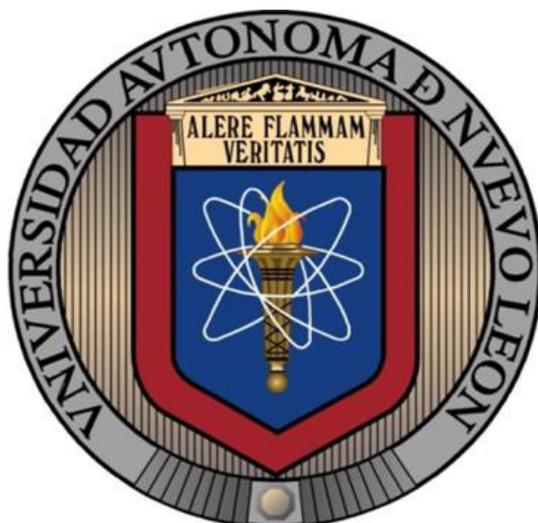


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**TESIS**

**ÍNDICE BIOLÓGICO DE INTEGRIDAD HISTÓRICO (IBI<sub>h</sub>) BASADO EN LOS  
PECES EN ÁREAS SELECTAS DEL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO**

**POR**

**M. C. DIANA LIZETH ROMERO MELCHOR**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS CON ACENTUACIÓN EN MANEJO DE VIDA  
SILVESTRE Y DESARROLLO SUSTENTABLE**

**MAYO, 2018**

**ÍNDICE BIOLÓGICO DE INTEGRIDAD HISTÓRICO (IBIh) BASADO EN LOS  
PECES EN ÁREAS SELECTAS DEL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO**

Comité de Tesis

---

DR. JUAN ANTONIO GARCIA SALAS  
Presidente

---

DR. DAVID LAZCANO VILLARREAL  
Secretario

---

DR. ROBERTO MERCADO HERNANDEZ  
Vocal 1

---

DRA. SUSANA FAVELA LARA  
Vocal 2

---

DR. JUAN PABLO CEYCA CONTRERAS  
Vocal 3

**ÍNDICE BIOLÓGICO DE INTEGRIDAD HISTÓRICO (IBIh) BASADO EN LOS  
PECES EN ÁREAS SELECTAS DEL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO**

Comité de Tesis

---

DR. JUAN ANTONIO GARCIA SALAS  
Presidente

---

DRA. MA. LOURDES LOZANO VILANO

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Agradecimientos especiales:**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para realizar los estudios de postgrado, que dio como resultado este trabajo.

A la CONABIO, por el apoyo financiero del proyecto “Estudio taxonómico distribucional de los peces del estado de Chiapas, México”

A Natura y Ecosistemas Mexicanos, A. C. por desarrollar el proyecto de “Conservación, manejo y monitoreo de los ecosistemas acuáticos del río Lacantún y sus afluentes” cuya información se utilizó para elaborar parte del presente estudio.

### **A los integrantes del comité de tesis:**

Dr. Juan Antonio García Salas, Dr. David Lazcano Villarreal, Dr. Roberto Mercado Hernández, Dra. Susana Favela Lara y el Dr. Juan Pablo Ceyca Contreras

### **A mis asesores:**

Dra. Ma. Lourdes Lozano Vilano, Dr. Armando Contreras Balderas, Dra. Ma. Elena García Ramírez, por su amistad, por su guía, apoyo y tantas experiencias durante estos años trabajando juntos. Muchas gracias por todo, los llevo en el corazón.

Al Dr. Carlos Ramírez Martínez, por permitirme aprender de su trabajo y darme la oportunidad de conocer a la Maestra Carabias, con quienes colabore y aportamos información para la conservación de la REBIMA un importante remanente de selva, gracias por enseñarme invaluable lecciones dentro y fuera del aula.

A Don Gil, por ser un maestro nato, gracias a él conocí más sobre la biodiversidad de La Selva Lacandona.

## DEDICATORIAS

El presente trabajo está dedicado a mi **ESPOSO** Raymundo Vizcaya Santillán, por tu paciencia, amor, entrega, cariño y experiencias que hemos vivido juntos durante estos 3 años. Te amo y te admiro, gracias a tu ejemplo me animas a superarme y a ser mejor persona cada día.

A **mis padres**, Sr. José Romero Delgado y Sra. Diana Melchor Degollado, que como siempre están ahí cuando los necesito, gracias a sus ejemplos soy una mujer plena y feliz, los quiero mucho.

A **mis hermanas**, Vero y Yadira, por ser mis cómplices, mis secuaces, mis mejores amigas, por ser las que mejor me entienden y me aceptan tal y como soy, porque sin su compañía, apoyo y cariño no podría llegar hasta donde estoy el día de hoy, las amo.

A **mis amigos**, todos y cada uno ocupan un lugar especial en mi corazón, no cabrían en este espacio todos los buenos amigos que Dios me ha mandado. Gracias a ustedes este caminar ha sido más sencillo, divertido y emocionante. Gracias en especial a mis amigos biólogos, Karla Guerrero, Gehu Paz, Susana Pérez, Elizabeth Tristán, Cesar Gutiérrez, Chusma Leza, porque a pesar del paso de los años seguimos con nuestra amistad.

A **mis suegros**, Sr. Raymundo Vizcaya Vázquez y Herlinda Santillán Flores, por ser otro gran ejemplo de vida, gracias por cuidarme como a una hija más, por reforzar mis valores y por siempre apoyarnos en todo momento, los quiero mucho.

A **mis familiares**, por todas las experiencias que nos hacen una familia unida y por su apoyo incondicional.

A **Dios**, porque solo él sabe lo que necesito y día a día me acompaña con su gran misericordia.



## ÍNDICE

CAPÍTULOS	PÁGINAS
ÍNDICE.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. ANTECEDENTES.....	16
2.1.Ictiofauna.....	16
2.2.Integridad Biológica.....	18
2.3.Índices Biológicos de Integridad en México.....	19
2.4.Diversidad biológica y degradación de ambientes acuáticos...	24
3. ÁREA DE ESTUDIO.....	26
3.1.Localización.....	26
3.2.Relieve.....	27
3.3.Hidrología.....	30
3.4.Suelos.....	31
3.5.Clima.....	32
3.6.Vegetación.....	33
3.7.Zonificación ecológica.....	34
4. JUSTIFICACIÓN.....	36
5. HIPÓTESIS.....	39
6. OBJETIVO GENERAL.....	39
6.1.Objetivos específicos.....	39
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
7.1.Trabajo en campo.....	41
7.2.Trabajo de gabinete.....	45
7.3.Análisis estadístico.....	52
8. RESULTADOS.....	53
8.1.Listado de las especies de peces presentes en las áreas selectas del Estado de Chiapas.....	53
8.2.Análisis de la composición íctica.....	58
8.2.1.Chacamax.....	60
8.2.2.Catazajá.....	60
8.2.3.Mar Muerto.....	61
8.2.4.Ixtacomitán.....	62
8.2.5.Pumpuapa.....	63
8.2.6.Chanona.....	64
8.2.7.Huixtla.....	64

8.2.8.Tzendales.....	65
8.2.9.Lacatún.....	66
8.2.10.Pijjiapan.....	67
8.2.11.Tiltepec.....	68
8.2.12.Amacoite.....	68
8.2.13.Ixtapangajoya.....	69
8.3.Índice Biológico de Integridad histórico basado en peces.....	70
8.4. Estado actual de las áreas selectas y problemas ecológicos...	75
8.4.1. Chacamax.....	75
8.4.2.Catazajá.....	75
8.4.3.Mar Muerto.....	76
8.4.4.Ixtacomitán.....	76
8.4.5.Pumpuapa.....	77
8.4.6.Chanona.....	77
8.4.7.Huixtla.....	77
8.4.8.Tzendales.....	78
8.4.9.Lacatún.....	78
8.4.10.Pijjiapan.....	79
8.4.11.Tiltepec.....	79
8.4.12.Amacoite.....	79
8.4.13.Ixtapangajoya.....	80
8.5. Diagnostico ecológico.....	82
8.5.1. Índices de diversidad alfa.....	82
8.5.1.1. Índice de Simpson.....	82
8.5.2. Índices de diversidad beta.....	84
8.5.2.1. Índice de Jaccard.....	84
8.5.2.2. Índice de Cody.....	87
9. DISCUSIÓN.....	91
10. CONCLUSIONES.....	96
11. PERSPECTIVAS.....	97
12. BIBLIOGRAFIA.....	101
13. ANEXOS.....	109
13.1. ANEXO I.....	109
13.2. ANEXO II.....	116
14. RESUMEN BIOGRÁFICO.....	125

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>CAPÍTULOS</b>	<b>PÁGINAS</b>
1. Criterios a considerar en el IBH.....	19
2. Regiones hidrológicas y fisiográficas del Estado de Chiapas.....	27
3. Lista de los sitios de muestreo y coordenadas geográficas.....	40
4. Métricas utilizadas en el Índice Biológico de Integridad histórico.....	48
5. Valores del índice biológico de integridad calificando las especies periféricas.....	69
6. Valores del índice biológico de integridad omitiendo las especies periféricas.....	71
7. Valores y descripción del Índice Biológico Integral histórico desarrollado en áreas selectas del Estado de Chiapas.....	79
8. Valores del Índice de Simpson calificando todas las especies de Peces.....	80
9. Valores del Índice de Simpson omitiendo las especies periféricas.....	81
10. Valores de los Índices de Jaccard calificando todas las especies de peces.....	83
11. Valores de los Índices de Jaccard omitiendo las especies periféricas.....	84
12. Valores de los Índices de Cody calificando todas las especies de peces.....	86
13. Valores de los Índices de Cody omitiendo las especies periféricas.....	87
14. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Chacamax.....	114
15. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Catazajá.....	115
16. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Mar Muerto.....	116
17. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Ixtacomitán.....	117
18. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Pumpuapa.....	117
19. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Chanona.....	118
20. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Huixtla.....	118
21. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Tzendales.....	119
22. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Lacantún.....	120
23. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Pijijiapan.....	121
24. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Tiltepec.....	121

25.Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Amacoite.....	122
26.Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Ixtapangajoya.....	122

## ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULOS	PÁGINAS
1. Mapa de localización del Estado de Chiapas.....	25
2. Elevaciones y relieve del estado de Chiapas.....	26
3. Superficie estatal por tipo de fisiografía.....	27
4. Localización de las regiones hidrológicas del Estado de Chiapas.....	29
5. Tipos de suelos predominantes en el Estado de Chiapas.....	30
6. Clima del Estado de Chiapas.....	31
7. Vegetación y agricultura en el Estado de Chiapas.....	32
8. Árbol de problemas de los cambios en la composición de especies de peces...	35
9. Traducido y tomado de Karr, <i>et al.</i> 1986.....	38
10. Mapa de ubicación geográfica de las localidades.....	39
11. Captura de peces con uso de chinchorro.....	40
12. Captura de peces con el uso del equipo de electropesca y chinchorro.....	41
13. Captura de peces usando chinchorro.....	41
14. Fijación del material biológico en campo.....	42
15. Captura de fotografías y datos en campo.....	42
16. Fijación del material biológico en formaldehído al 10% en campo.....	43
17. Separación del material biológico por familias.....	44
18. Separación del material biológico por géneros.....	44
19. Conteo de espinas y escamas para la determinación taxonómica.....	45
20. Ejemplar de <i>Pseudophallus starksii</i> para su identificación taxonómica.....	45
21. Determinación de la especie <i>Sphoeroides annulatus</i> .....	46
22. Material biológico identificado y catalogado.....	46
23. Diversidad de especies en las localidades en el primer y último año de muestreo.....	56
24. Abundancia de especies en las localidades en el primer y último año de muestreo.....	57
25. Valores del índice biológico de integridad histórico calificando especies periféricas.....	70
26. Valores del índice biológico de integridad histórico omitiendo especies periféricas.....	72
27. Valores del índice de Simpson de los sitios de muestreo.....	81
28. Valores del índice de Simpson de los sitios de muestreo.....	82
29. Valores del índice de Jaccard de los sitios de muestreo.....	83
30. Valores del índice de Jaccard de los sitios de muestreo.....	85
31. Valores del índice de Cody de los sitios de muestreo.....	86
32. Valores del índice de Cody de los sitios de muestreo.....	88
33. Mapa de localización geográfica del sitio Chacamax.....	107
34. Mapa de localización geográfica del sitio Catazajá.....	108
35. Mapa de localización geográfica del sitio Mar Muerto.....	108
36. Mapa de localización geográfica del sitio Ixtacomitán.....	109
37. Mapa de localización geográfica del sitio Pumpuapa.....	109
38. Mapa de localización geográfica del sitio Chanona.....	110
39. Mapa de localización geográfica del sitio Huixtla.....	110
40. Mapa de localización geográfica del sitio Tzendales.....	111

41. Mapa de localización geográfica del sitio Lacantún.....	111
42. Mapa de localización geográfica del sitio Pijijiapan.....	112
43. Mapa de localización geográfica del sitio Tiltepec.....	112
44. Mapa de localización geográfica del sitio Amacoite.....	113
45. Mapa de localización geográfica del sitio Ixtapangajoya.....	113

## RESUMEN

Chiapas es uno de los estados de la República mexicana con mayor diversidad, en él se albergan 207 especies de peces. Los IBI son métodos de evaluación de la calidad de hábitats y complementarios al monitoreo. Se ha demostrado la eficiencia de éstos métodos para llevar a cabo programas de manejo y conservación de recursos naturales. El objetivo es desarrollar un índice biológico de integridad basado en la ictiofauna, utilizando la información existente obtenida anterior y actualmente, considerando diversos indicadores biológicos como nivel trófico, rango de nado y tolerancia a cambios ambientales entre otros. Se seleccionaron trece localidades en las cuales se realizaran muestreos durante el año 2014. Las artes de pesca para la colecta de peces incluyen redes de 2 y 3 m de largo por 1,80 m de ancho y equipo de electropesca. El material fue fijado en formol al 10% y preservado en alcohol isopropílico al 50%. Para medir la similitud entre estaciones de muestreo se utilizaron los Índices de Jaccard, Cody o diversidad beta, así como el índice de Simpson que mide los cambios en la abundancia. El IBIf permitió comprobar la degradación de los ambientes acuáticos debido a impactos antropogénicos y naturales, como en el caso de las localidades de Catazajá, Chacamax y Mar Muerto, por otro lado las mejor conservadas son Pijijiapan e Ixtacomitán. Los índices de similitud confirmaron la pérdida y cambio de composición de especies de peces en las localidades, por lo tanto le dan validez al IBIf.

## ABSTRACT

Chiapas is one of the states of the Mexican Republic with greater diversity, 207 species of fish are housed. IBI are methods to assess the conditions of a body of water and complement to monitoring. It has been proven their efficiency to perform management programs and conservation of natural resources. The aim of this document is to develop a biological integrity index based in the ichthyofauna, using the information obtained historically and currently, also considering various biological indicators such as trophic level and swim, tolerance to environmental changes among others. Thirteen locations where sampled during 2014. The gear for collecting fish include networks of 2 and 3 m long, and 1.80 m wide and selected electrofishing equipment. The material was fixed in 10% formalin and preserved in 50% isopropyl alcohol. It has been observed degradation of aquatic ecosystems due to natural and anthropogenic impacts. To measure the similarity between sampling stations there were used the Jaccard index, Cody index or beta diversity, and Simpson index measuring changes in abundance. The IBIs proved the degradation in aquatic environments due to human and natural activities, examples include the sites of Catazajá, Chacamax and Mar Muerto, in contrast the localities Pijijiapan and Ixtacomitan are the best preserved. The similarity indices confirm the information of lost and change of composition of the species of fishes in the localities; therefore, it gives validity to the index.

## 1. INTRODUCCIÓN

Se ha observado que en los últimos años han ocurrido cambios en la composición de especies en localidades de Chiapas; estos cambios, como el deterioro de los ecosistemas, pérdida de biodiversidad y calidad del agua, en mayor parte han sido ocasionados por el hombre debido a alteraciones en el uso del suelo, su crecimiento demográfico desmedido y el uso de técnicas de cultivo que alteran química y físicamente la composición de los hábitats acuáticos.

Lozano-Vilano, *et al.* (2009) mencionan que la importancia de los IBIs es que estos se pueden ajustar e interpretar de acuerdo al cuerpo de agua o sistema que se quiere evaluar. El diseño de los IBIs se puede adaptar de acuerdo a las condiciones actuales de un área en específico. En el presente estudio en primera instancia se consideraran los factores de riqueza; además de considerar los factores externos de un sistema natural, como la presencia de fenómenos meteorológicos, cambio climático, variabilidad, deforestación, uso de agroquímicos en la agricultura, artes de pesca no convencionales (rotenona y explosivos), entre otros, también se deben considerar los factores asociados a las actividades humanas que han alterado los ecosistemas.

## 2. ANTECEDENTES

La visión de la degradación continua a los ecosistemas debe de considerarse como un problema integral. Es por esto que en el presente estudio se pretende incorporar variaciones en las condiciones físicas y biológicas de los ambientes acuáticos, los cuales servirán en la interpretación de problemas y causas de la degradación, así como el posible planteamiento de soluciones a la degradación del ambiente.

El aspecto biológico tomará un papel primordial en el presente estudio, debido a que la ictiofauna se encargará de proporcionar aquellos escenarios previstos a partir de las condiciones actuales en las áreas seleccionadas en el Estado de Chiapas. Estas condiciones nos marcarán una pauta para comprender el manejo que se ha estado llevando hasta el momento o la falta del mismo, así como sus consecuencias y posteriormente la evaluación de cada sitio con el fin de brindar una perspectiva integral y biológica del estado actual de los diferentes ríos.

### 2.1. Ictiofauna

Para la comprensión del entorno y caracterizar el área de estudio, se necesitan los inventarios sobre los recursos naturales disponibles. Miller (1966), Velazco-Colín (1976), Lozano-Vilano y Contreras-Balderas (1987), Rodiles-Hernández *et. al* (2005) y Lozano-Vilano *et. al* (2007) generaron información de gran relevancia para conocer la composición de las especies en el Estado de Chiapas.

La importancia de conocer las especies y su riqueza a través del tiempo por medio del estudio de la composición de especies en áreas selectas en el estado de Chiapas es fundamental para el presente estudio, pero al mismo tiempo se refleja la necesidad de estudios que profundicen en las herramientas para el manejo de los recursos naturales, como es el caso de los peces y los sistemas acuáticos. Las herramientas deben incluir las tres dimensiones en las que se basa el desarrollo sustentable (social, ambiental y económica) para llegar a generar propuestas viables y palpables que desemboquen en la conservación de la biodiversidad. Los índices integrales pueden llegar a ser mecanismos

reconocidos por autoridades gracias al aporte que estos brindan para los tomadores de decisiones en el ámbito de manejo de recursos naturales y su conservación.

Miller (1966) muestra la distribución de los peces en Centroamérica y parte de lo que llaman Mesoamérica (mitad meridional de México), en este trabajo se incluyen la mayoría de las especies que se tienen registradas en el estado de Chiapas. Además se mencionan las provincias basadas en la distribución de los peces, de acuerdo a Miller, estas se definen como “aquellas regiones que están caracterizadas por grupos de peces asociados, que tienen rangos geográficos y ecológicos similares”. Biogeográficamente, los peces del río Tehuantepec marcan el límite distribucional de las formas del Pacífico tropical, incluyen a los peces cuatrojos de la familia Anablepidae, los bagres de la familia Heptateridae, Synbranchidae y la mayoría de Cichlidae. Con base a la revisión de literatura disponible, registros de museos y entrevistas con investigadores especializados en diferentes países, Miller determino la presencia de 456 especies de peces conocidos, de agua dulce y salobre; de los cuales 104 son especies primarias, 165 secundarias y alrededor de 187 especies periféricas. La ictiofauna de Mesoamérica destaca por su gran riqueza y diversidad, gracias a las familias Poeciliidae y Cichlidae, los cuales comprenden el 84% de los peces secundarios y más de la mitad de la combinación de los grupos primarios y secundarios (Miller, 1966).

En 1976, Velasco-Colín realizó un estudio sobre la ictiofauna distribuida en todo el Estado de Chiapas, en el cual registra y describe 70 especies. Este documento incluye algunas características generales como hábitos alimenticios, distribución geográfica, morfología y características de su hábitat. Gracias a esta aportación, se logra entender la composición de especies existente en el Estado, los mapas realizados muestran la distribución estimada de los peces, además resalta cuales son de importancia pesquera, ornamental y para la conservación *per se*. Actualmente, este inventario brinda información muy importante para comprender como han cambiado los ambientes acuáticos y por ende la composición de especies.

Lozano-Vilano y Contreras-Balderas (1987) crearon una lista zoogeográfica y ecológica de la ictiofauna continental del Estado, hasta ese entonces se reportaron 135 especies, repartidas en 38 familias y 72 géneros; además se mencionó el origen zoogeográfico de cada especie, dando como resultado 72 especies continentales, 3

neárticas y 56 neotropicales; por otra parte se consideró el grupo ecológico de cada especie y se arrojó la siguiente información: 10 especies primarias, 51 secundarias, 6 periféricas y solo 4 introducidas. A partir de la creación de esta lista de especies, se empezaron a considerar aspectos ecológicos dentro del estudio, estas características permiten conocer la relación que existe entre el ambiente y las especies presentes en determinada zona, para así crear inferencias sobre la degradación y pérdida de la biodiversidad.

Para el año 2005, se amplió el conocimiento de la ictiofauna con el trabajo de Rodiles-Hernández *et. al* (2005). Este trabajo incluyó a los peces continentales y marinos de Chiapas, se comprende de 207 especies, distribuidas en 110 géneros y 45 familias. En este estudio se consideró la riqueza de especies por familia, siendo la familia Cichlidae la más abundante con un 17% sobre el total de especies y la familia Poeciliidae con un 12%. Rodiles-Hernández *et. al* (2005) resaltan la importancia de continuar con los estudios de sistemática y taxonomía para la descripción de nuevas especies en áreas poco exploradas, las cuales sirven como punto de comparación entre zonas con alto grado de degradación y los puntos en que el entorno tiene pocas o nulas alteraciones.

Miller *et al.* en el 2005 realizaron un gran trabajo al realizar un libro sobre los peces de Norteamérica y México, aproximadamente 500 especies. Esta obra se considera muy completa, ya que incluye claves taxonómicas para determinar especies de peces, además de la distribución, hábitat, principales características morfológicas y biológicas. Para el estado de Chiapas se nombran 135 especies, considerando especies continentales y algunas salobres.

Para conclusión: la mayoría de los autores concuerda en que las especies periféricas si marcan una diferencia en la composición de las especies.

## **2.2. Integridad Biológica**

El concepto más utilizado de integridad biológica es la propuesta por Karr (1981), quien la define como “*la capacidad de soportar y mantener una comunidad adaptada, integrada y balanceada, con una composición, diversidad y organización funcional comparable con el hábitat natural de la región*”. Este concepto abarca la conservación y

restauración de la biodiversidad, así mismo se integran otros elementos como la diversidad, abundancia, estructura y función de las comunidades biológicas. Esta primera aproximación y enfoque considera varios factores involucrados en el monitoreo de la calidad del agua, el cual ha permitido la utilización de esta metodología por la Agencia de Protección al Ambiente (EPA siglas en inglés) como aceptable para medir y valorizar los ecosistemas de acuerdo a índices y estado actual de los cuerpos de agua.

Una de las ventajas que presenta el IBI de acuerdo a Karr (1981) es que son estudios que no requieren mucho tiempo y son de bajo costo comparado con estudios de organismos microscópicos y de análisis fisicoquímicos y de metales pesados. Los IBIs se utilizan como métodos de evaluación de las condiciones de un cuerpo de agua (Jiménez, *et al.* 2011) y son complementarios al monitoreo y programas de manejo y conservación de recursos naturales.

Lyons. (1995) maneja el concepto de integridad biológica o biótica como “*la capacidad de un sistema biológico para funcionar, mantenerse y evolucionar, considerando los cambios en las condiciones ambientales*”, este concepto comprende la composición, estructura y funcionalidad de los niveles de organización.

El uso de indicadores biológicos para medir la integridad de un ecosistema no es actual, esta metodología data del siglo XX, donde se han utilizado macro y microinvertebrados, datos físico-químicos,

### **2.3. Índices biológicos de integridad en México**

El panorama actual de degradación de los ecosistemas y sus dinámicas poblacionales propicia la implementación estrategias accesibles, medibles y efectivas para conservar y aprovechar los recursos naturales. En un principio se realizó el monitoreo ambiental, que se enfoca principalmente en parámetros físicos, químicos y biológicos, sin embargo los análisis fisicoquímicos del agua solo proporcionan una parte del escenario ambiental, dejando de la lado la salud y los factores que afectan los ecosistemas (Peralta *et al.*, 2007)

Para los ambientes acuáticos existen diferentes formas para valorar los impactos negativos y *por ende* comprender la pérdida de la integridad biológica, de acuerdo a Karr

(1981), estos pueden ser de dos tipos, químicos y biológicos. Pérez-Munguía (2007) menciona los más comunes, como el índice de calidad del hábitat, índice de calidad del agua, de calidad ambiental visual, de calidad ambiental para manantiales, entre otros. No obstante, el índice integral biológico o índice biológico de integridad, es uno de los más aceptados y complementarios a las estrategias de conservación de la biodiversidad.

Los índices de integridad se caracterizan por abarcar aspectos físicos, químicos y biológicos (Angermeier, 1986). La importancia que se prestó a los aspectos biológicos en sistemas acuáticos permitió que el espectro de análisis se ampliara y por lo tanto las decisiones que se han tomado en cuanto al manejo de los recursos hídricos han sido precisas y acordes a las necesidades de un determinado sistema.

Karr (1981) describió un método para evaluar la calidad de los ambientes acuáticos; desarrollo un índice que considera a los peces como agente principal para monitorear los recursos hídricos. Como complemento al análisis de riqueza y diversidad de los peces, está el análisis de parámetros de calidad de agua que sirven para determinar eventos que pueden ser críticos para evaluar impactos bióticos a largo plazo. Para desarrollar este índice se utilizaron diferentes criterios, los cuales evaluaron las áreas de estudio y dando como resultado una valoración final para cada área. Con base a una tabla se determinó el estado actual de un río o vertiente indicando la degradación de los mismos.

Cabe resaltar que Karr (1981), enumera grandes ventajas que tienen los peces como indicadores, esto sirvió como parteaguas en la investigación de los ambientes acuáticos en México. Es a partir de la década de los 80 que los científicos mexicanos comienzan a emprender o desarrollar el concepto de índice biológico en algunas cuencas del país. Las áreas de estudio se determinaron de acuerdo a los criterios utilizados por Karr (1981), aquellos que se emplearon para la selección de las áreas se describen en el tabla 1.

Tabla 1. Criterios a considerar en el IBIf.

A. Composición de especies y riqueza	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Contar con los datos de especies nativas presentes en cada localidad.</li> <li>b) Analizar la tolerancia y susceptibilidad de las especies nativas.</li> </ul>
B. Factores Ecológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Calidad del agua del río y/o cuenca.</li> <li>b) Aspectos Zoogeográficos y Ecológicos de las especies</li> <li>c) Nivel trófico de las especies.</li> <li>d) Presencia o ausencia de modificaciones en los cauces de los ríos.</li> <li>e) Presencia-ausencia de vegetación raráña.</li> <li>f) Presencia-ausencia de vegetación acuática.</li> </ul>
C. Factores Socioambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Actividades productivas presentes en el área de estudio (agricultura, pesca, ganadería, etc.)</li> <li>b) Presencia de centros urbanos y rurales.</li> <li>c) Presencia de fenómenos meteorológicos (sequías, huracanes, etc.).</li> <li>d) Presencia de áreas naturales protegidas.</li> </ul>

Karr, *et al.* (1986) mencionan que el uso o monitoreo de parámetros de calidad del agua, como los nutrientes, oxígeno disuelto, temperatura, pesticidas, metales pesados y otros químicos tóxicos, no toman en consideración efectos a corto plazo que pueden ser críticos e impactar la biota, es por esto que los criterios a utilizar en el presente estudio se tomarán en cuenta con base a las consecuencias que puedan tener los diferentes parámetros mencionados anteriormente a corto y mediano plazo.

Los índices desarrollados por Lyons *et al.* (1995, 2000) han sido empleados en el centro y oeste del país; como variante, en este índice se considera la posición de los peces en la columna de agua, la tolerancia de los mismos a la degradación del medio ambiente. Los datos de las diferentes clasificaciones se convirtieron en puntos en una escala cuantitativa de 10 puntos, tanto para el hábitat como para la calidad del agua, se basó en las escalas desarrolladas por Lyons (1992) y Angermeyer *et al.* (1993).

Se utiliza el menor de los valores de estas dos escalas como una evaluación de calidad relativa del lugar, el cual se usa como referencia. Se correlaciono nuestra puntuación de la calidad del medio ambiente con nuestro índice final de puntuación de integridad biótica para evaluar el rendimiento del índice como una herramienta de control biológico para la detección de la degradación del medio ambiente físico y químico.

Las comparaciones entre las colecciones de peces de sitios con relativamente poca degradación del medio ambiente (puntuación de la calidad ambiental de al menos 7 puntos sobre un máximo de 10) y los sitios con la degradación pesada (puntuación de 4 puntos o menos de cada 10) fueron utilizados para ayudar a describir un conjunto de peces con alta integridad biótica.

Para el año 2000, Lyons utilizó diferentes métricas en su índice, la más importante de sus aportaciones fue el implementar la presencia de especies exóticas o no nativas en las métricas utilizadas. Además del número de especies nativas, se enfocó en la estructura de las comunidades haciendo referencia a las familias predominantes en la composición ictiofaunística. En la ponderación empleada se otorga un valor de 0, 5 y 10 a cada métrica dependiendo de esta misma, en el caso de biomasa de especies tolerantes, biomasa de especies exóticas y porcentaje de parásitos exóticos, se otorga el valor de 0 si prevalece un mayor porcentaje en el ambiente acuático: por el contrario, en las demás métricas se otorga un valor de 10 a los altos porcentajes que prevalecen en el sitio.

Contreras-Balderas *et al.* (2000, 2005) desarrollo índices en el río Bravo y Nazas en el norte de México, la variante de estos índices es que emplearon información histórica que análisis los cambios a través del tiempo en diferentes localidades tomando como referencia las comunidades de peces para comparar las condiciones originales o anteriores con las actuales.

Mercado-Silva *et al.* (2002), prueban la validez de un IBI a partir de datos independientes, determinan el ámbito geográfico donde es válido el IBI y a partir de esto sugieren modificaciones para su uso en zonas en las que no proporciona suficiente sensibilidad. Para calcular el IBI, los peces se clasificaron en primer lugar según su origen, posición típica en la columna de agua, la tolerancia a la degradación del medio ambiente, hábitos de alimentación y el modo de reproducción. El origen de cada especie se estableció utilizando la literatura sobre su distribución. Las especies recogidas se agruparon como bentónicas o su posición en la columna de agua basado en la observación directa. Se categorizaron como especies sensibles, medianas o tolerantes basándose en las observaciones de campo y literatura existente (Ledesma-Ayala, 1987; Lyons *et al.*, 1995; Soto-Galera *et al.*, 1999). Una vez que las especies se clasificaron, las métricas y valores para el IBI se calcularon siguiendo los lineamientos de Lyons *et al.* (1995). El valor final

del IBI puede variar de 0 a 100, siendo 100 el estado óptimo. La calidad ambiental se evaluó en cada sitio de muestreo en base a los criterios de calidad del hábitat y del agua y de la metodología tomadas de Lyons *et al.* (1995) y graduado de 0 a 100.

Jiménez-Castellanos *et al.* (2006) realizó una investigación que consistió en analizar y caracterizar la calidad del agua del río Sabinal mediante el análisis de la comunidad de peces con la aplicación del Índice de Integridad Biótica desarrollado por Karr (1981), el cual juega un papel de gran importancia para interpretar la información obtenida en el monitoreo de este recurso, complementado con un análisis fisicoquímico del agua. Este índice se basa en once atributos de la comunidad de peces para evaluar los efectos de alteración ambiental, agrupados en tres categorías básicas de la comunidad de peces: riqueza y composición de especie, estructura trófica, y condición y abundancia de peces. Por último Jiménez *et al.* (2006) asevera que la presencia de especies intolerantes es importante, por ser las primeras en desaparecer con un aumento en la contaminación, ocasionada por insecticidas, desechos domésticos, industriales e inclusive por la concentración de arcillas coloidales en suspensión, y la continua erosión de campos.

En el año 2009, Lozano-Vilano *et al.*, desarrollaron un IBH en el río Conchos, en el cual se lleva a cabo una comparación de las comunidades de peces a través del tiempo y por medio de una colección de datos. En este caso se expresaron en porcentajes los cambios observados para cada parámetro, al final se promedian todos los parámetros para generar un valor del índice, en donde el 100 es una condición ideal en un ambiente acuático y 0 un impacto mayor o total. En este índice se establecieron 6 bloques de especies con características biológicas comunes, como el nado en columna de agua, alimentación, origen biogeográfico y ecológico, sensibilidad a cambios y origen evolutivo. En este índice también se consideran las especies exóticas, la cual se calculó con respecto al inventario total y a la abundancia de especies de la última colecta.

