de especies nativas		
f) Número de especies exóticas		
g) Índice de diversidad (Shannon-Wiener)		

Composición y riqueza de especies

Especie intolerante es aquella que no se encuentra en un sitio altamente alterado o degradado. Hay especies que son intolerantes a una gran variedad de alteraciones en la calidad del agua, o en la degradación del hábitat, o una combinación de ambos, lo cual conduce a un aumento en las concentraciones de sólidos en suspensión y en los contenidos altos de contaminantes de origen industrial, agrícola y/o urbano (de la Lanza *et al.*, 2000).

Las especies sensitivas son aquellas que se ven afectadas (disminución del número de individuos, cambio en el comportamiento, etc.) cuando se presentan ligeros cambios en las condiciones ambientales del sistema acuático (de la Lanza *et al.*, 2000).

Las especies bénticas son aquellos organismos que viven en contacto con el fondo, ya sea, del mar, lago, río o cualquier cuerpo de agua, los cuales pueden ser sésiles, es decir, que se encuentran fijos en las rocas; vágiles, que pueden desplazarse sobre la superficie del fondo o nectónicos, o que son libres nadadores (de la Llata, 2003).

Las especies nativas son aquellas que se encuentran dentro de su área de distribución original (histórica o actual) de acuerdo con su potencial de dispersión natural, las cuales se encuentran bien adaptadas a las condiciones locales (CONABIO, 2009).

Especie exótica, introducida o no nativa, es aquella que se encuentra fuera de su área de distribución original o nativa (histórica o actual), no acorde con su potencial de dispersión



natural. Este término también puede aplicarse a niveles taxonómicos inferiores, como "subespecie exótica" (CONABIO, 2009).

El índice de Shannon-Wiener es uno de los más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica. El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad (Pla, 2006). Este, se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre uno (baja diversidad) y cinco (alta diversidad), sin embargo, a partir del valor de tres, la comunidad ya se considera diversa. La fórmula del índice de Shannon-Wiener es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

H' = índice de Shannon

p_i = abundancia proporcional de las i -ésimas especies, es igual a (n/N)

n = número de individuos por especie

N = total de individuos de todas las especies

Composición trófica

La proporción de omnívoros se refiere a aquellos organismos que se alimentan de plantas, así como de otros animales. La proporción de detritívoros se refiere a aquellos organismos que se alimentan de detritos o materia orgánica en descomposición. En cuanto a los invertívoros, se refiere a aquellos organismos cuya dieta se basa en el consumo de invertebrados. Finalmente, los carnívoros tope son aquellos que obtienen sus requerimientos nutricionales al consumir carne de otros animales, encontrándose en posiciones superiores, en las redes tróficas (no invertebrados).

Método de obtención del Índice de Integridad Biótica

Para cada uno de los criterios, el investigador debe asignar un valor a la muestra: un signo menos (-), un cero (0), o un signo más (+). Sin embargo, se han asignado valores a cada uno de los grados a partir de la propuesta original: (-)=1, (0)=3, (+)=5. Estos valores se suman para todos los criterios, así como para cada una de las localidades muestreadas y la suma total nos dará como resultado el índice de calidad de la comunidad.

Es importante mencionar que el IIB, debe calcularse individualmente para cada cuerpo de agua analizado. Karr (1981), clasifica el ambiente en seis clases de calidad (Tabla 2), con base en los trece atributos de la comunidad mencionados en la Tabla 1.



Tabla 2. Clases de integridad biótica, atributos y puntuaciones (Karr, 1981).

Clases de integridad	Atributos
Excelente (57-60) pts.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Comparables a las mejores condiciones naturales. ✓ Sin influencias del hombre. ✓ Todas las especies nativas esperadas para el hábitat o tamaños del cuerpo de agua presentes, incluyendo las formas intolerantes. ✓ Estructura trófica balanceada.
Buena (48-52) pts.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Riqueza de especies un tanto por debajo de lo esperado (debido especialmente a la pérdida de las formas intolerantes). ✓ Algunas especies con distribución de la abundancia o de tamaño inferior al óptimo. ✓ La estructura trófica muestra algunos signos de estrés.
Regular (39-44) pts.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Signos de deterioro adicional. ✓ Incluye pocas especies intolerantes. ✓ Estructura trófica más alterada (por ejemplo: aumento en la frecuencia de omnívoros). ✓ Las mayores clases de edad de carnívoros tope pueden ser raras.
Pobre (28-35) pts.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dominado por omnívoros. ✓ Especies tolerantes a la contaminación y de hábitat generalistas. ✓ Pocos carnívoros tope. ✓ Tasa de crecimiento y factores de condición comúnmente disminuidos. ✓ Presencia de formas híbridas y peces con enfermedades.
Muy pobre (<24) pts.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pocos peces presentes. ✓ La mayoría introducidos o en formas muy tolerantes. ✓ Los híbridos son comunes. ✓ Parásitos y enfermedades frecuentes. ✓ Los daños en las aletas y otras anomalías (tumores) son comunes.
Ausencia de peces (0) pts.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los peces están ausentes en repetidos muestreos.

Las ventajas que proporciona este Índice son diversas, como una fácil interpretación, dado que la información está resumida en único valor que se compara con el valor de un patrón, concentran la información de varios niveles de organización ecológica en una sola medida, es una metodología poco costosa, refleja de manera confiable las respuestas biológicas de la biota a la intervención humana y son sensibles a análisis estadísticos univariados (Karr y Chu, 1999; Gerritsen *et al.*, 2000).



Grupos taxonómicos

En este estudio se tomaron en cuenta los moluscos, crustáceos y peces, para desarrollar el IIB del río Las Margaritas, por ser grupos diversos que representan todos los niveles tróficos y relativamente fáciles de identificar. A continuación se presenta una breve reseña sobre las generalidades de cada uno de estos grupos.

Moluscos

Los moluscos son uno de los grupos más diversos y antiguos del reino animal (el segundo después de los artrópodos), con cerca de 100,000 especies actuales y 70,000 extintas. Están ampliamente distribuidos, y representados en casi todos los ambientes, tanto marinos, dulceacuícolas, como terrestres, faltando sólo en las regiones más secas o más frías del planeta. El intervalo de tamaño en estos organismos es extraordinariamente variable, desde las formas microscópicas que habitan en el meiobentos o en la comunidad pelágica, hasta las formas de invertebrados vivientes de mayor talla en el planeta, como son los calamares gigantes (Fernández, 2007)

Los moluscos presentan un cuerpo no segmentado, con cabeza, masa visceral y pie, celoma reducido, tegumento especializado llamado manto o palio, que secreta espículas o conchas calcáreas, la cavidad bucal cuenta con una estructura muscular flexible, armada con hileras diminutas de dientes, llamada rádula. Poseen sistema nervioso con ganglio cerebral, viscerales y pedales, sistema excretor con metanefridios bien desarrollados. Intercambio gaseoso mediante branquias o cavidades vascularizadas en forma de pulmón. Huevos determinados y con segmentación en espiral, desarrollo con presencia de larvas trócofora y véliger o desarrollo directo (Fernández, 2007).

Las diferencias en el diseño corporal básico se dan, principalmente en caracteres de la cabeza, las partes bucales, el pie, la concha y los órganos respiratorios, definiéndose ocho clases en los moluscos vivientes: **Solenogastres**, **Caudofoveata**, **Monoplacophora**, **Scaphopoda**, **Polyplacophora**, **Bivalvia**, **Gastropoda** y **Cephalopoda** (Fernández, 2007).

Crustáceos

Los crustáceos pertenecen al phylum Arthropoda y se caracterizan por presentar dos pares de antenas y apéndices birramios, la mayoría son acuáticos; filtradores, suspensívoros y carnívoros. Tagmosis y regionalización del cuerpo variable, aunque en términos generales se presenta la cabeza (ojos, anténulas, antenas, mandíbulas, maxílulas y maxilas) y el tronco, con un número variable de segmentos, puede estar eventualmente dividido en tórax y abdomen. La cutícula puede estar calcificada. Intercambio gaseoso a través de branquias asociadas a los apéndices y la excreción por medio de glándulas maxilares y antenales por nefrocitos. La mayoría dióicos con gónadas pareadas, en varios grupos el espermatozoide no presenta flagelo; las formas marinas pasan por un estado de larva planctónica llamada



nauplio con tres pares de apéndices (anténulas, antenas y mandíbulas) y un ojo único medio característico (Rivas y Hoffmann, 2007). Actualmente se reconocen 67,000 especies agrupadas en seis clases: **Remipedia**, **Cephalocarida**, **Branchiopoda**, **Maxillopoda**, **Ostracoda** y **Malacostraca** (Ahyong *et al.*, 2011).

En el aspecto biológico, los crustáceos son fundamentales en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos; por su abundancia y diversidad dan estructura a las comunidades de macroinvertebrados que habitan en ellos; por la posición que ocupan en las cadenas tróficas, como consumidores secundarios, se encargan de la transformación de la materia orgánica en energía y proteínas consumibles por los eslabones finales; similar al papel que juega el krill (organismos del género *Euphausia*), que constituye el alimento de grandes ballenas, focas, peces y aves, u otros crustáceos que por sus hábitos cavadores recuperan los nutrientes de capas inferiores del fondo marino y los reciclan hacia la columna del agua (Zaouali *et al.*, 2007).

Peces

Los peces son vertebrados, donde el rasgo común que une a los miembros de este grupo es la presencia, en los más primitivos de una notocorda, que es, en los más evolucionados, recubierta por una columna vertebral (Ruiz, 2004). El número de especies existentes dentro de este grupo no se conoce con exactitud pero sin lugar a dudas este es el grupo más abundante dentro de los vertebrados y algunos autores estiman alrededor de 32,000 especies, las que de acuerdo con la clasificación actual se encuentran distribuidas en 536 familias y 85 órdenes (Nelson *et al.*, 2016). Los podemos definir como animales acuáticos con columna vertebral que respiran a través de branquias y que presentan aletas como apéndices locomotores (Ruiz, 2004).

La forma corporal de un pez está íntimamente relacionada con su forma de vida. Aunque hay muchas formas y tamaños de peces, todos siguen un mismo plan básico estructural. El cuerpo de los peces es generalmente fusiforme e hidrodinámico, como los atunes. Sin embargo, pueden presentar patrones corporales de tipo anguiliforme, como las lampreas; alargado, alto y comprimido; alongado y fuertemente comprimido como los leguados; deprimido como las rayas, con forma de globo, como los peces erizos; truncado, como el pez cofre; largos y cilíndricos como los ophítidos o pequeños y robustos como los braquigaláxidos (Ruiz, 2004). En cuanto a su clasificación, los peces pueden dividirse en tres grupos: **Cephalochordata**, **Chondrichthyes** (peces cartilagosos) y **Osteichthyes** (peces óseos) (Nelson *et al.*, 2016).



ANTECEDENTES

Karr (1981), propuso un sistema de evaluación biótica para la protección efectiva de los recursos de peces de agua dulce, utilizando una serie de atributos de las comunidades relacionadas con la composición de las especies totales y la estructura ecológica, para evaluar a este grupo. Aunado a esto, el sistema de evaluación sirve de manera rápida y relativamente barata como una herramienta exploratoria de la calidad de los recursos hídricos. En este estudio, se plantean seis tipos de clases de integridad, las cuales van desde Excelente, Buena, Razonable, Pobre, Muy Pobre y Sin peces, utilizando 12 parámetros de esta comunidad: 1) número de especies, 2) presencia de especies intolerantes, 3) riqueza de especies y composición de peces de la familia Percidae, 4) riqueza de especies y composición de peces de la familia Catastomidae, 5) riqueza y composición de peces de la familia Centrarchidae (excepto *Lepomis cyanellus*), 6) proporción de organismos de la especie *L. cyanellus*, 7) proporción de individuos híbridos, 8) número de individuos, 9) proporción de omnívoros, 10) proporción de ciprinidos insectívoros, 11) proporción de carnívoros superiores y 12) proporción de individuos con enfermedades, daños en aletas y otras anomalías.

Diversos estudios acerca de la evaluación de sistemas acuáticos se han realizado en México, como el de Sánchez y García (1999), donde presentan una alternativa para la determinación de parámetros fisicoquímicos para evaluar la calidad del agua en arroyos y ríos, así como información para que se utilice el biomonitorio basado en indicadores biológicos para dar más sustento a este tipo de evaluaciones.

Lyons *et al.* (2000), en su estudio “Desarrollo de un Índice preliminar de Integridad Biótica (IIB) basado en peces: Ensamblajes para evaluar la condición del ecosistema en los lagos del centro de México”, construyeron un IIB empleando datos históricos sobre las comunidades de peces para el lago de Xochimilco, Cuitzeo, Chápala y Pátzcuaro. Mencionan que este índice es un método de fácil aplicación para evaluar la salud del ecosistema, así como el resultado de los esfuerzos de restauración de estos lagos. Utilizan 10 indicadores para llevar a cabo la aplicación del índice: 1) número de especies nativas en total, 2) número de especies nativas comunes, 3) número de especies la familia *Goodeidae*, 4) número de especies del género *Chirostoma*, 5) número de especies sensitivas, 6) porcentaje de la biomasa de especies tolerantes, 7) porcentaje de la biomasa de especies exóticas, 8) porcentaje de la biomasa de especies nativas carnívoras, 9) longitud estándar máxima de especies nativas y 10) porcentaje de especies exóticas de parásitos invertebrados sobre o en los peces nativos. Encontrando una degradación relativa en los cuatro lagos.

Velázquez y Vega (2004), publicaron, “Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos”, en donde mencionan las características generales del IIB y las características que tienen las comunidades de peces para ser consideradas como indicadores de la salud ambiental del ecosistema en el que se encuentren, ya que estos organismos son relativamente fáciles de capturar e identificar. Profundizan también en



aspectos sobre la riqueza y composición de especies, la estructura trófica, así como la abundancia y condición de los peces y finalmente explican el método de obtención del IIB.

Campbell (2007), realizó la evaluación de macroinvertebrados, en el río Pixquic, Veracruz. En este trabajo también se capacitó a voluntarios de la comunidad para que pudieran monitorear las condiciones del agua con este método estandarizado y de bajo costo, dicho trabajo se basó en la colecta de insectos y se muestrearon seis localidades del lugar, encontrando entre 100 y 200 tipos de insectos determinándose de manera general. De acuerdo al número de individuos de cada grupo se clasificaron como abundantes (+10 individuos), comunes (4 a 9 individuos), o raros (1 a 3 individuos), obteniendo como resultado una disminución en los valores del índice a partir del incremento de presencia humana en esta zona.

López *et al.* (2007), realizaron un estudio con base en la aplicación de un sistema multimétrico para la bioevaluación de la contaminación en diferentes épocas del año (sequía, lluvia y post lluvia) en el cauce principal de la cuenca Lerma-Chapala. La bioevaluación incluyó siete determinaciones fisicoquímicas para el cálculo de un Índice de Calidad del Agua (ICA), un Índice Biótico Extendido (IBE) a partir de las comunidades macrobentónicas y la aplicación de bioensayos con semillas de sorgo. Encontrando que hay diferencias en el río Lerma y el lago de Chápala, dado que para el primero los índices arrojaron que se encuentra entre los intervalos de contaminado a altamente contaminado, aunque esto depende de la época, ya que en lluvia y post lluvia, el río mejora, además con la aplicación de estos índices llegaron a la conclusión de que la parte más contaminada del río es la cuenca media.

Millán y Ojeda (2007), realizaron un estudio en el río Máquinas en Veracruz, mediante el uso de macroinvertebrados y peces para monitorear la salud de este ecosistema. Encuentran que la parte alta del río se caracteriza por presentar zonas de baja riqueza, abundancia y productividad, por el contrario de la parte baja del río. Finalmente el resultado de la aplicación del IIB arrojó un valor de 48 puntos, lo cual significa que el río Máquinas se encuentra en un buen estado de salud.

Peralta (2007), diseñó un IIB para los lagos interdunarios de la región costera central del estado de Veracruz. En dicho trabajo describió y caracterizó fisicoquímicamente el agua de 15 lagos interdunarios, además de su relación con el uso de suelo, encontrando que los lagos menos eutrofizados o no eutrofizados son aquellos en los que las actividades antropogénicas son muy pocas. Por el contrario de aquellos ríos en los que se realizan muy cerca actividades ganaderas y agrícolas. En este estudio se definió la estructura y composición de las comunidades de insectos acuáticos presentes en los lagos, para el diseño del IIB, el autor propone cuatro clases de integridad: Muy buena, Buena, Regular y Mala.

Contreras *et al.* (2008), realizaron una evaluación en todo el país de peces de agua dulce y el estado del agua en México, en donde encuentran que la cuenca del río Bravo es considerada como una de las más deterioradas del país. Sin embargo, ha habido gran pérdida



de especies nativas y aumento de especies exóticas en muchas cuencas del país, como son río Balsas, río Lerma-Santiago y río Grande. Ellos mencionan que ha ido en aumento el número de especies reportadas con algún grado de riesgo, al igual que la tendencia de especies colonizadoras, exóticas y especies en riesgo de peces mexicanos. En cuanto al IIB, los valores obtenidos fueron de un 70 a 95% en tramos superiores, disminuyendo de 0-35% en tramos inferiores en cuencas centrales del oeste, hasta un 15% en río Grande. Cabe mencionar que fueron identificadas varias especies exóticas de pecos, en los ríos Balsas, complejo Grijalva-Usumacinta, así como en río Bravo.