Schmitter-Soto *et al.* (2011) desarrolló un IBI utilizando métricas que evaluaron la calidad del hábitat y agua en cada sitio, con base en los criterios de Lyons, sobre todo cualitativamente: grado de modificación de canal, la diversidad estimada del hábitat, la disponibilidad de hábitats (vegetación, rocas, aguas profundas), el grado de sedimentación, evidencia de aceites u otras sustancias tóxicas, y el olor. Se definieron tres niveles de calidad del agua y tres niveles de la calidad del hábitat. Estos datos se

convirtieron en una escala cualitativa de diez puntos, al cual denominaron Índice de Calidad del Agua y Hábitat (IWHQ) para evaluar la calidad ambiental de cada sitio. Este IBI se considera híbrido ya que considera el IWHQ y la propuesta de Lyons para marcar tres niveles de calidad de agua y hábitat, se multiplica la calidad del agua por la puntuación de calidad del hábitat y se sustrae o añade un punto para diferenciar los sitios que inicialmente han alcanzado el mismo IWHQ, los autores consideraron como importante su percepción sobre la calidad del agua y el hábitat para este último criterio.

De acuerdo a King *et al.* (2000) se pueden utilizar y categorizar a la especies de acuerdo a la tolerancia a los cambios en la calidad el agua. En su libro los describió de la siguiente manera:

- a) Tolerantes: aquellas especies relativamente resistentes con respecto a los cambios en la calidad del agua.
- b) Moderadamente tolerantes: especies que pueden soportar algunos cambios en la calidad del agua, pero algunas etapas de su ciclo de vida pueden ser sensibles a los cambios.
- c) Sensibles o intolerantes: especies que pueden soportar solo cambios muy limitados en la calidad del agua, porque todas las etapas de su ciclo de vida son sensibles a los cambios.

#### **2.4.Diversidad biológica y degradación de los ambientes acuáticos.**

La diversidad biológica es considerada uno de los principales parámetros que mide el impacto directo o indirecto de las actividades antropogénicas, así mismo es una características fundamental de los sistemas biológicos y útil para la descripción de las comunidades ecológicas (Badii *et al.* 2007).

En los últimos años se han llevado a cabo muchos acuerdos en los que se reconoce la destrucción acelerada de los ambientes naturales; como consecuencia existe una gran ignorancia sobre los impactos y la magnitud de las transformaciones por actividades humanas (Peralta *et al.*, 2007). Este mismo autor menciona que los estudios de

biodiversidad cada vez se están convirtiendo en estudios holísticos, ya que se considera el papel de la misma biodiversidad en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas.

De acuerdo a Mathuriau *et al.* (2011) los primeros estudios que utilizaron indicadores biológicos se remontan a principios del siglo XX en Alemania. Hacia la segunda mitad del siglo XX que se presta atención a los aspectos biológicos y a darles mayor importancia, así mismo se utiliza el concepto de bioindicadores. Uno de los más conocidos es el índice biológico de integridad de Karr (1981).

Oswald (2011) menciona que la degradación de los ecosistemas aunado al cambio climático pueden causar una etapa de estrés ambiental, lo que conlleva a un deterioro de los sistemas naturales y sociales de manera directa o indirecta. Por lo tanto, un entorno natural dañado reducirá la capacidad de resiliencia de los ecosistemas y a su vez causa altos costos económicos en la recuperación y conservación de los mismos.

En un estudio sobre la importancia de las escalas de espacio y tiempo en la conservación de la vida silvestre, Sánchez *et al.* (2011), menciona que se deben considerar fenómenos biológicos y procesos ecológicos que ocurren en lapsos que van desde días hasta cientos o miles de años. Uno de los hechos más relevantes que deben mantenerse en mente es que los procesos ecológicos son el núcleo funcional de la evolución y que actúan sobre los individuos. Los daños significativos en la estructura del hábitat y composición de especies, pueden ser duraderos y/o permanentes, lo que implica alteraciones funcionales graves, que impiden la reparación propia del ecosistema (Sánchez *et al.* 2011).

### **3. ÁREA DE ESTUDIO**

El estado de Chiapas está ubicado en la región más al sur de México, colinda con los estados de Tabasco, Campeche y Quintana Roo. Territorialmente tiene una extensión de 7,4 millones de hectáreas, que representa el 3,8% de la extensión del país y posee más de 300 km de litorales y un vasto sistema hidrológico.

La complejidad de su fisiografía en conjunto con su situación latitudinal hace que Chiapas sea un estado con una gran biodiversidad; es el segundo estado con mayor riqueza de especies de flora y de fauna después de Oaxaca. Además, su compleja topografía origina una intrincada red hidrológica que aporta 113,002 hm<sup>3</sup>/año de agua renovable (EAM, 2015).

Chiapas está conformado por dos regiones hidrológicas, en la vertiente del Pacífico y del Atlántico, la Costa de Chiapas representa el 15% de la superficie estatal y la cuenca del Grijalva-Usumacinta el 85%.

#### **3.1. Localización**

El estado de Chiapas se encuentra en el sureste de la república mexicana, las coordenadas extremas del territorio son los meridianos 17°56'36" y 14°31'55" de latitud norte y los meridianos 90°22'13" y 94°08'20" de longitud oeste (Figura 1). Colinda al norte con el estado de Tabasco, al oeste con el océano Pacífico, Oaxaca y Veracruz de Ignacio de la Llave, al sur con Guatemala y el océano Pacífico, al este con Guatemala. Su extensión territorial es de 75,344 km<sup>2</sup> que representa el 3,8% del territorio del país, su capital es Tuxtla Gutiérrez. El estado está constituido por 122 municipios oficiales

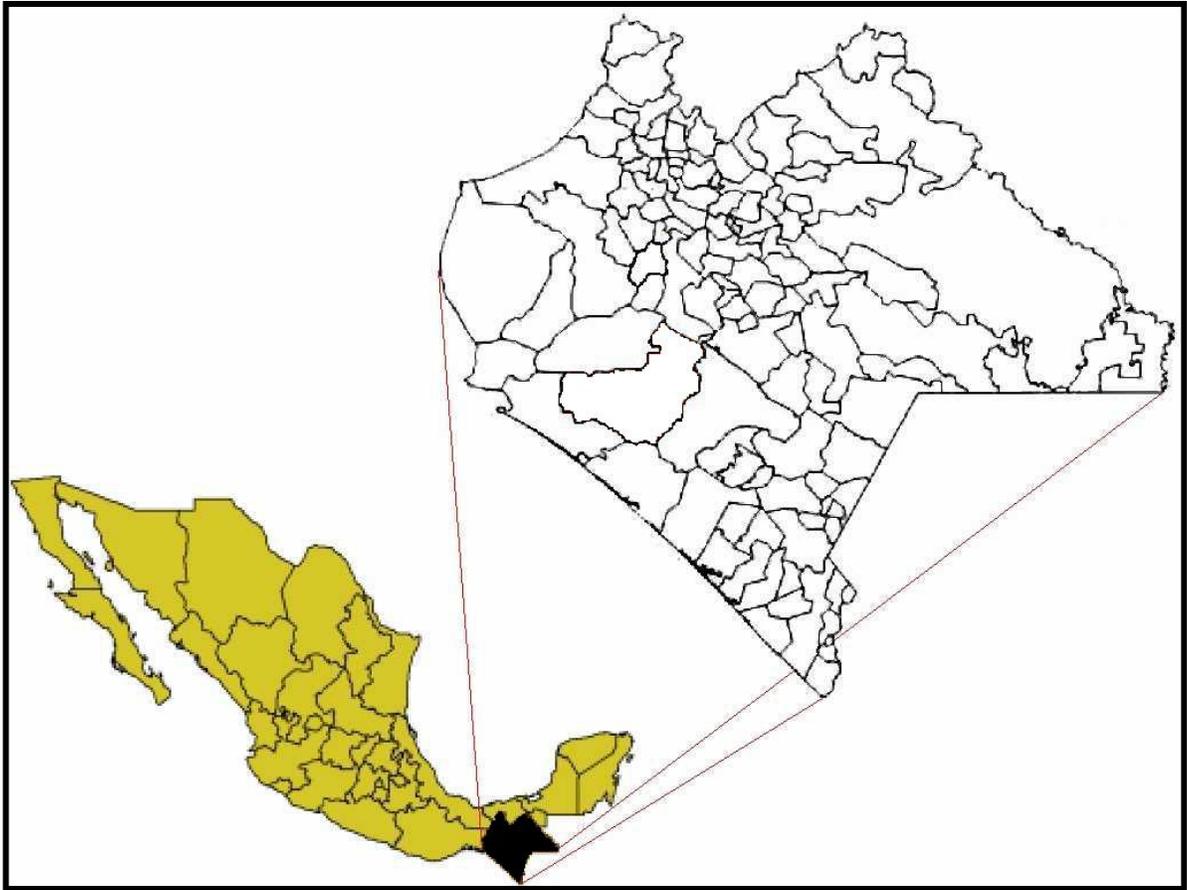


Figura 1. Mapa de localización del Estado de Chiapas

### 3.2. Relieve

El relieve el Estado de Chiapas está conformado por sierras de rocas sedimentarias, ígneas intrusivas y metamórficas; un 69% del relieve es montañoso, 17% con lomeríos, 12% de planicies y 2% de valles. El principal sistema montañoso es la “Sierra Madre de Chiapas”, la naturaleza de este sistema formado de rocas ígneas lo convierte en susceptible a erosión, por la pérdida de la cobertura vegetal y posteriormente perdida del suelo (Figura 2).

El punto más alto se encuentra en el cerro El Male con 3,040 msnm ( $15^{\circ}25'55''$  N,  $92^{\circ}14'21''$  W) y el volcán Tacaná con 4,080 msnm ( $15^{\circ}07'56''$  N,  $92^{\circ}06'37''$  W). Por otra parte Mullerried (1957) divide al estado en siete regiones, las cuales concuerdan con las regiones fisiográficas. Las cuales tienen características diversas de suelo y vegetación.

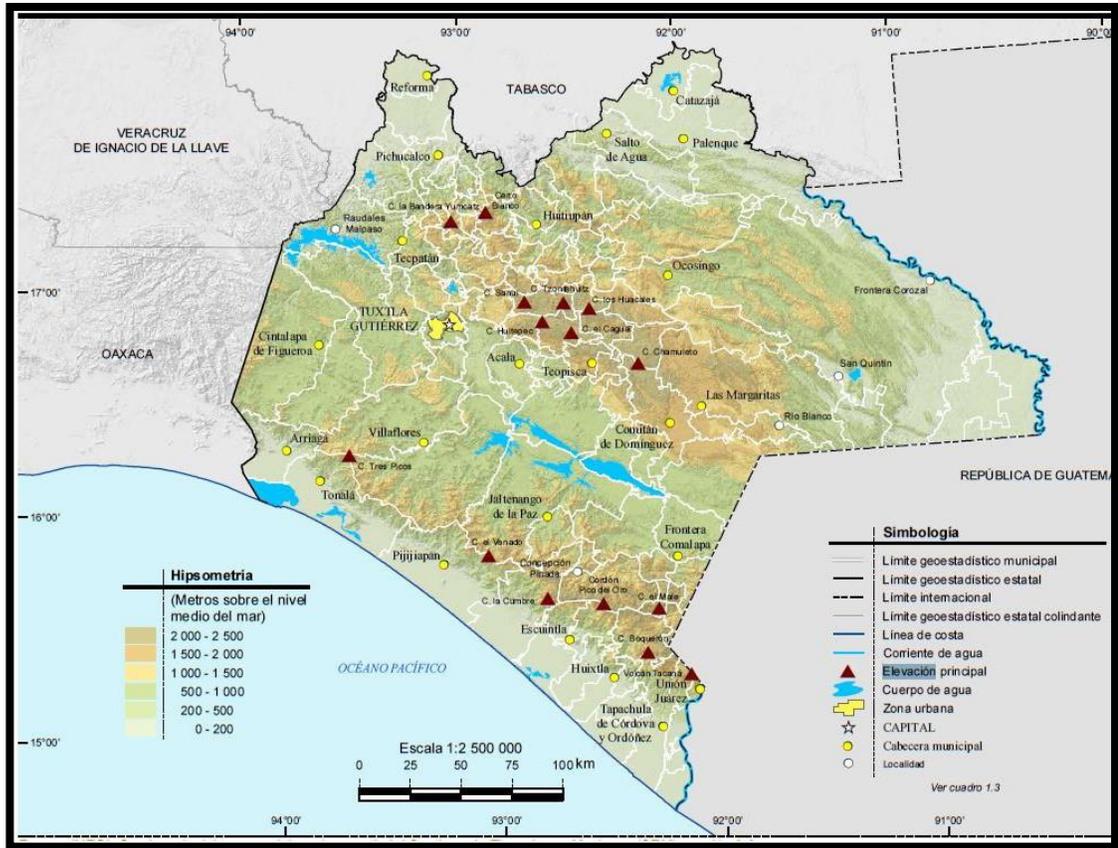


Figura 2. Elevaciones y relieve del estado de Chiapas (INEGI, 2014).

A continuación se describen los principales relieves del Estado:

- I. Llanura Costera del Pacífico: región paralela al océano Pacífico, contiene depósitos de la sierra de Chiapas. Presenta relieve uniformemente plano, con suelos profundos y salitrosos por su cercanía con el mar, además de cenizas volcánicas presentes que mejoran las condiciones edafológicas. La vegetación está comprendida por selva mediana caducifolia, sin embargo, ha sido sustituida por pastizal para ganado y campos agrícolas. Cerca de la costa se pueden encontrar manglares, vegetación acuática y característica de esteros.
- II. Sierra Madre de Chiapas: está localizada paralelamente a la Llanura Costera del Pacífico.



### **3.3.Hidrología**

El estado se encuentra dividido en dos grandes regiones hidrológicas, la costa de Chiapas (RH23) y Grijalva-Usumacinta (RH30) (Figura 4).

La primera región, la Costa de Chiapas: es de forma alargada y angosta, de 30 a 55 km; incluyen arroyos y ríos intermitentes con corrientes permanentes superficiales que son rápidas y cortas, y pueden sufrir fuertes avenidas durante la época de lluvias. Se divide en dos subregiones, la Planicie Costera del Pacífico que tiene una longitud de 260 a 280 km y una anchura entre 15 y 40 km; colinda con la Sierra Madre de Chiapas y el litoral Pacífico; contiene una superficie lagunar y estuarina muy importante. La otra región es la de la Sierra Madre de Chiapas, una franja que colinda de manera paralela con la Planicie Costera, abarca desde Oaxaca hasta Guatemala, su longitud va hasta los 280 km y con una anchura de 50 a 65 km. La compleja fisiografía de esta zona permite la formación de importantes ríos, como el Suchiate, Piijiapan, Huixtla y Coatán.

La región Grijalva-Usumacinta, es una vertiente localizada en el Atlántico que constituye el 85% de la superficie del estado. Está formada por la red del río Grijalva y Usumacinta, consideradas de gran importancia a nivel nacional, en Chiapas se localiza el 48% de la superficie total de esta región hidrológica, la cual se comparte con Guatemala. Esta región se subdivide en cuatro: la primera es la Depresión Central con aproximadamente 200 km de largo y 70 km de anchura, es una planicie con lomeríos y serranías que provienen de Guatemala donde se origina. Los principales ríos son el Suchiapa, Santo Domingo, La Concordia, Encajonado, Cintalapa y Blanco, además en esta región se ubican las presas de La Angostura y Chicoasén. La segunda subregión, Montañas del Norte contiene un relieve muy accidentado con serranías y valles orientados en muchas direcciones; cruza la región noroeste y norte de la Sierra Madre de Chiapas; destacan los ríos Huitzijá, Chicoljé, Chancalá y Chacamax. La tercera subregión es la de los Altos de Chiapas, con una longitud aproximada de 220 km con una anchura de 50 a 100 km, está ubicada entre los sistemas Grijalva y el Usumacinta; algunos de los afluentes importantes son el San Lucas, La Angostura, Huistán, Perlas, los lagos de Tziscaco y Montebello.

La cuarta subregión, llamada Montañas de Oriente tiene una longitud aproximada de 225 km y una anchura entre 70 y 100 km; dentro de los principales afluentes están el Jataté, Ixcán, Chajul, Tzendales y Lacanjá; destacan los lagos de Miramar y Lacanjá.

Por último, la quinta subregión, Planicie Costera del Golfo, formada en los deltas del Grijalva y Usumacinta; localizada a 155 km de la desembocadura en el Golfo de México; en Chiapas abarca los municipios de Catazajá, la Libertad y Palenque.

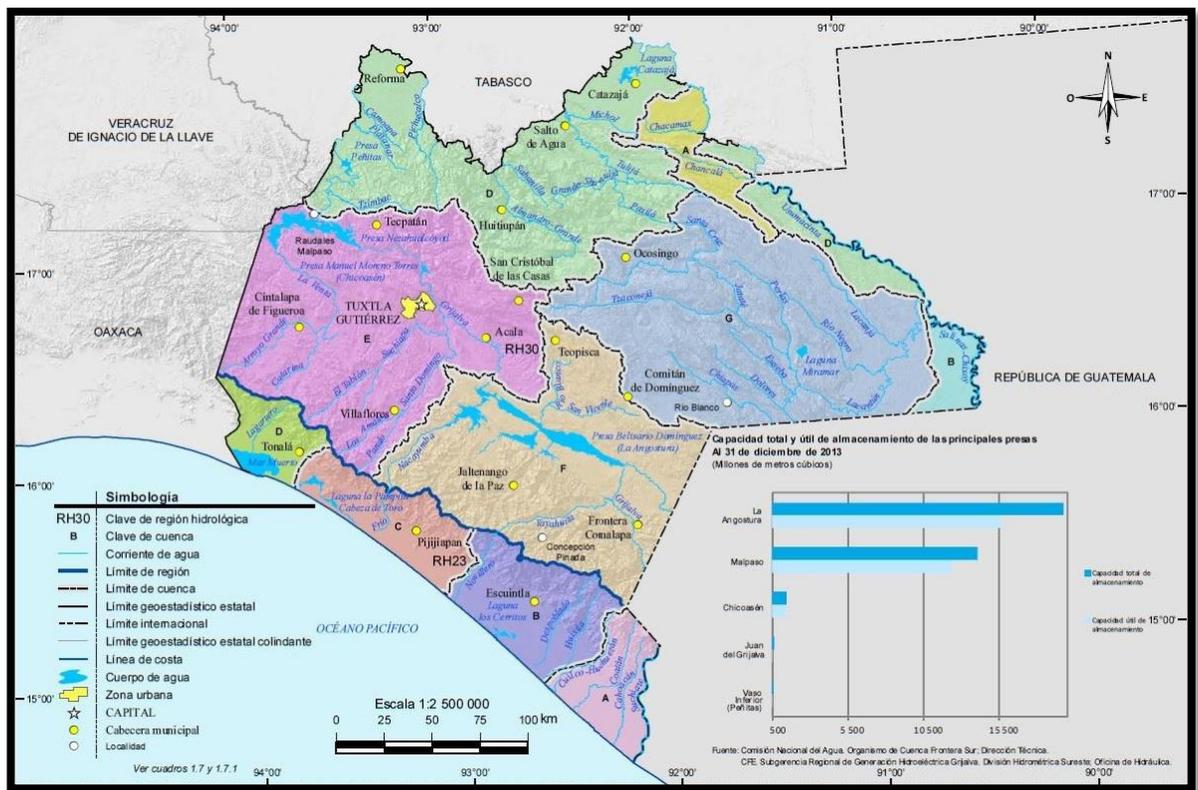


Figura 4. Localización de las regiones hidrológicas del Estado de Chiapas (INEGI, 2014).

### 3.4.Suelos

Dentro de la superficie del Estado existen 15 unidades de suelos, de las cuales las tres unidades principales abarcan 53% de la superficie (litosoles, rendzinas y acrisoles); por otro lado los litosoles ocupan el 20% de la superficie, la característica de este tipo de suelo tienen profundidades de 10 cm presentes en sierras, laderas y barrancas (Figura 5). Las rendzinas ocupan el segundo lugar 17% de la superficie del Estado,

presente en matorrales, bosques tropicales y clima templado. Los acrisoles abarcan 16.2% del territorio, típico de regiones templadas y lluviosas

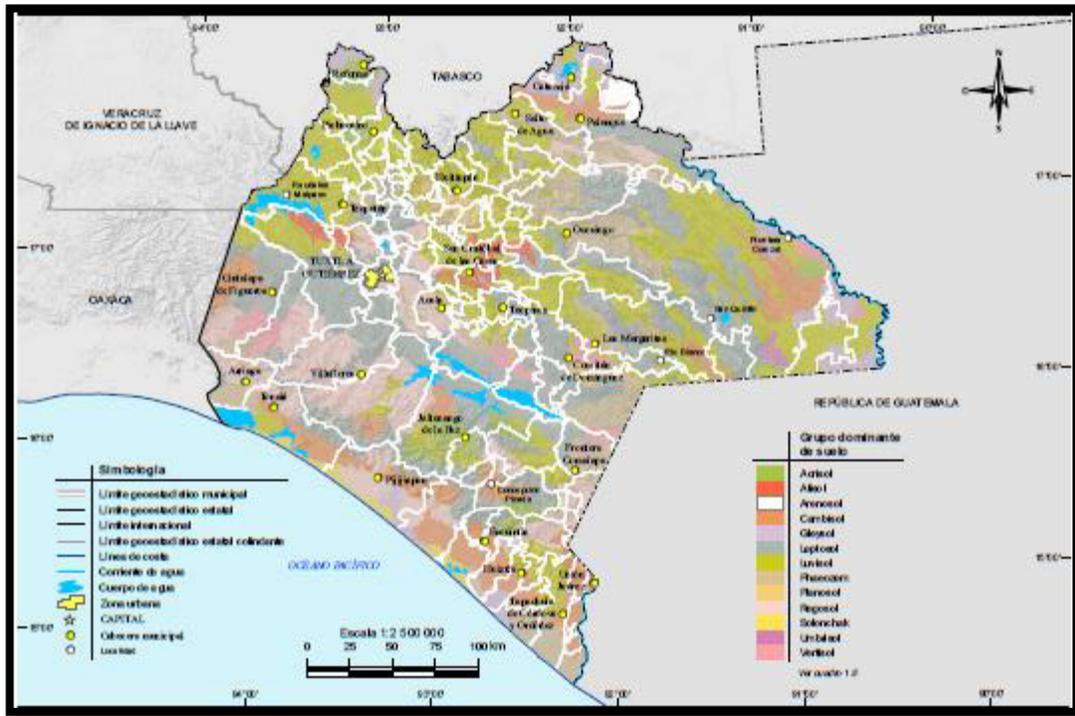


Figura 5. Tipos de suelos predominantes en el Estado de Chiapas (INEGI, 2014).

### 3.5.Clima

El estado de Chiapas contiene dos grandes grupos climáticos: los cálido-húmedos (A) y los templado-húmedos (C), estos últimos se deben a la presencia de elevaciones montañosas (sierras altas y mesetas). La región fisiográfica de la Sierra Madre y el macizo montañoso de los Altos son los únicos con estas características, en el resto del estado predominan los climas cálidos (Figura 6). La presencia de altas temperaturas y abundantes lluvias, explican la distribución de la vegetación de climas tropicales húmedos.

La temporalidad de la precipitación y la temperatura, divide al año en dos estaciones marcadas, la de lluvias y la seca. En la depresión central es notoria la escasez de lluvias durante el periodo seco, situación que cambia notoriamente en la siguiente temporada ya que se presentan lluvias moderadas (800 a 1200 mm). Está marcada

temporalidad ha determinado en cierto sentido la presencia de selvas bajas caducifolias en la zona. Una situación similar se presenta en la costa, aunque la presencia de lluvias es más abundante en el periodo correspondiente.

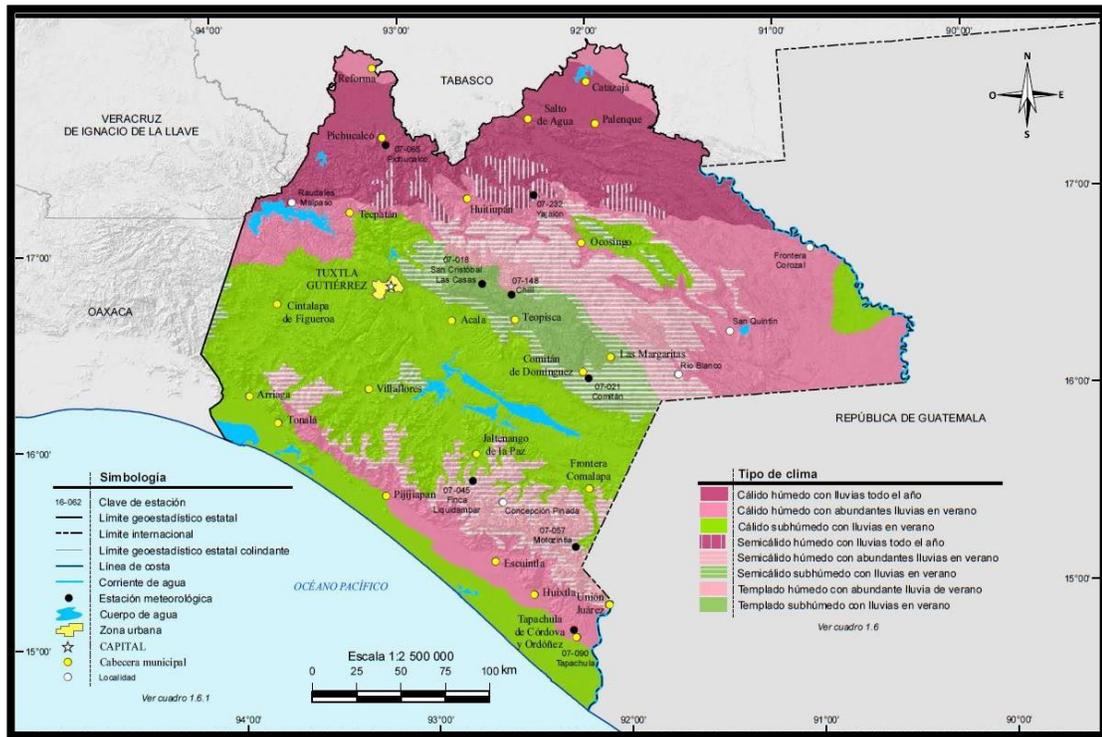


Figura 6. Clima del Estado de Chiapas (INEGI, 2014).

### 3.6. Vegetación

La vegetación en Chiapas es muy diversa, resultado de una combinación de humedad, temperatura, tipo de suelo y latitud. Los principales tipos de bosque son los de clima templado y los tropicales, en el primero encontramos las coníferas y sus diferentes asociaciones, como lo son el bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de encino-pino y bosque de pino-encino-liquidambar; en los segundos se presentan las selvas altas y medianas perennifolias y subperennifolias, también las selvas bajas caducifolias (Figura 7).

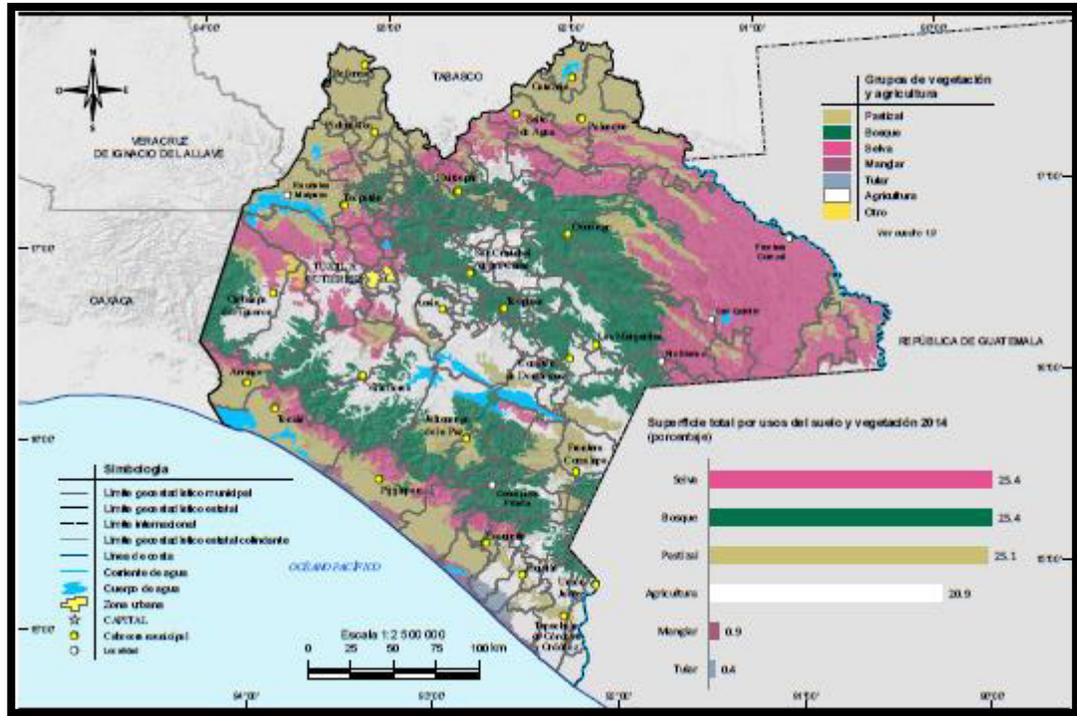


Figura 7. Vegetación y agricultura en el Estado de Chiapas (INEGI, 2014).

### 3.7. Zonificación Ecológica

El concepto de zona ecológica plantea, reconocer unidades con determinadas condiciones medioambientales (clima, topografía, suelo), en donde la vegetación es la expresión sintética de esos factores y por lo tanto las zonas se construyen agrupando un tipo de vegetación o un conjunto de ellos, de acuerdo a sus afinidades climáticas y edáficas existiendo para el país 10 grandes zonas ecológicas (Toledo *et al.*, 1985). A partir de la agrupación se obtienen impresiones con una transformación del sistema Lambert a UTM. En relación a lo anterior, se considera que la zonificación ecológica de Chiapas está conformada por cinco zonas determinadas por el clima:

- Zona cálido húmeda (31,700 km<sup>2</sup>) que originalmente estuvieron ocupadas por selvas altas perennifolias (86%) y selvas medianas subperennifolias (14%).
- Zona cálido subhúmeda (13,990 km<sup>2</sup>) cuya vegetación original correspondía a selvas bajas caducifolias (77%) y selvas medianas subcaducifolias (23%).

- Zona templada húmeda (7,600 km<sup>2</sup>) ocupada originalmente por los bosques mesófilos de montaña.
- Zona templada subhúmeda (18,745 km<sup>2</sup>) que estaba originalmente constituida por bosques de encino (15%), encino-pino (9%), pino (25%) y pino-encino (51%) y
- Zona semiárida con una extensión de 82 km<sup>2</sup> ocupada originalmente por la selva baja espinosa. Con respecto a las zonas no determinadas por el clima, se presentan los humedales (2,254 km<sup>2</sup>) constituidos por manglares (40%), sabanas (15%), selvas bajas perennifolias (8%), selva baja subperennifolias (15%) y vegetación acuática (21%); las zonas de suelos halogipsófilos que representan una porción mínima del estado y las zonas de exclusión que constituyen aproximadamente 170 km<sup>2</sup>.

La zona cálida húmeda de Chiapas constituye junto con el estado de Tabasco un cinturón tropical donde actualmente se encuentran diferentes tipos de selvas y se practica la ganadería extensiva así como la agricultura nómada. Esta zona es poseedora de alta diversidad y fragilidad biológica y se encuentra en el Soconusco en donde las selvas prácticamente han desaparecido y la riqueza biológica se manifiesta con la presencia de humedales y la fauna de zonas costeras. Sobre las zonas cálidas subhúmedas se encuentran suelos más propicios para las actividades primarias, representando las zonas más productivas en términos de actividades agrícolas.

Las zonas templadas húmedas y subhúmedas, se encuentran en la porción de mayor pendiente del territorio chiapaneco y para el caso de los Altos de Chiapas en la zona de mayor marginación, habitada prioritariamente por población indígena.

## 4. JUSTIFICACIÓN

La constante degradación de los recursos naturales es evidente en los ambientes terrestres, sin embargo relativamente pocos organismos son utilizados para analizar el estado actual de los cuerpos de agua.

Para el presente estudio se tomaran en cuenta los peces como indicadores debido a que Chiapas sobresale por su ictiofauna tan diversa; y ésta es de gran importancia, ya que ecológicamente hablando podrá resaltar los cambios que se hayan sustentado a partir de la degradación de los hábitats acuáticos, ya sea por cambios de tipo natural u ocasionados por el hombre.

Se han realizado estudios enfocados a los IBIs en el norte del país; Lozano-Vilano, *et al.* en el año 2009 utilizaron un IBIh para el río Conchos en el que estudiaron la dinámica de las comunidades de peces de acuerdo a la variación en tiempo, espacio y estaciones o temporadas del año. Sin embargo, en el sureste de México existen escasos estudios de índices, en parte por la complejidad del sistema hidrológico y por la falta de una visión integral en la investigación.

Chiapas cuenta con un gran sistema hidrológico y debido a esto cuenta con una gran diversidad íctica. En el presente trabajo se pretende dar un enfoque integral que considere diferentes aspectos, tales como el ecológico, social y normativo. Este enfoque impulsará la conservación de la biodiversidad, permitiendo la formulación de escenarios para crear estrategias de manejo de los recursos naturales, un manejo efectivo que tome como eje central el cuidado y conservación de la ictiofauna y de los ambientes acuáticos.

En los últimos años se ha presentado un aumento diversas actividades que alteran la integridad de los ambientes acuáticos, dentro de estos están las descargas residuales por la presencia y desarrollo de comunidades urbanas y rurales, descargas por lixiviados de actividades como la ganadería y agricultura, el uso de métodos inapropiados para la pesca, como la rotenona, fenómenos meteorológicos y cambio de uso de suelo en general. Las actividades anteriormente mencionadas son consecuencia del aumento de la población y de la escases de los recursos naturales, como resultado del mal aprovechamiento de los recursos naturales la diversidad y abundancia de los peces del estado de Chiapas ha decrecido notablemente.

Para la comprensión del entorno se creó el siguiente árbol de problemas (Figura 8) en el cual se muestran las causas y efectos de los cambios en la composición de especies de peces, además de ilustrar la importancia de considerar el enfoque holístico para la toma de decisiones para manejar el recurso hídrico. En este sentido, los IBIs juegan un papel primordial debido a que los peces son buenos indicadores de la calidad del agua y los estudios para realizar los análisis de la composición, son relativamente bajos en costo en comparación con otros, además de que el tiempo para notar los cambios se puede observar en periodos cortos.

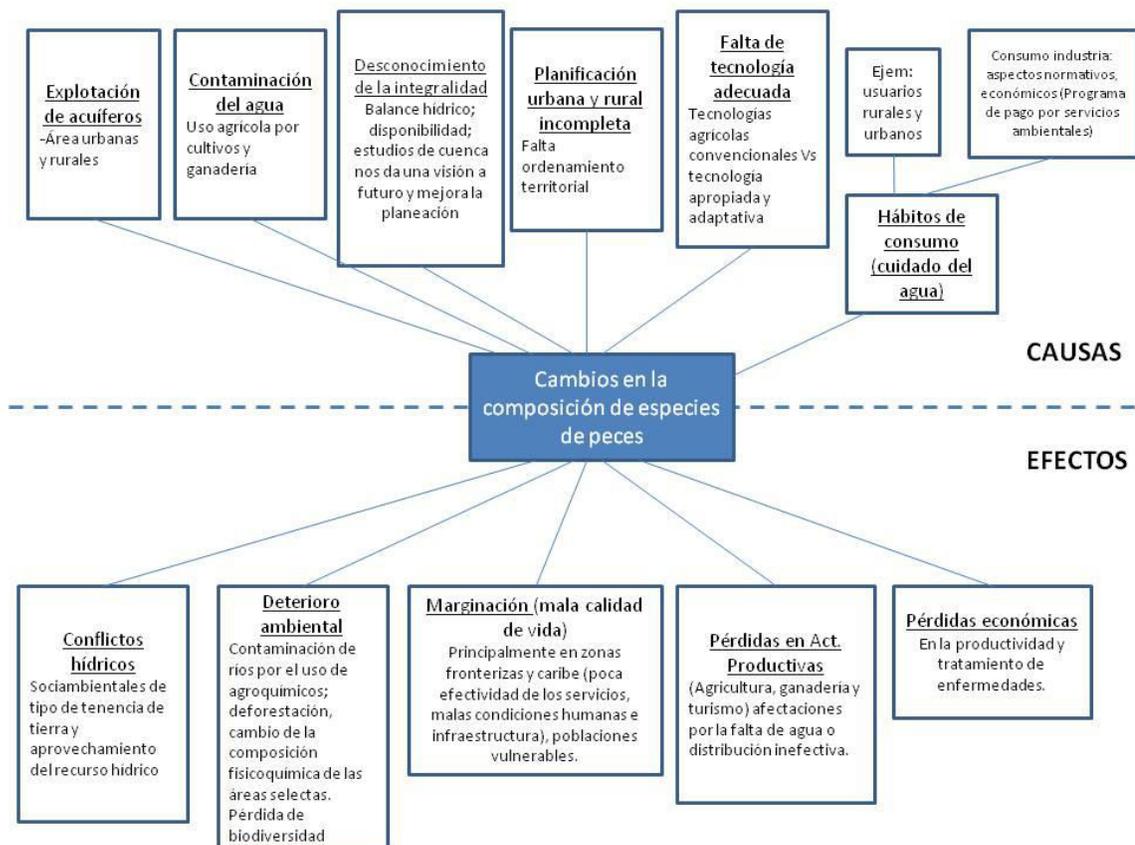


Figura 8. Árbol de problemas de los cambios en la composición de especies de peces.

El presente estudio proporcionará una visión de las posibles repercusiones que pueden acarrear la continua degradación de los ecosistemas; algunas de las más graves pueden ser afectación de la salud de los habitantes aledaños, disminución de la resiliencia y del potencial de adaptación de la biodiversidad, pérdida de la flora y fauna entre otros.

Es de gran importancia resaltar que para el presente estudio, el uso del IBIh se realizara de acuerdo a algunos criterios que resaltan de sobremanera debido a la

importancia que tienen en la ecología. En el Estado de Chiapas se ha observado la presencia de especies exóticas como tilapias, carpas y plecos, las cuales servirán como especies bandera para determinar el estado actual de las áreas selectas y que servirán para abordar fácilmente la problemática asociada a la degradación de los ecosistemas.

Hoy en día no se ha desarrollado un índice de integridad biológico histórico para el Estado de Chiapas, siendo este Estado uno de los más diversos a nivel nacional en donde se alberga importantes centros de conservación la falta de una herramienta de este tipo es urgente.

## **5. HIPÓTESIS**

El índice biológico de integridad mostrará que la degradación de los ecosistemas ha aumentado en las áreas selectas en el estado de Chiapas y los factores de degradación existentes para cada área.

## **6. OBJETIVO GENERAL**

Utilizar y desarrollar un índice biológico de integridad basado en la información disponible actual y la que se obtenga, considerando como indicadores biológicos los peces.

### **6.1. Objetivos particulares**

- 6.1.1. Realizar un listado de las especies de peces presentes en el estado de Chiapas.
- 6.1.2. Analizar cambios en la composición de especies por localidad.
- 6.1.3. Utilizar un Índice Biológico de Integridad histórico (IBIh) basado en los peces y la información disponible actual y la que se obtenga.
- 6.1.4. Usar el IBIh para determinar el estado actual de las áreas selectas en el Estado de Chiapas y sus problemas ecológicos.
- 6.1.5. Diagnosticar ecológicamente cada localidad.

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar el presente estudio se tomaron varias metodologías para analizar la información correspondiente a la composición de especies de peces de 13 localidades y para el análisis estadístico. Sin embargo la metodología que sirvió de base para la obtención del IBI, fue la propuesta por Karr, *et al.* (1981). En la figura 9, se desglosa la secuencia de actividades recomendadas por el autor, dicha secuencia se modificó conforme se elaboró el IBH.

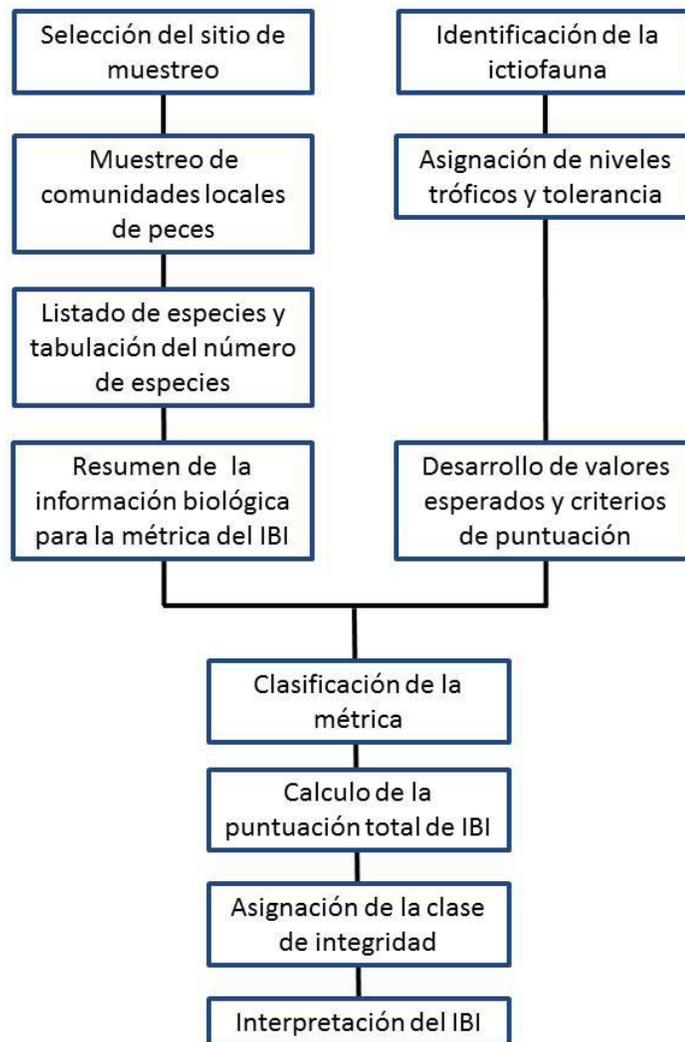


Figura 9. Traducido y tomado de Karr, *et al.* 1986.

A continuación, se describen los pasos a seguir para desarrollar y obtener el IBIH de 13 localidades en el estado de Chiapas.

### 7.1. Trabajo en campo

Se seleccionaron 13 localidades con base a la abundancia y capturas históricas para realizar los muestreos correspondientes durante el año 2014 (tabla 3, figura 10, anexo I).

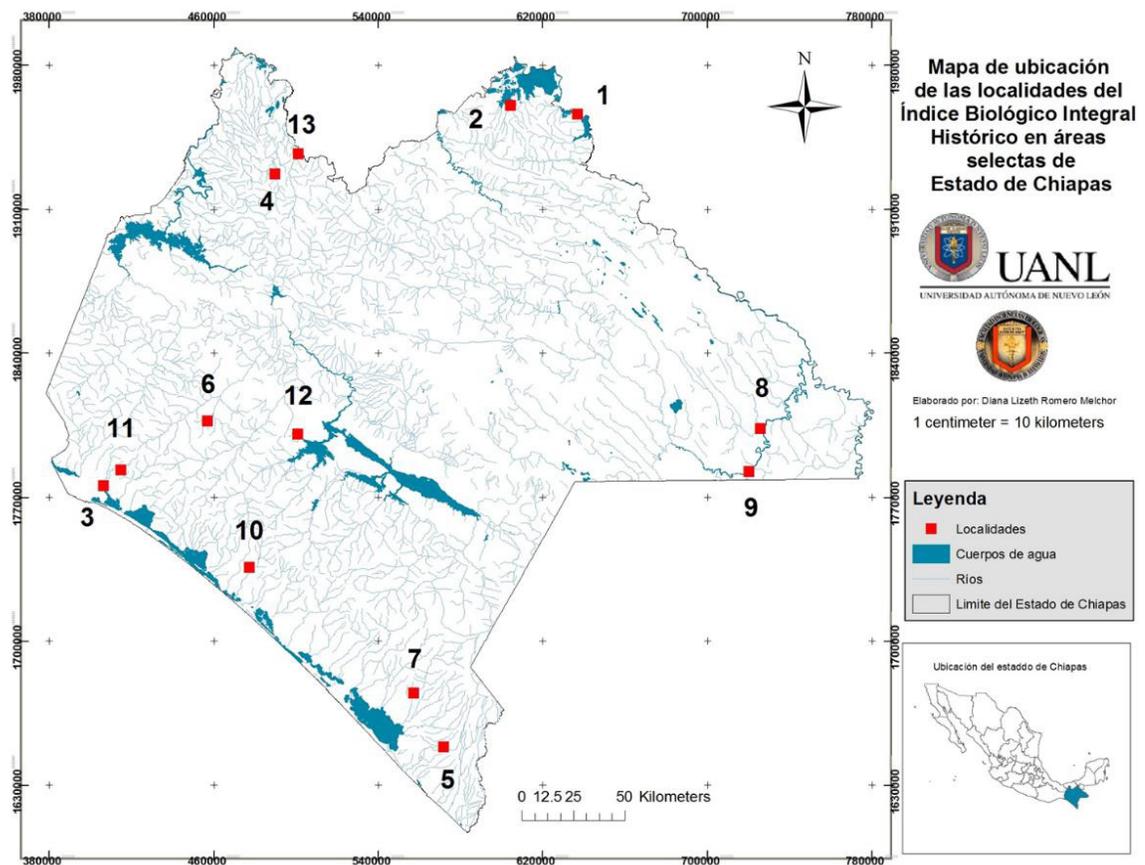


Figura 10. Mapa de ubicación geográfica de las localidades

Tabla 3. Lista de los sitios de muestreo y coordenadas geográficas

No. de identificación	Localidades	Coordenadas
1	río Chacamax en La Libertad	17°41'13" N/ 91°42'30" O
2	Laguna de Catazajá en Catazajá	17°43'44" N/ 91°01'00" O
3	Mar Muerto	16°03'21" N/ 93°52'26" O
4	Arroyo en Ixtacomitán	17°25'47" N/ 93°05'43" O
5	río Pumpuapa	14°54'35" N/ 92°19'55" O
6	río Chanona	16°20'37" N/ 93°24'07" O
7	río Huixtla	15°08'44" N/ 92°28'02" O
8	río Tzendales	16°17'52" N/ 90°53'12" O
9	río Lacantún	16°06'35" N/90°56'23" O
10	río Pijijiapan	15°41'57" N/93°12'39" O
11	río Tiltepec	16°07'34" N/ 93°47'42" O
12	río Amacoite	16°17'10" N/ 92°59'33" O
13	río en Ixtapangajoya	17°31'00" N/ 92°59'22" O

En cada sitio de muestreo se realizó una colecta para obtener material biológico de las diferentes especies de peces. Las artes de pesca para la colecta de peces incluyen redes de 2 y 3 m de largo por 1,80 m de ancho, redes agalleras y experimentales, riles, arpones, anzuelos y equipo de electropesca (LR.24, marca Smith-Root Inc®). Se utilizó el método de captura por unidad de esfuerzo (CAPUE) en estaciones elegidas de 100 m en cada río; para cada sitio se muestreo una hora conservando todo el material capturado con las artes de pesca mencionadas (Figuras 11 a 13).



Figura 11. Captura de peces con uso de chinchorro.



Figura 12. Captura de peces con el uso del equipo de electropesca y chinchorro.



Figura 13. Captura de peces usando chinchorro.

El material se fijó en campo en frascos con formaldehído al 10% durante 7 días. Posteriormente en el laboratorio se lavó el material en agua corriente por 24 horas para eliminar el formaldehído de los peces, después el material biológico se preservó en frascos de vidrio en alcohol isopropílico al 50% y alcohol etílico al 70% de acuerdo la metodología de Hall *et al.* (1969) (Figuras 14 a 16).



Figura 14. Fijación del material biológico en campo.



Figura 15. Captura de fotografías y datos en campo.



Figura 16. Fijación del material biológico en formaldehído al 10% en campo.

## 7.2.Trabajo de gabinete

Una vez que se conservó el material, este se fue separado por familias y géneros (Figuras 17 a 22). Para la identificación de las especies se utilizaron claves taxonómicas como las de Allen (1998), Álvarez (1970), Domínguez-Cisneros y Rodiles-Hernández (1998), Eschemeyer *et al.* (1998), Ferraris (2003), Jordan y Evermann (1986 y 1900), Meek (1904), Miller, *et al.* 2005, Lozano-Vilano y Contreras-Balderas (1987), Lozano-Vilano *et al.* (2007), Nelson (2004), Rodiles-Hernández *et al.* (1999), Taylor y Miller (1980), Velasco-Colín (1976), entre otra literatura especializada en taxonomía de peces para la determinación taxonómica de las especies periféricas, como: Alvarado *et al.* (2010), Bearez *et al.* (2010), Bessudo *et al.* (2010), Chao *et al.* (2010), Collette *et al.* (2010), Cooke *et al.* (2010), Cotto *et al.* (2010), Craig *et al.* (2008), Harrison (2010, 2010a), Iwamoto *et al.* (2010, 2010a, 2010b, 2010c), Nielsen *et al.* (2010, 2010a), Roux (1990), Sandoval-Londoño (2015), Smith-Vaniz *et al.* (2010, 2010a, 2010b, 2010c, 2010d), Snoeks *et al.* (2009), Van Tassel (2010), van der Heiden (2010, 2010a).



Figura 17. Separación del material biológico por familias.



Figura 18. Separación del material biológico por géneros.

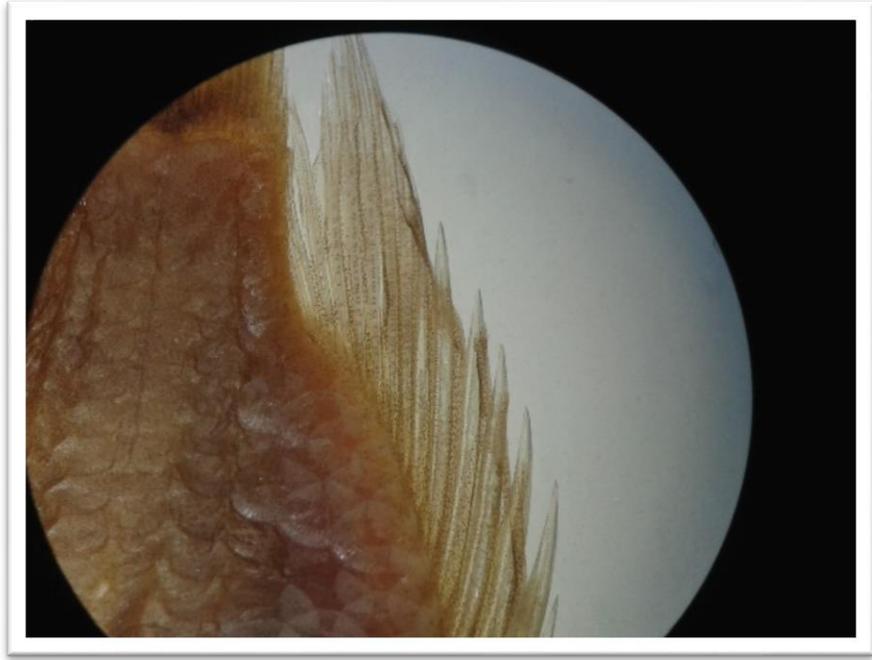


Figura 19. Conteo de espinas y escamas para la determinación taxonómica.



Figura 20. Ejemplar de *Pseudophallus starksii* para su identificación taxonómica



Figura 21. Determinación de la especie *Sphoeroides annulatus*.



Figura 22. Material biológico identificado y catalogado.

Al terminar la identificación de los peces, se realizó un listado de las especies por cada año de muestreo y por localidad, posteriormente se creó una tabla para comparar las diferentes comunidades en el tiempo (anexo -II). En el presente estudio, se realizaron de dos hasta nueve listas dependiendo de los muestreos realizados y los años correspondientes de los mismos. De esta manera se obtuvieron listas y tablas sobre la composición de especies de peces de los 13 sitios de muestreo. Al obtener las tablas comparativas de cada sitio, el siguiente paso fue determinar el número de variables a considerar de acuerdo a las características biológicas de las especies y así estimar el valor del IBH (tabla 4), posteriormente se otorgó un valor a cada variable en porcentaje para cada una de ellas, para después estimar un promedio de los porcentajes. El valor del IBH para cada localidad va del 0 (valor mínimo) que representa mayor grado de deterioro al 100 (valor máximo) suponiendo menor grado de deterioro. En el caso de la presencia de especies no nativas, se optó por un número negativo ya que su impacto a la composición de especies representa un impacto negativo.

En la tabla 4 se describen las métricas utilizadas para las comunidades de peces y la forma de calcularla, así mismo se muestra la respuesta al disturbio para métrica; las métricas se evaluaron en términos relativos, cada una de ella es con base en la relación porcentual del número de especies presentes en la colecta.

Las métricas utilizadas se dividieron en 6 categorías, a) de composición b) alimentación, c) rango de nado, d) origen ecológico de las especies, e) rango de tolerancia y f) estatus de protección de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana.

En este procedimiento se compararon las comunidades históricamente, tomando en cuenta la comunidad más antigua como base para evaluar las comunidades posteriores y actuales de la misma localidad. Por último, de los 22 valores se obtuvo la media y así se determinó un valor del índice para cada sitio de muestreo.

Tabla 4. Métricas utilizadas en el Índice Biológico de Integridad histórico.

Categoría	Métrica	Descripción	Respuesta al disturbio
<b>Composición</b>	Número de especies nativas	A mayor disturbio se espera que disminuya el número de especies de peces	Declina
	Número de especies no nativas	Con presencia de centros poblacionales (ciudades, pueblos, etc.) el número de especies aumentará	Variable
	Número total de especies totales	Los factores de tipo antropogénico y en algunos casos naturales determinan la calidad de los ambientes acuáticos	Variable
<b>Alimentación</b>	Número de especies carnívoras	Especies con hábitos carnívoros en la mayoría de su ciclo de vida	Declina
	Número de especies herbívoras	Especies con hábitos herbívoros en la mayoría de su ciclo de vida	Incrementa
	Número de especies insectívoras	Especies con hábitos insectívoros en la mayoría de su ciclo de vida	Variable
	Número de especies detritívoras	Especies con hábitos detritívoros en la mayoría de su ciclo de vida	Variable
	Número de especies omnívoras	Especies con hábitos omnívoros en la mayoría de su ciclo de vida	Incrementa
<b>Rango de nado</b>	Número de especies neusticas	Especies de nado superficial en la mayoría	Declina
	Número de especies nectónicas	Especies de nado en la mitad de columna de agua	Variable
	Número de especies bentónicas	Especies de nado de fondo	Incrementa
<b>Origen</b>	Número de especies primarias	Especies de origen ecológico primario	Declina
	Número de especies secundarias	Especies de origen ecológico secundario	Incrementa
	Número de especies periféricas	Especies de origen ecológico periférico	Variable
<b>Rango de tolerancia</b>	Número de especies sensibles	Especies que solo pueden soportar cambios muy limitados en la calidad del agua	Declina
	Número de especies moderadas	Especies que pueden soportar algunos cambios en la calidad del agua	Variable
	Número de especies tolerantes	Especies que son relativamente resistentes con respecto a los cambios en la calidad del agua	Incrementa

Tabla 4. Métricas utilizadas en el Índice Biológico de Integridad histórico (continuación).

Categoría	Métrica	Descripción	Respuesta al disturbio
<b>Estatus en la Norma</b>	Número de especies en peligro de extinción	Especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en su hábitat natural, debido a factores como destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación.	Incrementa
	Número de especies amenazadas	Especies en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad.	Variable
	Número de especies sujetas a protección especial	Especies que podrían ser amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad; se determina la necesidad de propiciar recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas	Incrementa
	Número de especies extintas en el medio silvestre	Especies nativas de México cuyos ejemplares en vida libre han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban	Incrementa
	Número de especies NA (no están consideradas en la norma)	Especies que no se encuentran bajo ninguna categoría de conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Variable

### 7.3. Análisis estadístico

Para estimar la diversidad de los sitios de muestreo, se utilizaron diferentes índices. El de Jaccard, el Índice de Cody y el Índice de Simpson (Moreno, 2001).

El índice de Jaccard de acuerdo a la siguiente fórmula

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

Dónde:            a = número de especies en el sitio A  
                      b = número de especies en el sitio B  
                      c = número de especies presentes en ambos sitios

#### Índice de Simpson:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

Pi = abundancia proporcional de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra.

#### Índice de Cody:

El cual no es independiente de la riqueza de especies, se calculó con respecto al primer y último muestreo realizado para cada localidad.

$$\beta = 1 - \frac{c(a + b)}{2ab}$$

Dónde:            a = número de especies del sitio A  
                      b = número de especie del sitio B  
                      c = número de especies compartidas

## 8. RESULTADOS

### 8.1. Listado de las especies de peces presentes en las áreas selectas del Estado de Chiapas

Se planteó este objetivo para observar los cambios en la composición de especies, se analizaron los registros de peces de la Colección Ictiológica, así como la realización de varias colectas de material biológico en el año 2014. Este material analizado corresponde a diferentes años de muestreo, desde el año 1978 hasta el año 2014. En total se registraron 133 especies, pertenecientes a 39 familias y 85 géneros.

#### LISTA DE PECES POR ORDEN FILOGENETICO (NELSON 2004)

##### LEPISOSTEIDAE

(1) *Atractosteus tropicus*

##### ELOPIDAE

(2) *Elops affinis*

##### MEGALOPIDAE

(3) *Megalops atlanticus*

##### ENGRAULIDAE

(4) *Anchoa curta*

(5) *Anchoa lucida*

(6) *Anchoa spinifer*

(7) *Anchoa walkeri*

(8) *Anchovia macrolepidota*

##### CLUPEIDAE

(9) *Dorosoma anale*

(10) *Dorosoma petenense*

(11) *Lile gracilis*

(12) *Lile stolifera*

(13) *Ophistonema libertate*

##### CYPRINIDAE

(14) *Ctenopharyngodon idella*\*

(15) *Cyprinus carpio*\*

##### CATOSTOMIDAE

(16) *Ictiobus meridionalis*

##### CHARACIDAE

(17) *Astyanax aeneus*

(18) *Brycon guatemalensis*

(19) *Hyphessobrycon compressus*

(20) *Roeboides bouchellei*

##### LORICARIIDAE

(21) *Pterygoplichthys disjunctivus*\*

(22) *Pterygoplichthys pardalis*\*

(23) *Pterygoplichthys sp*\*

**LISTA DE PECES POR ORDEN FILOGENETICO  
(NELSON 2004)**

**ICTALURIDAE**

(24) *Ictalurus meridionalis*

**LACANTUNIIDAE**

(25) *Lacantunia enigmatica*

**ARIIDAE**

(26) *Cathorops aguadulce*

(27) *Cathorops fuerthii*

(28) *Potamarius nelsoni*

(29) *Potamarius usumacintae*

(30) *Sciades assimilis*

(31) *Sciades seemanni*

**PIMELODIDAE**

(32) *Rhamdia guatemalensis*

(33) *Rhamdia laticauda*

(34) *Rhamdia parryi*

**GYMNOTIDAE**

(35) *Gymnotus maculosus*

**BATRACHOIDIDAE**

(36) *Batrachoides goldmani*

**MUGILIDAE**

(37) *Agonostomus monticola*

(38) *Mugil curema*

(39) *Mugil hospes*

**ATHERINOPSIDAE**

(40) *Atherinella alvarezi*

(41) *Atherinella schultzi*

**BELONIDAE**

(42) *Strongylura hubbsi*

**HEMIRAMPHIDAE**

(43) *Hyporhamphus mexicanus*

**RIVULIDAE**

(44) *Cynodinichthys tenuis*

**PROFUNDULIDAE**

(45) *Profundulus labialis*

(46) *Profundulus punctatus*

**ANABLEPIDAE**

(47) *Anableps dowei*

**LISTA DE PECES POR ORDEN FILOGENETICO  
(NELSON 2004)**

**POECILIIDAE**

- (48) *Belonesox belizanus*
- (49) *Brachyrhaphis hartwegi*
- (50) *Carlhubbsia kidderi*
- (51) *Gambusia sexradiata*
- (52) *Heterandria bimaculata*
- (53) *Heterophallus echegarayi*
- (54) *Phallichthys fairweatheri*
- (55) *Poecilia butleri*
- (56) *Poecilia mexicana*
- (57) *Poecilia petenensis*
- (58) *Poecilia sphenops*
- (59) *Poeciliopsis fasciata*
- (60) *Poeciliopsis hnilickai*
- (61) *Poeciliopsis pleurospilus*
- (62) *Priapella compressa*
- (63) *Xenodexia ctenolepis*
- (64) *Xiphophorus helleri*
- (65) *Xiphophorus maculatus*

**SYNGNATHIDAE**

- (66) *Pseudophallus starksii*
- (67) *Syngnathus auliscus*

**SYNBRANCHIDAE**

- (68) *Ophisternon aenigmaticum*
- (69) *Synbranchus marmoratus*

**CENTROPOMIDAE**

- (70) *Centropomus nigrescens*
- (71) *Centropomus parallelus*
- (72) *Centropomus robalito*
- (73) *Centropomus undecimalis*

**SERRANIDAE**

- (74) *Hyporthodus niphobles*

**CARANGIDAE**

- (75) *Caranx caballus*
- (76) *Caranx hippos*
- (77) *Caranx sexfasciatus*
- (78) *Caranx vinctus*
- (79) *Oligoplites altus*
- (80) *Oligoplites saurus*
- (81) *Selene vomer*

**LISTA DE PECES POR ORDEN FILOGENETICO  
(NELSON 2004)**

- LUTJANIDAE  
(82) *Lutjanus colorado*
- GERREIDAE  
(83) *Diapterus peruvianus*  
(84) *Eucinostomus currani*  
(85) *Eugerres mexicanus*  
(86) *Gerres cinereus*
- HAEMULIDAE  
(87) *Haemulopsis leuciscus*  
(88) *Pomadasys macracanthus*
- POLYNEMIDAE  
(89) *Polydactylus approximans*
- SCIAENIDAE  
(90) *Aplodinotus grunniens*  
(91) *Isopisthus remifer*
- CICHLIDAE  
(92) *Amphilophus macracanthus*  
(93) *Amphilophus robertsoni*  
(94) *Cichlasoma grammodes*  
(95) *Cichlasoma salvini*  
(96) *Cichlasoma trimaculatum*  
(97) *Cichlasoma urophthalmum*  
(98) *Oreochromis aureus\**  
(99) *Oreochromis mossambicus\**  
(100) *Oscura heterospila*  
(101) *Parachromis friedrichsthalii*  
(102) *Parachromis managuensis\**  
(103) *Paraneetroplus argenteus*  
(104) *Paraneetroplus bifasciatus*  
(105) *Paraneetroplus guttulatus*  
(106) *Paraneetroplus melanurus*  
(107) *Petenia splendida*  
(108) *Rocio octofasciata*  
(109) *Theraps intermedius*  
(110) *Theraps irregularis*  
(111) *Theraps lentiginosus*  
(112) *Theraps nourissati*  
(113) *Theraps pearsei*  
(114) *Theraps ufermanni*  
(115) *Thorichthys helleri*  
(116) *Thorichthys meeki*  
(117) *Thorichthys pasionis*  
(118) *Thorichthys socolofi*

**LISTA DE PECES POR ORDEN FILOGENETICO  
(NELSON 2004)**

**ELEOTRIDAE**

- (119) *Dormitator latifrons*
- (120) *Dormitator maculatus*
- (121) *Eleotris picta*
- (122) *Gobiomorus dormitor*
- (123) *Gobiomorus maculatus*
- (124) *Leptophilypnus guatemalensis*

**GOBIIDAE**

- (125) *Awaous tajasica*
- (126) *Awaous transandeanus*
- (127) *Evorthodus sp*
- (128) *Gobionellus microdon*
- (129) *Gobionellus sp*

**PARALICHTHYIDAE**

- (130) *Citharichthys gilberti*
- (131) *Cyclopsetta querna*

**ACHIRIDAE**

- (132) *Achirus mazatlanus*

**TETRAODONTIDAE**

- (133) *Sphoeroides annulatus*

## 8.2. Análisis de la composición íctica

En el periodo comprendido de enero 2013 a mayo de 2015 se caracterizó la composición de especies de 13 áreas selectas en el Estado de Chiapas. Esto se pudo lograr por medio de los muestreos en campo realizados en febrero y junio de 2014. El material biológico capturado fue debidamente conservado para su determinación taxonómica en laboratorio (figuras 11 a 22) y fue depositado en la Colección Ictiológica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la U. A. N. L. Posteriormente se realizaron listas de las localidades que se analizaron de acuerdo a su abundancia y diversidad para observar cambios en la composición de las especies (Anexos II).

De acuerdo a la figura 23, se puede observar diferencia entre los primeros y últimos muestreos realizados en todas las localidades, en algunos sitios la diversidad bajo a más de la mitad de las especies encontradas en un principio, tal es el caso de Mar Muerto, Tzendales y Lacantún. Se puede inferir que la tasa de degradación de estos sitios es más alta que en otros sitios. Los sitios donde no se muestra tanta variación son Chanona y Pijijiapan, donde solo se registra la pérdida de tan solo 1 especie.