Ortega *et al.* (2010), presentaron un estudio basado en la evaluación de índices biológicos de calidad ambiental y conservación, en el río Bajo Urubamba, Perú, monitoreos biológicos entre los años 2003 y 2009, en cinco localidades de la zona, estudiando las comunidades de plancton, dentro de las cuales se encontraron 170 especies, bentos con 112 especies principalmente de larvas e insectos y peces con 176 especies. Utilizando como criterios para la aplicación del IIB: 1) número de especies, 2) composición de órdenes representativos de peces (Characiformes, Siluriformes y Gymnotiformes), 3) presencia de peces periféricos (marinos) y secundarios (tolerantes), 4) presencia de peces omnívoros, 5) presencia de peces carnívoros, 6) presencia de peces detritívoros, 7) número de ejemplares colectados, 8) buena apariencia y 9) condición saludable de los peces; obteniendo como resultado los valores de Buena y Muy Buena para las zonas de Miraría y Sepahua.

Moya *et al.* (2011), trabajaron en la cuenca del río Grande en Bolivia, en 93 sitios de muestreo (63 sitios de referencia y 28 sitios perturbados), aplicando un Índice Multimétrico, para discriminar la variabilidad ambiental natural de la antropogénica, utilizando cinco criterios para la aplicación final del índice: 1) riqueza total, 2) abundancia total, 3) riqueza de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT), 4) porcentaje en abundancia en EPT y 5) porcentaje en abundancia de raspadores. Encontraron un total de 53 taxa de macroinvertebrados acuáticos, entre los cuales se encontraron en su mayoría organismos de la clase Insecta, seguidos de dos familias de la clase Gasterópoda, una familia de la clase Crustacea, así como representantes de los grupos Oligochaeta, Tricladida, Hirudinea, Nematoda y Acari. Lograron distinguir los sitios de referencia de los perturbados.

Ramírez *et al.* (2012), aplicaron dos IIB en la subcuenca del río Angulo, ubicada en el centro de México, utilizando peces como bioindicadores del ambiente, encontraron un total de 22 especies. Muestrearon 16 zonas, utilizando como criterios para la aplicación del IIB: 1) posición en la columna de agua, 2) tolerancia a la degradación ambiental, 3) hábitos de alimentación, 4) formas de reproducción y 5) talla máxima, encontrando siete sitios con una integridad biótica pobre, cuatro regular y cinco buena.

Pinilla *et al.* (2014), evaluaron la integridad de diferentes ríos en Colombia, a través de la determinación y monitoreo de diferentes IIB, para cuatro comunidades acuáticas: perifiton, macroinvertebrados, vegetación ribereña y peces, utilizando distintos criterios de evaluación, es decir, para el primer grupo se midió composición, abundancia, dominancia, porcentaje de especies acidobiontes, porcentaje de eutrafénticas, porcentaje de móviles,



clorofila, peso seco; en el caso de los macroinvertebrados se tomaron en cuenta abundancias relativas de grupos funcionales, relaciones entre número de taxones de los grupos funcionales, número de taxones sensibles (efemerópteros, plecópteros, tricópteros), número de taxones tolerantes (dípteros, quironómidos, oligoquetos), índice biótico de familias de Hilsenhoff, BMWP; para el IIB de la vegetación se incluyeron las siguientes variables, área (cobertura en porcentaje), altura promedio, condición de las plantas, densidad, grupos taxonómicos, porcentaje relativo de formas de vida (herbáceas, graminoides, arbustivas, arbóreas, acuáticas), especies exóticas, especies sensibles a la desecación y a la inundación, porcentaje de especies anuales, porcentaje de especies perennes, número de especies nitrofilicas y finalmente en el caso de los peces se midió distribución (estenóicas o eurióicas), gremios tróficos, abundancia relativa, riqueza, diversidad, número de especies de rápidos, de especies bénticas de piscinas, de especies pelágicas de piscinas, de especie intolerantes a baja calidad, de especies exóticas, número de ejemplares con anomalías. Con el fin de hacer un seguimiento a los efectos, que puede producir la reducción del caudal a mediano y largo plazo.

Piñón *et al.* (2014), estimaron un IIB para las Asociaciones de Macroinvertebrados Acuáticos (IIBAMA), en la microcuenca del río Chiquito, Michoacán, muestrearon en seis diferentes zonas del lugar y una de afuera para utilizarla como referencia. Encontraron 51,474 organismos, distribuidos en cuatro diferentes Phyla y se enfocaron en los artrópodos, específicamente en la clase Insecta con 59 familias reportadas, dentro de las cuales, la estructura trófica estaba conformada principalmente por el grupo de los depredadores, aunado a esto la mayor riqueza de taxones fue de los organismos que viven fijos al substrato del cauce, encontrándose en casi todos los sitios. En cuanto a la aplicación del índice, se encontró que la zona intermedia de la microcuenca se encuentra afectada en la condición hidráulica, calidad ambiental y en su integridad biótica, mientras que los sitios mejor conservados se encuentran en la cabecera del río y en la zona baja observaron la capacidad de “resiliente” al restablecerse las comunidades de macroinvertebrados y los parámetros ambientales.

Fisch *et al.* (2015), calcularon el IIB, para un área estuarina al sur de Brasil, utilizando comunidades de peces, con el fin de evaluar las fluctuaciones que hayan ocurrido en los últimos años. Establecieron 11 atributos: 1) número de especies, 2) número de especies con alta vulnerabilidad, 3) número de especies con baja vulnerabilidad, 4) número de siluriformes, 5) número de perciformes, 6) número de especies herbívoras, 7) número de especies detritívoras, 8) número de especies carnívoras, 9) número de especies omnívoras, 10) número de especies pelágicas y 11) número de especies bénticas. Utilizaron cuatro grados de degradación que van desde Bueno, Regular, Pobre y Muy pobre, durante un año de muestreo. Encontraron que para este estuario y de acuerdo también con datos históricos, para los años 2000-2002 hubo una integridad biótica de calidad pobre, siendo de calidad regular para los años 2003-2005 y una regresión para pobre en los años 2012-2013.

Carvajal (2016), estimó un IIB, basado en macroinvertebrados acuáticos, con el fin de evaluar la calidad biológica de las subcuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco en



Ecuador. Para este estudio se utilizaron siete atributos: 1) riqueza de familias, 2) riqueza de morfo especies, 3) riqueza de taxones EPT, 4) índice de Shannon Wiener, 5) abundancia de Chironomidae, 6) BMWP, 7) índice de Margalef, y 8) dominancia de Simpson (D), así como cuatro grados de degradación que van desde Muy buena, Buena, Pobre y Muy pobre. El autor encontró una correlación lineal negativa muy significativa frente a la degradación de origen antrópico que experimentan los ecosistemas acuáticos.



JUSTIFICACIÓN

La pérdida de la biodiversidad en ambientes acuáticos ha ido en aumento durante los últimos años debido a diferentes causas, una de ellas es la provocada por actividad antropogénica. Sin embargo, son pocas las medidas que se han tomado respecto a este problema de gran importancia dado que los ecosistemas acuáticos albergan una gran diversidad de organismos, muchos de los cuales se están perdiendo sin haber sido descritos. Debido a la importante y urgente necesidad de evaluar el estado de conservación de los ecosistemas acuáticos, se han propuesto métodos indirectos para estimar el estado de salud del ecosistema. En este estudio, se desarrolla la aplicación de un Índice de Integridad Biótica (IIB) específico para el río Margaritas, que es un pequeño tributario del lago de Catemaco que contiene especies endémicas de la región y que puede convertirse en una importante área de conservación. Se plantea que una vez construido el IIB su aplicación será de utilidad para monitorear su estado.



OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la salud general del río Margaritas a través de la aplicación de un Índice de Integridad Biótica (IIB).

Objetivos Particulares

- 1) Determinar la abundancia y riqueza de moluscos, crustáceos y peces.
- 2) Establecer las especies intolerantes, bénticas, nativas, endémicas, introducidas, omnívoras, carnívoras y detritívoras.
- 3) Determinar la diversidad, dominancia y equitatividad, para el río Margaritas.
- 4) Diseñar un Índice de Integridad Biótica, con el fin de determinar el grado de salud o conservación del río.



ÁREA DE ESTUDIO

El río Margaritas se ubica en el municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz, entre las coordenadas 18° 22' 06.09" N y 95° 01' 00.89" W, con una longitud aproximadamente de 5 km y una elevación de 345 m. Esta región limita al norte con el golfo de México, al este y sureste con la región Olmeca y al oeste con la región del Papaloapan. Está integrada por cuatro municipios: Catemaco, Hueyapan de Ocampo, San Andrés Tuxtla y Santiago Tuxtla (Figura 4).

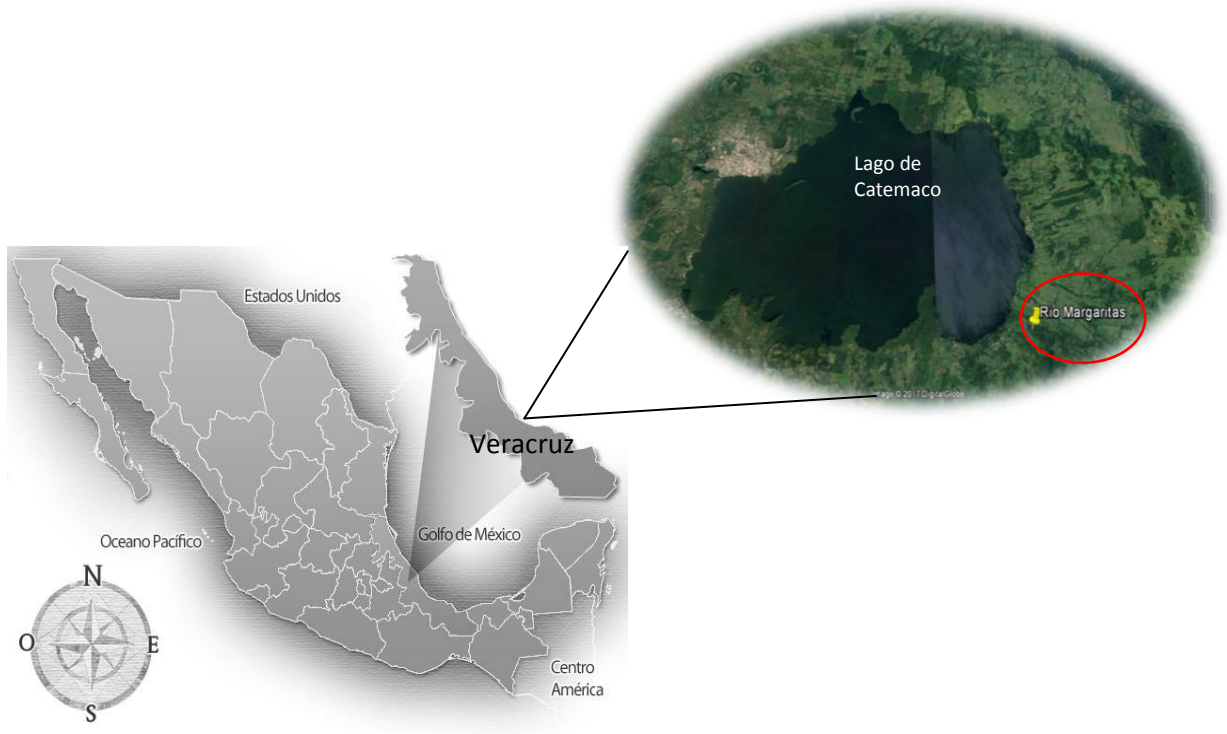


Figura 1. Localización del área de estudio (Tomada de Google Earth, 2017).





Figura 2. Diferentes zonas de muestreo en el río Margaritas.

Geología y orografía

La región de Los Tuxtlas presenta un relieve principalmente volcánico, constituido por el macizo de San Andrés o de Los Tuxtlas, que contrasta con las tierras bajas y pantanosas de la cuenca de sedimentación de Veracruz que la circunda. Los sedimentos más antiguos que afloran en el área son tobáceas y areniscas marinas de la formación de La Laja del Oligoceno (Martin-Del Pozzo, 1997).

La topografía de la región origina que los ríos de la Reserva desciendan para aportar sus aguas a diferentes cuencas (la red de drenaje es básicamente radial, debido a las cimas montañosas); así, por el este y oeste la región Olmeca y el río Papaloapan alimentan al lago de Catemaco, por el suroeste al río San Juan, afluente del Papaloapan; por el sur al río Coatzacoalcos; por el sureste a la laguna del Ostión; por el lado noreste y noroeste a la laguna de Sontecomapan, y por el norte, noreste y este, existen varias pequeñas cuencas que desaguan directamente al Golfo de México. Algunos ríos permanentes importantes son: Oro, Salinas, hacia la costa del Golfo, zona norte de la Reserva; Dos Pasos, Seco, Tajalate, Tenango, Xoteapan, Río Grande (hacia la Cuenca del Papaloapan, a los municipios de San Andrés Tuxtla, Santiago Tuxtla y Ángel R. Cabada); Cuetzalapan, Coxcuapan,



Yohualtjapan, Carrizal, Huatzinapan, Ahuacapan, (hacia el lago de Catemaco y a la Laguna de Sontecomapan); Osuluapan, Huazuntlan, Texizapan, Platanillo-Acayucan, hacia los municipios de Acayucan, Minatitlán, Jáltipan y Coatzacoalcos y otros; Pilapa y Socapa, hacia la laguna del Ostión y Golfo de México, parte sur (CONANP, 2006).

Hidrografía

La región de Los Tuxtlas queda comprendida dentro de las Regiones Hidrológicas No. 28 y 29. La Región Hidrológica 28 pertenece a la Cuenca del río Papaloapan, una de las tres más importantes del país, con un gasto medio de 68.01 m³/s y un área de drenaje total de 57,756 m². Por su parte, la Región Hidrológica 29 abarca las cuencas de los ríos Coatzacoalcos, Tonalá, Santa Ana y Seco, cubriendo un área total de 29,802 km² (CONANP, 2006).

Vegetación

En esta región se pueden encontrar nueve tipos de vegetación: bosque caducifolio, encinar, manglar, sabana, selva alta perennifolia, selva baja perennifolia, selva mediana subcaducifolia, pinar y vegetación costera (Ibarra *et al.*, 1997). Sin embargo, la clasificación puede variar de acuerdo a diferentes autores, como puede observarse en la tabla 3, al menos hay cuatro clasificaciones diferentes para esta región.

Tabla 3. Tipos de vegetación definidos por distintas instituciones.

Instituto de Ecología, A. C. . 1994	Compilación PSSM, A. C. 1996	Sousa, 1968	Compilación UNAM 1997 (Sousa, 1968)
Bosque mesófilo de montaña	Bosque caducifolio	Bosque caducifolio	Bosque caducifolio
Acahual de bosque mesófilo de montaña	Encinar semi cálido	Encinar	Encinar
Encinar	Manglar	Manglar	Manglar
Acahual de encino	Pinar tropical	Pinar	Pinar
Manglar	Sabana	Sabana	Sabana
Sabana	Selva alta o mediana perennifolia	Selva alta perennifolia	SAP de las cimas de montaña*
Selva alta perennifolia	Selva baja perennifolia	Selva mediana subcaducifolia	SAP sobre suelos jóvenes
Acahual de selva	Selva media subperennifolia	Vegetación costera	Selva alta perennifolia
Selva mediana perennifolia	Selva o bosque de niebla		Selva baja perennifolia
Selva baja perennifolia inundable	Vegetación costera		Selva mediana subcaducifolia
Pinar	Vegetación de zonas inundables		Vegetación costera
Vegetación de dunas costeras			Vegetación de zonas perturbadas
Pastizal			

*tipo de vegetación reportado para la Estación de Biología de la UNAM (CONANP, 2006).



Clima

El clima de esta región se encuentra influido por varios factores, entre los que se encuentran la configuración del terreno determinada por la presencia de la sierra, la altitud y la exposición y posición de los lugares con respecto a los vientos húmedos provenientes del Golfo de México. A estos factores hay que agregar el comportamiento del sistema de vientos y la presencia de perturbaciones atmosféricas como los ciclones en verano o los nortes en invierno (Soto y Gama, 1997).

En esta región se encuentran cinco variantes del grupo de climas cálido húmedos (Af(m), Am, Aw₀, Aw₁ y Aw₂), dadas principalmente por las condiciones de humedad, además del subgrupo semicálido (A(C)). Adicionalmente, se observa que por arriba de los 1,600 m de altitud se alcanzan temperaturas de 18°C, por lo que el clima se clasifica ya como templado. Siendo el clima cálido a semicálido, con una temperatura media anual de 24°C a 26°C y una precipitación anual que oscila entre los 1,850 mm y los 4,600 mm (Soto y Gama, 1997).



MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron cinco colectas, durante los meses de mayo, agosto y diciembre del 2015 y en los meses de abril y junio del 2016 a lo largo del río Margaritas (Figura 2). En cada muestreo se colectaron los organismos (moluscos, crustáceos y peces) para su posterior identificación.

Colecta en campo

Se colectaron los diferentes grupos de organismos en tres diferentes puntos del río Margaritas, además en diferentes microambientes, es decir, organismos que se encontraban asociados a vegetación riparia, organismos que se encontraban en el cauce del río, así como organismos asociados a las rocas.