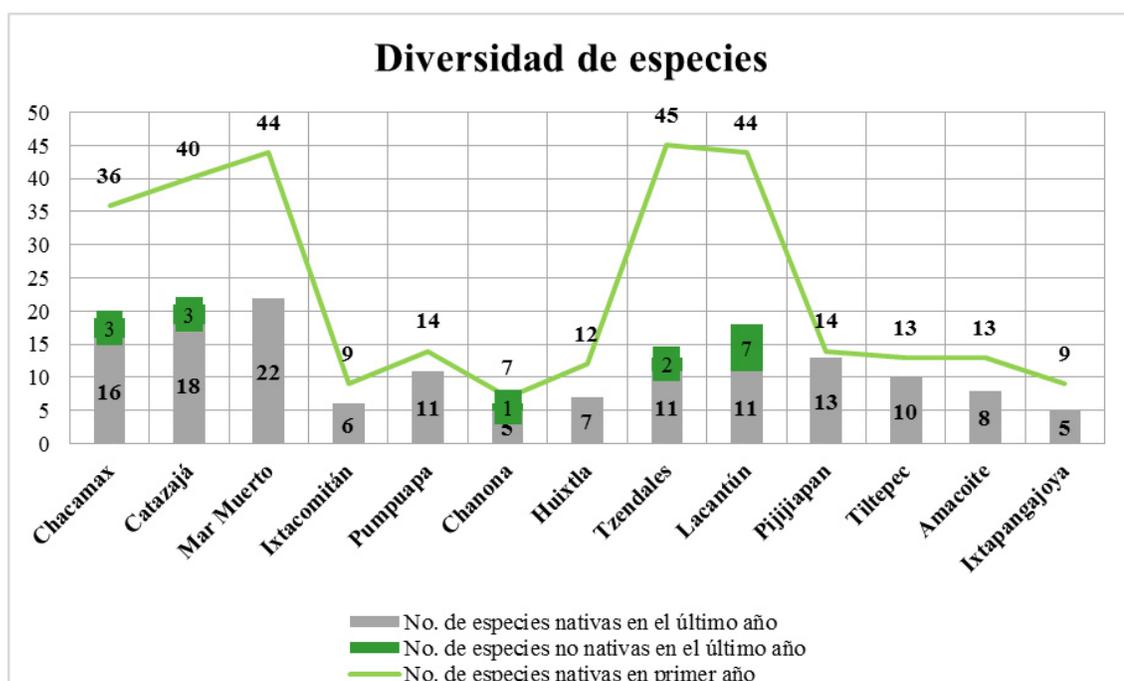


Figura 23. Diversidad de especies en las localidades en el primer y último año de muestreo.

De acuerdo a la abundancia de las localidades seleccionadas, las que mostraron una variación significativa con respecto al primer muestreo son las siguientes, Chacamax, Catazajá, Chanona y Amacoite (figura 24). Esta disminución en la abundancia, nos indica que estas áreas fueron afectadas por diferentes factores. En el caso de Catazajá que fue la más afectada, se pudo entrevistar a personas que trabajan en el municipio del mismo nombre, sus observaciones directas nos indican la perturbación de los ambientes acuáticos por la represa instalada cerca de la zona, además de la introducción de especies no nativas en los cuerpos de agua. Cuando se revisó el material biológico de la localidad mencionada anteriormente se pudieron contabilizar 22 ejemplares de menos de 10 cm del género *Pterygoplichthys*. Aquellos sitios que no presentan una diferencia significativa fueron Ixtapangajoyá y Pijijiapan; estos sitios son de los mejores conservados en cuanto a la diversidad, son sitios con poca perturbación humana.



Figura 24. Abundancia de especies en las localidades en el primer y último año de muestreo.

Para cada localidad se llevó a cabo una lista de las especies encontradas anteriormente y las actuales, con este tipo de listas se realizaron el análisis de la composición íctica, cada localidad se describe a continuación:

### **8.2.1.Chacamax**

Es notable la pérdida de especies en esta localidad, ya que en el año 1980 se pudieron capturar 27 especies, se pudo observar que posteriormente se perdieron 4 especies para el año 2004 siguiendo este curso se perdieron otras 4 especies para el año 2014 (tabla 14, anexo II).

Se registraron 11 especies carnívoras, 14 especies omnívoras, 5 herbívoras, 4 insectívoras y 2 detritívoras. En el último muestreo se registraron 3 especies carnívoras, 7 omnívoras, 3 herbívoras, 3 insectívoras y 2 detritívoras, de estas permanecieron por la aparición de dos especies no nativas como *Oreochromis aureus* y *Pterygoplichthys pardalis*. En cuanto al grupo ecológico, se registraron en total 11 especies periféricas, 20 secundarias y 8 especies primarias, registrándose en el año 2014, tan solo dos especies periféricas, 14 especies secundarias y 3 especies primarias. En cuanto al rango de nado, en total se registraron 11 especies bentónicas, 19 nectónicas y 7 de neusticas, en comparación con 3 especies bentónicas, 11 nectónicas y 5 neusticas registradas en el último año de muestreo del 2015. Referente a la tolerancia de las especies, en primera instancia se registraron 12 especies tolerantes, 16 especies moderadamente tolerantes y 8 especies sensibles, en el último año de muestreo se registraron 11 especies tolerantes, 7 especies moderadamente tolerantes y 1 especie sensible. Entre las especies perdidas están las siguientes especies sensibles: *Aplodinotus grunniens*, *Atractosteus tropicus*, *Hyphessobrycon compressus*, *Xiphophorus maculatus*, *Dorosoma anale*, *Dorosoma petenense* y *Parachromis friedrichsthalii*. La ictiofauna restante se comprende en su mayoría por especies tolerantes a la degradación de los ambientes acuáticos. Solo se registró una especie en protección especial por la norma oficial mexicana (NOM-ECOL-059-2010), *Rhamdia guatemalensis*. Por último, cabe resaltar la introducción de varias especies no nativas, las que se registraron en el muestreo del 2014 incluyen *Cyprinus carpio*, *Oreochromis aureus* y *Pterygoplichthys pardalis*.

### **8.2.2.Catazajá**

Debido a la complejidad de este sistema acuático y a la visible y notoria intervención del humano, en este sitio de muestreo se observa una pérdida de especies sensibles, medianamente tolerantes y tolerantes, en su mayoría tolerantes. En esta

localidad se observó una gran modificación y perturbación del hábitat con la represa realizada en los años 90, debido a esto la composición como tal sufrió muchos cambios. Al iniciar las expediciones en Catazajá en el año 1980 se observaron 39 especies nativas y ninguna especie no nativa, esta situación cambio para el año 2014, donde tan solo se capturaron 18 especies nativas y 3 especies no nativas.

De acuerdo a los registros de los muestreos realizados, la composición precedente incluye 10 especies carnívoras, 18 omnívoras, 2 herbívoras, 6 insectívoras y 3 detritívoras; en el año 2014 (tabla 15, anexo II), se registraron 2 especies carnívoras, 9 omnívoras (incluyendo 1 especie no nativa), 2 herbívoras, 4 insectívoras, 4 detritívoras (incluyendo 2 especies no nativas). En cuanto al grupo ecológico, los primeros muestreos registraron 11 especies periféricas, 26 secundarias y 5 primarias; ahora bien para el año 2014 en el último muestreo se reconocieron 3 especies periféricas, 16 secundarias (incluyendo 2 especies no nativas) y 2 primarias (1 especie no nativa). Dentro del rango de nado en la columna de agua se identificaron 10 especies bentónicas, 19 nectónicas y 10 especies neusticas, en el año 2014 se registraron: 1 especie bentónica, 11 nectónicas y 6 neusticas, mostrando el desplazamiento de especies cuyos hábitos se desarrollan en el fondo de la columna de agua. En cuanto a la tolerancia a los cambios de calidad del agua, en el primer muestreo se registraron 15 especies tolerantes, 13 moderadamente tolerantes y 11 sensibles. Las especies sensibles que ya no se observaron en el año 2014 son: *Aplodinotus grunniens*, *Atractosteus tropicus*, *Heterophallus echeagarayi*, *Cichlasoma grammodes*, *Hyphessobrycon compressus*, *Parachromis friedrichsthalii* y *Atherinella schultzi*.

De las 42 especies encontradas en este sitio, *Cichlasoma grammodes* y *Rhamdia guatemalensis* se encuentran bajo protección especial, y *Thorichthys socolofi* está amenazada; las primeras especies no se encontraron en el último muestreo realizado. Las especies no nativas encontradas a partir del año 2004 son *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus* y *Pterygoplichthys disjunctivus*.

### **8.2.3. Mar Muerto**

En esta localidad se registraron en su mayoría especies periféricas y marinas, tan solo se registraron 4 especies secundarias y ninguna primaria. La diversidad de especies al final de los muestreos permaneció en 22 especies, las cuales se habían registrado en

1985. Cabe resaltar que para el año 2006, no se pudieron recolectar muchas especies, en esta ocasión se observó un alto grado de contaminación en el sitio de muestreo, el esfuerzo de captura fue alto para capturar tan solo 7 especies (tabla 16, anexo II). Sin embargo, la composición de especies cambio comparando las especies que se encontraron del año 1985 al 2014, dando un total de 44 especies.

De acuerdo a la alimentación, en 1981 se encontraron 26 especies carnívoras, 9 especies omnívoras, 1 herbívora, 1 insectívora y 7 detritívoras, para el año 2014 se encontraron en total 13 especies carnívoras, 7 omnívoras, 1 herbívora, 1 insectívora y ninguna detritívora. La mayoría de las especies registradas son de origen marino, a excepción de *Amphilphus macracanthus*, *Anableps dowei*, *Atherinella alvarezi*, *Poecilia butleri* y *Poeciliopsis fasciata*, todas consideradas especies secundarias. En cuanto al rango de nado, en el año de 1981 se encontraron 15 especies bentónicas, 25 nectónicas y 4 neusticas; en contraste con aquellas encontradas en el 2014, 7 bentónicas, 12 nectónicas y 3 neusticas. Considerando la tolerancia de las especies, se registraron 31 especies tolerantes, 12 medianamente sensibles y 1 sensible en el año de 1981; para el 2014 solo se registraron 15 tolerantes y 7 medianamente sensibles. De todas las especies registradas, solo 1 se encuentra en la norma oficial mexicana, es *Poeciliopsis fasciata* que está dentro de la categoría de bajo “protección especial”.

#### **8.2.4.Ixtacomitan**

Se registraron en total 9 especies, en el año 2014 se registraron 6 especies, sin embargo se perdió una especie que se encuentra “amenazada” de acuerdo a la NOM-059-ECOL-2010; esta especie fue clasificada por el presente estudio como una especie sensible. Por otra parte, se encontraron algunas especies nuevas en el registro, como la *Carlhubisia kidderi* que también es considerada sensible. Hay que mencionar, además que la abundancia disminuyo considerablemente, la especies *Poecilia mexicana* considerada muy abundante en este sitio disminuyo de 331 a solo 74 ejemplares en el muestreo final (Tabla 17, anexo II).

En el año 1984 se registraron 9 especies, de las cuales de acuerdo a su alimentación 2 son carnívoras, 4 omnívoras, 1 herbívora y 2 insectívoras, para el muestreo del 2014 solo se registró la pérdida de 2 especies omnívoras y 1 insectívora. De acuerdo al grupo ecológico,

se presentan 3 especies primarias y 6 secundarias, de las cuales prevalecieron 2 primarias y 4 secundarias. El rango de nado en el año de 1980 incluye 3 especies bentónicas, 1 nectónica y 5 neusticas; se perdieron 1 bentónica y 2 neusticas. Con respecto a la tolerancia o perturbación de la calidad del agua en año 1980 se registraron 6 especies tolerantes, 2 medianamente sensibles y 1 sensible, de las cuales se conservaron 5 tolerantes y 1 medianamente sensible. Considerando la norma oficial mexicana (NOM-ECOL-059-2010) en este sitio de muestreo se pudieron registrar 1 especie amenazada *Priapella compressa* y 1 especie en “protección especial” *Rhamdia guatemalensis*, la primera no se pudo colectar en el muestreo del año 2014.

### **8.2.5.Pumpuapa**

En este sitio la diversidad permaneció igual a través de los años en 11 especies de peces, aunque vario la composición de especies de peces como se menciona a continuación; la abundancia disminuyo de 256 a 104 ejemplares (Tabla 18, anexo II), por ejemplo, el caso de *Poeciliopsis pleurospilus*. De acuerdo a la alimentación, en un principio se encontraron 7 especies carnívoras, 4 omnívoras, 1 herbívora, 1 insectívora y 1 detritívora, posteriormente se observó la pérdida de 2 especies carnívoras (*Gymnotus maculosus* y *Symbranchus marmoratus*) y 1 insectívora (*Brachyrhaphis hartwegi*). Casi todas las especies son de origen nativo, a excepción de *Gymnotus maculosus* de origen marino. Por su grupo ecológico, se encontraron 5 especies primarias, 8 secundarias y 1 periférica; posteriormente se registraron solo 4 primarias y 7 secundarias. Por su rango de nado, en el año 1981 se registraron 5 especies bentónicas, 5 nectónicas y 4 neusticas; de las cuales no se capturaron 2 bentónicas y 1 neustica. En base a la tolerancia de la calidad del agua, en el primer muestreo se registraron 2 especies sensibles, 4 medianamente sensibles y 8 tolerantes; para el año 2014 desapareció la especie sensible *Brachyrhaphis hartwegi*, así como dos especies medianamente sensibles. Por último, consultando la norma oficial mexicana (NOM-ECOL-059-2010), se registró la presencia de la especie *Rhamdia guatemalensis*, que tiene el estatus de “Protección especial”.

### **8.2.6.Chanona**

Este sitio tan solo se muestreo dos veces, en 1985 y 2014, se encontraron en total 8 especies de peces, de las cuales permanecieron 3, de las restantes, *Poeciliopsis hnilickai* y *Profundulus labialis* no se registraron en el 2014; por otra parte, se capturo *Poeciliopsis fasciata*, *P. pleurospilus* y una especie exótica *Oreochromis aureus*. Conviene subrayar, en 1985 se encontraron 974 ejemplares de que *Poeciliopsis hnilickai*, aparentemente esta especie sensible se trasladó hacia otro lugar debido a las condiciones del río o su población se vio afectada por diferentes factores, en el último muestreo se observaron condiciones de deterioro, como presencia de agricultura y ganadería, olor putrefacto y basura de origen doméstico. Al final se pudo observar que la abundancia del sitio decayó notablemente, de 1041 a 218 ejemplares (Tabla 19, anexo II).

De acuerdo al tipo de alimentación de las especies registradas, se encontraron en el año de 1985, una especie carnívora, 4 omnívoras, 1 insectívora y 1 detritívora; en el último muestreo realizado se pudieron capturar 1 especie carnívora, 4 omnívoras y 1 detritívora que corresponde a una especie no nativa (*Oreochromis aureus*), a excepción de esta especie el resto son especies nativas, las especies que no se registraron fueron *Poeciliopsis hnilickai* y *Profundulus labialis*. Por su grupo ecológico, encontramos en su mayoría especies secundarias, tan solo *Astyanax aeneus* es considerada como primaria. Considerando el rango de nado, se registraron 4 especies nectónicas y 3 neusticas en el año de 1985; por otro lado, para el año 2014, se registraron 3 especies nectónicas (incluyendo 1 especie no nativa) y 3 neusticas. Ninguna de las especies registradas se encuentra en algún estatus de protección en la norma oficial mexicana (NOM-ECOL-059-2010).

### **8.2.7.Huixtla**

Se registraron 13 especies en total, en 1979 se registraron 8, en el 2006 se registraron 12 y para el 2014 se registraron 7 especies, este registro evidencia la disminución en la diversidad y abundancia. La composición de las especies permaneció similar en los años 1979 y 2014, sin embargo entre el año 2006 y 2014 se modificó (Tabla 20, anexo II). Por su tipo de alimentación, se registraron 7 especies carnívoras, 5 omnívoras y 1 detritívora; en el último muestreo se registraron solo 3 especies carnívoras,

y 4 omnívoras. Del total de las especies encontradas, 3 son de origen marino y periféricas (*Awaous transandanus*, *Eleotris picta* y *Gobiomorus maculatus*) su presencia se debe a que este río está localizado en la Planicie Costera de Chiapas ríos que drenan en la vertiente del Pacífico; por otra parte se registraron 6 especies secundarias y 4 primarias, para el año 2014 se registraron solo 4 secundarias y 3 primarias. Tomando en cuenta el rango de nado, se encontraron 4 especies bentónicas, 5 nectónicas y 3 neusticas en el primer muestreo; sin embargo para el último muestreo se registraron 2 bentónicas, 2 nectónicas y 3 neusticas.

En cuanto a las especies encontradas, *Astyanax aeneus* y *Poecilia sphenops* bajo su abundancia, siendo consideradas ambas especies como tolerantes; por otra parte, especies como *Amphilophys macracanthus*, *Awaous transandeanus*, *Cichlasoma trimaculatum*, *Eleotris picta*, *Gobiomorus maculatus* y *Roeboides bouchellei* ya no se registraron en el año 2014. De acuerdo a la tolerancia de cambios en la calidad del agua, en total se registraron 8 especies tolerantes, 3 medianamente sensibles y 2 sensibles; en el último muestreo se perdieron las especies sensibles (*Roeboides bouchellei* y *Awaos transandeanus*), así como 2 especies tolerantes y medianamente sensibles. De acuerdo a la norma oficial mexicana (NOM-ECOL-059-2010), solo se registró la especie *Rhamdia guatemalensis* que se encuentra en el estatus de “protección especial”.

### **8.2.8. Tzendales**

Es uno de los sitios que presenta mayor diversidad íctica en el Estado de Chiapas, se registraron en total 47 especies; gracias al monitoreo constante que realizo a partir del año 2004 al 2015, se pudo realizar un muestreo constante que abarco varias estaciones del año y diferentes artes de pesca. Para el año 2015 la abundancia y diversidad se vieron menguadas, con la presencia de 12 especies y 75 ejemplares, en comparación con el año 2005 donde se encontraron hasta 29 especies y 394 ejemplares (Tabla 21, anexo II). Las especies más abundantes son *Astyanax aeneus*, *Poecilia mexicana* y *Gambusia sexradiata* con 525, 462 y 201 ejemplares respectivamente. Las especies consideradas raras por la poca abundancia de ellas en la zona son: *Agonostomus monticola*, *Gobiomorus dormitor*, *Heterandria bimaculata*, *Hyphorhamphus mexicanus*, *Mugil curema*, *Ophisterrnon aenigmaticum* y *Cynodynichthys tenuis*. Hay que mencionar, también la presencia de dos

especies no nativas que se han establecido en el lecho del río Tzendales, *Pterygoplichthys disjunctivus* y *Pterygoplichthys sp.*, a partir de que se empezaron a registrar estas especies se notó una alteración en la composición de las especies, de contar con 11 especies carnívoras, en el último año de muestreo solo se registró 1 especie carnívora, siendo las especies omnívoras las que dominan la composición de las especies y tan solo se presentan dos especies insectívoras de las 5 que se llegaron a registrar en total. De las 18 especies periféricas, solo se registraron dos en el año 2015, de las 21 especies secundarias solo se conservaron 7 especies, y de las especies primarias se encontraron en total 6 especies registrándose tan solo 2 en el último año de muestreo. Con respecto al rango de nado en la columna de agua, en un principio se registraron 15 especies bentónicas y para el año 2015 solo se registraron 2 especies; de rango de medio (nectónicas) se pudieron registrar 21 especies y al final solo se registraron 5 especies; en cuanto a las especies neusticas se tiene el registro de 9 especies, de las cuales solo se conservaron 4 especies. En este sitio se reconocieron 17 especies tolerantes, 17 moderadamente tolerantes y 11 sensibles, en el último año de muestreo se registraron 5 especies tolerantes, 3 moderadamente tolerantes y 3 especies sensibles. De acuerdo a la norma oficial (NOM-ECOL-059-2010), se registraron 2 especies en protección especial y 1 amenazada.

### **8.2.9.Lacantún**

En este sitio de muestreo se registraron en total 51 especies de peces, a pesar de ser un lugar con mucha riqueza, en este lugar la abundancia es muy baja. La ictiofauna de esta área es rica en especies, una posible causa es su localización dentro de la Reserva de la Biosfera Montes Azules (Lazcano-Barredo y Vogt, 1992). En el primer año de muestreo se capturaron 325 ejemplares y 44 especies; en contraste con los 212 ejemplares encontrados en el año 2015 y 11 especies registradas, se puede observar que la diversidad bajo considerablemente, además se registraron 7 especies no nativas a partir del año 2006 (Tabla 22, anexo II).

A continuación se describe cómo ha cambiado la composición de las especies de acuerdo a los diferentes parámetros utilizados. Por la preferencia en alimentación, en el año 2004 se encontraron 14 especies carnívoras, 19 omnívoras, 5 herbívoras, 3 insectívoras y 3 detritívoras; en el año 2015 solo se registraron 3 especies carnívoras, 4

omnívoras, 2 herbívoras y 2 insectívoras; por otra parte se registraron especies no nativas, agregando al listado 1 especie carnívora, 3 omnívoras y 3 detritívoras. De acuerdo al grupo ecológico, en el primer año de muestreo se registraron 7 especies primarias, 20 secundarias y 17 periféricas, en el último año de muestreo se registraron 4 especies primarias, 4 secundarias y 3 periféricas, además de las siguientes especies no nativas capturadas a partir del año 2006 1 especie carnívora, 3 omnívoras, y 3 detritívoras. En cuanto al rango de nado, en primera instancia se pudieron registrar 17 especies bentónicas, 18 nectónicas y 9 neusticas; posteriormente, en el año 2015 se registraron 4 especies bentónicas, 4 nectónicas y 3 neusticas, con respecto a las especies no nativas, están son 4 bentónicas y 3 nectónicas. En el caso de la tolerancia de las especies, se registraron 15 tolerantes, 17 medianamente sensibles y 12 sensibles, finalmente se registraron 3 especies tolerantes, 6 medianamente sensibles y 2 sensibles, las especies no nativas encontradas se clasificaron 6 como tolerantes y 1 como medianamente sensible. De las especies registradas e investigadas en la norma oficial mexicana (NOM-ECOL-059-2010), 2 especies están con estatus de protección especial (*Rhamdia guatemalensis* y *Theraps intermedius*) y 1 especie está en peligro de extinción (*Lacantunia enigmática*), la última especie es de gran importancia desde el punto de vista taxonómico, ya que es endémica de la selva Lacandona hasta el grado de familia.

#### **8.2.10.Pijjiapan**

Es uno de los sitios que menor alteración presenta, su composición inicial es de 14 especies y la final de 13, la abundancia es muy variante en todos los años, en 1981 fue de 215, en 1985 fue de 756, en el 2006 de 84 y en el último año, 2014, fue de 168 (Tabla 23, anexo II). La especie con mayor abundancia fue *Poeciliopsis pleurospilus*, seguida de *P. fasciata*; las que tuvieron menor abundancia fueron *Awaous transandeanus* y *Mugil curema* ambas de origen marino. Por su alimentación, en el muestreo inicial se registraron 6 especies carnívoras, 5 omnívoras, 1 herbívora, 1 insectívora y 1 detritívora, solamente se perdió una especie carnívora. De acuerdo al grupo ecológico al que pertenecen las especies, en principio se registraron 4 especies primarias, 5 secundarias y 5 periféricas, en el último muestreo ya no se registró 1 especie primaria. Con respecto al rango de nado, en el año 1981 se identificaron 6 especies bentónicas, 5 nectónicas y 3 neusticas; una especie

nectónica fue a que ya no se pudo registrar. Por su tolerancia a la calidad del agua, en el primer año de muestreo se registraron 8 especies tolerantes, 3 medianamente sensibles y 3 sensibles; se observó la pérdida de 1 especie sensible (*Roebooides bouchellei*). De estas especies localizadas en esta localidad, *Rhamdia guatemalensis* se encuentra en estatus de “protección especial” en la NOM-ECOL-059-2010.

### **8.2.11. Tiltepec**

La diversidad de esta localidad es baja, en el primer muestreo se identificaron 13 especies, sin embargo en los muestreos posteriores esta diversidad bajo a 10 especies en el año 2014. De igual manera ocurrió con la abundancia que pasó de 364 ejemplares a 221 (Tabla 24, anexo II). Por otra parte, las especies con mayor abundancia fueron *Poecilia sphenops* y *Astyanax aeneus*; las especies con menor abundancia fueron *Cichlasoma trimaculatum*, *Dormitator latifrons* y *Awaous transandeanus*. Por el tipo de alimentación, en un principio se encontraron 6 especies carnívoras, 6 omnívoras y 1 detritívora; se perdieron 2 especies carnívoras y 1 detritívora. Con respecto al grupo ecológico, en el año 1978 se encontraron 3 especies primarias, 6 secundarias y 4 periféricas; las especies que ya no se registraron para el año 2014 fueron 2 secundarias y 1 periférica. En cuanto al rango de nado, se lograron identificar 5 especies bentónicas, 5 nectónicas y 3 neusticas, para el último muestreo las especies registradas fueron 4 bentónicas, 3 nectónicas y 3 neusticas. Considerando la tolerancia a los cambios, se encontraron 9 especies tolerantes, 3 medianamente sensibles y 1 sensible; aquellas que se perdieron en el lapso de 36 años fueron 2 tolerantes y 1 medianamente sensible (*Cichlasoma trimaculatum*, *Dormitator latifrons* y *Amphilophus macracanthus*). Solo la especie *Rhamdia guatemalensis* se encontró bajo la categoría de “protección especial” en la norma oficial mexicana.

### **8.2.12. Amacoite**

Tanto la diversidad como la abundancia en esta localidad disminuyeron notablemente, en el año de 1980 se registraron 13 especies y 921 ejemplares, sin embargo, para el año 2014 se identificaron 8 especies y 147 ejemplares (Tabla 25, anexo II). Los peces con mayor abundancia como *Atherinella alvarezii* y *Poecilia mexicana* disminuyeron su

abundancia notablemente, por otra parte, en el año de 2014 se dejó de registrar la especie *Priapella compressa*. Por el tipo de alimentación en el año 1980, se registraron 1 especie carnívora, 6 omnívoras, 3 herbívoras y 2 insectívoras; en el año 2014 tan solo se registraron 1 carnívora, 2 omnívoras, 2 herbívoras y 2 insectívoras. Con respecto al grupo ecológico, en el primer muestreo se identificaron 3 especies primarias, 8 secundarias y 2 periféricas; sin embargo se perdieron 5 especies secundarias para el año 2014. De acuerdo al rango de nado, se encontraron 3 especies bentónicas, 5 medianamente sensibles y 5 sensibles; posteriormente se observó la pérdida de 3 especies medianamente sensibles y 2 sensibles. Dentro de las especies que ya no se observaron en el último muestreo, *Priapella compressa* está en la categoría de “amenazada” por la norma oficial mexicana.

### **8.2.13. Ixtapangajoya**

Esta localidad presento una disminución en cuanto a la diversidad y abundancia de las especies; en un principio se identificaron 9 especies y en el último muestreo solo se registraron 5 especies (Tabla 26, anexo II). Respecto a la alimentación de las especies encontradas, 1 es carnívora, 7 omnívoras y 1 herbívora; en el último muestreo realizado se dejaron de observar 4 especies omnívoras. Tomando en cuenta el grupo ecológico, se identificaron 1 especie primaria y 8 secundarias, de las cuales prevalecieron la mitad. Considerando el rango de nado, en primera instancia se identificaron 1 especie bentónica, 3 nectónicas y 5 neusticas; en la muestra final se conservaron 1 bentónica, 2 nectónicas y 2 neusticas. De acuerdo a la tolerancia de los peces, en total se registraron 7 especies tolerantes, 1 medianamente sensible y 1 sensible, sin embargo se perdieron 3 especies tolerantes y la especie sensible *Priapella compressa*. Además cabe señalar que la especie mencionada anteriormente está registrada en la norma oficial mexicana como una especie “amenazada”, así mismo la especie *Theraps intermedius* también se encuentra en dicho documento como especie bajo “protección especial”.

### **8.3 Índice Biológico de Integridad histórico basado en peces**

De acuerdo a la metodología propuesta por Karr (1986) y Lyons (1995) se presenta la siguiente tabla que presenta los valores del IBH obtenidos para cada localidad. En el presente estudio se consideran dos casos hipotéticos, considerando la presencia y ausencia de especies periféricas, ya que la composición de las especies de cada sitio de muestreo depende directamente de este parámetro.

Tabla 5. Valores del índice biológico de integridad calificando las especies periféricas.

Parámetros	Localidades												
	Chacamax	Catazajá	Mar Muerto	Ixtacomitán	Pumpuapa	Chanona	Huixtla	Tzendales	Laccantún	Pijijiapan	Tiltepec	Amacoite	Ixtapangajoya
Periodo de observación	1980 2014	1980 2014	1981 2014	1980 2014	1981 2014	1985 2014	1979 2014	2004 2015	2004 2015	1981 2014	1978 2014	1980 2014	1980 2014
Ventana tiempo en años	34	34	33	34	33	29	35	11	11	33	36	34	34
# de especies nativas	72	67	74	89	90	86	81	69	76	96	87	81	81
# de especies no nativas	44	67	100	100	100	50	100	67	67	100	100	100	100
# total de especies totales	76	68	74	89	90	93	81	70	78	96	87	81	81
# de especies carnívoras	67	43	76	100	90	100	76	66	74	92	75	100	100
# de especies herbívoras	73	100	100	100	100	-	-	61	76	100	-	83	100
# de especies insectívoras	83	83	100	83	33	50	-	73	81	100	-	100	-
# de especies detritívoras	67	72	43	-	100	-	33	67	81	100	75	-	-
# de especies omnívoras	74	69	89	83	100	100	100	71	75	100	100	67	76
# de especies neusticas	81	73	88	87	83	100	100	79	75	100	100	80	73
# de especies nectonicas	81	76	74	100	100	75	67	74	75	90	80	70	89
# de especies bentónicas	50	42	72	89	87	-	83	64	76	100	85	100	100
# de especies primarias	50	50	-	89	93	100	83	80	87	100	100	100	100
# de especies secundarias	86	74	75	89	92	83	83	78	72	100	83	69	79
# de especies periféricas	61	56	74	-	67	-	67	62	75	100	81	100	-
# de especies sensibles	54	61	25	67	67	50	33	76	71	83	100	75	33
# de especies moderadas	73	67	75	83	83	100	78	71	81	100	75	80	100
# de especies tolerantes	83	71	76	94	100	90	88	63	73	100	89	83	86
# de especies en peligro de extinción	-	-	-	-	-	-	-	-	89	-	-	-	-
# de especies amenazadas	-	100	-	67	-	-	-	44	-	-	-	50	33
# de especies sujetas a protección especial	33	33	100	100	100	-	100	89	67	100	100	-	100
# de especies extintas en el medio silvestre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
# de especies NA (no están consideradas en la norma)	73	68	74	90	90	86	79	69	76	96	85	83	86
<b>IBIh</b>	<b>67</b>	<b>66</b>	<b>77</b>	<b>89</b>	<b>88</b>	<b>83</b>	<b>81</b>	<b>70</b>	<b>76</b>	<b>98</b>	<b>88</b>	<b>83</b>	<b>83</b>

En la figura 25 se puede apreciar los valores del índice para todas las localidades, se pueden diferenciar fácilmente aquellas que obtuvieron mayor puntuación, como es el caso de Pijijiapan con valor de 98 e Ixtacomitán con valor de 89; aunque se puede observar que muchas localidades obtuvieron un valor arriba de 80 (Pumpuapa, Chanona, Huixtla,

Tiltepec, Amacoite e Ixtapangajoya). Aquellos sitios que de acuerdo al índice sufrieron mayor degradación de ambientes acuáticos y por lo tanto su composición íctica sufrió cambio drásticos son Catazajá (66) y Chacamax (67).

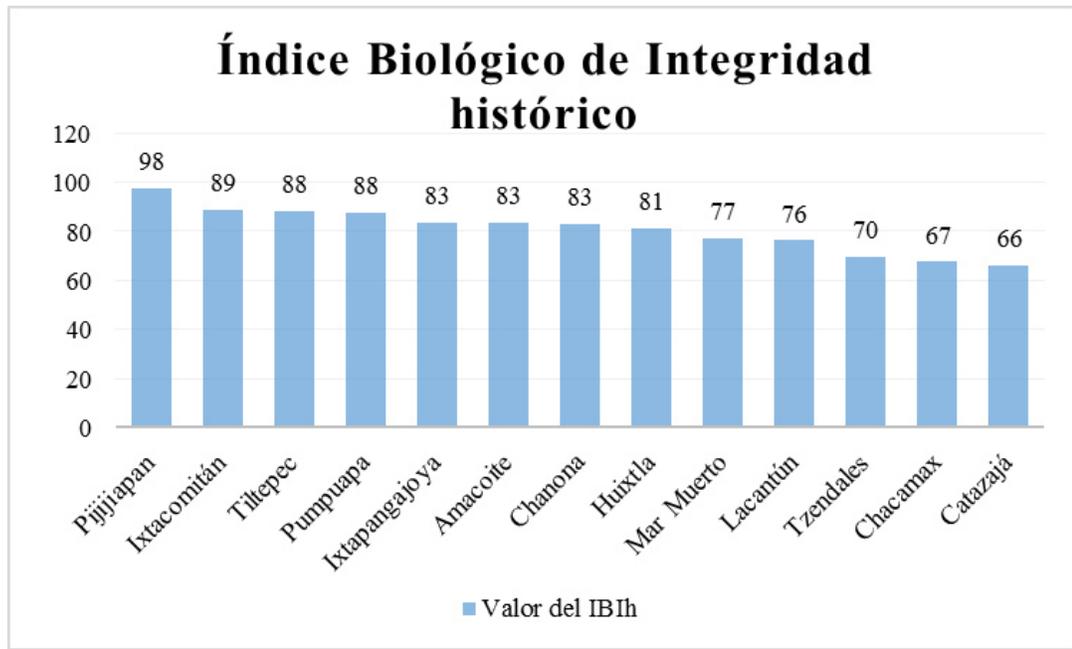


Figura 25. Valores del índice biológico de integridad histórico calificando especies periféricas.

En el siguiente ensayo, sin tomar en cuenta las especies periféricas, los resultados variaron muy poco, se obtuvieron valores más altos; solo en algunos casos disminuyeron los valores del IBiH (tabla 6).

Tabla 6. Valores del índice biológico de integridad omitiendo las especies periféricas.

Parámetros	Localidades												
	Chacamax	Catazajá	Mar Muerto	Ixtacomitán	Pumpuapa	Chanona	Huixtla	Tzendales	Laccantún	Pijijiapan	Tiltepec	Amacoite	Ixtapangajoya
Periodo de observación	1980 2014	1980 2014	1981 2014	1980 2014	1981 2014	1985 2014	1979 2014	2004 2015	2004 2015	1981 2014	1978 2014	1980 2014	1980 2014
Ventana tiempo en años	34	34	33	34	33	29	35	11	11	33	36	34	34
# de especies nativas	77	71	83	89	92	86	87	76	76	94	89	77	89
# de especies no nativas	28	48	100	100	100	43	100	65	51	100	100	100	100
# total de especies totales	83	73	83	89	92	93	87	77	80	94	89	77	81
# de especies carnívoras	67	50	67	100	94	100	87	71	72	88	81	100	100
# de especies herbívoras	73	100	100	100	100	-	-	74	89	-	-	83	100
# de especies insectívoras	100	79	-	83	33	50	-	70	100	-	-	100	-
# de especies detritívoras	-	17	67	-	100	50	33	67	78	100	75	-	-
# de especies omnívoras	83	81	100	83	100	100	100	81	72	100	100	60	76
# de especies neusticas	87	76	89	87	83	100	100	78	74	100	100	75	73
# de especies nectonicas	84	77	67	100	100	75	73	78	76	88	75	70	89
# de especies bentónicas	67	43	-	89	92	-	100	69	76	100	100	100	100
# de especies primarias	61	50	-	89	93	100	92	80	89	88	100	100	100
# de especies secundarias	88	74	83	89	92	83	83	75	71	100	83	69	79
# de especies sensibles	42	52	-	67	67	50	67	73	69	50	-	50	33
# de especies moderadas	85	72	83	83	89	100	100	80	81	100	100	75	100
# de especies tolerantes	92	68	83	94	100	90	88	74	75	100	88	83	86
# de especies en peligro de extinción	-	-	-	-	-	-	-	-	89	-	-	-	-
# de especies amenazadas	-	100	-	67	-	-	-	44	-	-	-	50	33
# de especies sujetas a protección especial	33	33	100	100	100	-	100	89	67	100	100	-	100
# de especies extintas en el medio silvestre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
# de especies NA (no están consideradas en la norma)	83	73	78	90	92	86	85	76	76	94	88	80	86
<b>IBIh</b>	<b>73</b>	<b>65</b>	<b>85</b>	<b>89</b>	<b>90</b>	<b>80</b>	<b>86</b>	<b>74</b>	<b>77</b>	<b>93</b>	<b>91</b>	<b>80</b>	<b>84</b>

En la siguiente figura, se muestran las localidades con mayor valor, como son Pijijiapan (93) y Tiltepec (91), así como aquellas que tienen menor valor, como Catazajá (65) y Chacamax (73). Al observar los valores de las demás localidades se puede apreciar

los casos en donde el valor del IBih disminuyo drásticamente, tal es el caso de Chanona (80) que obtuvo menor valor que en otro ensayo y Pijijiapan (93) que a pesar de que es el sitio con mayor valor, disminuyo 5 puntos.

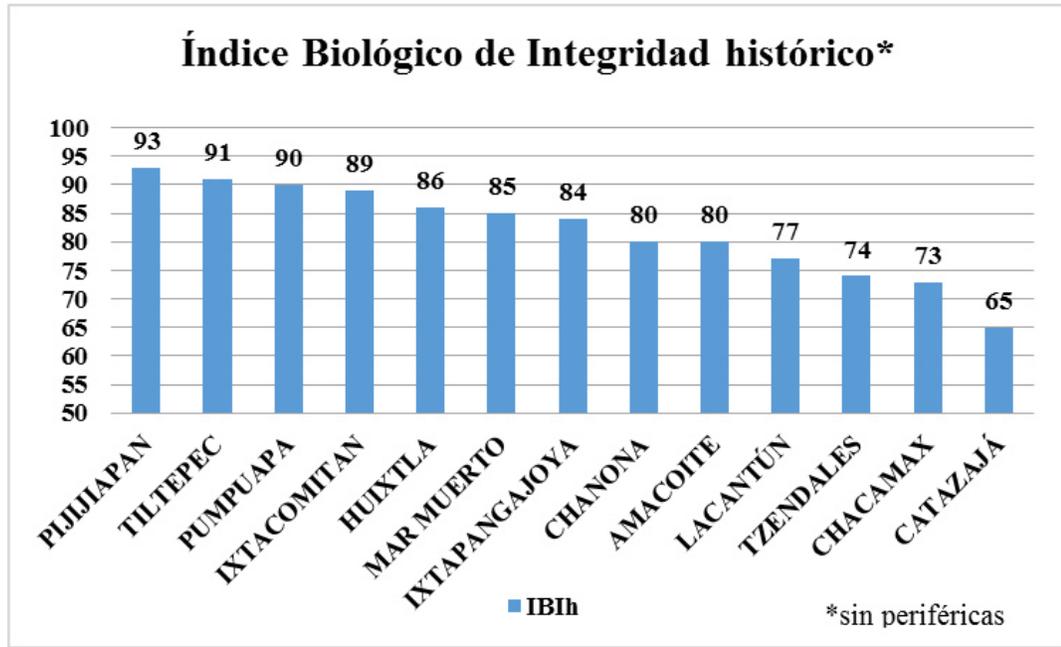


Figura 26. Valores del índice biológico de integridad histórico omitiendo especies periféricas.

## **8.4 Estado actual de las áreas selectas y problemas ecológicos**

Gracias a la composición de especies, diario de campo, observaciones directas y en algunos casos comunicación con habitantes de las áreas selectas, se pudo realizar un análisis del estado actual de las diferentes localidades. A continuación se describe el estado actual para cada localidad:

### **8.4.1.Chacamax**

Esta área se encuentra en la parte baja de la cuenca del Usumacinta, la cual es considerada un área inundable. A partir de 1980 se encontraron 36 especies nativas, para el año 2004 se empezó a observar la presencia de especies no nativas como *Oreochromis aureus*; para el año 2014 se observó una disminución considerable de las especies nativas (16), por otra parte se registraron 3 especies no nativas, cabe resaltar la presencia de *Pterygoplichthys pardalis*, una especie del Amazonas. Se logró observar un cambio en la composición de las especies, la mayoría de los peces carnívoros se perdieron, quedando en el registro solo 3 especies con este tipo de alimentación; se perdieron la mayoría de las especies sensibles a cambios en los ambientes acuáticos. Algunas de las especies que se perdieron son de importancia para la pesca, como: *Atractosteus tropicus*, *Centropomus parallelus*, *C. undecimalis*, *Gobiomorus dormitor* e *Ictalurus meridionalis*.

### **8.4.2.Catazajá**

La laguna de Catazajá es de gran importancia para la actividad pesquera del pueblo de Catazajá, de igual manera tiene importancia para fines de esparcimiento. De acuerdo a un sondeo que se realizó en la colecta realizada en el 2014, se pudo indagar que la actividad pesquera ha sido perjudicada por la presencia de especies invasoras no nativas y por contaminación del recurso hídrico. Algunos pescadores declararon que la abundancia de los peces ha disminuido, sin embargo su esfuerzo pesquero ha aumentado. En esta localidad se registraron 40 especies nativas en el año de 1980, para el año 2014 solo se registraron 18 especies nativas y la presencia de 3 no nativas (*O. aureus*, *O. mossambicus* y *Pterygoplichthys disjunctivus*). En esta localidad se perdió más de un 50% de las especies sensibles y más de un 80% de las especies carnívoras. En el municipio de

Catazajá se ha tratado de implementar programas de manejo de los recursos pesqueros y del recurso hídrico sin lograr hasta el momento recuperar la actividad pesquera.

#### **8.4.3. Mar Muerto**

La Laguna del Mar Muerto se registraron 44 especies de peces en total, para el año 2014 tan solo se registraron 22 especies nativas, incluyendo especies periféricas, primarias y secundarias. En un trabajo realizado por Tapia-García, *et. al* (1998) se registraron 66 especies las cuales fueron capturadas entre 1991 y 1993. Al igual que en la laguna de Catazajá, la principal actividad económica es la pesquera y la de esparcimiento, el cambio en la composición ha sido principalmente en la diversidad (de 44 a 22 especies en 33 años), aunque esta actividad aún persiste, los pescadores locales manifiestan la complejidad para capturar los peces ya que se deben internar en la laguna para poder lograr su meta diaria, cuando en años anteriores lograban sus capturas en un área menor al actual y cercano a las playas de Puerto Arista. En el año 2006 se realizó una colecta en este sitio, sin embargo no se pudo capturar ningún pez en las playas, se observó un color y olor raro en el agua de la playa de Pto. Arista, la captura no fue fructífera a pesar de utilizar dos días para la toma de muestras. En algunas temporadas del año se intensifica la actividad pesquera, por lo que las comunidades de peces no logran recuperarse de manera adecuada, por otra parte, las descargas domésticas observadas en el sitio impiden el desarrollo de algunas especies. Aunque en el año 2014 se logró la captura de 22 especies, estas fueron difíciles de capturar y con ayuda de pescadores en el sitio de muestreo.

#### **8.4.4. Ixtacomitán**

Es una de las localidades con menor riqueza, apenas con 9 especies encontradas en su primer año de muestreo, su riqueza bajo a 6 especies para el año 2014. En esta localidad se perdieron las especies sensibles, quedando la mayoría de las especies tolerantes. La abundancia de este sitio ha disminuido considerablemente, este sitio se encuentra poco alterado, la degradación que se observó se debe a descargas domésticas. Las especies que se perdieron fueron *Poecilia sphenops*, *Priapella compressa* (amenazada) y *Rhamdia laticauda*.

#### **8.4.5.Pumpuapa**

Ubicado en la planicie costera, cuenta con 14 especies registradas en total, no se registran especies no nativas, en el muestreo realizado se pudo observar que su riqueza disminuyó a 11 especies. De estas especies se perdió 1 especie sensible y dos medianamente sensibles, de las cuales 2 son carnívoras y una insectívora. Las especies que no se registraron en el último muestreo son *Brachyrhaphis hartwegi*, *Gymnotus maculosus* y *Synbranchus marmoratus*. De los ríos ubicados en la planicie costera se puede observar que han cambiado por dos principales razones, actividad doméstica y fenómenos meteorológicos, gracias a los registros y notas de campo, se ha observado el cambio en el tipo de fondo de estos ríos, en su mayoría cambiaron de tener un fondo rocoso, que forma pequeñas pozas a uno con fondo de arena y grava.

#### **8.4.6.Chanona**

Es una localidad poco estudiada, solo se realizaron dos muestreos, en 1985 se registraron 7 especies, posteriormente en el 2014 se registraron 6 especies; se observa que la abundancia ha disminuido considerablemente, de 1,041 ejemplares en el primer muestreo se pasó 218 en el último muestreo. Se perdieron 2 especies de peces, *Poeciliopsis hnlickai* considerada como sensible y *Profundulus labialis* que se considera tolerante, la primera es detritívora y la segunda insectívora. Es importante señalar que se encontró una especie no nativa (*O. aureus*). En este sitio se pudo observar degradación por la actividad agropecuaria.

#### **8.4.7.Huixtla**

Es considerada una de las localidades de la planicie costera con mayor cambio en su composición. Este sitio fue afectado gravemente por el huracán Stan en el año 2005. Su riqueza en el primero año de muestreo fue de 12 especies, cambiando a 7 especies en el último año de muestreo; de las especies perdidas 4 son carnívoras y 1 detritívora; 1 especie sensible, 2 tolerantes y 2 medianamente sensibles. *Roeboides bochellei* es la especie más sensible, es un carecido poco común pero indicador de buena calidad del agua, las demás especies que no se registraron son *Amphilophus macracanthus*,

*Cichlasoma trimaculatum*, *Eleotris picta* y *Gobiomorus maculatus*, siendo las dos últimas peces periféricos.

#### **8.4.8. Tzendales**

Considerado uno de los sitios con mayor riqueza de especies, es uno de los sitios con mayor número de colectas y que más se han monitoreado; en el año 2004 se encontraron 47 especies, a partir de ese entonces a través de 9 años su riqueza ha disminuido considerablemente hasta llegar a 11 especies nativas y 2 no nativas en el presente año. En cuanto a la tolerancia a la degradación de los ambientes acuáticos, hasta el momento se registran mayor número de especies tolerantes y medianamente tolerantes. En cuanto a la alimentación, se han dejado de registrar especies carnívoras importantes como *Atractosteus tropicus*, *Sciades assimilis*, *Gobiomorus dormitor*, *Potamarius usumacintae*, *Ictalurus meridionalis* y *Strongylura hubbsi*, las cuales son importantes para la pesca comercial y deportiva; no obstante se han registrado dos especies de peces no nativos, *Pterygoplichthys disjunctivus* y *Pterygoplichthys sp.* En esta zona se ha notado la presencia de las especies no nativas anteriormente mencionadas, los registros de colonias de “plecos” se han estado monitoreando por 3 años para evaluar los efectos negativos de la presencia de estos peces, incluyendo hábitos, abundancia y ciclo de vida.

#### **8.4.9. Lacantún**

Esta localidad es considerada la de mayor riqueza de acuerdo a los registros obtenidos, se encuentra localizada en la porción sur de la Reserva de la Biosfera Montes Azules. Hasta el momento se han encontrado 51 especies de peces, en el primero año de muestreo se registraron 44 especies nativas, dicha cantidad ha disminuido dramáticamente a 11 especies nativas más la presencia de 7 especies no nativas. En este sitio se han dejado de registrar la mayoría de especies carnívoras que había, la mayoría de tallas grandes como *Atractosteus tropicus*, *Sciades assimilis*, *Centropomus undecimalis*, *Potamarius usumacintae*, y algunas mojarra como de uso comercial. Se han dejado de registrar 10 especies sensibles de las 12 que se habían registrado en total, esto comprueba un alto grado de alteración en los ambientes acuáticos, en un área que era considerada prístina, ahora se encuentra degradada por actividades agropecuarias, deforestación y la presencia de

especies no nativas; las cuales son: *Ctenopharyngodon idella*, *Cyprinus carpio*, *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus*, *Pterygoplichthys disjunctivus*, *Pterygoplichthys pardalis* y recientemente registrada la especie *Parachromis managuensis*.

#### **8.4.10.Pijjiapan**

Se localiza en la parte media de la planicie costera de Chiapas, es un río que atraviesa por el pueblo del cual lleva su nombre. En esta localidad se encontraron 14 especies nativas en el año 1981, en el año 2014 se registraron 13 especies, cabe señalar que no se tienen registros de especies no nativas. La especie que no se registró en los últimos muestreos es *Roeboides bouchellei* la cual es considerada sensible e indicadora de agua de buena calidad; la posible degradación de los ambientes acuáticos en esta localidad es debido a los asentamientos humanos localizados en los márgenes del río. No obstante a esto, la disminución de la riqueza no es significativa. Sin embargo si se observó una considerable disminución en la abundancia de las especies de peces.

#### **8.4.11.Tiltepec**

Es una de las cinco localidades ubicadas en la planicie costera de Chiapas, en esta se registraron 13 especies de peces en el año de 1978, para el año del 2014 se registraron 10 especies de las capturadas previamente. De estas especies se dejaron de registrar 2 carnívoros y un detrítivoro, las cuales son *Cichlasoma trimaculatum*, *Dormitator latifrons* y *Amphilophus macracanthus*; estas especies de peces son de consumo. En esta localidad se observaron pocos asentamientos humanos, sin embargo el fondo y la forma del río ha cambiado considerablemente.

#### **8.4.12.Amacoite**

En esta localidad en la parte central del estado de Chiapas, ha sido poco estudiada, se encontraron 13 especies en el año de 1980, para el muestreo de 2014 se encontraron tan solo 8 especies, en ninguno de los muestreos se registraron especies no nativas. Las especies que dejaron de registrarse son especies omnívoras y medianamente sensibles. Esta localidad, además de tener un cambio en la composición de especies, disminuyo en

su abundancia; principalmente en las especies *Atherinella alvarezi*, *Brycon guatemalensis* y *Poecilia mexicana*.

#### **8.4.13. Ixtapangajoya**

Es otro de los sitios localizado en el centro del estado de Chiapas, en 1980 se registraron 9 especies y en el año 2014 5 especies nativas, no se registraron especies no nativas. De las especies que no se registraron en el muestreo actual, hay 3 especies tolerantes y una sensible, siendo estas *Cichlasoma salvini*, *Poecilia sphenops*, *Xiphophorus helleri* y *Priapella compressa*; es importante destacar que la última especie mencionada esta en categoría de amenazada en la NOM-SEMARNAT-ECOL-2010. En cuanto a su alimentación, las especies que dejaron de registrarse son omnívoras.

Para efectos de análisis y siguiendo uno de los principales objetivos del presente estudio, el realizar una metodología simple la cual pudiera llevarse a cabo por cualquier persona con conocimiento sobre la ictiofauna característica de un río. Se generó la tabla 7 en donde se proporcionan los valores del índice, así como su categoría y descripción para los sitios de muestreo. Con esta tabla se pretende proporcionar una herramienta al alcance de cualquier persona, sin costo excesivo y muestreos continuos.

Dentro de las recomendaciones que surgen a partir del siguiente estudio está el uso del IBIf con la metodología que se plantea para poder diagnosticar el estado de diferentes ríos y/o cuencas (Tabla 7). Es por eso que se adecuo la siguiente tabla que muestra los valores del IBIf desarrollado en el presente estudio, los atributos de las comunidades de peces así como la clasificación. Los atributos pueden identificados por medio de observación directa.

Tabla 7. Valores y descripción del Índice Biológico Integral histórico desarrollado en áreas selectas del Estado de Chiapas.

Valor del IBH	Clasificación	Atributos de las comunidades de peces	Nombre del sitio de muestreo
<b>81- 100</b>	<b>A</b>	Comparable a las mejores situaciones con la menor perturbación humana. La riqueza total y las especies de columna de agua se encuentran en o cerca del máximo esperado para el tamaño de la corriente, y la abundancia general de los peces es alta, con una amplia gama de clases de edad y tamaño. Tanto las especies bentónicas y de columna de agua son comunes. Las especies sensibles están presentes, y las especies exóticas y tolerantes no dominan. Herbívoros y/o carnívoros son comunes. La mayoría de los peces son especies nativas vivíparas. Casi todos los peces están en buena condición física.	Pijjiapan (93) Ixtacomitán (89) Tiltepec (88) Pumpuapa (88) Amacoite (83) Ixtapangajoya (83) Chanona (83) Huixtla (81)
<b>61 – 80</b>	<b>B</b>	La comunidad de peces muestra una cierta influencia de la degradación del medio ambiente. La riqueza total y las especies de columna de agua están por debajo de las expectativas, las especies bentónicas y sensibles a menudo son poco frecuentes o ausentes. Las especies tolerantes y exóticas son comunes, los omnívoros dominan. La mayoría de los peces puede no ser nativo y especies vivíparas.	Mar Muerto (77) Lacantún (76) Tzendales (70) Chacamax (67) Catatzajá (66)
<b>41 – 60</b>	<b>C</b>	La comunidad de peces esta modificada en gran medida por la degradación del medio ambiente. La riqueza total y las especies de columna de agua son pocas. La abundancia global de los peces también es baja, y la mayoría de los peces son pequeños. Los peces bentónicos y especies sensibles suelen estar ausentes. Casi todos los peces son omnívoros, exóticos o tolerantes, y la mayoría no son nativos, con especies vivíparas. La presencia de peces en mal estado físico puede ser relativamente común.	
<b>21 - 40</b>	<b>D</b>	Degradación evidente del ambiente acuático, puede ser física y químicamente, presencia de olores y colores en el agua del río. Pocas o nulas especies de peces presentes, ya sean tolerantes o exóticas. Escasa vegetación, el tiempo para capturar especies peces excede del tiempo regular.	
<b>0 - 20</b>	<b>E</b>	Alta degradación del ambiente, principalmente en el río o afluente, no se observan comunidades de peces, a pesar de diferentes artes de pesca y tiempo de muestreo excesivo no se logra capturar ningún pez. Evidencias de degradación en las riberas, mal olor y agua turbia, contaminación de suelo y poca vegetación ribereña. Cambio en el tipo de fondo del río y en ocasiones del flujo de la corriente.	

## 8.5 Diagnóstico Ecológico

El diagnóstico ecológico se puede realizar gracias a diferentes índices de diversidad, en el presente estudio se utilizaron índices de diversidad alfa como el Índice de Simpson, por otro lado están los índices de diversidad beta, como el índice de Jaccard y de Cody.

### 8.5.1. Índices de diversidad alfa

Villarreal *et al.*, (2006) definen diversidad alfa como la riqueza de especies una comunidad, la cual es considerada homogénea; para este propósito se obtuvo el Índice de Simpson.

#### 8.5.1.1. Índice de Simpson

Este índice muestra la diversidad y abundancia de cada uno, de acuerdo a la fórmula se estiman valores de 0 a 1, en donde los valores más cercanos al cero indican que la diversidad disminuye, por lo tanto aquellos valores cercanos a 1 representan una amplia diversidad. Considerando esto y la presencia de especies periféricas, el sitio con el menor valor del índice de Simpson es Chanona (0.386), seguido de Pijijiapan (0.653); los sitios con mayor valor de este índice son Mar Muerto (0.850) y Catazajá (0.892) (Tabla 8, Figura 27).

Tabla 8. Valores del Índice de Simpson calificando todas las especies de peces.

Localidad	Valor del Índice de Simpson (1- $\lambda$ )
Chacamax	0.814
Catazajá	0.892
Mar Muerto	0.850
Ixtacomitán	0.710
Pumpuapa	0.809
Chanona	0.386
Huixtla	0.743
Tzendales	0.844
Lacantún	0.841
Pijijiapan	0.653
Tiltepec	0.771
Amacoite	0.751
Ixtapangajoya	0.686

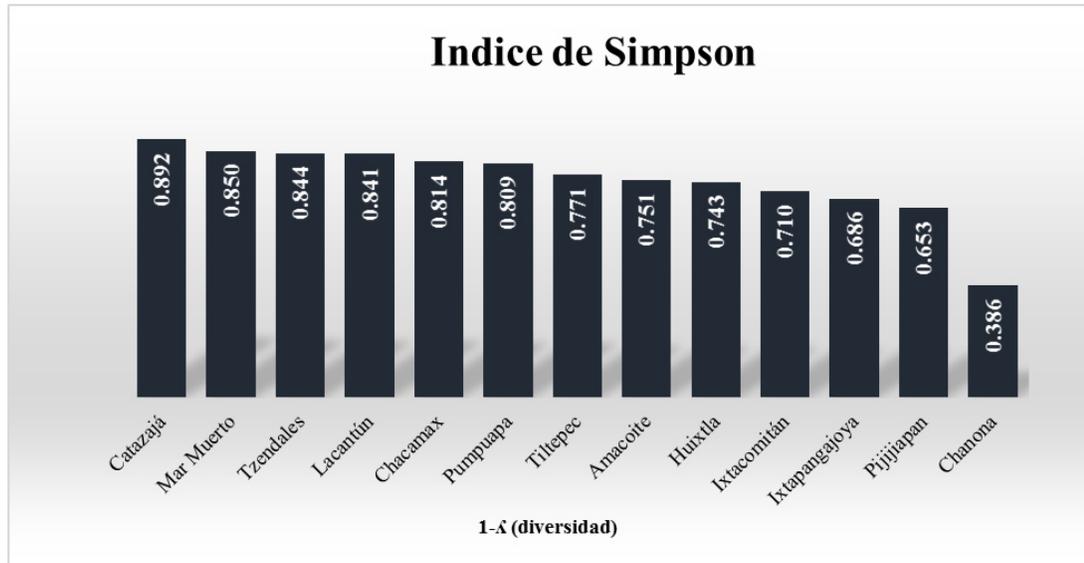


Figura 27. Valores del índice de Simpson de los sitios de muestreo.

Cuando se omiten las especies periféricas los datos sufren cambios, a continuación se presentan los valores más altos del Índice de Simpson, las localidades Catazajá (0.847) y Pumpuapa (0.806), por otro lado, las localidades con menores valores son, Chanona (0.386) y Mar Muerto (0.554). Cabe señalar que en este ensayo se registran valores más altos del Índice de Simpson, valores arriba de 0.200, caso contrario cuando se consideran las especies de peces periféricos (Tabla 9, Figura 28).

Tabla 9. Valores del Índice de Simpson omitiendo las especies periféricas.

Localidad	Valor del Índice de Simpson (1-λ)
Chacamax	0.747
Catazajá	0.847
Mar Muerto	0.554
Ixtacomitán	0.710
Pumpuapa	0.806
Chanona	0.386
Huixtla	0.742
Tzendales	0.795
Lacantún	0.761
Pijijiapan	0.623
Tiltepec	0.760
Amacoite	0.673
Ixtapangajoya	0.686

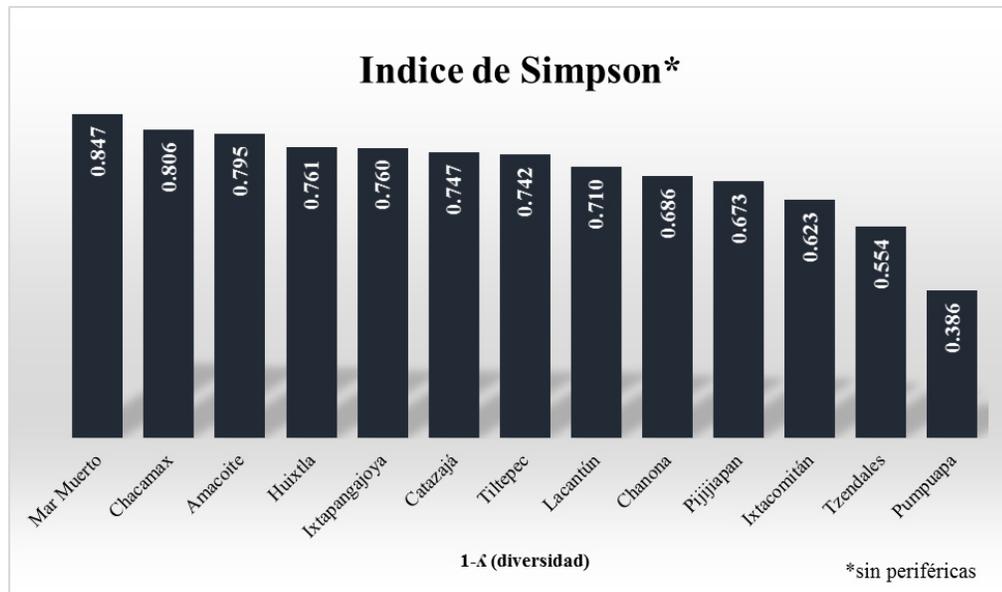


Figura 28. Valores del índice de Simpson de los sitios de muestreo.

### 8.5.2. Índices de diversidad beta

Los índices que se utilizaron en este estudio para analizar la diversidad beta se utilizan para medir el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre comunidades, en el presente estudio se agregan los Índice de Jaccard, Índice de Cody como la parte complementaria para el IBH. A continuación se presentan los valores obtenidos a partir de que se corrió el programa SPSS y PAST.

Las proporciones de cada localidad se evalúan en función de índices de similitud, que se basan en presencia-ausencia de especies, o con datos que consideran la abundancia proporcional de las especies por medio del número de individuos.

#### 8.5.2.1. Índice de Jaccard

Este índice de similitud se basa en la presencia-ausencia de especies, cuando los valores se acercan a 0 no hay especies compartidas entre las comunidades comparadas, y si los valores llegan a ser de 1, las comunidades tienen exactamente la misma composición.

En el primer ensayo que se realizó, donde se califican las especies periféricas, las localidades de Pumpuapa (0.692) e Ixtapangajoya (0.571) tuvieron mayores valores, lo

cual nos indica que son los sitios que preservaron de mejor manera su composición íctica (Tabla 10, Figura 29). Los sitios en los que la composición cambio más fueron Tzendales (0.250) e Ixtacomitán (0.290).

Tabla 10. Valores de los Índices de Jaccard calificando todas las especies de peces.

Localidad	Valor del Índice de Jaccard
Chacamax	0.314
Catazajá	0.361
Mar Muerto	0.300
Ixtacomitán	0.290
Pumpuapa	<b>0.692</b>
Chanona	0.375
Huixtla	0.500
Tzendales	0.250
Lacantún	0.318
Pijjiapan	0.307
Tiltepec	0.538
Amacoite	0.384
Ixtapangajoya	<b>0.571</b>

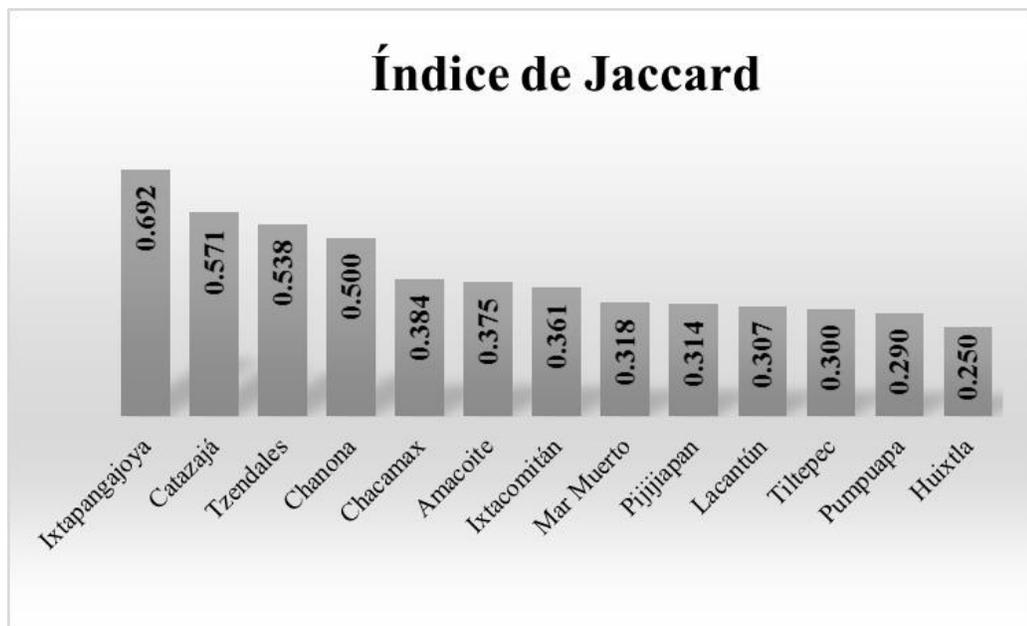


Figura 29. Valores del índice de Jaccard de los sitios de muestreo.

En el siguiente ensayo que omite las especies periféricas, Tiltepec (0.780) y Pumpuapa (0.692) son las localidades con valores mayores, es decir, fueron los sitios con la ictiofauna mejor conservada (Tabla 11, figura 30). Por otra parte, Ixtacomitán (0.285) y Tzendales (0.333) obtuvieron valores menores, considerando que la composición íctica ha cambiado en los últimos 15 años.

Tabla 11. Valores de los Índices de Jaccard omitiendo las especies periféricas.