En el caso de la colecta de moluscos y crustáceos, para los organismos asociados a vegetación riparia, se introdujo una red de cuchara, de aproximadamente 5 mm de apertura de malla, en la parte más profunda del punto de colecta, agitando la misma, desde las raíces y a lo largo de toda la vegetación (Figura 3A). Para aquellos organismos que se encontraron en el cauce del río, se colocó la red de cuchara a contra corriente, mientras se removían rocas y sedimento. En cuanto a la colecta de los organismos asociados a rocas, ésta se hizo de forma manual, removiendo rocas dentro del área de muestreo (3D).

Para la colecta de peces se utilizaron redes de cuchara, siguiendo el procedimiento mencionado para moluscos y crustáceos asociados a vegetación riparia, así como aquellos organismos que se encontraron en el cauce del río. En zonas más profundas y sin fondo rocoso se utilizó una red de tipo chinchorro (Figura 3B), recorriendo una distancia aproximada de cuatro metros a lo largo del río.

Todos los organismos fueron colectados en cubetas con agua del medio (Figura 3C), para después ser contados e identificados con la ayuda de claves taxonómicas, literatura especializada y consulta a expertos (3E). Posteriormente fueron separados por morfotipos (Figura 3F). Finalmente los organismos fueron liberados, mientras que otros (tres ejemplares por colecta), fueron fijados en alcohol al 70% para su preservación y posterior análisis.

Cabe mencionar que dentro de todos los organismos colectados y revisados, no se encontró ninguno que presentara algún tipo de malformación, lo cual es importante dado que es un parámetro que se toma en cuenta para la aplicación de criterios en el IIB.





Figura 3. A) Colecta de organismos con la red de cuchara, B) Colecta de peces con la red de chinchorro, C) Depósito de los organismos colectados en cubetas, D) Búsqueda de moluscos entre las rocas, E) Identificación de crustáceos, F) Separación de los peces por morfotipo.



RESULTADOS

Abundancia y riqueza de especies

Se colectaron 816 organismos en total, durante los cinco muestreos, de los cuales, el 13% son moluscos con un total de 107 individuos, y seis especies: *Barynaia (Plagiola) opacata*, *Corbicula fluminea*, *Melania indiorum*, *Melanoides tuberculata*, *Pomacea catemacensis* y *Tarebia granifera*; 43% crustáceos representados por 352 individuos distribuidos en tres especies: *Macrobrachium tuxtleense*, *Avotrichodactylus constrictus* y *Tehuana diabolis*; el 44% peces, con 352 individuos en siete especies: *Astyanax finitimus*, *Ophisternon aenigmaticum*, *Pseudoxiphophorus tuxtleensis*, *Rhamdia guatemalensis*, *Vieja fenestrata*, *Xiphophorus helleri* y *Xiphophorus milleri* (Tabla 4).

Tabla 4. Número de organismos encontrados en cada uno de los muestreos.

Nombre de la especie	mayo-2015	agosto-2015	diciembre-2015	abril-2016	junio-2016	Total de organismos por especie
<i>Barynaia (Plagiola) opacata</i>	0	0	0	4	0	4
<i>Corbicula fluminea</i>	0	0	4	2	2	8
<i>Melania indiorum</i>	0	0	1	0	2	3
<i>Melanoides tuberculata</i>	6	20	0	0	3	29
<i>Pomacea catemacensis</i>	3	3	18	3	0	27
<i>Tarebia granifera</i>	0	5	0	0	31	36
<i>Macrobrachium tuxtleense</i>	57	24	16	106	65	268
<i>Avotrichodactylus constrictus</i>	3	7	15	48	3	76
<i>Tehuana diabolis</i>	2	2	0	1	3	8
<i>Astyanax finitimus</i>	0	0	2	17	3	22
<i>Ophisternon aenigmaticum</i>	0	0	0	3	0	3
<i>Pseudoxiphophorus tuxtleensis</i>	22	58	5	43	73	201
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Vieja fenestrata</i>	0	1	0	1	1	3
<i>Xiphophorus hellerii</i>	0	25	4	37	57	123
<i>Xiphophorus milleri</i>	0	0	0	4	0	4
Total de organismos por fecha de muestreo	93	145	65	270	243	

Total 816

Como se puede observar en la tabla 4, la especie más abundante durante todo el muestreo es *M. tuxtleense* con un total de 268 individuos, seguido por *P. tuxtleensis* y *X. hellerii*, con 201 y 123 respectivamente. Las especies de peces con menor abundancia fueron



R. guatemalensis con un individuo; *V. fenestrata*, *O. aenigmaticum* y *M. indiorum* con tres individuos cada uno.

En cuanto a los meses de colecta el mes de abril del 2016, reporta el mayor número de organismos con un total de 270 individuos (33%), por el contrario, el mes de diciembre del 2015 se encontró un menor número de organismos, con tan solo 65 individuos (8%).

Taxonomía de las especies

Phylum Mollusca Linnaeus, 1758

Clase Bivalvia Linnaeus, 1758

Familia Unionidae Rafinesque, 1820

Género *Barynaias* Crosse y Fischer, 1894

Barynaias (Plagiola) opacata (Crosse y Fischer, 1983)

(Fig. 4)

Nombre común: Almeja.

Especie Nativa

Tipo trófico: Los mejillones adultos filtran continuamente las partículas de alimento (Allen, 1992).

Distribución: Veracruz, México.

Número de ejemplares revisados: 4

Características: Los ejemplares más viejos presentan una coloración oscura (prácticamente negro). Una aplicación de ácido oxálico para algunos de los más jóvenes revela una tonalidad marrón con líneas de color verde olivo. Los umbones presentan estrías con una ligera tendencia a estar doblemente enrollados (Baker, 1922). Las tallas máximas que han sido registradas para Los Tuxtlas, son longitud de 55.8 mm, altura 36 mm y ancho 24 mm (Millán, 2012).

Hábitos: Se encuentra en ambientes de agua dulce, en sustrato suave de tipo arenoso principalmente y en las zonas de limos. En las áreas de mayor agregación, la distribución de los ejemplares de mayor tamaño se presenta con una separación de 1-2 m entre cada individuo (Millán, 2012).

Estado de conservación: No evaluado.



Figura 4. *Barynaias (Plagiola) opacata*.



Familia Cyrenidae Gray, 1847

Género *Corbicula* Megerle Von Mühlfeld, 1811

Corbicula fluminea (O.F. Müller, 1774)

(Fig. 5)

Nombre común: Almeja.

Especie invasora-introducida

Tipo trófico: Los mejillones adultos filtran continuamente las partículas de alimento (Allen, 1992).

Distribución: En México se han registrado hacia el norte del país en las vertientes del Pacífico y del Golfo.

Número de ejemplares revisados: 8

Características: El umbo se encuentra localizado centralmente en el margen dorsal, encontrándose dientes en ambos lados del mismo, al ser el umbo alto, le da una forma triangular o agudamente oval. Por lo general son de color amarillo, color marrón oscuro claro o negro, dependiendo de la edad y las condiciones ambientales (Nedeau *et al.*, 2005).

Hábitos: Podemos encontrar a este organismo tanto en aguas lólicas como lénticas y en varios tipos de sustrato como sedimentos suaves, en los que se encuentra sobre éste o semienterrada; prefiere aguas claras bien oxigenadas, posee poca tolerancia a las bajas temperaturas (2-30°) (lo que puede producir cambios en el tamaño de las poblaciones de un año a otro en los cuerpos de agua más al norte) (Naranjo-García y Olivera, 2014).

Estado de conservación: De acuerdo a la Lista Roja de las Especies Amenazadas (IUCN), esta especie se encuentra catalogada como de preocupación menor (LC), dado que se considera altamente invasiva (Aldridge *et al.*, 2012).

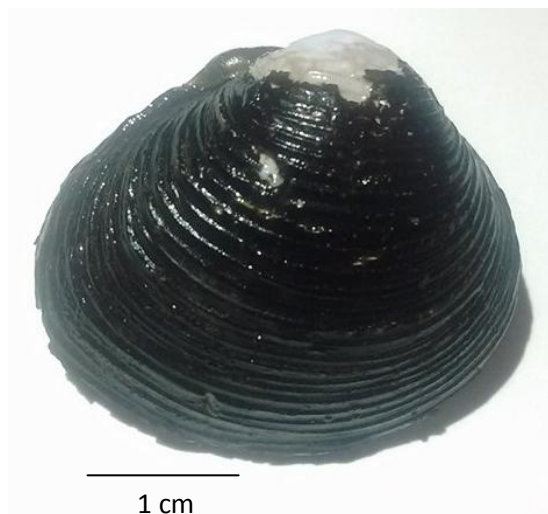


Figura 5. *Corbicula fluminea*.



Clase Gastropoda Cuvier, 1797

Superfamilia Cerithioidea Fleming, 1822

Familia Pachychilidae P. Fischer y Crosse, 1892

Género *Melania* Lamarck, 1799

Melania indiorum Morelet, 1849

(Figura 6)

Nombre común: Caracol de agua dulce.

Especie nativa

Tipo trófico: Se alimentan de algas que crecen sobre las rocas y también de algunos frutos que caen de los árboles (Avendaño *et al.*, 2010)

Distribución: Palenque, Chiapas, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca; San Andrés Tuxtla, Veracruz (río Máquinas y río Las Margaritas).

Número de ejemplares revisados: 3

Características: Concha dextrógira y cónica (ángulo de 30°), de 5 a 6 vueltas con giros aplanados y suturas poco profundas, altura 29 mm y ancho 13 mm, color café oscuro con ombligo poco marcado. La abertura es relativamente amplia abarcando el 40% del total de la altura, más alta que ancha (12 mm y 7 mm respectivamente) es estrecha y angosta en la abertura posterior y ovalada en la abertura interior, el extremo anterior de la concha se encuentra levemente alargado. El opérculo es de color café oscuro, delgado y corneo de tipo pauciespiral con una espira muy amplia (Millán, 2012).

Hábitos: Es una especie dulceacuícola y la podemos encontrar en lechos de ríos rocosos con corriente moderada y agua cristalina (Avendaño, 2004). Es una especie bioindicadora de ambientes no contaminados (Naranjo-García y Meza, 2000).

Estado de conservación: No evaluado.



1 cm

Figura 6. *Melania indiorum*.



Superfamilia Cerithioidea Fleming, 1822

Familia Thiaridae Gill, 1871

Género *Melanoides* Olivier, 1804

Melanoides tuberculata (Müller, 1774)

(Figura 7)

Nombre común: Caracol malasio o caracol malayo.

Especie invasora-introducida

Tipo trófico: Se alimenta de microalgas, detritos, algunas hojas de plantas, así como animales muertos (Van Damme y Lange, 2017) (omnívoro).

Distribución: En México esta especie se ha registrado en los estados de Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Durango, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Puebla, Quinta Roo, Tamaulipas, Veracruz y Tabasco (Albarrán *et al.*, 2009).

Número de ejemplares revisados: 29

Características: Conchas con giros redondeados que están esculpido con hilos y surcos en espiral y líneas transversales que se desarrollan en costillas bajas; este tipo de superficie esculpida produce a veces un patrón nodular o reticulado, donde los elementos transversales y espirales se interceptan (Burch, 1982).

Hábitos: Ambientes lénticos y lóticos con diferentes grados de eutrofización y en ambientes urbanos contaminados.

Estado de conservación: De acuerdo con la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN), esta especie se encuentra en estado de preocupación menor (LC) ya que cuenta con una distribución muy amplia a nivel mundial, encontrándose en todo África, Asia, al sur de China y Japón, Malasia, Indonesia y Oceanía, al sur de España, al norte, sur y centro del continente Americano. Además no se considera que esta especie tenga algún tipo de amenaza que pueda afectar a sus poblaciones. Puede tener éxito en ambientes que se encuentren fuertemente impactados por el hombre como en lagos eutrofizados, arrozales o canales; siendo también resistente a sequías severas (Van Damme y Lange, 2017).



1 cm

Figura 7. *Melanoides tuberculata*.



Orden Architaenioglossa Haller, 1890

Familia Ampullariidae Gray, 1824

Género *Pomacea* Perry, 1812

Pomacea catemacensis (H. B. Baker, 1922)

(Figura 8)

Nombre común: Tegogolo.

Especie endémica y nativa de Catemaco

Tipo trófico: Los caracoles pómaceos pueden alimentarse de macrófitas u hojas verdes, peces o animales muertos e incluso microalgas (Vázquez *et al.*, 2011) (Omnívoro).

Distribución: En el estado de Veracruz, lago de Catemaco.

Número de ejemplares revisados: 27

Características: Presenta una concha globosa y delgada, con una altura de 30-40 mm y un diámetro de 88-102 mm. Su color va de café amarillo a verde olivo o café oscuro, con 25 a 40 bandas color café en la espira. Espira muy baja. Vueltas 4 a 5 que se expanden muy rápido. Ápice algo aplanado (Naranjo-García y Meza, 2000).

Hábitos: Ambientes de agua dulce, se puede encontrar sobre la vegetación u otros materiales sumergidos. Es un indicador de ambientes no contaminados o moderadamente contaminados (Millán, 2012).

Estado de conservación: No evaluado.



1 cm

Figura 8. *Pomacea catemacensis*.



Superfamilia Cerithioidea Fleming, 1822

Familia Thiaridae Gill, 1871

Género *Tarebia* H. Adams y A. Adams, 1854

Tarebia granifera Lamarck, 1822

(Figura 9)

Nombre común: Caracol.

Especie invasora-introducida

Tipo trófico: Se alimenta de detritos, algas y diatomeas (Oglesby, 1977).

Distribución: Ampliamente distribuida en el estado de Veracruz, siendo el primer registro en el lago de Catemaco (Naranjo-García *et al.*, 2005), río Máquinas (Millán y Ojeda, 2007), río Margaritas, río Tuxpan y Tecolutla (Oliveros *et al.*, 2008) y Tabasco.

Número de ejemplares revisados:36

Características: Concha con giros aplanados, especialmente los de la espira; superficie esculpida en espiral por filas de cuentas o nódulos, los cuales se encuentran alineados en filas transversales (Burch, 1982).

Hábitos: Podemos encontrar esta especie desde la orilla de cuerpos lénticos y lóticos, hasta metro y medio de profundidad. Aunque también se adapta a diferentes ambientes antropogénicos como piscinas y canales.

Estado de conservación: De acuerdo con la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN), esta especie se considera en un grado de preocupación menor (LC), dado que es una especie muy extendida a nivel global, encontrándose desde el sur y sureste de Asia, India, China, Japón, Hawaii, África, así como Puerto Rico, México, Venezuela y Cuba. Aunado a esto, se sabe que hay pocas o nulas amenazas que puedan provocar una disminución en sus poblaciones (Madhyasta y Dutta, 2012).



1 cm

Figura 9. *Tarebia granifera*.



Phylum Arthropoda Latreille, 1829

Subphylum Crustacea Brünnich, 1772

Clase Malacostraca Latreille, 1802

Orden Decapoda Latreille, 1802

Familia Palaemonidae Rafinesque, 1815

Género *Macrobrachium* Spence Bate, 1868

Macrobrachium tuxtlaense Villalobos y Álvarez, 1999

(Figura 10)

Nombre común: Langostino, Camaroncito.

Especie endémica y nativa

Tipo trófico: Omnívoro.

Distribución: Región de Los Tuxtlas, Veracruz, México.

Número de ejemplares revisados: 268

Características: Dentro de la familia Palaemonidae y específicamente dentro del género *Macrobrachium* se pueden distinguir tres tipos básicos de desarrollo larvario: 1) extendido o normal, 2) parcialmente abreviado y 3) completamente abreviado (Jalihal *et al.*, 1993). Villalobos y Álvarez (1999), reportaron que esta especie presenta un desarrollo de tipo parcialmente abreviado. Los organismos de esta especie recién eclosionados pasan por cinco mudas antes de alcanzar la etapa juvenil. El desarrollo abreviado le ha permitido a *M. tuxtlaense* establecerse en el lago de Catemaco, Veracruz, México, en donde no se encuentra ninguna otra de las especies del género *Macrobrachium* que son comunes en la planicie costera (Álvarez *et al.*, 2002).

Hábitos: Se desarrolla en cuerpos de agua dulce todo el tiempo, se encuentra en zonas donde el valor de oxígeno disuelto es alto y hay una tendencia hacia la alcalinidad, tienen una relación importante con las raíces de la vegetación riparia. En general en sitios no contaminados (Mejía *et al.*, 2016).

Estado de conservación: La Lista Roja de Especies amenazadas (IUCN), cataloga esta especie dentro de la categoría Vulnerable D2 (VU), debido a su limitada capacidad de dispersión y a que solo se encuentra en dos pequeños afluentes del lago de Catemaco (de Grave *et al.*, 2013), además de que en esta zona se dedican a la ganadería (Villalobos y Álvarez, 1999), lo cual podría provocar impacto en el hábitat donde se desarrolla esta especie. Actualmente no se han tomado medidas de conservación.



Figura 10. *Macrobrachium tuxtlaense*.



Familia Trichodactylidae Edwards, 1853

Subfamilia Trichodactylinae Edwards, 1853

Género *Avotrichodactylus* Pretzmann, 1968

Avotrichodactylus constrictus (Pearse, 1911)

(Figura 11)

Nombre común: Cangrejo.

Especie Nativa

Tipo trófico: Omnívoro.