Localidad	Valor del Índice de Jaccard
<b>Chacamax</b>	0.423
<b>Catazajá</b>	0.370
<b>Mar Muerto</b>	0.333
<b>Ixtacomitán</b>	0.285
<b>Pumpuapa</b>	<b>0.692</b>
<b>Chanona</b>	0.375
<b>Huixtla</b>	0.500
<b>Tzendales</b>	0.333
<b>Lacantún</b>	0.400
<b>Pijijiapan</b>	0.500
<b>Tiltepec</b>	<b>0.780</b>
<b>Amacoite</b>	0.363
<b>Ixtapangajoya</b>	0.571

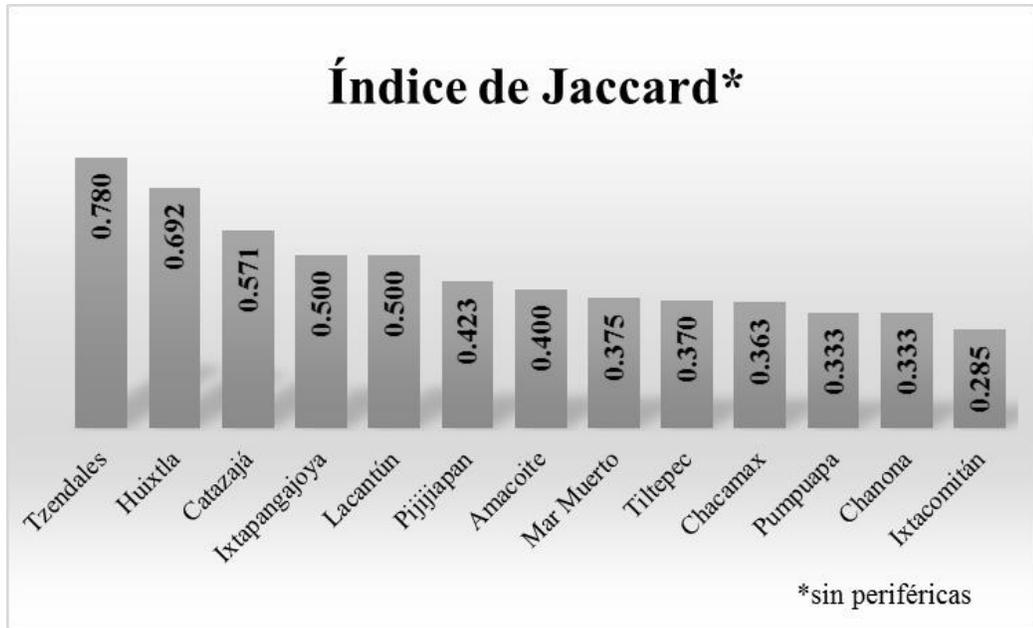


Figura 30. Valores del índice de Jaccard de los sitios de muestreo.

### 8.5.2.2. Índice de Cody

Este índice de similitud se basa en el reemplazo de especies considerando la presencia-ausencia de especies. De acuerdo a Cody (1993), el valor menor del índice sugiere que menos especies son ganadas y perdidas a lo largo del gradiente, es decir, los habitats dentro del paisaje tienen mayor similitud de acuerdo a la composición de especies.

Analizando la composición total en los sitios de muestreo, las localidades con mayor similitud son Pumpuapa y Tiltepec con valores de 0.182 y 0.300 respectivamente; por otra parte, los sitios que mayor cambio en el habitat presentaron fueron Mar Muerto y Tzendales con valores de 0.531 y 0.524 respectivamente (Tabla 12, Figura 31).

Tabla 12. Valores de los Índices de Cody calificando todas las especies de peces.

Localidad	Valor del Índice de Cody (1993)
Chacamax	0.507
Catazajá	0.451
Mar Muerto	0.531
Ixtacomitán	0.500
Pumpuapa	0.182
Chanona	0.400
Huixtla	0.330
Tzendales	0.524
Lacantún	0.487
Pijjiapan	0.346
Tiltepec	0.300
Amacoite	0.438
Ixtapangajoya	0.267

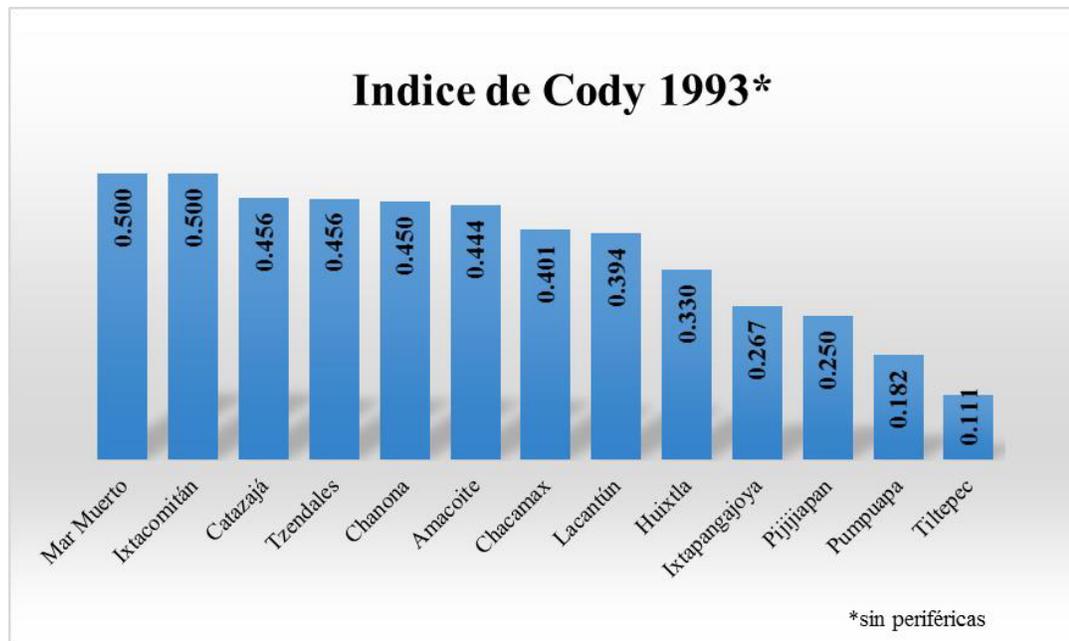


Figura 31. Valores del índice de Cody de los sitios de muestreo.

Analizando la composición de todas las especies en los sitios de muestreo, las localidades con mayor similitud son Tiltepec y Pumpuapa con valores de 0.111 y 0.182 respectivamente; por otra parte, los sitios que mayor cambio en el habitat presentaron fueron Mar Muerto e Ixtacomitán con valores de 0.500 (Tabla 13, Figura 32).

Tabla 13. Valores de los Índices de Cody omitiendo las especies periféricas.

<b>Localidad</b>	<b>Valor del Índice de Cody (1993)</b>
<b>Chacamax</b>	0.401
<b>Catazajá</b>	0.456
<b>Mar Muerto</b>	0.500
<b>Ixtacomitán</b>	0.500
<b>Pumpuapa</b>	0.182
<b>Chanona</b>	0.450
<b>Huixtla</b>	0.330
<b>Tzendales</b>	0.456
<b>Lacantún</b>	0.394
<b>Pijijiapan</b>	0.250
<b>Tiltepec</b>	0.111
<b>Amacoite</b>	0.444
<b>Ixtapangajoya</b>	0.267

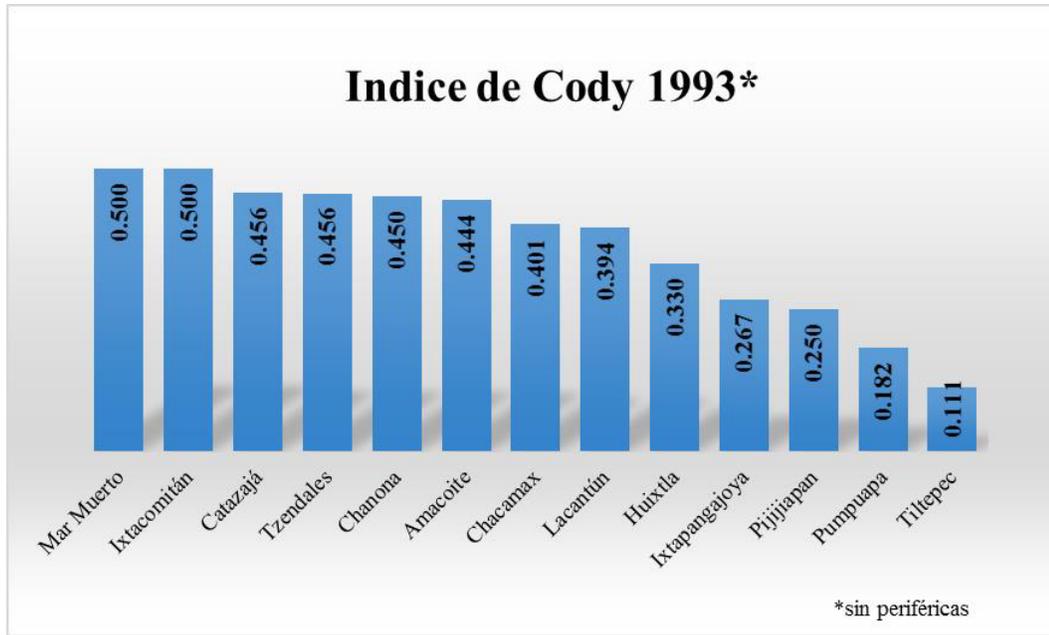


Figura 32. Valores del índice de Cody de los sitios de muestreo.

## 9 DISCUSIONES

En el presente estudio se adecuo la metodología de Karr (1981), Lyons *et al.* (1995) y Schmitter-Soto *et al.* (2011) para demostrar la degradación de los ecosistemas acuáticos en las áreas selectas de Chiapas. Hasta el momento, con el estudio de la composición de especies de peces de las diferentes áreas seleccionadas en el presente estudio, se ha observado que las comunidades de peces en su composición han cambiado con el paso de los años, estos cambios se han observado a través de la diversidad y abundancia principalmente. Además, dentro de la integridad ecológica, se consideran las actividades humanas, para que posteriormente se hagan recomendaciones que lleven a sostener la dinámica ecológica de los ambientes acuáticos y terrestres a largo plazo (Sánchez 2011)

El desarrollo del IBIf indica un evidente deterioro de los ambientes acuáticos en las diferentes áreas seleccionadas en el estado de Chiapas. Se presentaron cambios en la composición de especies, de acuerdo a los valores del IBIf, en donde se observan calificaciones menores en todas las localidades con respecto al primer muestreo realizado. Esto se atribuye a la modificación de los hábitats muestreados como consecuencia de la deforestación y otras actividades antropogénicas (CONAFOR, 2015)

Con respecto a los valores del IBIf, la localidad que mejor se conservó fue Pijijiapan (98), en contraste con Catazajá (66) un sitio perturbado por varios factores registrados. Los sitios como Chacamax, Mar Muerto, Tzendales y Lacatún con valores de 67, 77, 70 y 76 respectivamente (tabla 14), son los sitios con menor puntuación, por otra parte, los sitios Ixtacomitán, Pumpuapa, Chanona, Huixtla, Tiltepec, Amacoite e Ixtapangajoyá, presentan 89, 88, 83, 81, 88, 83 y 83 respectivamente, tienen mayor puntuación. En general los valores del IBIf se sitúan por arriba de los 66 puntos, en donde se encuentran 5 diferentes localidades; el resto de las localidades obtuvieron arriba de 81 puntos, los cuales se encuentran en una categoría alta con menor grado de perturbación. La evaluación del sitio de muestreo Pijijiapan nos da indicios para considerarlo como una localidad en buen estado, en ambas evaluaciones se obtuvieron los más altos valores, 98 considerando las especies periféricas y 93 sin considerarlas; por otro lado el sitio Catazajá presenta una evidente degradación, en la evaluación con especies periféricas su valor es de 67, en cambio sin considerar estas especies este valor baja a 66.

La localidad que mejor se conservó de acuerdo al IBIf fue Pijijiapan (98), en contraste con Catazajá (66) un sitio perturbado por varios factores registrados, como la introducción de especies no nativas, la alteración de los ambientes acuáticos debido a la construcción de una represa la cual ocasionó diversos cambios en la composición de especies y contribuyó al establecimiento de varias especies invasoras no nativas como *Ctenopharygodon idella*, *Cyprinus carpio*, *Pterygoplichthys disjunctivus*, *P. pardalis* y *Pterygoplichthys sp.*, *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus*, *Parachromis friedricsthalii*.

Al igual que Lozano-Vilano *et al* (2009), se utilizaron índices de similitud para determinar si la composición de las comunidades de peces es semejante en el paso de los años, como el de Simpson para la diversidad alfa, Cody y Jaccard para la diversidad beta. El uso de métodos estadístico trata de explicar la correlación entre el uso de actividades antropogénicas y la mayor pérdida de biodiversidad que se ha observado a través de más de 30 años.

En el índice de Jaccard, la localidad de Pumpuapa (Tabla 10 y 11) presenta mayor similitud (0.692) en cuanto a la presencia de especies, por otro lado el sitio Tzendales tiene una gran diferencia en cuanto a la composición de especies de presentes (0.250); cabe señalar que este sitio se encuentra en la RBMA, se encuentra sujeto a protección especial, no obstante desde el año 2011 se ha registrado la presencia de dos especies no nativas e invasoras, mismas que han modificado considerablemente las características del río erosionando rápidamente las riberas por la presencia de las madrigueras. Adema se refleja un gran cambio en la composición de especies, esto considerando a las especies periféricas.

La prueba de Jaccard no es tan contundente para el análisis de diversidad de los diferentes sitios de muestreo, por lo tanto se propone realizar un análisis de discriminatorio y una curva de acumulación de especies para analizar el cambio en la composición de especies de acuerdo al hábitat, durante el presente estudio se intentó realizar la curva de especies, sin embargo, como los muestreos no se realizaron periódicamente o constantemente, la falta de registros impidió la realización de las curvas, solo en el caso de Tzendales y Lacantún fue posible realizarlas.

En el análisis de la diversidad beta, que se llevó a cabo por medio del índice de Cody (Tablas 12 y 13), refleja los mismos resultados, coincidiendo en que el sitio

Chacamax, Catazajá y Tzendales (12), es el que se encuentra con mayor grado de alteración en cuanto a la composición de especies, contando las especies periféricas, por otro lado, Pumpuapa e Ixtapangajoya (2) son los que presentan mayor similitud. En cambio si no se consideran las especies periféricas, el índice de Cody muestra al Mar Muerto como un sitio poco alterado, dando un valor de 1, en cambio el sitio con mayor variación es Huixtla. Este índice no tenía valores esperados que concordaban con el índice de Jaccard o los valores del IBH, aunque son contrarios no significa que estén mal desarrollados, esto significa que los datos se deben estandarizar para obtener valores de acuerdo.

Se calculó la diversidad utilizando el índice de Simpson (Tablas 8 y 9), el sitio con mayor diversidad considerando todos los registros obtenidos de la Colección Ictiológica es Catazajá (0.892) y el sitio con menor diversidad es Chanona (0.892). Con base a este resultado, a las observaciones y entrevistas realizadas a los habitantes de Catazajá, así como a otros estudios (Esselman, 2009), esta localidad ha sido objeto de severas modificaciones originadas por el hombre, como la construcción de una represa y la introducción de especies no nativas. Lo cual sugiere que aquellos sitios con mayor diversidad tienen un mayor recambio de especies, en contraste con los sitios que presentan menor diversidad en donde el recambio de especies es mínimo (Gonzalez Zuarth *et al.*, 2014).

El estado de conservación de los ecosistemas terrestres no define la salud de los ambientes acuáticos, los cuales han sufrido severas modificaciones debido a la presencia de las especie *Pterygoplichthys disjunctivus* y *Pterygoplichthys sp.*, que han desplazado diferentes comunidades de peces, debido a que sus hábitos reproductivos son altamente dañinos para las especies bentónicas. Uno de los casos más alarmantes es en Tzendales, un importante afluente del río Lacantún ubicado en la Reserva de la Biosfera Montes Azules (RBMA) en la parte Este de Chiapas, el cual se ha documentado ininterrumpidamente desde el año 2004; de acuerdo a los registros obtenidos su valor del IBH descendió 30 puntos en un periodo de observación de 11 años. En el caso contrario está el caso de Pijijiapan, que obtuvo un valor de 98 con un periodo de observación de 33 años no se han observado un cambio significativo de la composición taxonómica, con esto se comprueba lo que asevero Badii (2007), sobre los ecosistemas modificados por el

hombre, los cuales no pierden necesariamente productividad en biomasa, pero en todas las ocasiones pierden biodiversidad.

Karr (1981) sugiere el uso de variables que pueden medirse fácilmente y que tienen bajo costo, sin embargo, en el presente trabajo se ha observado que otro factor que ha intervenido de manera importante en la aplicación de los IBIs es la decisión del tipo de variables a emplear, las que se utilizan actualmente son independientes a la biología de los peces (abundancia, riqueza, presencia de especies no nativas, entre otras). El uso de variables dependientes implicaría un amplio conocimiento de todas las especies de peces registradas en un sitio, dicha información implicaría estudios más específicos para conocer la biología en sí de estos organismos; esto implicaría un mayor costo y un aumento en tiempo en el desarrollo de estos estudios.

Con respecto a la ictiofauna, las especies periféricas intervienen y causan sesgo en el registro de especies de peces de cada localidad; debido a que estas especies solo penetran los ríos en determinada fase de su ciclo de vida, estas pueden o no estar presentes cuando llevan a cabo los muestreos; varios investigadores que utilizan índice concuerdan en que los resultados en los IBI pueden variar por la presencia de estas especies. Las familias de peces periféricas son 25, lo que representa el 64% de las familias encontradas en el Estado hasta el 2014, lo que concuerda con la investigación de Miller (1966) que afirma la presencia de más del 50% de las especies periféricas en la región. Miller (1966) menciona un vacío enorme de información sobre la ecología e historia de vida de las especies de Centroamérica, zona que comparte la mayoría de las especies registradas en el estado de Chiapas. Al igual que Miller, en este presente trabajo se hizo evidente la falta de información taxonómica para la determinar las especies en cada sitio de muestreo.

Por otro lado, se ha observado que algunas especies que anteriormente eran consideradas especies tolerantes (Schmitter Soto *et al.*, 2011), con el paso del tiempo y con base a la tolerancia a la contaminación ocasionada por el hombre, se han vuelto especies moderadamente sensibles, como ha ocurrido con la especie *Astyanax aeneus*. En el presente estudio la abundancia de la especie mencionada anteriormente disminuyó, como en las localidades de Chacamax, Catazajá, Ixtacomitán, Pumpuapa, Huixtla, Tzendales, Lacantún, Pijjiapan, Amacoite e Ixtapangajoya.

El uso de este índice tendrá mayor impacto en las áreas afectadas directamente por actividades antropogénicas, siendo este una forma práctica y accesible para evaluar el estado actual de los hábitats acuáticos y la composición íctica. Sin embargo, una de las debilidades encontradas en el presente estudio se refiere al sesgo causado por la ventana de años en cada sitio, para mitigar este efecto se recomienda realizar los muestreos por lo menos cada cinco años o después de algún evento de alto impacto en las comunidades de peces.

Al igual que Schmitter-Soto *et al.* (2011), se está comprobando que el estudio de las comunidades de peces representa la integridad biológica de un espacio. Este instrumento es adecuado para evaluar la integridad biológica e identificar áreas vulnerables que se encuentran degradadas por actividades de origen humano.

Con el estudio de la composición de especies de peces de las diferentes áreas seleccionadas en el presente estudio, se ha observado que las comunidades de peces en su composición han cambiado con el paso de los años, estos cambios se han visto a través de la diversidad y abundancia principalmente (ver tablas anexo II)

Con el estudio de la composición de las especies se ha detectado la presencia de especies no nativas en diferentes sitios de muestreo, la degradación de los ecosistemas acuáticos ha permitido el establecimiento de estas especies y por lo tanto se propicia el desplazamiento de especies indicadoras de buena calidad de los ambientes. Por último, se pretenden utilizar las especies exóticas como indicadores de la degradación de los ecosistemas, su presencia o ausencia ayudarán a determinar el estado actual de los cuerpos de agua.

## 10 CONCLUSIONES

- El cambio en la composición de las especies de los peces de Chiapas ha sido estudiado previamente, esto ha permitido llevar un registro amplio de las especies presentes en el estado de Chiapas, al mismo tiempo se ha desarrollado el IBI para la evaluación de las condiciones de degradación de los ambientes acuáticos. Hasta el momento se registran 133 especies de peces en total, de acuerdo con los registros de colectas realizadas entre el año 1978 y 2015. Estas especies pertenecen a 39 familias y a 83 géneros, sin contar por lo menos dos especies sin identificar. Sin embargo, la pérdida de especies sensibles a la degradación de los ambientes acuáticos es muy evidente en la mayoría de las localidades, en estas permanecen en su mayoría aquellas especies consideradas tolerantes y moderadamente tolerantes. Por lo tanto, se requieren llevar a cabo estrategias de conservación que permitan recuperar o prevenir la pérdida continua de los ambientes acuáticos.
- La riqueza y la diversidad aportan información para conocer las condiciones ambientales de un río, sin embargo el conocer la composición de peces y sus cambios a través del tiempo permite evaluar el funcionamiento del río y así conocer las especificaciones y necesidades que requiere el río, por lo tanto se pueden desarrollar otro tipo de monitoreo y manejo de los cuerpos de agua. Aquellos sitios que tienen mayor diversidad con Tzendales (45 especies), Mar Muerto y Lacantún (44 especies), las localidades con menor diversidad fueron Chanona (9 especies) e Ixtacomitán (7 especies).
- Durante los muestreos realizados entre 1978 y 2014 se pudo observar que los sitios con mayor degradación son aquellos ubicados cerca de asentamientos humanos, donde intervienen las actividades domésticas principalmente; por otro lado, se muestra otra posible causa de degradación a la modificación de los cauces de los ríos, las características de los ríos como tipo de fondo, ancho de río y pérdida de vegetación son los más

evidentes de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio. Las localidades con mayor valor del IBH fueron Pijijiapan (98) e Ixtacomitán (89), por otro lado, aquellos con calidad deficiente fueron Catazajá (66) y Chacamax (67) los dos conectados estrechamente con localidades rurales. El otorgar los valores a cada variable es un paso crítico para valorar el IBH, ya que se requiere experiencia de parte del evaluador (Angermeier y Karr, 1986), este procedimiento se llevó a cabo con la guía y colaboración de ictiólogos expertos del Laboratorio de Ictiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la U. A. N. L.

- Con respecto a la ictiofauna, coincidiendo con Miller (1966), la presencia de especie periféricas en esta zona, marca una gran diferencia en la composición de especies, ya que alrededor del 50% de la composición de especies está representada por estas especies que son de origen marino, pero que no pasan todo su ciclo de vida en agua salobre, si no que pueden ocasionalmente penetrar en agua continental para obtener alimento, refugio o reproducirse. Se pueden descartar aquellos ríos que en su mayoría predominan especies periféricas, sin embargo por la forma e influencia de las dos vertientes sería perjudicial descartar las localidades con presencia de especies periféricas.
- De acuerdo a los índices de similitud, los valores del índice de Jaccard indican que el sitio Pumpuapa (Figura 29) presenta mayor número de especies compartidas, tomando en cuenta la muestra original con el último muestreo, en contraste con el sitio del Tzendales en donde la composición varía drásticamente con respecto al tiempo, mostrando pocas especies compartidas. Considerando el reemplazo de especies, el índice de Cody muestra que los sitios Pumpuapa e Ixtapangajoya presentan un número menor de especie pérdidas y ganadas, por lo tanto sus características de hábitat permanecen similares a las originales; por otro lado, existen varios sitios como Chacamax, Catazajá y Tzendales que presentan altos valores de este índice, lo que nos indica varias especie y ganadas y perdidas, mostrando diferencias marcadas del hábitat, extensión territorial y su

contigüidad, como lo menciona Cody (1983). Con base al valor del índice de Simpson, los sitios con mayor diversidad fueron Catazajá y Tzendales, siendo este último el más diverso como se mencionó anteriormente.

- Por último, resaltan dos sitios de muestreo que están dentro de la categoría como sitios prioritarios para su conservación (sitios RAMSAR), sin embargo la principal problemática no se ha atendido. Cuanto es el grado de marginación, la invasión de especies no nativas, entre otros. Aunque los demás sitios no sean prioritarios para la conservación de la biodiversidad es indispensable contar por lo menos con plan de manejo de los recursos naturales, ya que como lo hemos visto, la influencia de las actividades humanas repercuten sobre la salud de los ecosistemas terrestres y acuáticos en diferente medida.
- Los Índices biológicos basados en peces se han utilizado desde la década de los ochentas (Karr 1981) para evaluar la integridad ecológica de un ambiente. En el presente estudio se adecuo la metodología de Karr (1981), Lyons *et al.* (1995) y Schmitter-Soto *et al.* (2011) para demostrar la degradación de los ecosistemas acuáticos en las áreas selectas de Chiapas. Se observó que existe una degradación evidente en todos los sitios de muestreo, sin embargo existe una tendencia de degradación mayor en los sitios de muestreo ubicados donde existe influencia de actividades humanas, principalmente agricultura, ganadería, pesca y desarrollos urbanos y rurales. Los resultados de este estudio (IBIh) auxiliaran en la toma de decisiones para el manejo de cuencas hídricas, en particular en el Estado de Chiapas. Además, se busca que el IBIh sea utilizado por personas no expertas, observando la diversidad y abundancia de especies en cada sitio de muestreo.

## 11. PERSPECTIVAS

A partir del presente estudio se proponen las siguientes recomendaciones a continuación:

- 1) El presente estudio evidencia que es posible la utilización de comunidades de peces como bioindicadores, además de realizar revisiones o monitoreo que permitan un buen manejo del recurso hídrico. En las evaluaciones por medio de bioindicadores se recomienda el uso de parámetro físico-químicos, los cuales son indispensables para la interpretación de resultados en la evaluación de la integridad biótica y complementaria al uso de bioindicadores.
- 2) Colaboración entre asociaciones civiles, instituciones académicas y organizaciones gubernamentales para llevar a cabo tanto los planes de manejo como los programas de conservación de manejo de recursos naturales, en específico los de peces en las áreas seleccionadas.
- 3) Con respecto al análisis estadístico realizado hasta el momento han sustentado la evidente degradación, sin embargo, se propone realizar un análisis discriminatorio (clúster) que complementara y explicará la pérdida de la diversidad de especies en los diferentes ambientes acuáticos registrados en el presente estudio.
- 4) Por otro lado, el uso de especies bandera para conservar ambientes acuáticos, por medio de programas de protección a especies que se encuentran dentro de la NOM-059-ECOL. Hay que mencionar, además la difusión del presente material por medio de publicaciones en revistas para que las instancias de conservación de biodiversidad se lleven a cabo por las autoridades competentes en esta materia. De igual manera, el apoyo de las mismas autoridades hacia este tipo de proyectos de especies indicadoras es de gran importancia, no solo para el Estado de Chiapas por su red hidrológica, sino para todos los Estados ya que el propósito en común es el de conservar los ambientes acuáticos y por ende el recurso hídrico.
- 5) Por otra parte, la capacitación de personas para que aprendan a identificar a las especies indicadoras de buena calidad en las poblaciones en las que se llevó a cabo el estudio. Con este propósito se pretende replicar el monitoreo, para que este se lleve a cabo periódicamente y constantemente por los habitantes de zonas rurales,

los cuales al mismo tiempo deberán llevar registro de sus datos para seguir desarrollando el IBh.

- 6) Por último, realizar una guía de identificación gráfica y con características clave, para facilitar el reconocimiento o determinación de especies peces indicadores de buena calidad en los ecosistemas acuáticos.

## 12 BIBLIOGRAFÍA

- Allen, G. 1998. Peces del pacífico oriental tropical. 2da. Ed. México. Agrupación Sierra Madre, S. C. CEMEX, S. A. de C. V.
- Allen, G. & Robertson, R. 2010. *Pomadasys macracanthus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 07 July 2015.
- Alvarado, J., Bussing, W., Eschmeyer, E., Iwamoto, T. & Munroe, T.A. 2010. *Anchoa walkeri*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 18 June 2015.
- Álvarez, J. 1970. Peces Mexicanos (Claves). Ser. Inv. Pesq. Nal., Inv. Biol. Pesq., México. 166 p.
- Angermeier, P. L., & Karr, J. R. 1986. Applying an index of biotic integrity based on stream-fish communities: considerations in sampling and interpretation. *North American Journal of Fisheries Management*, 6(3), 418-429.
- Badii, M. H., Landeros, J., Foroughbakhch, R., & Abreu, J. L. 2007. Biodiversidad, evolución, extinción y sustentabilidad.
- Bearez, B., van der Heiden, A., Acero, A., Rojas, P., Betancur, R. & Espinosa, H. 2010. *Eucinostomus currani*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 30 June 2015.
- Bessudo, S., Acero, A., Rojas, P. & Cotto, A. 2010. *Lutjanus colorado*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 06 July 2015.
- Chao, L., Espinosa, H., Findley, L. & van der Heiden, A. 2010. *Isopisthus remifer*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 02 July 2015.
- Cody, M. L. (1993). Bird diversity components within and between habitats in Australia. *Species diversity in ecological communities*, 147-158.
- Collette, B., Acero, A. & Rojas, P. 2010. *Syngnathus auliscus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 27 July 2015.

- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2015. Modelo de intervención en las áreas de acción temprana REDD+. CONAFOR. Zapopan, Jalisco.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2015. Estadísticas del Agua en México. México, diciembre de 2015
- Cooke, R., Acero, A., Betancur, R., Rojas, P. & Cotto, A. 2010. *Cathorops fuerthii*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 19 June 2015.
- Contreras-Balderas, S., Edwards, R. J., de Lourdes Lozano-Vilano, M., & García-Ramírez, M. E. 2002. Fish biodiversity changes in the lower Rio Grande/Rio Bravo, 1953–1996. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12(2-3), 219-240.
- Contreras-Balderas, S., Lozano-Vilano, M. L., García-Ramírez, M. E., Rinne, J., Hughes, R. M., & Calamusso, B. 2005. Index of biological integrity, historical version, of the lower Rio Nazas, Coahuila, México. *Historical changes in large river fish assemblages. American Fisheries Society, USA*, 225-237.
- Cotto, A., Medina, E. & Bernal, O. 2010. *Opisthonema libertate*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 06 July 2015.
- Craig, M.T., Choat, J.H., Ferreira, B., Bertoncini, A.A., Sadovy, Y. & Rocha, L. 2008. *Hyporthodus niphobles*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T132734A3436167. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T132734A3436167.en> . Downloaded on 05 October 2015.
- Dall, P.C. 1995. Commonly used methods for assessment of water quality. En: Toman, M.J. y F. Steinman (eds.) *Biological Assessment of stream water quality*. Special Issue TEMPUS S\_JEP 4724. University of Ljubljana, pp. 49-70.
- Domínguez-Cisneros, S., & Rodiles-Hernández, R. 1998. Guía de peces del río Lacanjá, selva Lacandona. *Chiapas, México*.
- Eschmeyer, W. N., C. J. Ferraris, Jr., M. Hoang y D. J. Long. 1998. Species of Fishes, Vols. 1 and 2, in W. N. Eschmeyer (ed.), *Catalog of Fishes*, Vol. 1 – 2.
- Esselman, P. C. 2009. Fish communities and conservation of aquatic landscapes in Northeastern Mesoamerica. Ph. D. Diss. Ann Arbor, University of Michigan.

- Ferraris, C.J. Jr. 2003. Lepisosteidae (Gars). p. 29. In R.E. Reis, S.O. Kullander and C.J. Ferraris, Jr. (eds.) Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre: EDIPUCRS, Brasil.
- Hall. G., Love, R. M., Lavéty, J. and Steel, P. J. 1969. The connective tissues of fish. II. Gaping in comercial species of frozen fish in relation to rigor mortis. J. Food Technol. 4. 39 – 44.
- Hall, E. R. 1962. *Collecting and preparing study specimens of vertebrates*. University of Kansas, Museum of Natural History.
- Harrison, I. 2010. *Chaenomugil proboscideus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 30 June 2015.
- Harrison, I. & Dominici-Arosemena, A. 2010. *Mugil hospes*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 06 July 2015.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2014. Anuario estadístico y geográfico de Chiapas 2014/Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- Iwamoto, T., Eschmeyer, W. & Alvarado, J. 2010. *Anchoa curta*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 18 June 2015.
- Iwamoto, T., Eschmeyer, W., Alvarado, J. & Bussing, W. 2010. *Anchoa lucida*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 18 June 2015.
- Iwamoto, T., Eschmeyer, W. & Smith-Vaniz, B. 2010. *Harengula thrissina*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 02 July 2015
- Iwamoto, T., Eschmeyer, W. & Smith-Vaniz, B. 2010. *Lile gracilis*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 02 July 2015.
- Jimenez Castellanos, L. A., Santos, R. R., & Velásquez, E. V. 2001. Evaluación de la integridad biótica del río Sabinal, basado en el análisis de la comunidad de peces. México.

- Jordan, D.S. and B.W. Evermann. 1900. The Fishes of North and Middle America. Bull. U.S. Nat. Mus. 47(1-4).
- Karr, J. R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 6(6), 21-27.
- Karr, J. R., Fausch, K. D., Angermeier, P. L., Yant, P. R., & Schlosser, I. J. 1986. Assessing biological integrity in running waters. *A method and its rationale. Illinois Natural History Survey, Champaign, Special Publication, 5.*
- King, J. M., Tharme, R. E., & De Villiers, M. S. 2000. *Environmental flow assessments for rivers: manual for the Building Block Methodology* (p. 340). Pretoria: Water Research Commission.
- Lazcano-Barrero, M. A. y R. C. Vogt. 1992. Peces de la Selva Lacandona, un recurso potencial. *in: Vásquez-Sánchez, M. A. y M. A. Ramos (eds.). Reserva de la Biósfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su Conservación. Publ. Esp. Ecosfera 1:135-144.*
- Ledesma-Ayala, C. L 1987. Estudio ictiológico del Rio Duero Michoacan. Professional thesis. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.
- Lozano-Vilano, M. de L. & Contreras-Balderas, S. 1987. Lista zoogeográfica y ecológica de la ictiofauna continental de Chiapas, México. *The Southwestern Naturalist*, 32(2), 233–236.
- Lozano-Vilano, M. D. L., García-Ramírez, M. E., Contreras-Balderas, S., & Ramírez-Martínez, Y. C. 2007. Diversity and conservation status of the Ichthyofauna of the Rio Lacantún basin in the Biosphere Reserve Montes Azules, Chiapas, Mexico. *Zootaxa*, (1410), 43-53.
- Lozano-Vilano, M. L., García-Ramírez, M. E., Artigas-Azas, J. M., De la Maza-Benignos, M., Salazar-González, M., & Ruiz-Campos, G. 2009. Los peces del río Conchos. *Los peces del río Conchos, M. De la Maza-Benignos (ed.). Alianza WWF-FGRA y Gobierno del Estado de Chihuahua, Chihuahua*, 33-133.
- Lyons, J., Navarro-Pérez, S., Cochran, P. A., Santana, E. C., & Guzmán-Arroyo, M. 1995. Index of Biotic Integrity Based on Fish Assemblages for the

Conservation of Streams and Rivers in West-Central Mexico. *Conservation Biology*, 9(3), 569-584.

- Lyons, J., Gutierrez-Hernandez, A., Díaz-Pardo, E., Soto-Galera, E., Medina-Nava, M., & Pineda-Lopez, R. 2000. Development of a preliminary index of biotic integrity (IBI) based on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central Mexico. *Hidrobiología*, 418(1), 57-72.
- Mathuriau, C., Mercado-Silva N., Lyons, J., & Martínez-Rivera L. M. 2011. Los peces y macroinvertebrados como bioindicadores para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos en México: estado actual y perspectivas. Cap. 32. *Los retos de la investigación del agua en México*, 363-374.
- Meek, S.E. 1904. The fresh-water fishes from Mexico and Central America. Field Columbian Mus. Publ. 93, Zool. Ser. 5.
- Mercado-Silva, N., D.J. Lyons, M.G. Salgado & M. Medina-Nava. 2002. Validation of a fish-based index of biotic integrity for streams and rivers of central Mexico. *Rev. Fish Biol. Fish.* 12: 179-191.
- Miller, R. R. 1966. Geographical distribution of Central American freshwater fishes. *Copeia*, 773-802.
- Miller, R. R., Minckley, W. L., & Norris, S. M. 2005. *Freshwater fishes of Mexico* (No. QL 629. M54 2005).
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T – Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Munguía, R. P., López, R. P., & Nava, M. M. 2007. Integridad biótica de ambientes acuáticos. *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*, 71.
- Nelson, J. S. 2004. Fishes of the world 4th edition. *Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.*
- Nielsen, J.G., Munroe, T. & Tyler, J. 2010. *Sphoeroides annulatus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 07 July 2015.

- Nielsen, J.G., Munroe, T. & Tyler, J. 2010. *Achirus mazatlanus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 08 July 2015.
- Peralta Peláez, L. A. 2007. *Diseño de un índice de integridad biótica para los lagos interdunarios de la región costera central del estado de Veracruz, México* (Doctoral dissertation).
- Pérez-Munguia, R. M., & Pineda-López, R. 2005. Diseño de un Índice de Integridad Biótica, para ríos y arroyos del Centro de México, usando las asociaciones de Macroinvertebrados. *Entomología Mexicana* 2005, 4, 241-245.
- Rodiles-Hernández, R., E. Díaz-Pardo y J. Lyons. 1999. Patterns in the species diversity and composition of the fish community of the Lacanjá River, Chiapas, Mexico. *J. Freshwater Ecol.* 14(4): 455–468, 3 figs.
- Rodiles Hernández, R. R., Díaz, A. A. G., & Sala, C. C. (2005). Lista de peces continentales de Chiapas, México.
- Roux, C., 1990. Gerridae. p. 781-782. In J.C. Quero, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post and L.
- Sánchez, Óscar. 2011. "La importancia de las escalas de espacio y de tiempo en la conservación de vida silvestre." 13-47.
- Sandoval-Londoño, Luis. 2015. Hábitos alimenticios y aspectos del uso del hábitat por el chivo cabezón *Ariopsis* sp. (aff. *assimilis*) (Siluriformes: Ariidae), en una laguna costera neotropical (Ecorregión Darién, Colombia). *Actualidades Biológicas*, 37(102), 295-306. Retrieved June 18, 2015, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-35842015000100006&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-35842015000100006&lng=en&tlng=es) .
- Schmitter-Soto, J. J., Ruiz-Cauich, L. E., Herrera, R. L., & González-Solís, D. (2011). An index of biotic integrity for shallow streams of the Hondo River basin, Yucatan Peninsula. *Science of the Total Environment*, 409(4), 844-852.
- Schmitter-Soto, J. J. 2014. Los índices bióticos de integridad en el monitoreo ambiental. *w Pfeng*, 65
- SEMARNAT. 2010. 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. SEMARNAT. Diario Oficial de la Federación.*

- Smith-Vaniz, B, Robertson, R., Dominici-Arosemena, A. & Molina, H. 2010. *Oligoplites altus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 06 July 2015.
- Smith-Vaniz, B, Robertson, R., Dominici-Arosemena, A. & Molina, H. 2010. *Oligoplites saurus ssp. inornatus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 06 July 2015.
- Smith-Vaniz, B, Robertson, R., Dominici-Arosemena, A. & Molina, H. 2010. *Selene brevoortii*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 07 July 2015.
- Smith-Vaniz, B, Robertson, R., Dominici-Arosemena, A. & Molina, H. 2010. *Caranx caballus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 08 July 2015.
- Smith-Vaniz, B, Robertson, R., Dominici-Arosemena, A. & Molina, H. 2010. *Caranx vinctus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 08 July 2015.
- Snoeks, J., Laleye, P. & Contreras-MacBeath, T. 2009. *Eugerres mexicanus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 19 June 2015.
- Soto-Galera, E., Paulo-Maya, J., López-López, E., Serna-Hernández, J. A., & Lyons, J. 1999. Change in fish fauna as indication of aquatic ecosystem condition in Río Grande de Morelia–Lago de Cuitzeo basin, Mexico. *Environmental Management*, 24(1), 133-140.
- Tapia-García, M., Suárez Núñez, C., Cerdenares, G., de Guevara, L., Montes, M., & Abad, G. 1998. Composición y distribución de la ictiofauna en la Laguna del Mar Muerto, Pacífico mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 46(2), 277-284.
- Taylor, J.N. & Miller, R.R. 1980. Two New Cichlid Fishes, genus *Cichlasoma*, from Chiapas, México. *Occ. Pap. Mus. Zool. Univ. Mich.* 693, 1–16.
- Toledo, A. 2002. El agua en México y el Mundo. *Gaceta Ecológica-Instituto Nacional de Ecología*, no. 64: p. 9-18.

- Van Tassell, J. 2010. *Gobionellus microdon*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 30 June 2015.
- van der Heiden, A. 2010. *Citharichthys gilberti*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 24 July 2015.
- van der Heiden, A. 2010. *Cyclopsetta querna*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 24 July 2015.
- Velasco-Colín, R. 1976. Los peces de agua dulce del estado de Chiapas. Ediciones del Gobierno del Estado de Chiapas, México. 143 p.
- Velázquez-Velázquez, E., Contreras-Balderas, S., Domínguez-Cisneros, S. E., & Gómez-González, A. E. 2013. Riqueza y diversidad de peces continentales. *La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. Distrito Federal: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Gobierno del Estado de Chiapas*, 275-282.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., & Umaña, A. M. 2006. Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. *Manual de Métodos Para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia*, 185-226.
- Wakida, A. T. & Amador del Ángel, L. R. 2011. Aspectos biológicos del pleco invasor *Pterygoplichtys pardalis* (Teleostei: Loricariidae) en el río Palizada, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 870-878.