Distribución: Veracruz en el lago de Catemaco, Oaxaca, Tabasco y Chiapas.

Número de ejemplares revisados: 76

Características: El caparazón es subcuadrado y presenta tres dientes o espinas a cada lado ubicadas por encima de la línea media del caparazón y variaciones de coloración, como puede ser amarillo y naranja hasta un tono café verdoso, presentan una superficie lisa con algunos poros en los márgenes y los individuos jóvenes pueden presentar una superficie granular en algunos casos (Ojeda, 2010).

Hábitos: Se encuentra asociado a cuevas. Sin embargo, no está especialmente adaptado para la vida en cuevas, también podemos encontrarlo en cuerpos de agua dulce como el río Las Margaritas, Veracruz.

Estado de conservación: La Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN), considera a esta especie dentro de la categoría de menor preocupación (LC), dado que cuenta con una distribución amplia, poblaciones grandes y presenta cierto grado de tolerancia a la modificación de su hábitat (Cumberlidge, 2007). A pesar de lo anterior, una de las principales amenazas para esta especie es la degradación y pérdida de su hábitat por actividades humanas, así como la contaminación. Sin embargo, no hay medidas de acción para evitar este tipo de actividades.



Figura 11. *Avotrichodactylus constrictus*. (Foto: Cecilia López Chávez)



Familia Pseudotelphusidae Ortmann, 1893

Género *Tehuana* Rodríguez y Smalley, 1970

Tehuana diabolis Pretzmann, 1978

(Figura 12)

Nombre común: Cangrejo.

Especie Nativa

Tipo trófico: Omnívoro oportunista.

Distribución: Lago de Catemaco y sus alrededores: río Las Margaritas, Playa Hermosa, El Zapotal, municipio de San Andrés Tuxtla: Salto de Eyipantla (Villalobos, 2005).

Número de ejemplares revisados: 8

Características: Superficie dorsal del caparazón plana y cubierta con puntuaciones finas; porciones anterior y lateral ornamentadas con algunos gránulos esparcidos; área postbranquial con cerdas cortas. Quelípedos desiguales en ambos sexos pero más en el macho. Quela mayor derecha, dedos punteados con algunas granulaciones oscuras, armados con dientes redondeados desgastados y dejando un hueco entre los bordes cortantes. Palma del quelípedo con la superficie externa lisa y el margen inferior convexo. Dedo móvil moderadamente esbelto, ampliamente curvado y ornamentado en el dorso con hileras longitudinales de pequeños gránulos negros. Primer par de gonópodos del macho, esbeltos, cilíndricos en la mitad proximal y comprimidos en la distal. *Tehuana diabolis* es una forma intermedia entre *T. veracruzana* y *T. poglayenorum*, por el tamaño y la apariencia del lóbulo proximal de la proyección caudo-marginal del primer gonópodo del macho (Villalobos, 2005).

Hábitos: Los pseudotelfúsidos son capaces de vivir desde las orillas de un cuerpo de agua y zonas adyacentes, hasta en zonas húmedas del suelo de bosques y selvas a cientos de metros de un cuerpo de agua (Álvarez, 1989).

Estado de conservación: La Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN), considera que esta especie se encuentra en peligro (EN), debido a que su distribución es muy restringida, se calcula que es inferior a los 5,000 km². La degradación de la calidad de su hábitat así como la disminución de su extensión territorial se encuentran relacionadas con el aumento de las poblaciones humanas y el desarrollo agrario (Cumberlidge, 2008).



Figura 12. *Tehuana diabolis*. (Foto: Fernando Alvarez)



Phylum Chordata Bateson, 1885
Subphylum Vertebrata Cuvier, 1812
Clase Actinopterygii Klein, 1885
Orden Characiformes Regan, 1911
Familia Characidae
Género *Astyanax* Baird y Girard, 1854
Astyanax finitimus (Bacourt, 1868)
(Figura 13)

Nombre común: Sardinita.

Especie Primaria-nativa

Tipo trófico: Omnívora; se alimenta de semillas, hojas, algas, insectos acuáticos y terrestres así como de peces pequeños de cualquier especie (Miller *et al.*, 2009).

Distribución: Costa del Golfo de México, Oaxaca y Chiapas

Número de ejemplares revisados: 22

Características: De color plateado y cuerpo comprimido, además de presentar una aleta adiposa entre la aleta dorsal y caudal, las cuales presentan colores que van desde el naranja al amarillo. Presenta una mancha en el pedúnculo caudal, extendida hasta los radios centrales de la aleta caudal, así como una mancha o franja humeral. Dorso a veces oscuro; puede presentarse una franja lateral oscura. Aletas dorsal y caudal amarillentas. Dientes del premaxilar en dos series, la externa con dientes incisivos multictispides; dientes del maxilar pequeños; dientes mandibulares pentactispides. Con 31-36 escamas en la línea lateral completa (Schmitter, 1996).

Hábitos: Habita en aguas lóxicas, generalmente de aguas dulces, aunque presenta cierta tolerancia a la salinidad y a altitudes de hasta 1,110 m. Estas características propician su desarrollo en diversos hábitats como ríos, arroyos, riachuelos, lagos, lagunas costeras, pantanos y charcos estancados (Arias y Páramo, 2008).

Estado de conservación: No evaluado.



Figura 13. *Astyanax finitimus*.



Orden Synbranchiformes

Familia Synbranchidae Bonaparte, 1835

Género *Ophisternon* Mc Clelland, 1844

Ophisternon aenigmaticum Rosen y Greenwood, 1976

(Figura 14)

Nombre común: Anguila.

Especie nativa

Tipo trófico: carnívoro.

Distribución: Esta especie se distribuye desde Guatemala (localidad tipo), Honduras y Cuba (Schmitter, 1996; Miller *et al.*, 2009). En México desde punta del Morro en Veracruz hacia el sur, en aguas continentales de Cozumel e Isla Mujeres, en Cenotes como Cristal, río Hondo y tributarios, así como en Chetumal, Quintana Roo (Schmitter, 1996), Tabasco, Chiapas y Oaxaca.

Número de ejemplares revisados: 3

Características: Presenta de 6 a 7 radios branquiostegos, 114 a 137 vertebras. Sin vejiga natatoria ni costillas. Región abdominal (pre-anal) más larga que la caudal. Dos pares de fosas nasales, las anteriores cercanas al borde del labio superior, las posteriores entre los ojos. Dientes palatinos en una sola banda. Cuerpo pardo oscuro, sin coloración definida; en ocasiones, con manchas marmóreas nunca bien definidas en los costados inferiores. Se caracteriza por presentar membranas branquiales unidas, de modo que la abertura branquial es una pequeña media luna bajo la cabeza, libre del istmo y ocupando 33-50% de la superficie cefálica ventral. Este carácter es uno de los pocos rasgos visibles (no osteológicos) que distinguen *O. aenigmaticum* de *Synbranchus marmoratus*, cuya abertura branquial es un poro pequeño, unido al istmo (Schmitter, 1996).

Hábitos: Pantanos, lagunas, estanques permanentes o temporales (de inundación), arroyos, cuevas, ríos y lagos, en agua clara a lodosa; corriente nula a moderada; vegetación, por lo común abundante; sustrato de lodo, arena, cieno, arcilla, grava, roca y vegetación; profundidad, hasta 2 m o más (Miller *et al.*, 2009).

Estado de conservación: No evaluado.



Figura 14. *Ophisternon aenigmaticum*.



Orden Cyprinodontiformes Berg, 1940

Familia Poeciliidae Garman, 1895

Género *Pseudoxiphophorus* Bleeker, 1860

Pseudoxiphophorus tuxtlaensis McEachran y Dewitt, 2008

(Figura 15)

Nombre común: Guatopote.

Especie endémica y nativa del Lago de Catemaco

Tipo trófico: Carnívoro.

Distribución: Esta especie es endémica del lago de Catemaco y de cuerpos de agua afluentes del mismo.

Número de organismos revisados: 201

Características: De tamaño moderado que van de hasta 49 mm para los machos y 75 mm para las hembras, las aletas dorsales son cortas, pedúnculo caudal se encuentra superficial, aletas caudales cortas. En las hembras la cabeza es relativamente estrecha y la aleta anal es corta (McEachran y Dewitt, 2008).

Es importante mencionar que *P. tuxtlaensis* se distingue de *H. bimaculata* porque en la primera especie, la base de la aleta dorsal es más corta y se encuentra colocada hacia adelante, cuenta con un mayor número de radios en las aletas pectorales, el ancho de la cabeza en el caso de las hembras, es más estrecho y el tamaño de la mancha basicaudal es más pequeño (McEachran y Dewitt, 2008).

Hábitos: Los organismos pertenecientes a esta familia son dominantes principalmente en ambientes tropicales, presentando un alto rango de adaptabilidad para habitar ambientes de agua dulce, salobre o marina, por lo cual se caracteriza al grupo como un excelente colonizador, contando con un amplio espectro de hábitos tróficos (Trujillo y Toledo, 2007).

Estado de conservación: Esta especie no se encuentra evaluada por la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN). Sin embargo, es una especie de gran importancia ya que es endémica de los Tuxtlas, la cual fue descrita en 2008 por McEachran y Dewitt. El lago de Catemaco cuenta con 12 especies de peces autóctonos y dentro de estos, *P. tuxtlaensis* constituye la sexta especie endémica del lago.



Figura 15. *Pseudoxiphophorus tuxtlaensis*.



Orden Siluriformes

Familia Pimelodidae

Género *Rhamdia*

Rhamdia guatemalensis (Günther, 1864)

(Figura 16)

Nombre común: Juil descolorido, bagre.

Especie nativa

Tipo trófico: Carnívoro, se alimenta de pequeños peces, crustáceos y otros invertebrados.

Distribución: Vertientes del Pacífico y del Atlántico. De Veracruz al río Tehuantepec y solo en el Pacífico hasta Panamá (Espinosa *et al.*, 1993).

Número de ejemplares revisados: 1

Características: Sin escamas y sin la espina dorsal aserrada de los bagres marinos. Como aquellos, con aleta dorsal adiposa y tres pares de barbillones; pero la base de la dorsal adiposa mayor que su altura. Espinas pectorales aserradas en ambos bordes, anterior y posterior; los dientes posteriores se vuelven más fuertes que los anteriores, con la edad. Caudal muy muescada, radios centrales menos de la tercera parte de la longitud de los mayores. Barbillion maxilar largo, suele alcanzar más allá del origen de la dorsal adiposa. Coloración muy variable, entre el negro y el gris o parduzco; a menudo, una franja oscura lateral longitudinal (Schmitter, 1996).

Hábitos: Se encuentra preferentemente en arroyos y ríos; por lo general evita las corrientes fuertes, aunque es capaz de habitar en ellas. Vive también en cenotes, cuevas, pantanos y lagunas de la planicie costera. Se presenta típicamente en remansos de arroyos y sobre fondos lodosos, en recodos tranquilos de ríos mayores; fondo de lodo, arcilla, arena, grava y roca, a veces en capas de hojarasca o troncos; corriente nula o lenta a moderada (gran variabilidad estacional), se presenta en aguas claras a lodosas (Milleret *et al.*, 2009).

Estado de conservación: Especie sujeta a protección especial (PR), según la NOM-059 SEMARNAT ya que se considera podría llegar a encontrarse amenazada por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación, al igual que de poblaciones de especies asociadas.



Figura 16. *Rhamdia guatemalensis*.



Orden Perciformes

Familia Cichlidae Heckel, 1840

Género *Vieja* Fernández-Yépez, 1969

Vieja fenestrata (Günther, 1860)

(Figura 17)

Nombre común: Mojarra de la Lana.

Especie Nativa

Tipo trófico: Omnívoro.

Distribución: Vertiente del Atlántico, unos 40 km al norte de Veracruz. También en los estados de Veracruz, Oaxaca y Puebla.

Número de ejemplares revisados: 3

Características: Conocida anteriormente como *Cichlasoma fenestratum* (Günther, 1860), presenta un patrón de coloración muy variable. El cuerpo es de un tinte verdoso con amarillo hacia el opérculo; el vientre, amarillo-rojizo o castaño rojizo, presenta seis a siete manchas grandes redondeadas de color negro, bordeadas a menudo por puntuaciones más claras, que se disponen desde la porción media a inferior del cuerpo hasta el pedúnculo caudal. En algunos individuos, las manchas parecen prolongarse hasta el dorso para formar bandas transversales; en otros se vuelven difusas. En la parte posterior del ojo y del opérculo, se observa una banda negra conspicua; las aletas pueden ser verdosas a rojizas, con pequeñas manchas rojas en las membranas interradales. Los machos generalmente presentan coloraciones llamativas, al igual que las hembras en el periodo reproductivo, que es por lo general cuando llegan a la talla de 14 a 20 cm de longitud (Burgos y Espinosa, 1997).

Hábitos: Esta especie se puede encontrar en arroyos, ríos, lagunas, lagos (Catemaco), estuarios salobres, incluso agua marina, en agua clara a teñida con taninos o lodosa; corriente nula, lenta a moderada, ocasionalmente veloz; sustrato de lodo, arena, pizarra, roca, algas, hojarasca, troncos, cantos rodados, roca madre; vegetación ausente, de algas, raíces de árboles. En profundidades de hasta 1.5 metros (Miller *et al.*, 2009).

Estado de conservación: No evaluado.

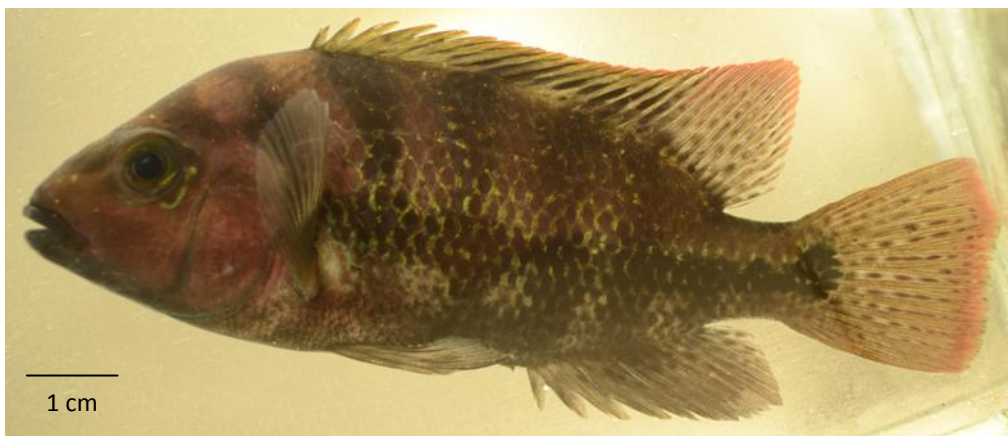


Figura 17. *Vieja fenestrata*.



Orden Cyprinodontiformes Berg, 1940

Familia Poeciliidae Garman, 1895

Género *Xiphophorus* Heckel, 1848

Xiphophorus helleri (Heckel, 1848)

(Figura 18)

Nombre común: Cola de espada.

Especie endémica y nativa

Tipo trófico: Omnívoro.

Distribución: Vertiente del Atlántico, desde el río Nautla hacia el sur hasta la cuenca del río Usumacinta (y cuencas adyacentes en Guatemala) y hasta el río Sarstún, Belice, desde cerca del nivel del mar hasta unos 1,450 m, en Veracruz, Tabasco y Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo (Miller *et al.*, 2009).

Número de ejemplares revisados: 123

Características: Los machos presentan una característica distintiva, que consiste en el adelgazamiento de los radios inferiores, de la aleta caudal, adquiriendo la forma de una espada, a veces tan larga como el cuerpo. Coloración llamativa, el dorso es verde y el vientre amarillento, escamas dorsales y costados con borde negro; aleta dorsal con puntos rojizos. Destaca una banda longitudinal que recorre el cuerpo desde el hocico, hasta la base de la aleta caudal. La espada en los machos adultos es de color amarillo o naranja orlada de negro y una línea oscura bajo el pedúnculo caudal; líneas rojizas longitudinales en los costados (Huidobro, 2000).

Hábitos: Esta especie se puede encontrar en ambientes muy diversos que incluye estanques, manantiales, arroyos, así como ríos con sustratos muy variados; agua clara a turbia o lodosa, o bien opaca, a menudo muy contaminada; corriente nula a moderada, vegetación ausente a ocasionalmente abundante; en profundidades de hasta 1.5 metros (Miller *et al.*, 2009).

Estado de conservación: No evaluado.



Figura 18 .*Xiphophorus helleri*.



Xiphophorus milleri Rosen, 1960

(Figura 19)

Nombre común: Espada de Catemaco.

Especie endémica y nativa de los Tuxtlas

Tipo trófico: Omnívoro.

Distribución: Se ha reportado en los alrededores del lago de Catemaco, en tributarios someros de este cuerpo de agua, como lo es la cuenca del río Papaloapan y otros arroyos que llegan al Salto de Eyipantla.

Número de ejemplares revisados: 4

Características: Presenta una longitud de 2-3 cm en machos y 3.5 a 4.5 cm en hembras (Wishnath, 1993). Dentro de las especies del género *Xiphophorus*, *X. milleri* presenta el cuerpo de tamaño pequeño a mediano, alargado, con un pedúnculo caudal extremadamente delgado y muy comprimido lateralmente. Número de vértebras 28, raramente 29. Número de escamas en una serie lateral de 25 a 27, usualmente 26. Radios de la aleta dorsal de 9 a 11, usualmente 10 (Soto, 2003).

Los machos adultos no presentan un apéndice prolongado sobre los radios ventrales de la aleta caudal. Las hembras son más altas de la región posterior de su cuerpo, por lo que parecen más robustas. El color en ambos sexos es gris-café, con el vientre blanco; todas las aletas son de color pálido; muchos especímenes presentan una mancha negra en la base de la cola. Los machos adultos tienen un patrón de varias hileras de puntos negros en los flancos. En raros casos los machos presentan un gonopodio negro (Soto, 2003).

Hábitos: Se encuentra principalmente en pequeños arroyos de agua transparente con profundidades de 1 m, sobre sustratos de arena, lodo, algunas rocas, vegetación y algunos troncos caídos. Los sitios preferidos son aquellos donde la corriente es de ligera a moderada y las algas verdes son la vegetación principal (Miller y Van Conner, 1997).

Estado de conservación: De acuerdo a la NOM-059-2001 y 2010 esta especie se encuentra en peligro de extinción, lo cual se relaciona inmediatamente con la contaminación y azolvamiento del lago de Catemaco dado por agroquímicos y aguas residuales, aunado a la deforestación que repercute en problemas de eutrofización del lago, tomando en cuenta que esta especie requiere de aguas cristalinas y bien oxigenadas. Así como la pérdida de su hábitat ya que la utilización del agua para riego, ha promovido la construcción de canales de riego y la extracción de agua del lago (Soto, 2003).

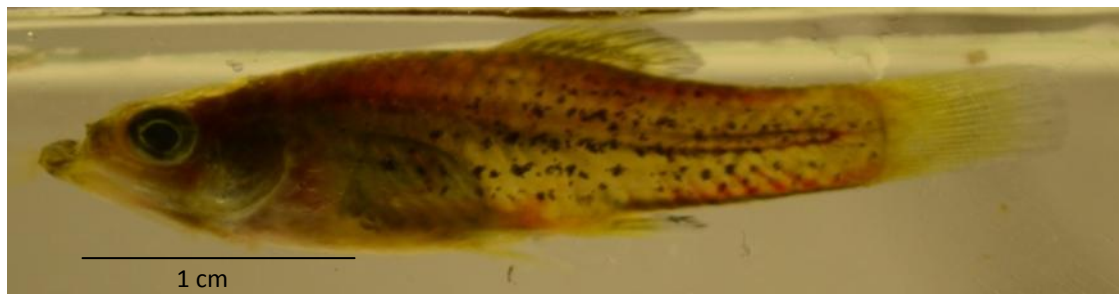


Figura 19. *Xiphophorus milleri*.



Tipo de distribución y alimentación

Los tipos de origen o afinidad de las especies encontradas no se reparten homogéneamente. Se tienen tres especies intolerantes, las cuales son: *Melania indiorum* (Figura 6), *Pomacea catemacensis* (Figura 8) y *Macrobrachium tuxtlaense* (Figura 10), 11 especies bénticas dentro de las cuales se encuentra: *Barynaias (Plagiola) opacata* (Figura 4), *Corbicula fluminea* (Figura 5), *Melania indiorum*, *Melanoides tuberculata* (Figura 7), *Pomacea catemacensis*, *Tarebia granifera* (Figura 9), *Macrobrachium tuxtlaense*, *Avotrichodactylus constrictus* (Figura 11), *Tehuana diabolis* (Figura 12), *Ophisternon aenigmaticum* (Figura 14) y *Rhamdia guatemalensis* (Figura 16), tres especies introducidas dentro de las cuales se encuentra *Corbicula fluminea*, *Melanoides tuberculata* y *Tarebia granifera*, 13 especies nativas, las cuales son: *Barynaias (Plagiola) opacata*, *Melania indiorum*, *Pomacea catemacensis*, *Macrobrachium tuxtlaense*, *Avotrichodactylus constrictus*, *Tehuana diabolis*, *Astyanax finitimus* (Figura 13), *Ophisternon aenigmaticum*, *Pseudoxiphophorus tuxtlaensis* (Figura 15), *Rhamdia guatemalensis*, *Vieja fenestrata* (Figura 17), *Xiphophorus helleri* (Figura 18) y *Xiphophorus milleri* (Figura 19). Finalmente cinco especies se consideraron como endémicas, las cuales son: *Pomacea catemacensis*, *Macrobrachium tuxtlaense*, *Pseudoxiphophorus tuxtlaensis*, *Xiphophorus helleri* y *Xiphophorus milleri*. Cabe mencionar que el 9% son intolerantes, el 31% son especies bénticas, el 9% son especies introducidas, 37% de las especies consideradas en este estudio son nativas y el 14% representa a las especies endémicas.

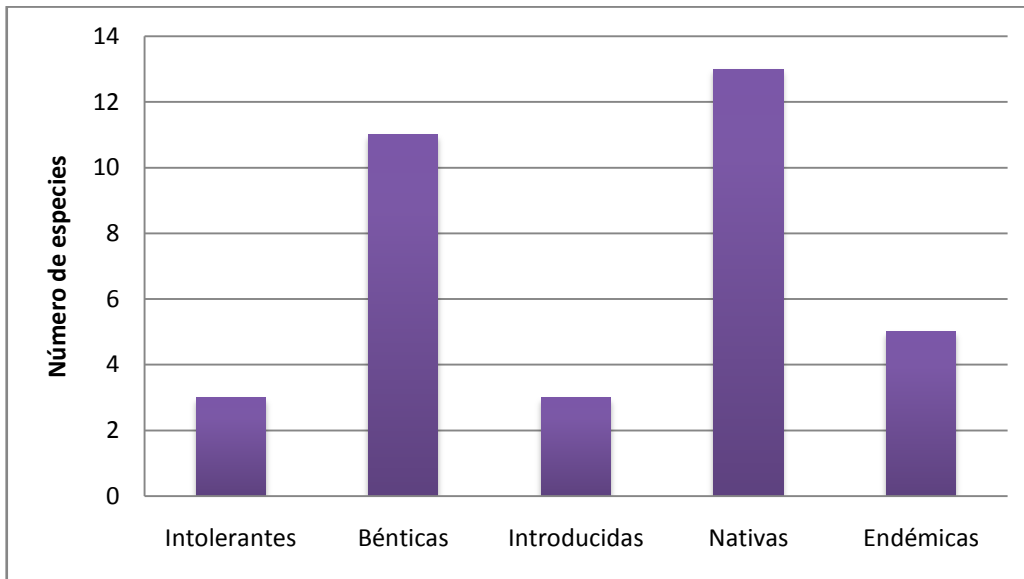


Figura 20. Número de especies dentro de los tres grupos taxonómicos: intolerantes, bénticas, introducidas, nativas y endémicas del río Margaritas, Los Tuxtlas, Veracruz.



En cuanto al número de especies de acuerdo a la estructura trófica podemos observar en la Figura 21, que dos especies son filtradoras, dentro de las cuales tenemos a *Barynaias (Plagiola) opacata* y *Corbicula fluminea*, solo *Tarebia granifera* es de tipo detritívoro, 9 son de tipo omnívoro: *Melanoides tuberculata*, *Pomacea catemacensis*, *Macrobrachium tuxtlaense*, *Avotrichodactylus constrictus*, *Tehuana diabolis*, *Astyanax finitimus*, *Vieja fenestrata*, *Xiphophorus helleri* y *Xiphophorus milleri*, dos especies son herbívoras: *Melania indiorum* y *Tarebia granifera*, mientras que tres especies son de tipo carnívoro: *Pseudoxiphophorus tuxtlaensis*, *Ophisternon aenigmaticum* y *Rhamdia guatemalensis*.

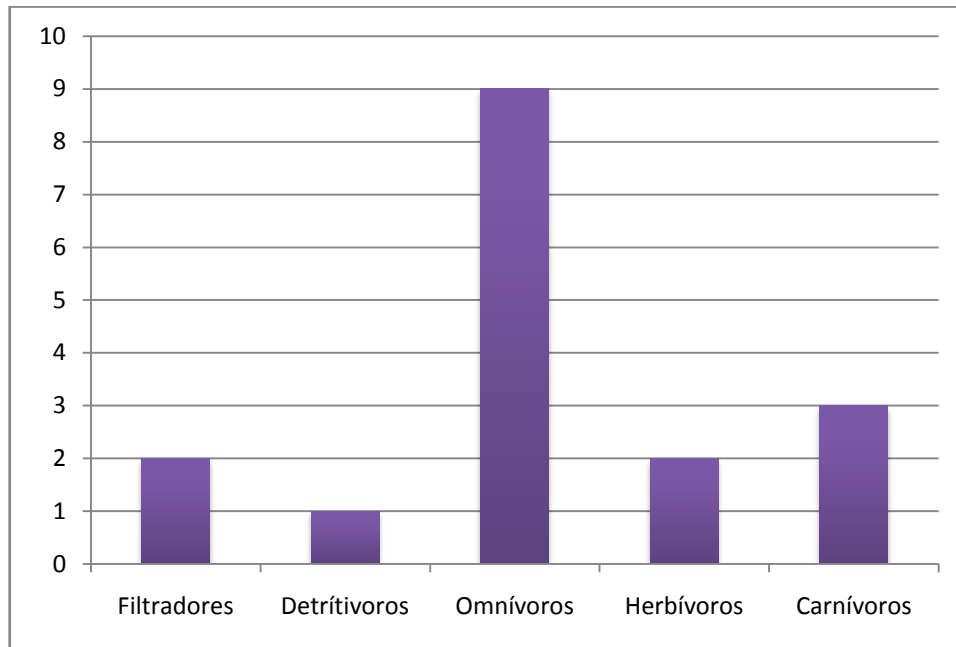


Figura 21. Número de especies del río Margaritas de acuerdo al tipo trófico.



Como se muestra a continuación, para el grupo de los moluscos se encuentran representados los cinco tipos de distribución de las especies, sugeridos para este estudio: intolerantes con dos especies, bénticas con seis especies, introducidas con tres especies, nativas con tres especies y endémicas con una especie; mientras que para el grupo de los crustáceos tenemos una especie intolerante, tres especies bénticas, tres especies nativas y una especie endémica; finalmente para el grupo de los peces solo observamos tres de los cinco tipos de distribución: se presentan dos especies bénticas, siete especies nativas y tres especies endémicas (Figura 22).

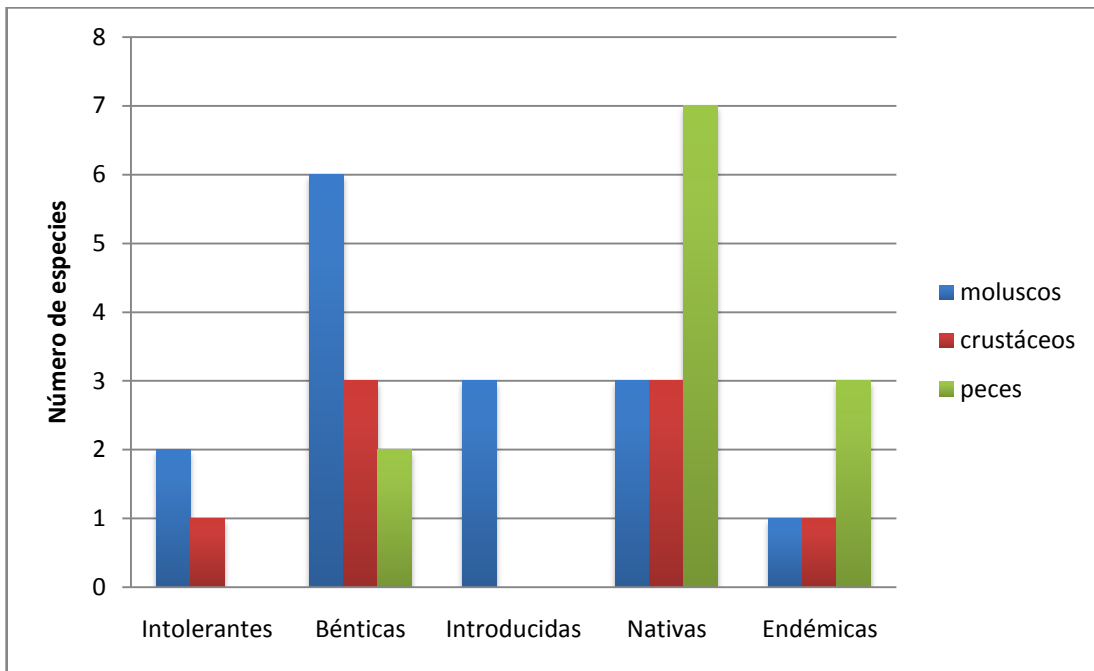


Figura 22. Número de especies intolerantes, bénticas, introducidas, nativas y endémicas del río Margaritas, Los Tuxtlas, Veracruz, por grupo biológico.



La figura 23 representa los tipos tróficos que se encontraron para este estudio, como se puede observar, los moluscos presentan los cuatro primeros tipos tróficos; los crustáceos solo se encuentran representados por especies omnívoras; y en el grupo de los peces se encuentran cuatro especies de dieta omnívora y tres especies de tipo carnívoro.

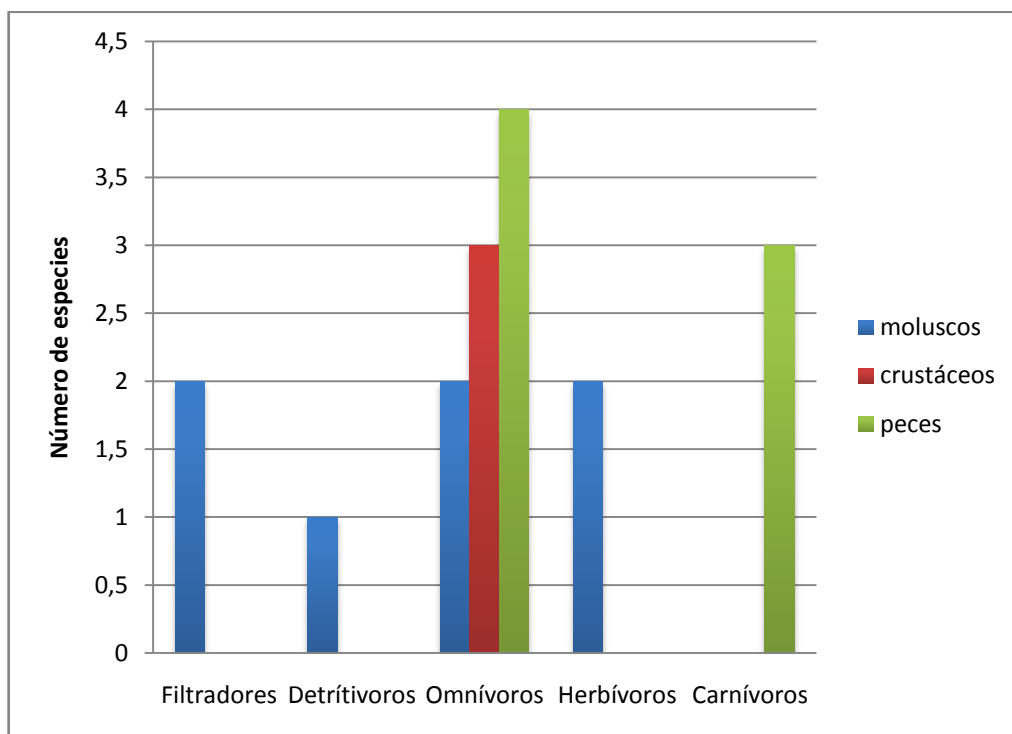


Figura 23. Número de especies de moluscos, crustáceos y peces del río Margaritas, de acuerdo al tipo trófico.



Riqueza específica, abundancia e índices de diversidad, dominancia y equitatividad

Como se muestra en la tabla 5, la riqueza específica para este estudio fue determinada por un total de 16 especies, con 816 organismos totales. El valor del Índice de Shannon-Wiener es de $H' = 2.74$, $D' = 0.79$; y $J' = 0.68$. En cuanto a los diferentes meses de muestreo, diciembre de 2015 presentó el valor de diversidad H' más alto, al igual que en la dominancia y equitatividad, mientras que mayo de 2015, resultó ser el mes, con un valor de diversidad, equitatividad y dominancia menor.

Tabla 5. Riqueza, abundancia, índices de diversidad, dominancia y equitatividad en total y para los diferentes muestreos.

	Riqueza	Abundancia	Diversidad de Shannon-Wiener (H')	Dominancia (D')	Equitatividad (J')
Total	16	816	2.74	0.79	0.68
mayo 2015	6	93	1.62	0.56	0.63
agosto 2015	9	145	2.42	0.76	0.76
diciembre 2015	8	65	2.52	0.79	0.82
abril 2016	13	270	2.50	0.76	0.67
junio 2016	11	243	2.36	0.77	0.68



Aplicación del Índice de Integridad Biótica

Para poder asignar un determinado puntaje al río Margaritas y por lo tanto saber dentro de qué clase de integridad se encuentra, es necesario determinar el número de especies u organismos, pertenecientes a cada uno de los 13 criterios establecidos en la Tabla 1, por lo tanto de acuerdo al número de organismos por cada criterio se asignó un valor, el cual puede ser 1, 3 o 5 y así finalmente se suman para obtener un puntaje final. Un mayor puntaje significa un mejor estado de conservación.

Sin embargo, para este estudio se agregó un atributo más, en cuanto al tipo de alimentación (herbívoros), dado que una de las especies colectadas, presenta este tipo de dieta, recordando que estos Índices se deben ajustar al cuerpo de agua en el que se esté trabajando.

Tabla 6. Criterios utilizados en la aplicación del IIB para el río Margaritas, 2017.

	ATRIBUTOS	TOTAL	RANGOS		
			1	3	5
	Número de especies	16	1-5	6-11	12-16
Tipo de distribución	Especies intolerantes	3	0-1	2	3
	Especies bénticas	11	0-3	4-7	8-11
	Especies nativas	13	1-4	5-9	10-13
	Especies endémicas	5	0-1	2-3	3-5
	Especies introducidas	3	3	2-1	0
		Filtradores	2	0	1
Tipo de alimentación	Detritívoros	1	0		1
	Omnívoros	9	0-3	4-6	7-9
	Herbívoros	2	0	1	2
	Carnívoros	3	0-1	2	3
Abundancia	Número de individuos	816	0-99	100-199	>200
	Individuos con anomalías	0	>50	25-50	0-25
	Índice de Shannon-Wiener	2.74	0-1.2	1.3-2.5	>2.6



El IIB debe ser calculado exclusivamente realizando un muestreo independiente, con base en los criterios sugeridos en este estudio. Para determinar la integridad biótica del río en cada momento preciso.

En la tabla 7 se muestra la valoración del IIB, para abril de 2016, el primer atributo es el número de especies, en el cual el valor máximo encontrado, en este estudio para el río Margaritas fue de 16 especies; en el caso del mes de abril 2016, tenemos un total de 13 especies, por lo cual se asigna un valor de 5 (de acuerdo a los rangos ya establecidos), dado que las 13 especies entran dentro de este rango que va de 12 a 16. Por lo tanto se sigue la misma lógica en cada uno de los criterios sugeridos, para finalmente obtener un puntaje total.

Tabla 7. Cálculo del Índice de Integridad Biótica, para el río Margaritas en el mes de abril 2016.

ATRIBUTOS	TOTAL	RANGOS			
		1	3	5	
Número de especies	13	1-5	6-11	12-16	
Tipo de distribución	Especies intolerantes	2	0-1	2	3
	Especies béticas	8	0-3	4-7	8-11
	Especies nativas	12	1-4	5-9	10-13
	Especies endémicas	5	0-1	2-3	3-5
	Especies introducidas	1	3	2-1	0
Tipo de alimentación	Filtradores	2	0	1	2
	Detritívoros	0	0		1
	Omnívoros	8	0-3	4-6	7-9
	Herbívoros	0	0	1	2
	Carnívoros	3	0-1	2	3
Abundancia	Número de individuos	270	0-99	100-199	>200
	Individuos con anomalías	0	>50	25-50	0-25
	Índice de Shannon-Wiener	2.50	0-1.2	1.3-2.5	>2.6

Nota: Los puntajes obtenidos para el mes de abril 2016, se resaltan en negritas. A continuación, solo deben sumarse los valores de los rangos a los que pertenecen: realizando la suma del valor del rango 1, 3 o 5, para cada uno de los 13 atributos, se obtiene lo siguiente: $5+3+5+5+5+3+5+1+5+1+5+5+5+3=56$ puntos. Este resultado se busca dentro de los criterios de inclusión, en la tabla 8 de clases de integridad, obteniendo para este mes un estado de conservación "Excelente".



El valor de IIB para el río Margaritas, según los muestreos realizados, oscila entre 34 y 56 puntos.

Tabla 8. Valor del Índice de Integridad Biótica, para cada mes de muestreo, con su respectiva clase de integridad, según el puntaje obtenido.

mes de muestreo	Valor de IIB	Clase de integridad
mayo 2015	34	Regular
agosto 2015	46	Buena
diciembre 2015	42	Regular
abril 2016	56	Excelente
junio 2016	50	Buena

En la tabla 8 se muestran las clases y valores de integridad biótica, así como aquellos atributos asociados a cada categoría.

Tabla 9. Clases de integridad biótica.

Clases y valores de Integridad	Atributos
Excelente (56-66)	Se presenta una estructura trófica balanceada, representadas todas o dos terceras partes de las especies esperadas para el hábitat, incluyendo a las especies béticas, nativas y endémicas, con un valor para el índice de Shannon-Wiener cercano a 3, lo cual nos indica que se trata de una comunidad diversa.
Buena (45-55)	Número de especies por debajo de lo esperado, principalmente de especies nativas o endémicas, se puede ver relativamente alterada la estructura trófica, con una abundancia menor del número de organismos esperados.
Regular (34-44)	Se presentan algunos signos de deterioro en el hábitat y un menor número de organismos carnívoros y mayor de omnívoros, pocas especies nativas y/o endémicas
Pobre (22-33)	Riqueza de especies baja, pocas o ninguna especie nativa, pero si se presentan especies introducidas, en cuanto a la estructura trófica se ve dominada por especies omnívoras, con un valor bajo del índice de Shannon-Wiener que indica que se trata de una comunidad poco diversa
Muy pobre <21	Pocas especies representadas, siendo la mayoría introducidas, se pueden presentar algunos individuos con anomalías como daños en las aletas
Ausencia de peces (0)	No se encuentran especies en el hábitat, a pesar de muestrear en repetidas ocasiones.



Análisis de asociación Olmstead Tukey

Realizando un análisis de asociación para determinar las especies comunes, dominantes, raras y ocasionales de la comunidad de moluscos, crustáceos y peces del río Margaritas, se encontró que las especies comunes representadas por un 25%, son cinco: *Pomacea catemacensis*, *Melanoides tuberculata*, *Tehuana diabolis* y *Astyanax finitimus*; las especies raras, representaron el 50%, dentro de las cuales se encuentran: *Barynaias (Plagiola) opacata*, *Corbicula fluminea*, *Melania indiorum*, *Tarebia granifera*, *Ophisternon aenigmaticum*, *Rhamdia guatemalensis*, *Vieja fenestrata* y *Xiphophorus milleri*. En cuanto a las especies dominantes, representaron el 25%, siendo estas: *Macrobrachium tuxtleense*, *Avotrichodactylus constrictus*, *Pseudoxiphophorus tuxtleensis* y *Xiphophorus helleri*. No se encontraron especies ocasionales.



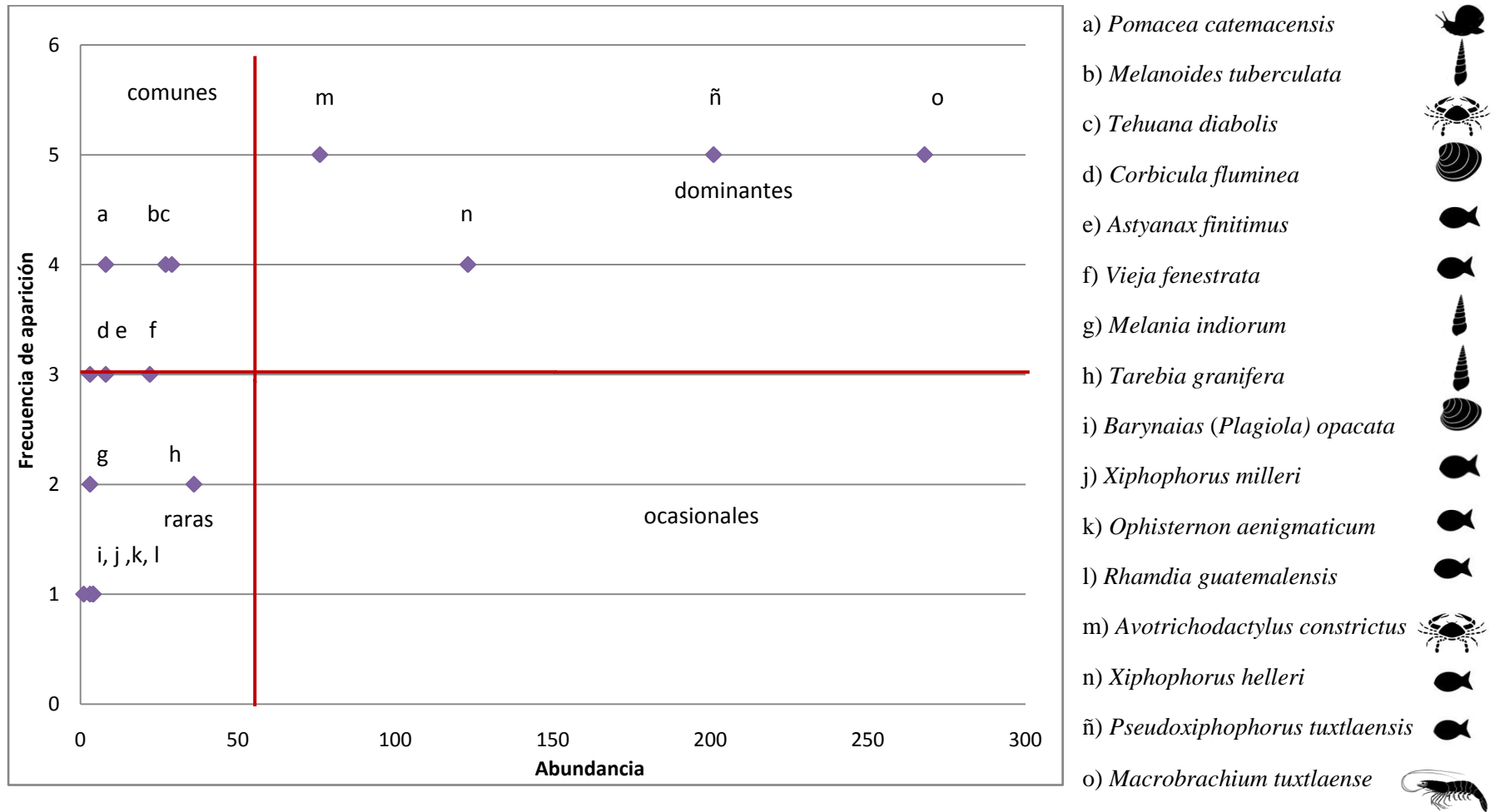


Figura 24. Diagrama de Olmstead Tukey, donde se presentan las especies comunes, raras, dominantes y ocasionales.



DISCUSIÓN

Abundancia y riqueza de especies

Moluscos

Se identificaron seis especies de moluscos para este estudio: *Barynaias (Plagiola) opacata*, *Corbicula fluminea*, *Melania indiorum*, *Melanoides tuberculata*, *Pomacea catemacensis* y *Tarebia granifera*, dentro de las cuales se registro la mayor abundancia para *T. granifera*, con 36 individuos, aspecto relevante, ya que se trata de un molusco invasor. Esta especie al igual que *M. tuberculata* presenta características como: partenogénesis, viviparidad, alta tasa reproductiva, capacidad de dispersarse ampliamente a través de los cursos de agua, adaptación a hábitats modificados por el hombre y alta tasa de longevidad, características que definen su potencial biótico y su competencia entre ellas (Facon *et al.*, 2003; Mainka y Howard 2010), por lo cual estas especies pueden llegar a desplazar a otras, de los sitios en donde se establecen. Aunado a esto, se sabe que hay pocas o nulas amenazas que puedan provocar una disminución en sus poblaciones (Madhyasta y Dutta, 2012).

Melanoides tuberculata presenta una abundancia de 29 individuos, lo cual coincide con la asociación entre estas dos especies dado que tienen el mismo hábitat, explotan los mismos recursos y establecen una competencia entre sus poblaciones, resultando *T. granifera* favorecida la mayoría de las veces (Naranjo-García *et al.*, 2005). La presencia de estos dos moluscos invasores, dentro del río Margaritas, es poco favorable, ya que de acuerdo a las características mencionadas, que definen su potencial biótico y su competitividad, les permiten desplazar y afectar a las poblaciones de moluscos nativas, dado que un solo individuo puede establecer una nueva población y su dispersión puede ser facilitada por arrastre en ríos, por transporte ocasional y principalmente por el acuarismo (Contreras *et al.*, 1995); ya que esta última actividad puede tener un gran impacto en los cuerpos de agua, por ejemplo, la introducción de algunos organismos, como parte de estrategias gubernamentales, orientadas a elevar la oferta de alimentos y materias primas. Estas introducciones frecuentemente se han llevado a cabo directamente en los cuerpos de agua naturales, lo que ha provocado el establecimiento y propagación de especies invasoras y enfermedades en diversas zonas del territorio nacional, con el consecuente impacto a diversas especies nativas, deterioro de ambientes acuáticos y terrestres y pérdida de servicios ecosistémicos y productividad. Ejemplo de ello son las tilapias, carpas, rana toro, langostas australianas o la translocación del camarón del Pacífico al Golfo de México (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

Otro molusco invasor es el bivalvo *C. fluminea*, aunque este se encontró en baja densidad (ocho organismos), durante los meses de colecta, se ha sugerido que estos bivalvos compiten por espacio y alimento con otras almejas de la familia Unionidae (Britton y Fuller, 1979), y en este estudio se encontró al unionido *Barynaias (Plagiola) opacata*, especie nativa, la cual presenta una abundancia baja (cuatro individuos). Scheller (1997), sugiere que la presencia de *C. fluminea*, puede tener un efecto sobre los unionidos nativos de Norte



América, ya sea por competencia directa, o indirecta, dado que esta especie libera amoníaco y reduce el oxígeno disuelto en el sedimento, lo cual podría estar sucediendo en el río Margaritas.

Melania indiorum, especie nativa, antes conocida como *Pachychilus indiorum*, es de todos los moluscos, la especie con un menor número de organismos recolectados para este estudio con una abundancia de tan solo tres individuos durante los cinco muestreos; lo cual coincide con lo mencionado por Pointer *et al.* (1998), Pointer y Augustin (1999), y Naranjo-García y Olivera (2014), quienes mencionan que las especies nativas de este género pueden ser desplazadas específicamente por *T. granifera*, ya que presentan el mismo tipo de requerimientos ambientales, por lo cual se considera, que es posible que en algún momento, esta especie, al ser tan buena competidora podría desplazar a *M. indiorum*. Sin embargo, la escasa abundancia de esta especie, también puede deberse al método de colecta utilizado para este estudio, o incluso a que pueda ser recolectada como alimento, ya que según Healy *et al.* (1990), hay evidencia de que *Pachychilus* fue empleado por los mayas como fuente de proteínas, e incluso en la actualidad se sigue utilizando como alimento de los mayas en algunas regiones.

Pomacea catemacensis presentó una abundancia relativamente alta con un total de 27 individuos ocupando el tercer lugar entre los moluscos reportados. Se trata de una especie endémica del lago de Catemaco, la cual es además, explotada para consumo humano. Aunado a esto se trata de una especie bioindicadora de ambientes con nula o poca contaminación (Naranjo-García y Meza, 2000), lo cual sugiere que a pesar de la presencia de las especies de moluscos invasores reportadas para este estudio, el río Margaritas, es un ambiente propicio para el desarrollo de especies que requieren de ciertas condiciones de calidad en el ambiente para poder desarrollarse.

En cuanto a las especies introducidas de moluscos, *T. granifera* es la especie, más abundante en el río Margaritas. También se ha encontrado en concentraciones elevadas en otro cuerpo de agua de la zona de Los Tuxtlas, el río Máquinas, en el cual se han reportado hasta 7,034 organismos, durante todo el muestreo realizado (Millán y Ojeda, 2007). En este estudio, se encontró con baja abundancia de solo 36 organismos lo cual sugiere que su introducción al río Margaritas se encuentra en una fase temprana, de lo contrario, su densidad, para este cuerpo de agua sería mucho más alta. Por lo cual se propone que es primordial el manejo de este cuerpo de agua, para evitar en la medida de lo posible la ocupación de esta especie en el río, ya que está bien estudiado el rápido crecimiento poblacional en los ambientes que coloniza.

Crustáceos

Los crustáceos son uno de los grupos fundamentales en los cuerpos de agua dulce debido a su importancia como fragmentadores de la materia orgánica, son el segundo grupo después de los insectos en importancia para cumplir este papel ecológico contribuyendo al ciclo de nutrientes. Dicho lo anterior, es necesario destacar que en el presente estudio solo se



encontraron tres especies de crustáceos, las cuales son nativas. *M. tuxtlaense* es endémico de la región, y se encuentra catalogada por la IUCN como especie vulnerable. *Tehuana diabolis*, se encuentra catalogada en peligro de extinción, debido a que su distribución es restringida (menor a 5,000 km²) y porque continua disminuyendo la extensión y calidad de su hábitat, debido a la degradación inducida por el aumento de la población humana, así como por la actividades de desarrollo agrario e industrial (Cumberlidge, 2008) *A. constrictus*, especie catalogada por la IUCN como especie de menor preocupación por su amplia distribución, se encontró como muy abundante en este estudio.

Macrobrachium tuxtlaense, es la especie que presenta la mayor abundancia (268 organismos), durante todo el estudio. Considerada por Villalobos y Álvarez (1999), como una especie en peligro de extinción, debido a su limitada capacidad de dispersión y a que solo se encuentra en pequeños afluentes del Lago de Catemaco, una zona en donde se dedican a la ganadería cada vez más, actividad que genera impacto en el ambiente donde se lleva a cabo. La presencia abundante de esta especie en el río Margaritas, determina tomar medidas de conservación para este sitio, para mantener el tamaño poblacional de la especie y así evitar su desaparición, ya que solo se encuentra en esta zona. *M. tuxtlaense*, presenta una estrategia reproductiva de tipo “k” (Mejía *et al.*, 2016), o de acuerdo con Villalobos y Alvarez (1999), un desarrollo de tipo parcialmente abreviado, lo cual coincide con su presencia en cuerpos de aguas pobres en nutrientes, semejantes a pequeñas corrientes de montaña sin conexión al mar, así como cuerpos de agua dentro de cuevas. Por lo tanto esta especie ha tenido éxito al colonizar ambientes de agua dulce a distancias considerables del mar y con una disposición baja de nutrientes (Jalihal *et al.*, 1993).

En cuanto a la abundancia de *A. constrictus*, se registraron 76 organismos, ocupando la cuarta posición del total de especies registradas, lo cual no es de extrañarse, dado que es la más abundante y ampliamente distribuida de todas las especies de cangrejos tricodactílicos de México (Álvarez *et al.*, 2005). De los cangrejos, *T. diabolis* fue la especie menos abundante, encontrándose únicamente ocho organismos.

No es raro, que especies de estas dos familias coexistan dentro del mismo río, gracias a la repartición espacial del hábitat, ya que *T. diabolis*, generalmente se encuentran a las orillas del río o debajo de rocas, puesto que tienen la capacidad de realizar una respiración área, gracias a la presencia de una membrana epitelial conocida como pseudopulmón, lo cual es una adaptación al medio dulceacuícola y también al terrestre, que ha permitido que estos cangrejos puedan ocupar tierras húmedas a varios cientos de metros de un cuerpo de agua. En cuanto a los tricodactílicos, *A. constrictus*, solo se encuentra dentro del agua, pues carecen de algún tipo de adaptación que les permita desarrollarse fuera de ella (Álvarez y Villalobos, 1997). A pesar de su potencial de dispersión en dos medios (acuático y terrestre), este cangrejo se encuentra poco distribuido dentro del río Margaritas. Se considera necesario se colecten en los alrededores del río, pero en la parte húmeda no inundada, debajo de rocas, con el fin de evaluar el tamaño aproximado de la población.



Peces

El grupo de los peces cuenta con una gran riqueza específica, albergando siete (44%) de las 16 especies presentes para este estudio, aunado a esto Espinosa (1997), menciona que la riqueza íctica, en la zona de Los Tuxtlas es vasta, ya que es el grupo de vertebrados más abundante y con seguridad el de mayor diversidad en la región.

Según Miller y Conner (1997), hay 14 especies de peces en el lago de Catemaco; dos introducidas: *Micropterus salmoides* y *Tilapia aurea*, dos de amplia distribución en el este de México y Centroamérica: *Vieja fenestrata* y *Ophisternon aenigmaticum*; seis endémicas: *Poecilia catemacensis*, *Poeciliopsis catemaco*, *Xiphophorus milleri*, *Xiphophorus helleri*, *Bramocharax caballeroi* y cinco especies nativas: *Dorosoma mexicana*, *Rhamdia guatemalensis*, *Rhamdia* sp., *Heterandria jonesii*, *Cichlasoma fenestratum*. Además McEachran y Dewitt (2008) describieron una nueva especie endémica *Heterandria tuxtlaensis* (también conocida como *Pseudoxiphophorus tuxtlaensis*), sumando un total de 15 especies para el lago.

De acuerdo a lo anterior, de las 15 especies reportadas hasta 2008 para el lago de Catemaco, el río Margaritas comparte seis especies, las de amplia distribución: *V. fenestrata* y *O. aenigmaticum*; tres endémicas: *X. milleri*, *X. helleri*, *H. tuxtlaense* y una nativa: *R. guatemalensis*. Lo cual concuerda con la conexión que tiene este río con el lago de Catemaco, ya que el mismo, es tributario del lago.

Cabe mencionar que a pesar de encontrar una cantidad considerable de endemismos, sigue sin haber medidas de protección al río, e incluso es poca la información que se tiene sobre el estado de conservación de las especies, ya que solo se encontró información sobre *R. guatemalensis* y *X. milleri*, las cuales se encuentran bajo protección, de acuerdo a la NOM-059.

Tipo de distribución y alimentación

En cuanto a las especies intolerantes se registró un total de tres especies: *P. catemacensis*, *M. tuxtlaense* y *M. indiorum*, de las cuales las dos primeras son endémicas, lo cual resalta su importancia dentro de este ecosistema y nos sugiere que el mismo se encuentra en un grado menor de degradación y cuenta con condiciones propicias para el establecimiento de especies intolerantes. La presencia de especies intolerantes es un criterio importante ya que en cada región existen especies fácilmente identificables que son las primeras en desaparecer con un aumento en las alteraciones causadas por el hombre. La declinación puede deberse a la mala calidad del agua, a la degradación del hábitat o a la combinación de estos dos factores (Velázquez y Vega, 2004).

Se registró que el 33% de las especies son nativas, las cuales se encuentran dentro de su área de distribución natural u original, formando parte de las comunidades bióticas naturales del área, encontrándose bien adaptadas a las condiciones locales (CONABIO, 2009). El 19% se encontraron representadas por especies endémicas, dichas especies cuentan



con una distribución restringida, encontrándose frágiles ante las perturbaciones ya que su área de distribución puede ser alterada (CONABIO, 2009).

Se pudo observar que el grupo de los moluscos se encuentra representado por los cinco tipos de especies definidos para este trabajo: intolerantes, bénticas, introducidas, nativas y endémicas; mientras que el grupo de los crustáceos cuenta con cuatro de las categorías anteriores, para el cual no se encuentran representadas especies introducidas. Finalmente para el grupo de los peces solo observamos tres de los cinco tipos de especies: bénticas, nativas y endémicas, no se encontraron especies intolerantes e introducidas (Figura 22).

En cuanto a los hábitos alimenticios se encuentran representados varios niveles tróficos, el 12% de las especies son filtradoras, mientras que el 6% son detritívoros, el 12% representa a las especies de tipo herbívoro y el 53% de las especies pertenece a las de tipo omnívoro, siendo el grupo de los crustáceos en el que su dieta es 100% omnívora, lo cual no necesariamente indica un deterioro en el ambiente (Millán y Ojeda, 2007), mientras que un 17% son de tipo carnívoro (Figura 21), lo cual es un parámetro indicativo de la calidad de un ambiente, ya que de acuerdo a Velázquez y Vega (2004), una proporción mayor al 5% de estas especies indica ecosistemas saludables.

Los moluscos son el único grupo con especies filtradoras, ya que este tipo de alimentación es común en moluscos bivalvos y cuenta también con especies omnívoras, herbívoras y detritívoras. En el grupo de los peces podemos encontrar cuatro especies de dieta omnívora y tres especies de tipo carnívoro, que como se ha visto anteriormente, su presencia es importante dentro de los ecosistemas, indicando calidad en el ambiente donde se encuentran. Cabe mencionar que es el único grupo taxonómico con especies carnívoras (Figura 23).

Riqueza específica abundancia e Índices de diversidad, dominancia y equitatividad

Los valores establecidos para el índice de diversidad van del 0 al 5, donde 3 refleja una comunidad diversa, el valor calculado de H' en total, para este estudio es de 2.74, lo cual indica una comunidad diversa; es claro que se presenta dominancia por algunas especies con un valor de $D'=0.79$; y en cuanto a la equitatividad, el valor obtenido es de $J'=0.68$. Mientras que el mes de mayo de 2015 fue de $H'=1.62$, lo cual nos indica una comunidad poco diversa, mientras que el mes de diciembre de 2015 presentó un valor de $H'=2.52$, indicando una comunidad diversa durante esta época del año ya que como se ha visto anteriormente, el río cuenta con un equilibrio dentro de las especies que en él habitan, y una gran diversidad dentro de los grupos taxonómicos muestreados, así mismo, en este muestreo se presentó el valor más alto de dominancia con $D'=0.79$.

Es claro que en el total de los muestreos, es decir durante las cinco colectas se presentó dominancia (D') por algunas especies, como es el caso de *M. tuxtlaense* con 268 individuos, seguido del pez *P. tuxtlaensis* con 201 y *X. helleri* con 123, representando en conjunto el 42% de los organismos muestreados, por lo cual el valor de D' fue igual a 0.79,



recordando que los valores de este índice van del 0 al 1, donde los valores cercanos a uno reflejan tendencia hacia la dominancia de ciertos organismos, en el caso de las especies dominantes en el río Margaritas, puede ser porque son endémicas de la zona y por lo tanto se encuentran bien adaptadas a las condiciones del lugar.

En cuanto a la equitatividad (J') total del estudio, representa la variabilidad en las abundancias relativas de cada especie. Se sabe que si los valores son uno o cercanos a uno, las distribuciones de las abundancias se reparten homogéneamente, en este caso el valor obtenido fue de 0.68, lo cual indica que la distribución de las abundancias se encuentran un poco más inclinadas hacia la homogeneidad. Es decir, la mayoría de las especies son igualmente abundantes.

Aplicación del IIB en el río Margaritas

Una vez que se evaluaron los distintos meses de muestreo en el río Margaritas y con la ayuda del IIB, se encontró que el sistema presenta un estado de conservación que va de regular a excelente, lo cual se ve representado por una comunidad diversa, que cuenta con estructura trófica balanceada, siendo importante la presencia de carnívoros en el ambiente por ser indicadores de buena calidad del mismo, además el número de endemismos (5) es importante para esta zona, ya que dentro de este tipo de especies se encuentran algunas con distribuciones muy restringidas y que además son intolerantes a ambientes contaminados, por lo cual es preciso sugerir que el río presenta aguas puras y con condiciones propicias para el desarrollo de las especies encontradas, aunque se reportó la presencia de algunas especies de moluscos introducidas, su abundancia fue relativamente baja, lo cual nos invita a tomar medidas preventivas, antes de una posible propagación de las mismas, para así seguir conservando la calidad del ambiente, donde también sería importante evitar de la mejor manera posible la intervención humana, que pueda llegar a afectar el equilibrio y la dinámica del ecosistema del río Margaritas.

Análisis de asociación Olmstead Tukey

Finalmente en este análisis (Figura 24) se encontró que el 50% de las especies son raras, con ocho especies, ya que la frecuencia de aparición y abundancia fue baja, cuatro de ellas son especies de moluscos: *T. granifera* y *C. fluminea*, especies introducidas para este sitio, sugiriéndose así que pueden encontrarse en una etapa temprana de invasión del río, la primera de ellas se encontró solo en dos muestreos, con 36 organismos en total, mientras que la segunda se registró para tres muestreos, pero a pesar de esto el número de organismos fue de tan solo ocho. Respecto a *B. (Plagiola) opacata* podría estar compitiendo con *C. fluminea*, ya que solo se registró en uno de los cinco muestreos, mientras que *C. fluminea* se registró en tres colectas. *M. indiorum* presentó una abundancia baja, lo cual coincide con la posible competencia con *T. granifera*.

Las otras cuatro especies raras pertenecen a los peces, *O. aenigmaticum*, *R. guatemalensis*, *X. milleri* y *V. fenestrata*, de las cuales las tres primeras solo se encontraron una vez en los muestreos, con abundancias bajas, con 3, 1 y 4 organismos respectivamente, a



pesar de que *V. fenestrata* se encontró durante tres muestreos, fueron solo tres los organismos registrados.

El 25% de las especies son comunes, dado que la frecuencia de aparición de estos organismos fue en tres o cuatro de las cinco colectas, representadas por dos moluscos *P. catemacensis* y *M. tuberculata*, un crustáceo: *T. diabolis* y un pez *A. finitimus*, de las cuales las tres primeras especies se encontraron en cuatro muestreos y la última en tres, contando con abundancias considerables de más de 20 organismos. Sin embargo, a pesar de que se registraron tan solo ocho individuos para *T. diabolis* se consideró como común, ya que la pudimos encontrar durante cuatro colectas.

El 25% son dominantes, ya que se encontraron en 4 o 5 colectas, en abundancias de entre 76 y 268 organismos, con dos especies de crustáceos *A. constrictus* y *M. tuxtlaense*, y dos especies de peces *P. tuxtlaensis* y *X. helleri*, dentro de los cuales las tres primeras especies aparecen en todos los muestreos y la última se encontró en cuatro de los cinco muestreos, siendo además nativos o endémicos del lugar, por lo cual se encuentran adaptados a las condiciones propicias del lugar.



CONCLUSIONES

- ✓ Se registró un total de 16 especies con una abundancia de 816 organismos, para el río Margaritas, dentro de las cuales seis pertenecen al grupo de los moluscos, tres a los crustáceos y siete a peces.
- ✓ Las especies más abundantes fueron *Macrobrachium tuxtlaense* con 268 individuos, seguido de *Pseudoxiphophorus tuxtlaensis* con 201 y *Xiphophorus helleri* con 123.
- ✓ Las especies menos abundantes fueron *Melania indiorum*, *Ophisternon aenigmaticum*, *Vieja fenestrata*, cada una con tres individuos registrados y *Rhambdia guatemalensis* con un organismo.
- ✓ El 9% de las especies son intolerantes, 31% bénticas, 9% introducidas, 37% nativas y 14% endémicas.
- ✓ El 53% de las especies fueron omnívoros, 6% detritívoros, 12% filtradores, 17% carnívoros y 12% herbívoros.
- ✓ El mes de mayo 2015 presentó el valor más bajo de diversidad con $H' = 1.62$, $D' = 0.50$ y $J' = 0.63$. El mes de diciembre 2016 presentó el valor más alto de $H' = 2.52$, $D' = 0.79$ y $J' = 0.82$.
- ✓ La aplicación del Índice Integridad Biótica colocó al río Margaritas entre las clases de integridad Regular, Bueno y Excelente
- ✓ El río Margaritas comparte seis especies de peces, de las 15 registradas hasta el 2008 para el lago de Catemaco.
- ✓ El 50% de las especies presentes fueron raras, el 25% de las especies fueron comunes y el restante 25% fueron dominantes. No se encontraron especies ocasionales.
- ✓ El río Margaritas alberga una gran diversidad de especies, en relación a su tamaño.



LITERATURA CITADA

- Ahyong, S. T., K. Baba, E. MacPherson y G. C. B. Poore. 2010. A new classification of the Galatheoidea (Crustacea: Decapoda: Anomura). *Zootaxa*, 2676:57-68.
- Albarran, N. C., L. J., Rangel y J. Gamboa. 2009. Distribución y abundancia de *Melanoides tuberculata* (Gastropoda:Thiaridae) en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 25(1): 93-104.
- Aldridge, D., A. Madhyastha y D. Van Damme. 2012. *Corbicula fluminea*. La Lista Roja de la IUCN de Especies Amenazadas 2016. En Línea <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012-1.RLTS.T155736A735697.en>>. Consultado 7 de febrero 2017.
- Allen, W. 1921. Studies of the Biology of Freshwater Mussels: Experimental Studies of the Food Relations of Certain Unionidae. *Biological Bulletin*, 40: 210-241.
- Alvarez, F. 1989. *Smalleyus tricristatum*, new genus, new species, and *Pseudothelphusa parbelliana*, new species (Brachyura, Pseudothelphusidae) from Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 102:45-49.
- Alvarez, F. y J. L. Villabos. 1997. Pseudothelphusidae y Trichodactylidae (cangrejos). En: Historia Natural del los Tuxtlas, González, E., R. Dirzo, R. C. Vogt (eds). México, 1º edición, 415-418 Pp.
- Alvarez, F., J. L. Villalobos y R. Robles. 2002. Abbreviated larval development of *Macrobrachium tuxtlense* Villalobos and Alvarez, 1999 reared in the laboratory. *Crustaceana*, 75(5): 717-730.
- Alvarez, F., J. L. Villalobos y R. Robles. Crustáceos, Cap. 8: 177-194. En: Bueno, J., F. Alvarez y S. Santiago (Eds.) Biodiversidad del Estado de Tabasco, 386 p. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México, 2005. ISBN 970-9000-28-8.
- Arias, L. y S. Páramo. 2008. Estudio citogenético de la sardina de agua dulce *Astyanax aeneus*. (Pisces: Characidae). Semana de divulgación y video científico. 303 Pp.
- Avendaño, M. J. 2004. Inventario de gasterópodos terrestres y dulceacuícolas del área focal de Ixcán, Chiapas. Instituto de Historia Natural y Ecología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. Y015. México, D.F.
- Avendaño, M. J., G. Carbot-Chanona y E. Naranjo-García. 2010. Moluscos gasterópodos terrestres y dulceacuícolas, del área focal Ixcán, Chiapas, México. *Lacandonia*, 1: 29-36
- Axelrod, A.H. y L. Wischnath. 1999. Swordtails and platies. T.H.F. Publications, Inc., Neptune City, NJ, USA, 192 Pp.



- Barbour, M. T., J. Gerritsen; B. D. Zinder y J. B. Stribling. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. Second Edition. EPA 841 – B4199002.U. S. Environmental Protection Agency. Office of Water. Washington, D.C.
- Bartram, J. y R. Ballance. 1996. Water Quality Monitoring: A practical Guide to the Design of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. Chapman Hill. Londres. 383 Pp.
- Balmford, A., L. Bennun, B. Ten Brink, D. Cooper, I. Côté, P. Crane, A. Dobson, N. Dudley, I. Dutton, R. E. Green, R. Gregory, J. Harrison, E. T. Kennedy, C. Kremen, N. L. Williams, T. E. Lovejoy, G. Mace, R. May, P. Mayaux, P. Morling, J. Phillips, K. Redford, T. H. Ricketts, J. P. Rodríguez, M. Sanjayan, P. J. Schei, A. S. van Jaarsveld y B. A. Walther. 2005. The Convention on Biological Diversity's 2010 Target. *Science*, 307(5707), 212-213.
- Britton, J.C. y S.L.H. Fuller. 1979. The freshwater bivalve Mollusca (Unionidae: Sphaeriidae: Corbiculidae) of the Savannah River Plant, South Carolina. The Savannah River Plant Publication SRO-NERP-3, 19-20 Pp.
- Burch, J. B. 1982. Fresh water snails (Mollusca:Gastropoda) of North America. EPA, Estados Unidos, 301 Pp.
- Burgos, M. A. y H. Espinosa. 1997. Historia Natural de Especies. *En: Historia Natural de Los Tuxtles*, González, E., R. Dirzo, R. C. Vogt (eds). México, 1º edición. 447 Pp.
- Campbell, W. 2007. Innovation in evaluating freshwater macroinvertebrates in Mexico: Community-based volunteers and water quality biomonitoring. Simposio Internacional de Entomología Acuática Mexicana: Estado Actual y Conocimiento, 91-104 Pp.
- Carvajal, L. V. 2016. Gestión y conservación de las cuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco: aplicación de un índice multimétrico basado en la información existente sobre Macroinvertebrados Acuáticos. Tesis previa a la obtención del título de Magister en Biología de la Conservación. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Escuela de Ciencias Biológicas, 88 Pp.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2006. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera de Los Tuxtles, México. En línea. Disponible en: <http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/tuxtla_final.pdf>. Fecha de consulta: 22 de mayo 2017.
- CONABIO. 2009. Distribución de las especies. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. En línea. Disponible en: <



<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/distribesp.html>>. Fecha de consulta: 22 de junio 2017.

CONABIO. 2014. Distribución de las especies. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. En línea. Disponible en: <<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/distribesp.html>>. Fecha de consulta: 26 de marzo 2016.

Contreras, S., G. Ruíz, J. Scmitter, E. Díaz, T. Contreras, M. Medina, L. Zambrano, A. Varela, R. Mendoza, C. Ramírez, M.A. Lejía, P. Almada, D.A. Hemdrickson y J. Lyons. 2008. Freshwater fishes and water status in Mexico: A country-wide appraisal, *Aquatic ecosystem Health and Management*, 11: 246-256.

Contreras, A., G. Guajardo y S. Contreras. 1995. *Thiara (Melanoides) tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Thiariidae), su probable impacto ecológico en México. *Publicaciones Biológicas-F.C.B. /U.A.N.L.*, México, 8 (1 y2): 17-24.

Cumberlidge, N. 2008. *Avotrichodactylus constrictus*. La Lista Roja de las Especies Amenazadas IUCN. 2008: En línea. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T134719A4003386.en>>. Fecha de consulta: 12 octubre de 2016.

Cumberlidge, N. 2008. *Tehuana poglayenorum*. La Lista Roja de las Especies Amenazadas IUCN. 2008: En línea. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T134543A3975114.en>>. Fecha de consulta: 12 enero de 2017.

Cummins, K. W. 2002. Riparian stream linkage paradigm. *Verhandlungden der internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 28: 49-58.

Damanik-Ambaritaa M.N., K. Locka, P. Boetsa, G. Everaerta, N. T. H. Tien, F. M. A. Eurie, M. P. L. Sasha, N. Suharevaa, E. Bennetsena, D. Landuyta, L. Dominguez y P. L. M. Goethalsa. 2016. Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnologica* 57: 27–59.

De Grave, S., J. L. Villalobos y F. Alvarez. 2013. *Macrobrachium tuxtlaense*. La Lista Roja de las Especies Amenazadas IUCN. 2013: En línea. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T198101A2511912.en>>. Fecha de consulta: 29 de septiembre de 2015.

De la Lanza, G., S. Hernández y J. Carbajal. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación. Editorial Plaza y Valdés. México, D. F. 253 Pp.

De la Llata, M. 2003. Ecología y medio ambiente. Editorial Progreso. México, D.F. 74 Pp.



- Espinosa, H. 1997. Introducción a los peces de Los Tuxtlas. *En: Historia Natural de Los Tuxtlas*, González, E., R. Dirzo, R. C. Vogt (eds). México, 1º edición. 441 Pp.
- Espinosa, H., M. T. Gaspar y P. Fuentes. 1993. Listados Faunísticos de México. III. Los Peces Dulceacuícolas Mexicanos. Instituto de Biología, UNAM., México. 99 Pp.
- Facon, B., J. P. Pointier, M. Glaubrecht, C. Poux, P. Jarne y P. David. 2003. A molecular phylogeography approach to biological invasions of the New World by parthenogenetic Thiarid snails. *Molecular Ecology*, 12: 3027-2039.
- Fernández, M. A. 2007. Phylum Mollusca. *En: Niveles de organización en animales*, Fernández, M. A y G. Rivas (eds.). México: UNAM, Facultad de Ciencias. 1ª reimpresión. 254 Pp.
- Fisch, F., J. O. Branco y J. T. de Menezes. 2015. Ictiofauna como indicador de la integridad biótica de un ambiente estuarino. *Acta Biológica Colombiana*. 2016;21(1):27-38.
- Gerritsen, J. B., B K. Jessup, E. Leppo y J. White. 2000. Development of lake condition indexes (LCI) for Florida. Prepared for the Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee, Florida.
- Healy, P. F., K. Emery y L. E. Wright. 1990. Ancient and modern maya exploitation of the jute snail (*Pachychilus*). *Latin American Antiquity*, 1(2): 170-183.
- Huidrobo, L. 2000. Peces. En organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores), de la Lanza, G., S. Pulido, J.L. Carbajal (eds). México, 1º edición. 248 Pp.
- Ibarra, G., M. Martínez, R. Dirzo y J. Nuñez. 1997. La vegetación. *En: Historia Natural de Los Tuxtlas*, González, E., R. Dirzo, R. C. Vogt (eds). México, 1º edición. 61 Pp.
- Jalihal, D. R., K. N. Sankolli y S. Shenoy. 1993. Evolution of larval development patterns and the process of freshwaterization in the prawn genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*, 65: 365-376.
- Jiménez, M. 1993. Fauna helmintológica de *Cichlasoma fenestratum* (Pisces. Cichlidae) del Lago de Catemaco, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 64(1):75-78.
- Karr, J. R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 6(6):21-27.
- Karr, J. R y E. W. Chu. 1999. Restoring life in running waters: Better biological monitoring. Island Press. Washington, DC, USA
- Loeb, S. L. y A. Spacie. 1994. Biological monitoring of aquatic systems. Florida Lewis Publishers, 381 Pp.
- López M., M. G. Ramos y J. Carranza. 2007. Análisis multimétrico para evaluar contaminación en el río Lerma y lago de Chápala, México. *Hidrobiológica*, 17 (1 Suplemento): 17-30.



- Lyons, J., A. Gutiérrez, E. Díaz, E. Soto, M. Medina, R. Pineda. 2000. Development of a preliminary index of biotic integrity (IBI) based on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central Mexico. *Hydrobiology*, 418:57-72.
- Madhyasta, A. y J. Dutta. 2012. *Tarebia granifera*. La Lista Roja de Especies Amenazadas IUCN. 2012. En Línea. Disponible en: < <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012-1.RLTS.T165813A1102513>>. Fecha de consulta: 3 de febrero de 2017.
- Mainka, S.A. y G.W. Howard. 2010. Climate change and invasive species: double jeopardy. *Integrative Zoology*, 5: 102-111.
- Martín-Del Pozzo, A. L. 1997. Geología. En Historia Natural de Los Tuxtlas, González, E., R. Dirzo, R. C. Vogt (eds). México, 1º edición. 25 Pp.
- McEachran, J. D. y T. J. Dewitt. 2008. A new live bearing fish, *Heterandria tuxtlaensis*, from Lake Catemaco, Veracruz, Mexico (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Zootaxa*, 1824: 45-54.
- Mejía, L.M., M. López, A. Chale, Y. Perera, K. Crandall, O. F. Martínez y L. C. Santander. 2016. Freshwater Prawns (Palaemonidae: *Macrobrachium*) with Abbreviated Larval Development in Rivers of Mexico: Uses, Management, and Conservation Opportunities, River Basin Management, Prof. Daniel Bucur (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/64400. En línea. Disponible en: <<http://www.intechopen.com/books/river-basin-management/freshwater-prawns-palaemonidae-macrobrachium-with-abbreviated-larval-development-in-rivers-of-mexico>>. Fecha de consulta: 5 de marzo de 2017.
- Millán, L. 2012. Patrón de distribución de los moluscos dulceacuícolas de los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, 108 Pp.
- Millán, L. A. y J. C. Ojeda. 2007. Distribución de macroinvertebrados y peces del río Máquinas, Los Tuxtlas, Veracruz, como información base para la creación de un Índice de Integridad Biótico. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México 79 Pp.
- Miller, R. R., W. L. Minckley y S. M. Norris. 2009. Peces dulceacuícolas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Sociedad Ictiológica Mexicana A. C., El colegio de la Frontera Sur y Consejo de los Peces del Desierto México-Estados Unidos. México, D.F. 381 Pp.
- Miller, R. R y J. Van Conner. 1997. Peces de Catemaco. En: Historia Natural de Los Tuxtlas, González, E., R. Dirzo, R. C. Vogt (eds). México, 1º edición. 454-455 Pp.
- Moya, N., E. Domínguez, E. Goitia y T. Oberdorff. 2011. Desarrollo de un índice multimétrico basado en macroinvertebrados acuáticos para evaluar la integridad biológica en ríos de los valles interandinos de Bolivia. *Ecología Austral* 21:135-147.



- Naranjo-García, E. y M.T. Olivera. 2014. Moluscos dulceacuícolas introducidos e invasores, en R. Mendoza y P. Koleff (eds.), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 337-345 Pp.
- Naranjo-García, E. y G. Meza. 2000. Moluscos. *En: organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores)*, de la Lanza, G., S. Pulido, J.L. Carbajal (eds). México, 1° edición, 310-320 Pp.
- Naranjo-García, E., M. E. Diupotex y R. Familiar. 2005. *Tarebia granifera* (Lamarck, 1822) (Gastropoda: Prosobranchia: Pachychilidae) en el lago de Catemaco, Veracruz, México. VI Congreso Latinoamericano de Malacología. CLAMA. Panamá. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, 101.
- Nedeu, E. A., K. Smith y J. Stone. 2005. Freshwater Mussels of the Pacific Northwest. Workgroup, Vancouver, WA. 41 Pp.
- Nelson, J. S., T. C. Grande y M. V. H. Wilson. 2016. *Fishes of the World*. Fifth edition. John Wiley and Sons, Inc. New York. 600 pp.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- Oglesby L. C. 1977 A newly introduced, brackish-water snail in the Salton Sea basin, California. *California Fish Game*, 63:180-2.
- Ojeda, J. C. 2010. Patrón de distribución de las especies de la familia Trichodactylidae (Crustacea: Decapoda: Brachyura) en México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de maestría 72 Pp.
- Oliveros, J. E., P. Tapia y E. López. 2008. Análisis morfométrico y comportamiento poblacional de *Tarebiagranifera* presente en los ríos Tuxpan y Tecolutla, Veracruz. *En: Sánchez A. J., Hidalgo M. M. G. Arriaga W. S. L. y Contreras S. W. M. Perspectivas en Zoología Mexicana*, 31-42 Pp.
- Ortega, H., L. Chocano, C. Palma e I. Samanez. 2010. Biotas acuáticas en la Amazonia Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco -Ucayali). *Revista Peruana de Biología*, 17(1): 029- 035.
- Peralta, L. 2007. Diseño de Índice de Integridad Biótica para lagos interdunarios de la región costera central de Estado de Veracruz, México. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Ecológica y Manejo de Recursos Naturales. Instituto de Ecología, 52- 72 Pp.
- Pérez, R., R. Pineda y M. Medina. 2007. Evaluación y seguimiento II: Integridad biótica de ambientes acuáticos. *En: Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos de*



México, Sánchez, O, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez, L. Zambrano (eds.). México, 1^o edición. 71-103 Pp.

- Pinilla, G., E. Rodríguez y L. Camacho. 2014. Propuesta metodológica preliminar para la estimación del caudal ambiental en proyectos licenciados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 19(1):43-60.
- Piñón, M. A., M. R. Pérez, U. Torres y R. Pineda. 2014. Integridad biótica de la microcuenca del Río Chiquito, Morelia, Michoacán, México, basada en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*. 62 (Supl. 2): 221-231.
- Pla L. 2006. Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583-590. En línea. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442006000800008&lng=es&tlng=es>. Fecha de consulta: 27 marzo de 2016.
- Pointier, J.P., y D. Augustin. 1999. Biological control and invading freshwater snails: A case study. *C.R. Academy of Sciences*. III 322:1093-1098.
- Pointier, J.P., S. Samadi, P. Jarne y B. Delay. 1998. Introduction and spread of *Thiara granifera* (Lamarck, 1822) in Martinique, French West Indies. *Biodiversity Conservation*, 7:1277-1290.
- Porter, C. M., D. R. Butler y D. M. Janz. 2000. Central Oklahoma Bioassessment Study: Evaluation of Stream Health by Using Fish and Macroinvertebrate Communities as Biological Indicators. *Proceedings Oklahoma Academy of Sciences*, 80: 6170.
- Ramírez, J. C., N. Mercado, M. Medina y O. Domínguez. 2012. Validación de dos índices biológicos de integridad (IBI) en la subcuenca del río *Angulo en el centro de México*. *Revista de Biología Tropical*. (*International Journal Tropical Biology*. ISSN-0034-7744) Vol. 60 (4): 1669-1685.
- Rivas G. y A. Hoffmann. 2007. Phylum Arthropoda. *En: Niveles de organización en animales*, Fernández, M. A y G. Rivas (eds.). México: UNAM, Facultad de Ciencias. 1^a reimpresión. 254 Pp.
- Ruiz V. H. 2004. Peces: Generalidades sobre su biología y su clasificación. *En: Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos*, Werlinger, C., K. Alveal y H. Romo (eds.). Chile, 1 edición, 277 Pp.
- Sánchez, A. y R.M. García. 1999. Biomonitorio de ríos en la gestión de cuencas: Una aproximación inductoria. IX Congreso Nacional de Irrigación. Universidad Autónoma de Chapingo. 63-71 Pp.
- Sánchez, O. 2007. Los escenarios acuáticos I: Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación. *En: Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos*



de México, Sánchez. O, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez, L. Zambrano (eds.). México, 1^o edición. 11-36 Pp.

Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta y J. de la Maza. 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 98 Pp.

Scheller, J.L. 1997. The effect of dieoffs of Asian clams (*Corbicula fluminea*) on native freshwater mussels (Unionidae). Thesis Master of Science in Biology, Faculty of Virginia Polytechnic Institute and Virginia State University, EUA.

Schmitter, J. J. 1998. Catálogo de los peces continentales de Quintana Roo. Guías Científicas. ECOSUR.

Soto, E. 2003. Ficha técnica de *Xiphophorus milleri*. Elaboración de las fichas técnicas para la evaluación del riesgo de extinción de 18 especies de peces dulceacuícolas mexicanos. Laboratorio de Ictiología y Limnología. Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No.W040. México, D.F.

Soto, M y L. Gama. 1997. Climas. *En*: Historia Natural de Los Tuxtlas, González, E., R. Dirzo, R. C. Vogt (eds). México, 1^o edición. 7-13 Pp.

Trujillo, P. y H., Toledo. 2007. Alimentación de los peces dulceacuícolas tropicales *Heterandria bimaculata* y *Poecilia sphenops* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Revista de Biología Tropical*, 55(2), 603-615.

Van Damme, D. y C. Lange. 2017. La Lista Roja de la IUCN de Especies Amenazadas 2016. En Línea. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T155675A84311752.en>>. Fecha de consulta: 3 de febrero de 2017.

Vázquez, G., T. Castro, J. Castro y G. D. Mendoza. 2011. Los caracoles del género *Pomacea* (Perry, 1810) y su importancia ecológica y socioeconómica. UAM-X. *ContactoS* 81:28-33.

Velázquez, E. y M. E. Vega. 2004. Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. CONABIO. *Biodiversitas*, 57:12-15.

Villaobos, J. L. 2005. Sistemática de los cangrejos de agua dulce de México, tribu Pseudothelphusini Ortmann, 1897 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Pseudothelphusidae): análisis filogenético, biogeográfico y descripción de especies nuevas. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. 363 Pp.

Villalobos, J. L. y Alvarez, F. 1999. A new species of *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae), with abbreviated development, from Veracruz, Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 746-753 Pp.



Wischnath, L. 1993. Atlas of Livebearers of the world. T.F.H. Publications. Neptune City, NJ, 336 Pp.

Zaouali, J., J. Ben-Souissi, B. S. Galil, C. d'Údekem-d'Acoz y A. Ben-Abdallah. 2007. Grapsoid crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura) new to the Sirte Basin, southern Mediterranean Sea- the roles of vessel traffic and climate change. *Biodiversity Records* 1: e73.