## 13. ANEXOS

### I. MAPAS DE LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS MUESTREADOS

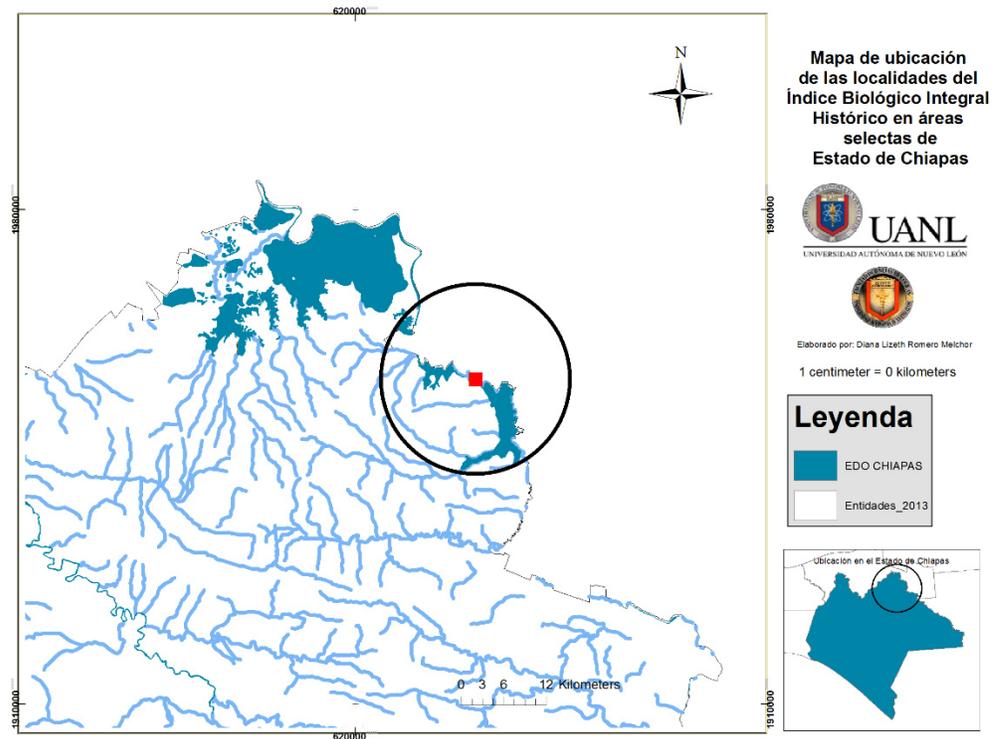


Figura 33. Mapa de localización geográfica del sitio Chacamax

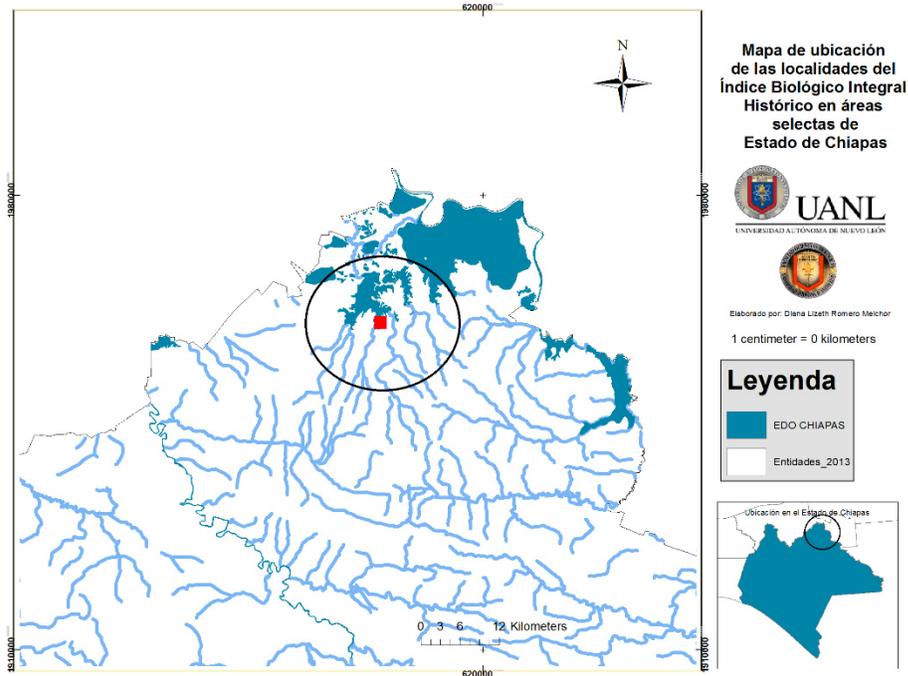


Figura 34. Mapa de localización geográfica del sitio Catzajá

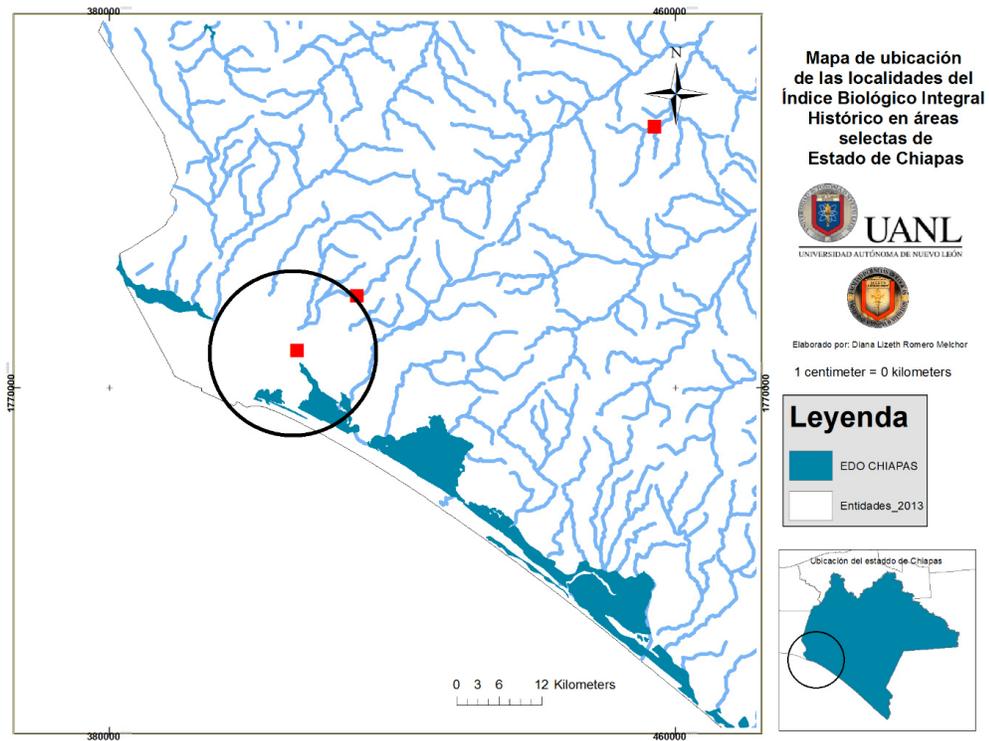


Figura 35. Mapa de localización geográfica del sitio Mar Muerto

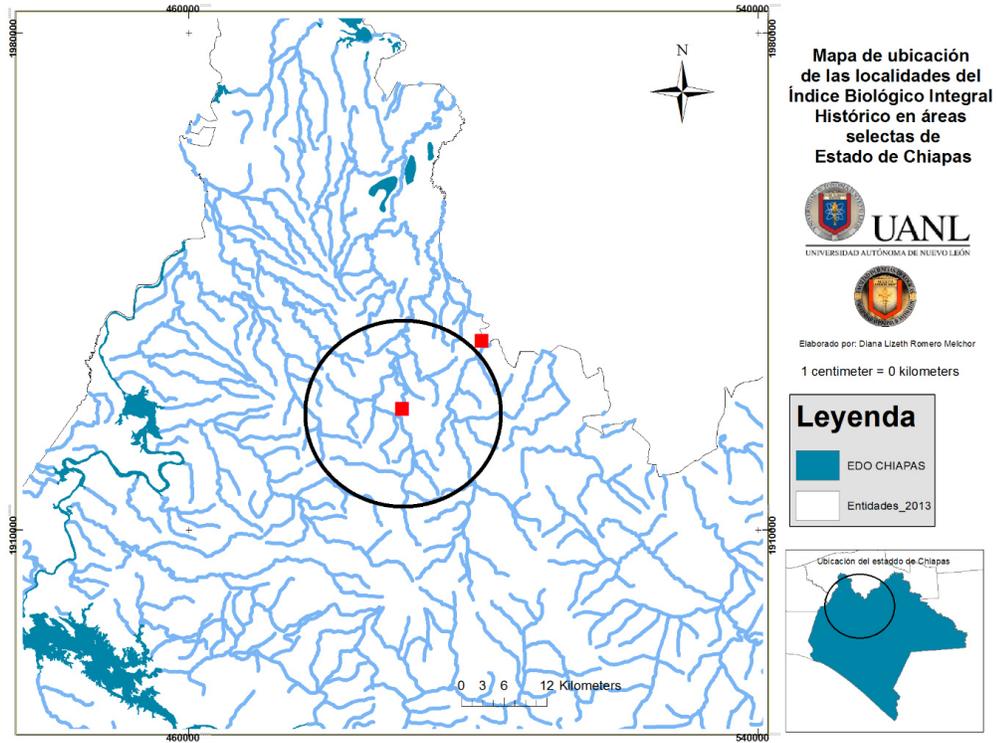


Figura 36. Mapa de localización geográfica del sitio Ixtacomitán

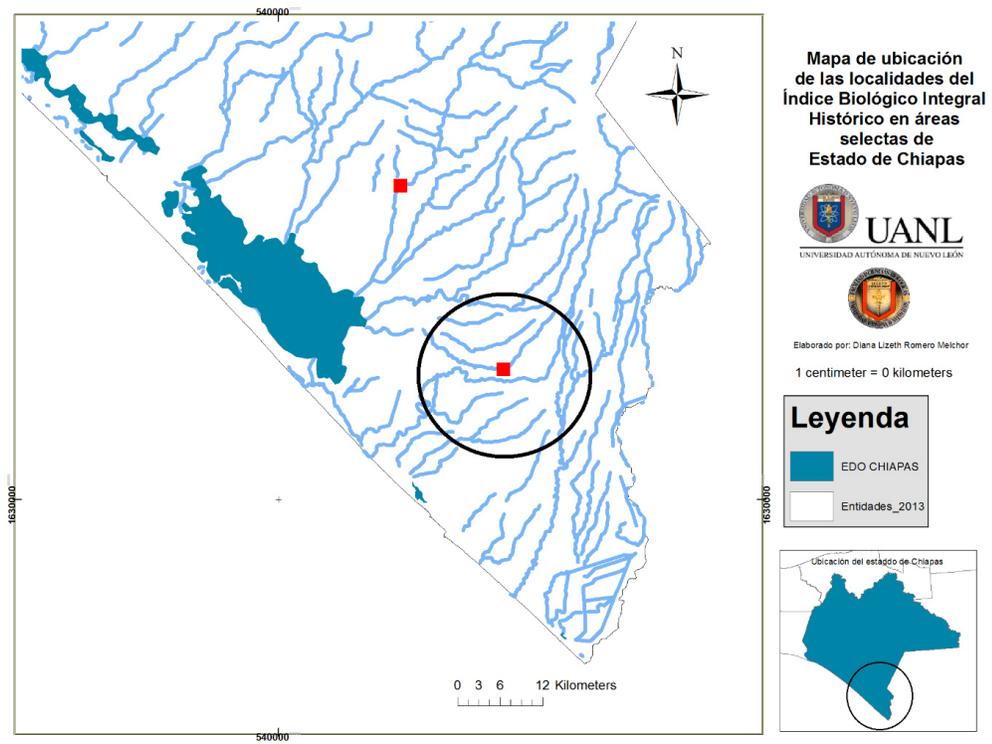


Figura 37. Mapa de localización geográfica del sitio Pumpuapa

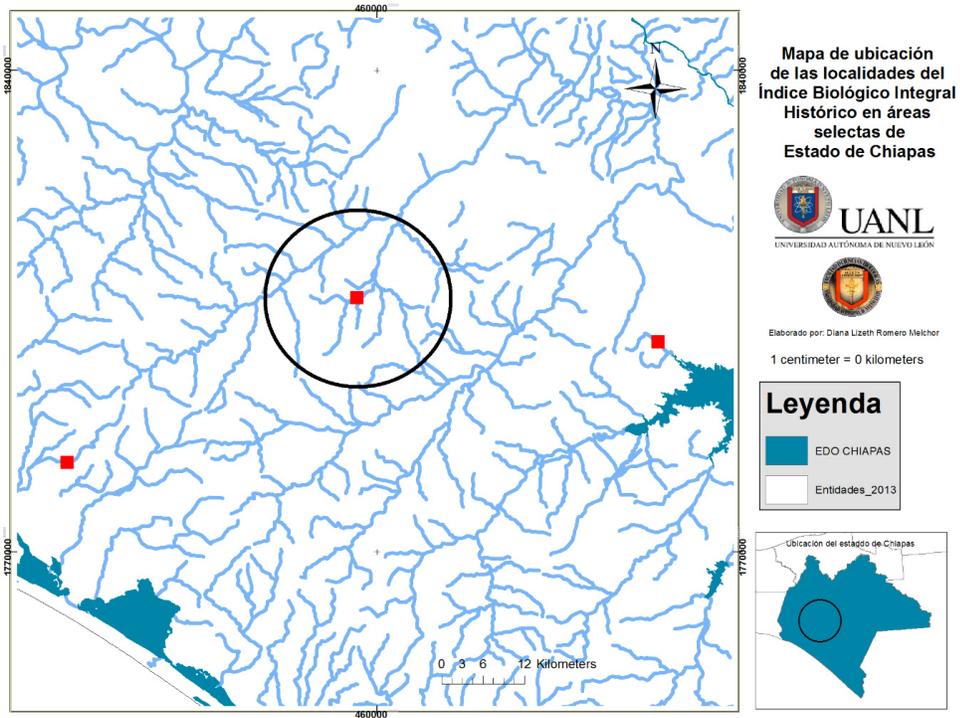


Figura 38. Mapa de localización geográfica del sitio Chanona

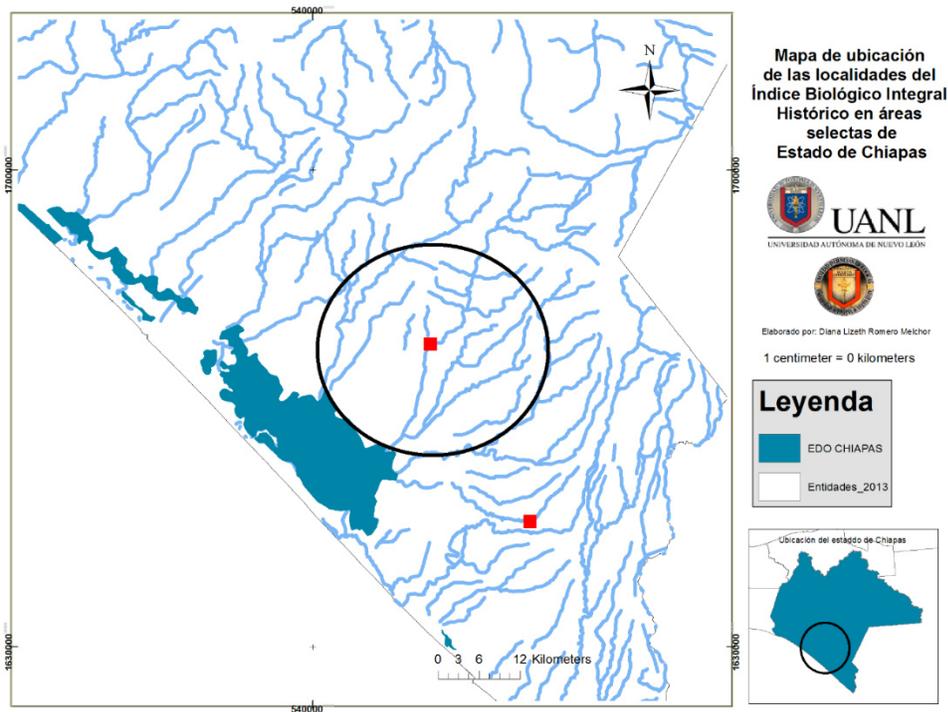


Figura 39. Mapa de localización geográfica del sitio Huixtla

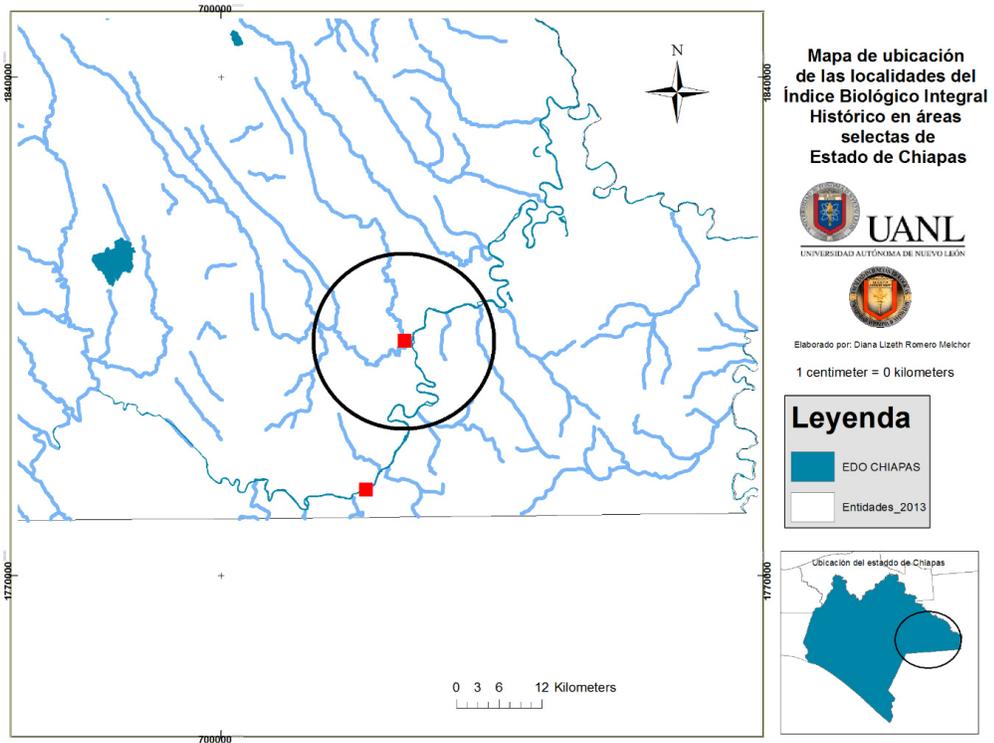


Figura 40. Mapa de localización geográfica del sitio Tzendales

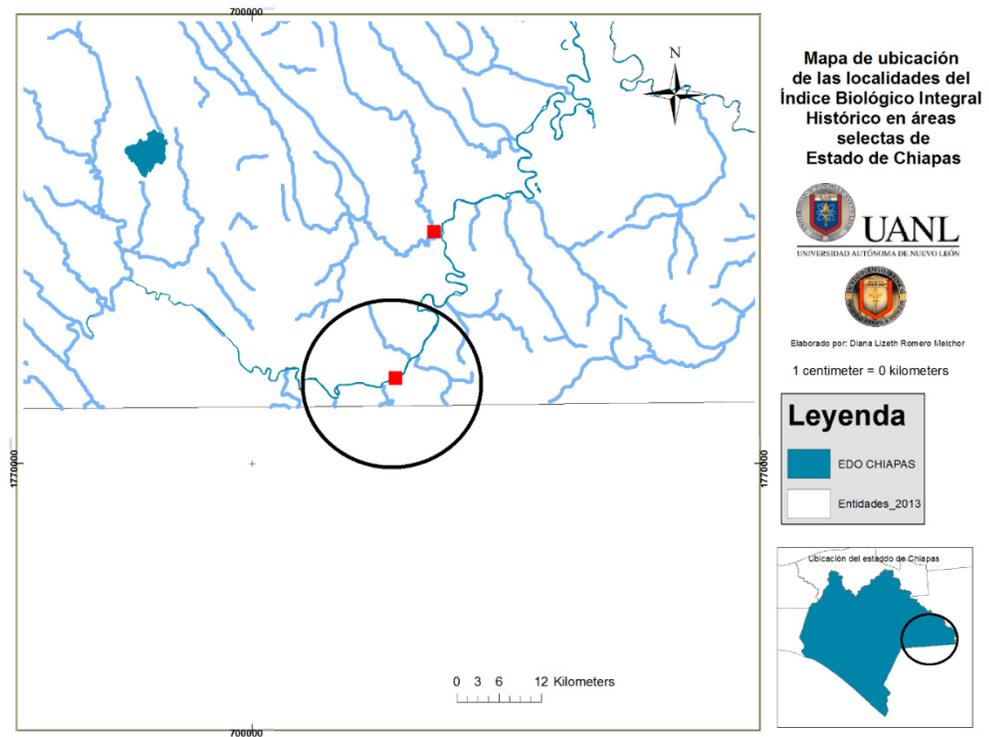


Figura 41. Mapa de localización geográfica del sitio Lacantún

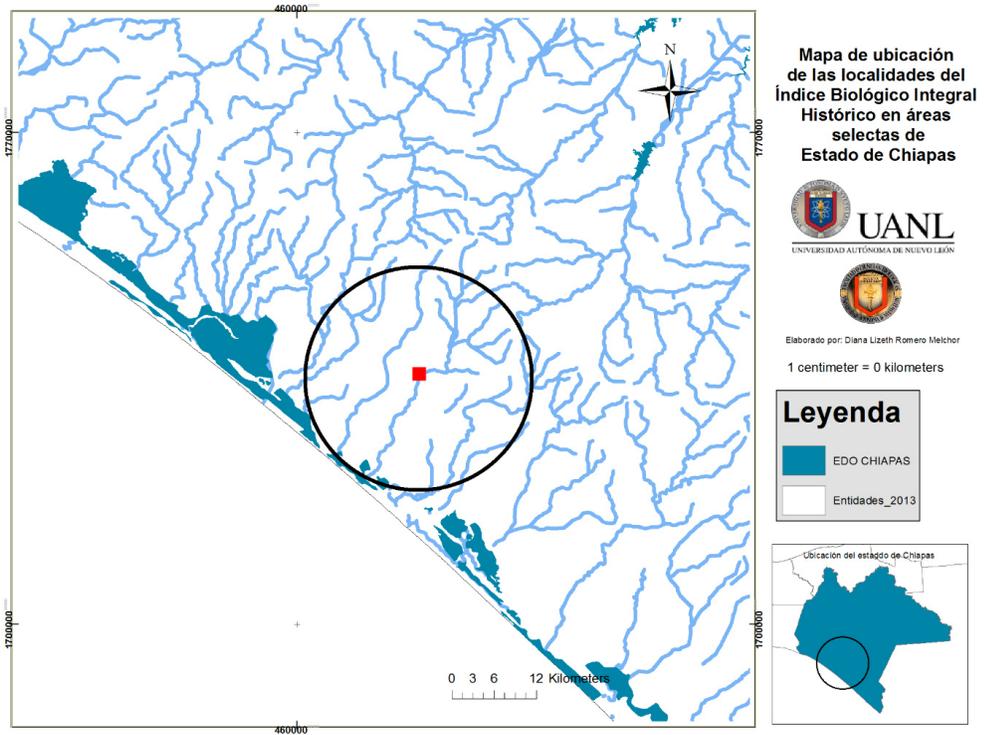


Figura 42. Mapa de localización geográfica del sitio Pijijiapan

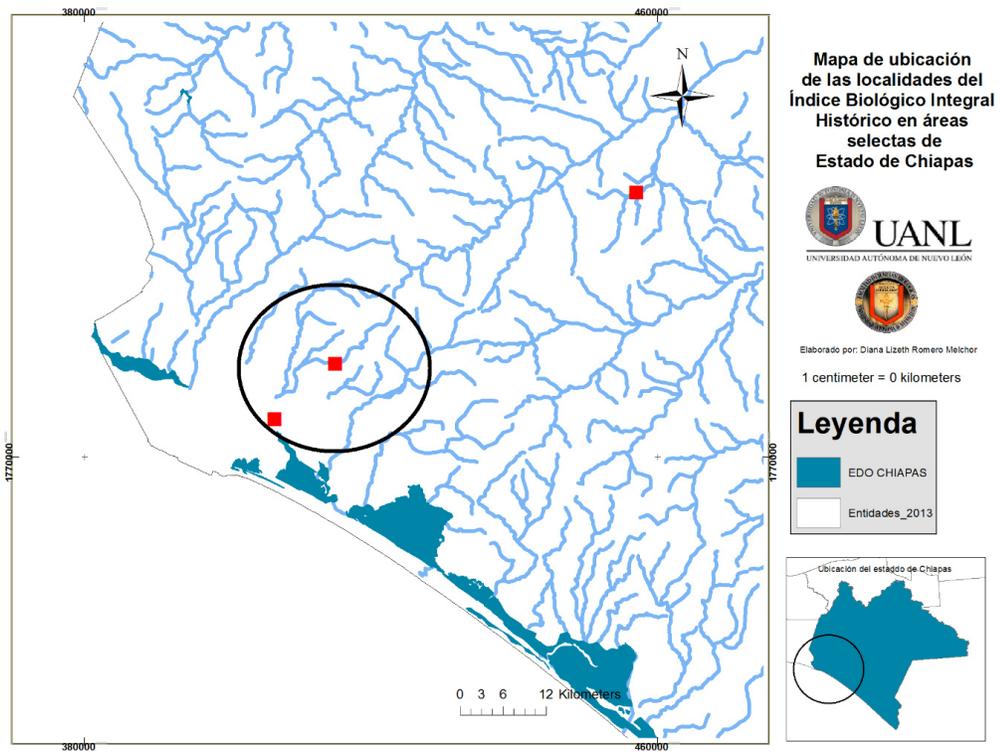


Figura 43. Mapa de localización geográfica del sitio Tiltepec

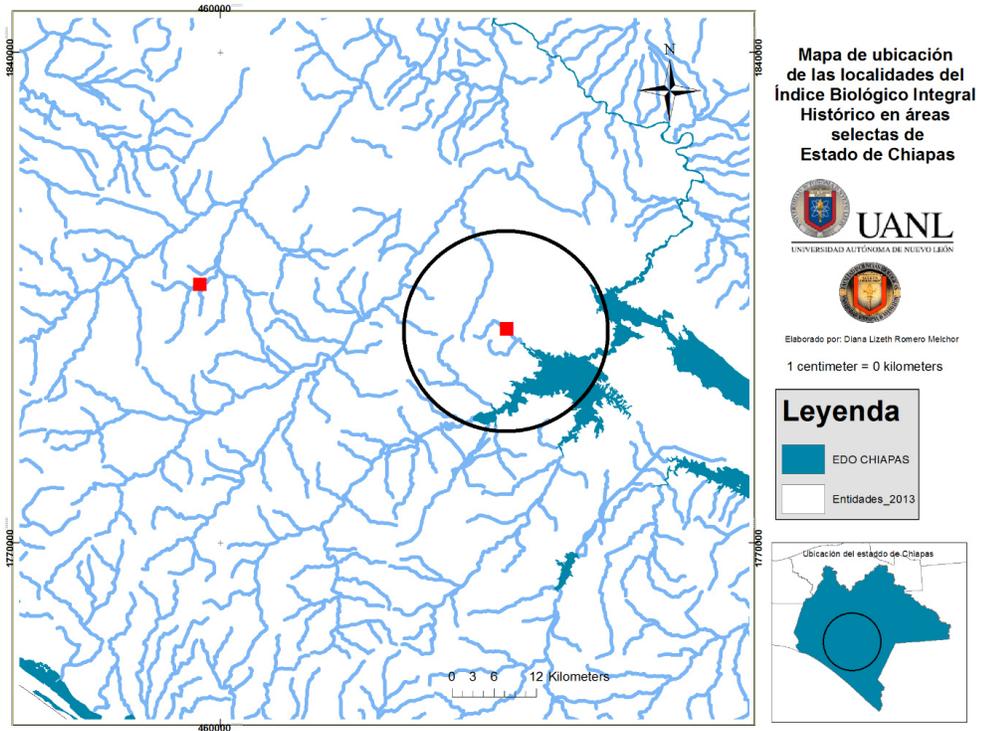


Figura 44. Mapa de localización geográfica del sitio Amacoite

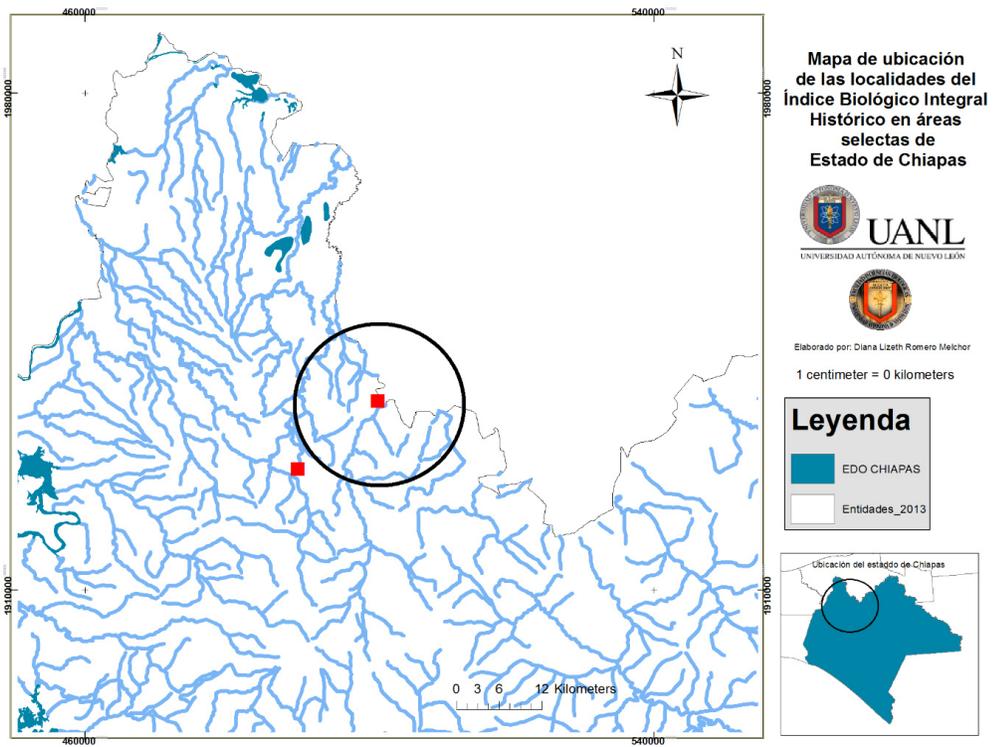


Figura 45. Mapa de localización geográfica del sitio Ixtapangajoya

## ANEXO II. Tablas de riqueza y abundancia de los sitios de muestreo.

Tabla 14. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Chacamax.

Especies de peces	1980	2004	2014	Abundancia por especie
<i>Amphilophus robertsoni</i>	5	1	-	6
<i>Aplodinotus grunniens</i>	1	-	-	1
<i>Astyanax aeneus</i>	500	307	5	812
<i>Atherinella alvarezi</i>	18	-	-	18
<i>Atherinella schultzi</i>	-	47	123	170
<i>Atractosteus tropicus</i>	1	-	-	1
<i>Belonesox belizanus</i>	6	7	9	22
<i>Brycon guatemalensis</i>	1	-	-	1
<i>Carlhubbsia kidderi</i>	48	8	18	74
<i>Centropomus parallelus</i>	1	-	-	1
<i>Centropomus undecimalis</i>	-	1	-	1
<i>Cichlasoma salvini</i>	68	1	3	72
<i>Cichlasoma urophthalmum</i>	11	1	9	21
<i>Cyprinus carpio*</i>	-	-	1	1
<i>Dorosoma anale</i>	16	12	-	28
<i>Dorosoma petenense</i>	74	48	-	122
<i>Eugerres mexicanus</i>	2	-	-	2
<i>Gambusia sexradiata</i>	55	16	26	97
<i>Gobiomorus dormitor</i>	1	4	-	5
<i>Hyphessobrycon compressus</i>	2	-	-	2
<i>Ictiobus meridionalis</i>	2	-	-	2
<i>Oreochromis aureus*</i>	-	1	5	6
<i>Parachromis friedrichsthalii</i>	9	2	-	11
<i>Petenia splendida</i>	27	3	5	35
<i>Poecilia mexicana</i>	66	23	22	111
<i>Poecilia petenensis</i>	67	34	59	160
<i>Pterygoplichthys pardalis*</i>	-	-	3	3
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	1	-	-	1
<i>Rocio octofasciata</i>	-	2	-	2
<i>Strongylura hubbsi</i>	-	-	1	1
<i>Theraps pearsei</i>	-	-	1	1
<i>Thorichthys helleri</i>	77	107	-	184
<i>Thorichthys meeki</i>	-	1	14	15
<i>Thorichthys pasionis</i>	44	-	25	69
<i>Xiphophorus maculatus</i>	2	-	-	2
<i>Megalops atlanticus</i>	-	1	-	1
<i>Paraneetroplus melanurus</i>	10	-	1	11
<i>Ictalurus meridionalis</i>	-	1	-	1
<i>Oscura heterospila</i>	-	5	3	8
<b>Abundancia por año de muestreo</b>	<b>1115</b>	<b>633</b>	<b>333</b>	<b>2081</b>
<b>Diversidad por año de muestreo</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>39</b>

Tabla 15. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Catazajá.

Especies de peces	1980	1985	2004	2005	2010	2014	Abundancia por especie
<i>Amphilophus macracanthus</i>	4	-	-	-	-	-	4
<i>Amphilophus robertsoni</i>	4	34	-	1	-	-	39
<i>Aplodinotus grunniens</i>	1	-	-	-	-	-	1
<i>Astyanax aeneus</i>	613	49	49	-	15	8	734
<i>Atherinella alvarezi</i>	73	-	2	-	59	155	289
<i>Atherinella schultzi</i>	-	-	36	-	23	-	59
<i>Atractosteus tropicus</i>	2	-	-	-	-	-	2
<i>Belonesox belizanus</i>	1	-	-	-	3	6	10
<i>Carlhubbsia kidderi</i>	4	1	6	-	29	89	129
<i>Cathorops aguadulce</i>	29	-	10	5	-	-	44
<i>Centropomus parallelus</i>	1	-	-	-	-	-	1
<i>Cichlasoma grammodes</i>	-	3	-	-	-	-	3
<i>Cichlasoma salvini</i>	-	5	4	1	3	6	19
<i>Cichlasoma urophthalmum</i>	-	2	7	3	2	14	28
<i>Dorosoma anale</i>	30	2	14	-	-	10	56
<i>Dorosoma petenense</i>	342	-	61	-	16	21	440
<i>Eugerres mexicanus</i>	1	-	-	-	-	-	1
<i>Evorthodus sp</i>	-	-	-	-	1	-	1
<i>Gambusia sexradiata</i>	23	1	-	-	16	12	52
<i>Gobiomorus dormitor</i>	2	-	-	-	-	-	2
<i>Hyphessobrycon compressus</i>	-	-	26	-	-	-	26
<i>Hyporhamphus mexicanus</i>	7	-	-	-	-	-	7
<i>Ophisternon aenigmaticum</i>	-	2	1	-	-	-	3
<i>Oreochromis aureus*</i>	-	-	1	-	-	-	1
<i>Oreochromis mossambicus*</i>	-	-	-	1	-	2	3
<i>Parachromis friedrichsthalii</i>	2	5	1	-	-	-	8
<i>Petenia splendida</i>	3	-	3	-	2	8	16
<i>Phallichthys fairweatheri</i>	-	-	-	-	-	1	1
<i>Poecilia mexicana</i>	21	10	2	-	12	69	114
<i>Poecilia petenensis</i>	215	66	4	9	11	5	310
<i>Pterygoplichthys disjunctivus*</i>	-	-	-	-	-	20	20
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	11	2	-	-	-	-	13
<i>Rocio octofasciata</i>	19	4	-	-	-	-	23
<i>Thorichthys helleri</i>	17	370	15	-	1	9	412
<i>Thorichthys meeki</i>	23	43	19	7	4	-	96
<i>Thorichthys pasionis</i>	182	346	18	1	12	34	593
<i>Thorichthys socolofi</i>	-	22	-	-	-	7	29
<i>Xiphophorus helleri</i>	9	-	-	-	-	-	9
<i>Heterophallus echegarayi</i>	54	-	-	-	-	-	54
<i>Paraneotroplus melanurus</i>	8	30	-	5	1	3	47
<i>Ictalurus meridionalis</i>	2	-	-	-	-	-	2
<i>Oscura heterospila</i>	-	2	6	-	-	4	12
<b>Abundancia por año de muestreo</b>	<b>1703</b>	<b>999</b>	<b>285</b>	<b>33</b>	<b>210</b>	<b>483</b>	<b>3713</b>
<b>Diversidad por año de muestreo</b>	<b>29</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>9</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>42</b>

Tabla 16. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Mar Muerto.

Especies de peces	1981	1985	2006	2014	Abundancia por especie
<i>Achirus mazatlanus</i>	3	-	-	3	6
<i>Agonostomus monticola</i>	-	-	-	28	28
<i>Amphilophus macracanthus</i>	-	1	-	-	1
<i>Anableps dowei</i>	4	32	-	-	36
<i>Anchoa curta</i>	-	130	-	-	130
<i>Anchoa lucida</i>	1	-	-	-	1
<i>Anchoa spinifer</i>	-	-	-	62	62
<i>Anchoa walkeri</i>	-	411	-	-	411
<i>Anchovia macrolepidota</i>	-	20	-	-	20
<i>Atherinella alvarezi</i>	4	17	-	1	22
<i>Caranx caballus</i>	-	-	-	1	1
<i>Caranx hipos</i>	-	2	-	-	2
<i>Caranx sexfasciatus</i>	-	-	3	-	3
<i>Caranx vinctus</i>	-	-	-	22	22
<i>Cathorops fuerthii</i>	-	-	-	1	1
<i>Centropomus nigrescens</i>	-	-	-	1	1
<i>Centropomus robalito</i>	28	3	-	1	32
<i>Citharichthys gilberti</i>	-	2	1	-	3
<i>Cyclopsetta querna</i>	-	-	2	-	2
<i>Diapterus peruvianus</i>	7	3	-	-	10
<i>Elops affinis</i>	1	-	-	-	1
<i>Eucinostomus currani</i>	8	1	7	6	22
<i>Gerres cinereus</i>	-	1	-	2	3
<i>Gobionellus microdon</i>	6	-	-	2	8
<i>Haemulopsis leuciscus</i>	-	1	-	-	1
<i>Isopisthus remifer</i>	-	-	-	1	1
<i>Lile gracilis</i>	4	18	-	40	62
<i>Lile stolifera</i>	-	-	26	-	26
<i>Lutjanus colorado</i>	-	-	-	1	1
<i>Mugil curema</i>	7	11	2	3	23
<i>Mugil hospes</i>	2	-	-	-	2
<i>Oligoplites altus</i>	11	-	-	1	12
<i>Oligoplites saurus</i>	-	4	-	-	4
<i>Ophistonema libertate</i>	-	1	-	-	1
<i>Poecilia butleri</i>	-	279	-	14	293
<i>Poeciliopsis fasciata</i>	59	214	-	26	299
<i>Polydactylus approximans</i>	-	-	-	9	9
<i>Pomadasy macracanthus</i>	-	-	-	1	1
<i>Sphoeroides annulatus</i>	-	1	1	-	2
<i>Syngnathus auliscus</i>	-	-	-	6	6
<i>Gobionellus sp</i>	1	-	-	-	1
<i>Sciades seemanni</i>	5	-	-	-	5
<i>Hyporthodus niphobles</i>	4	-	-	-	4
<i>Selene vómer</i>	-	1	-	-	1
<b>Abundancia por año de muestreo</b>	<b>155</b>	<b>1153</b>	<b>42</b>	<b>232</b>	<b>1582</b>
<b>Diversidad por año de muestreo</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>7</b>	<b>22</b>	<b>44</b>

Tabla 17. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Ixtacomitán.

<b>Especies de peces</b>	<b>1980</b>	<b>2005</b>	<b>2014</b>	<b>Abundancia por especie</b>
<i>Astyanax aeneus</i>	126	12	1	139
<i>Carlhubbsia kidderi</i>	-	-	47	47
<i>Heterandria bimaculata</i>	-	67	3	70
<i>Ophisternon aenigmaticum</i>	-	-	1	1
<i>Poecilia mexicana</i>	331	-	74	405
<i>Priapella compressa*</i>	69	132	-	201
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	-	-	2	2
<i>Rhamdia laticauda</i>	-	1	-	1
<i>Poecilia sphenops</i>	-	28	-	28
<b>Abundancia por año de muestreo</b>	<b>526</b>	<b>240</b>	<b>128</b>	<b>894</b>
<b>Diversidad por año de muestreo</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

\*Especie en la NOM-ECOL-059-2010

Tabla 18. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Pumpuapa.

<b>Especies de peces</b>	<b>1981</b>	<b>2006</b>	<b>2014</b>	<b>Abundancia por especie</b>
<i>Amphilophus macracanthus</i>	2	-	1	3
<i>Astyanax aeneus</i>	12	40	1	53
<i>Brachyrhaphis hartwegi</i>	2	-	-	2
<i>Cichlasoma trimaculatum</i>	1	5	6	12
<i>Gymnotus maculosus</i>	3	2	-	5
<i>Ophisternon aenigmaticum</i>	3	-	2	5
<i>Paraneetroplus guttulatus</i>	15	21	15	51
<i>Poeciliopsis fasciata</i>	20	5	26	51
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i>	132	4	22	158
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	-	1	1	2
<i>Rhamdia parryi</i>	-	-	9	9
<i>Roeboides bouchellei</i>	20	-	4	24
<i>Synbranchus marmoratus</i>	-	4	-	4
<i>Poecilia sphenops</i>	46	18	17	81
<b>Abundancia por año de muestreo</b>	<b>256</b>	<b>100</b>	<b>104</b>	<b>460</b>
<b>Diversidad por año de muestreo</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>14</b>

Tabla 19. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Chanona.

<b>Especies de peces</b>	<b>1985</b>	<b>2014</b>	<b>Abundancia por especie</b>
<i>Astyanax aeneus</i>	2	4	6
<i>Oreochromis aureus</i> *	-	1	1
<i>Poeciliopsis fasciata</i>	-	76	76
<i>Poeciliopsis hnilickai</i>	974	-	974
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i>	-	128	128
<i>Profundulus labialis</i>	31	-	31
<i>Profundulus punctatus</i>	2	5	7
<i>Poecilia sphenops</i>	32	4	36
<b>Abundancia por año de muestreo</b>	<b>1041</b>	<b>218</b>	<b>1259</b>
<b>Diversidad por año de muestreo</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>

Tabla 20. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Huixtla.

<b>Especies de peces</b>	<b>1979</b>	<b>2006</b>	<b>2014</b>	<b>Abundancia por especie</b>
<i>Amphilophus macracanthus</i>	1	-	-	1
<i>Astyanax aeneus</i>	226	37	68	331
<i>Awaous transandeanus</i>	-	1	-	1
<i>Cichlasoma trimaculatum</i>	1	1	-	2
<i>Eleotris picta</i>	-	1	-	1
<i>Gobiomorus maculatus</i>	-	1	-	1
<i>Poeciliopsis fasciata</i>	54	5	47	106
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i>	42	251	109	402
<i>Profundulus punctatus</i>	-	13	7	20
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	-	2	3	5
<i>Rhamdia parryi</i>	6	5	14	25
<i>Roeboides bouchellei</i>	35	1	-	36
<i>Poecilia sphenops</i>	77	25	7	109
<b>Abundancia por año de muestreo</b>	<b>442</b>	<b>343</b>	<b>255</b>	<b>1040</b>
<b>Diversidad por año de muestreo</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>13</b>

Tabla 21. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Tzendales.

Especies de peces	2004	2005	2006	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Abundancia por especie
<i>Agonostomus monticola</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Astyanax aeneus</i>	58	93	23	68	54	44	113	49	23	525
<i>Atherinella alvarezii</i>	3	30	5	20	-	2	36	7	2	105
<i>Atherinella schultzi</i>	3	36	-	-	8	-	-	-	-	47
<i>Atractosteus tropicus</i>	6	1	-	-	-	2	-	-	-	9
<i>Batrachoides goldmani</i>	-	-	-	1	-	1	2	-	-	4
<i>Belonesox belizanus</i>	28	-	-	-	2	-	-	2	-	32
<i>Brycon guatemalensis</i>	2	1	1	1	2	3	-	-	-	10
<i>Cathorops aguadulce</i>	2	1	-	-	2	8	-	-	-	13
<i>Cichlasoma salvini</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Dormitator maculatus</i>	1	4	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Dorosoma anale</i>	1	1	1	-	-	1	-	-	-	4
<i>Dorosoma petenense</i>	-	1	-	-	-	7	-	-	-	8
<i>Eugerres mexicanus</i>	5	-	-	-	-	-	1	-	-	6
<i>Evorthodus sp</i>	-	-	-	-	2	1	3	-	-	6
<i>Gambusia sexradiata</i>	56	63	-	31	15	7	3	25	1	201
<i>Gobiomorus dormitor</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Heterandria bimaculata</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Hyphessobrycon compressus</i>	2	1	-	-	-	10	5	-	-	18
<i>Hyporhamphus mexicanus</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Mugil curema</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
<i>Ophisternon aenigmaticum</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Paraneetroplus argenteus</i>	3	-	4	-	7	11	-	6	2	33
<i>Paraneetroplus bifasciatus</i>	3	1	-	-	7	-	-	-	-	11
<i>Petenia splendida</i>	7	-	1	-	-	2	1	2	-	13
<i>Poecilia mexicana</i>	64	93	26	52	63	39	83	42	-	462
<i>Potamarius nelsoni</i>	1	2	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Potamarius usumacintae</i>	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2
<i>Pterygoplichthys disjunctivus*</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Pterygoplichthys sp*</i>	-	-	-	-	-	3	-	-	25	28
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	-	-	-	-	1	1	1	-	4	7
<i>Rhamdia laticauda</i>	-	1	-	-	-	2	-	-	-	3
<i>Strongylura hubbsi</i>	6	3	-	1	-	1	-	6	-	17
<i>Theraps intermedius</i>	-	5	-	-	2	9	6	-	-	22
<i>Theraps irregularis</i>	2	2	-	-	-	4	-	-	-	8
<i>Theraps lentiginosus</i>	4	6	4	-	3	11	-	1	3	32
<i>Theraps pearsei</i>	-	1	-	-	1	2	-	-	-	4
<i>Thorichthys helleri</i>	14	16	10	2	2	20	9	2	3	78
<i>Thorichthys socolofi</i>	3	1	-	1	-	-	-	-	-	5
<i>Xiphophorus maculatus</i>	36	22	1	12	-	-	-	-	4	75
<i>Theraps ufermanni</i>	-	4	-	-	-	2	-	-	-	6
<i>Leptophilypnus guatemalensis</i>	-	-	-	-	-	-	8	17	2	27
<i>Theraps nourissati</i>	11	1	-	1	-	7	-	13	4	37
<i>Paraneetroplus melanurus</i>	-	-	1	-	-	1	1	-	2	5
<i>Ictalurus meridionalis</i>	2	1	1	-	1	1	-	-	-	6
<i>Sciades assimilis</i>	11	1	2	-	-	-	-	-	-	14
<i>Cynodonichthys tenuis</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
<b>Abundancia por año de muestreo</b>	<b>336</b>	<b>394</b>	<b>80</b>	<b>192</b>	<b>174</b>	<b>202</b>	<b>274</b>	<b>173</b>	<b>75</b>	<b>1900</b>
<b>Diversidad por año de muestreo</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>27</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>47</b>

Tabla 22. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Lacantún

Especies de peces	2004	2005	2006	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Abundancia por especie
<i>Astyanax aeneus</i>	84	89	47	28	-	39	36	88	48	459
<i>Atherinella alvarezii</i>	83	16	-	4	-	13	25	9	20	170
<i>Atherinella schultzi</i>	-	20	35	1	-	-	-	-	-	56
<i>Atractosteus tropicus</i>	-	-	1	-	-	-	3	-	-	4
<i>Batrachoides goldmani</i>	-	1	-	2	-	-	-	-	-	3
<i>Belonesox belizanus</i>	-	3	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Brycon guatemalensis</i>	3	33	-	1	1	-	4	-	-	42
<i>Cathorops aguadulce</i>	1	4	4	-	7	-	11	-	-	27
<i>Centropomus parallelus</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
<i>Centropomus undecimalis</i>	-	-	2	-	-	-	2	-	-	4
<i>Cichlasoma salvini</i>	-	1	-	1	-	-	-	-	-	2
<i>Ctenopharyngodon idella*</i>	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2
<i>Cyprinus carpio*</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
<i>Dormitator maculatus</i>	5	2	-	-	-	-	-	-	-	7
<i>Dorosoma anale</i>	2	-	1	-	3	-	2	2	-	10
<i>Dorosoma petenense</i>	-	-	-	-	4	-	1	-	-	5
<i>Eugerres mexicanus</i>	-	2	-	2	3	-	15	1	28	51
<i>Gambusia sexradiata</i>	-	4	-	-	-	-	-	4	3	11
<i>Gobiomorus dormitor</i>	-	1	1	1	-	-	1	-	1	5
<i>Hypheobrycon compressus</i>	6	13	4	-	6	1	1	5	2	38
<i>Hyporhamphus mexicanus</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Ictiobus meridionalis</i>	-	-	1	1	-	-	-	-	1	3
<i>Lacantunia enigmatica</i>	-	-	-	-	-	-	2	1	-	3
<i>Ophisternon aenigmaticum</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Oreochromis aureus*</i>	-	-	2	-	-	-	2	-	-	4
<i>Oreochromis mossambicus*</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
<i>Parachromis friedrichsthalii</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
<i>Paraneetroplus argenteus</i>	-	1	-	1	-	-	2	-	-	4
<i>Paraneetroplus bifasciatus</i>	-	4	-	-	-	-	2	-	-	6
<i>Petenia splendida</i>	3	5	-	3	-	-	3	-	1	15
<i>Poecilia mexicana</i>	105	61	104	19	-	14	87	29	8	427
<i>Potamarius nelsoni</i>	1	-	-	-	1	-	5	1	-	8
<i>Potamarius usumacintae</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
<i>Pterygoplichthys disjunctivus*</i>	-	-	-	1	4	-	2	-	-	7
<i>Pterygoplichthys pardalis*</i>	-	-	-	-	4	-	-	-	-	4
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2
<i>Strongylura hubbsi</i>	-	7	-	3	-	-	1	-	-	11
<i>Theraps intermedius</i>	-	8	3	1	1	-	7	-	-	20
<i>Theraps irregularis</i>	2	6	11	-	-	-	3	-	-	22
<i>Theraps lentiginosus</i>	3	2	1	-	-	-	9	-	-	15
<i>Theraps pearsei</i>	1	1	-	-	-	-	4	-	-	6
<i>Thorichthys helleri</i>	7	19	-	2	-	-	17	2	67	114
<i>Xenodexia ctenolepis</i>	6	2	-	1	-	-	1	-	-	10
<i>Xiphophorus maculatus</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Theraps ufermanni</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Leptophilypnus guatemalensis</i>	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2
<i>Theraps nourissati</i>	9	7	2	-	-	-	4	2	-	24
<i>Parachromis managuensis*</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
<i>Paraneetroplus melanurus</i>	-	-	1	-	1	1	-	-	-	3
<i>Ictalurus meridionalis</i>	2	11	2	1	1	-	11	-	33	61
<i>Sciades assimilis</i>	-	4	-	-	-	-	1	-	-	5
<b>Abundancia por año de muestreo</b>	<b>325</b>	<b>328</b>	<b>222</b>	<b>74</b>	<b>40</b>	<b>69</b>	<b>269</b>	<b>147</b>	<b>212</b>	<b>1686</b>
<b>Diversidad por sitio de muestreo</b>	<b>18</b>	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>33</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>51</b>

Tabla 23. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Pijijiapan

Especies de peces	1981	1985	2006	2014	Abundancia por especie
<i>Amphilophus macracanthus</i>	-	-	-	5	5
<i>Astyanax aeneus</i>	8	18	6	2	34
<i>Awaous transandeanus</i>	-	-	-	1	1
<i>Cichlasoma trimaculatum</i>	-	2	-	3	5
<i>Eleotris picta</i>	-	-	6	17	23
<i>Gobiomorus maculatus</i>	-	3	8	11	22
<i>Mugil curema</i>	-	-	-	1	1
<i>Poecilia sphenops</i>	20	16	5	34	75
<i>Poeciliopsis fasciata</i>	110	338	-	20	468
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i>	77	375	31	56	539
<i>Pseudophallus starksii</i>	-	-	1	3	4
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	-	1	3	6	10
<i>Rhamdia parryi</i>	-	-	24	9	33
<i>Roeboides bouchellei</i>	-	3	-	-	3
<b>Abundancia por año de muestreo</b>	<b>215</b>	<b>756</b>	<b>84</b>	<b>168</b>	<b>1223</b>
<b>Diversidad por año de muestreo</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>14</b>

Tabla 24. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Tiltepec

Especies de peces	1978	1981	2006	2014	Abundancia por especie
<i>Agonostomus monticola</i>	-	-	3	11	14
<i>Amphilophus macracanthus</i>	1	-	1	-	2
<i>Astyanax aeneus</i>	26	10	18	162	216
<i>Awaous transandeanus</i>	-	-	-	1	1
<i>Cichlasoma trimaculatum</i>	1	-	-	-	1
<i>Eleotris picta</i>	-	-	-	5	5
<i>Poeciliopsis fasciata</i>	32	1	71	2	106
<i>Poeciliopsis pleurospilus</i>	54	42	22	5	123
<i>Profundulus punctatus</i>	1	3	-	1	5
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	2	-	-	3	5
<i>Rhamdia parryi</i>	31	23	2	21	77
<i>Poecilia sphenops</i>	215	62	6	10	293
<i>Dormitator latifrons</i>	1	-	-	-	1
<b>Abundancia por año de muestreo</b>	<b>364</b>	<b>141</b>	<b>123</b>	<b>221</b>	<b>849</b>
<b>Diversidad por año de muestreo</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>13</b>

Tabla 25. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Amacoite

<b>Especies de peces</b>	<b>1980</b>	<b>2014</b>	<b>Abundancia por especie</b>
<i>Astyanax aeneus</i>	42	4	46
<i>Atherinella alvarezi</i>	244	72	316
<i>Awaous tajasica</i>	-	1	1
<i>Brycon guatemalensis</i>	85	6	91
<i>Carlhubbsia kidderi</i>	-	4	4
<i>Cichlasoma salvini</i>	1	-	1
<i>Heterandria bimaculata</i>	3	-	3
<i>Ophisternon aenigmaticum</i>	-	1	1
<i>Paraneetroplus guttulatus</i>	6	-	6
<i>Poecilia mexicana</i>	265	58	323
<i>Priapella compressa</i>	264	-	264
<i>Rhamdia laticauda</i>	1	1	2
<i>Thorichthys helleri</i>	10	-	10
<b>Abundancia por año de muestreo</b>	<b>921</b>	<b>147</b>	<b>1068</b>
<b>Diversidad por año de muestreo</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>13</b>

Tabla 26. Riqueza y abundancia de especies de peces en la localidad Ixtapangajoya

<b>Especies de peces</b>	<b>1980</b>	<b>2005</b>	<b>2014</b>	<b>Abundancia por especie</b>
<i>Astyanax aeneus</i>	36	31	6	73
<i>Cichlasoma salvini</i>	-	4	-	4
<i>Heterandria bimaculata</i>	-	-	1	1
<i>Ophisternon aenigmaticum</i>	1	-	1	2
<i>Poecilia mexicana</i>	21	39	48	108
<i>Poecilia sphenops</i>	-	6	-	6
<i>Priapella compressa</i>	1	-	-	1
<i>Theraps intermedius</i>	9	8	9	26
<i>Xiphophorus helleri</i>	3	16	-	19
<b>Abundancia por año de muestreo</b>	<b>71</b>	<b>104</b>	<b>65</b>	<b>240</b>
<b>Diversidad por año de muestreo</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>9</b>

## RESUMEN BIOGRÁFICO

Diana Lizeth Romero Melchor

Candidato para el Grado de

Doctor en Ciencias con acentuación en Manejo de Vida Silvestre y Desarrollo  
Sustentable

Tesis: **ÍNDICE BIOLÓGICO DE INTEGRIDAD HISTÓRICO (IBIh) BASADO  
EN LOS PECES EN ÁREAS SELECTAS DEL ESTADO DE CHIAPAS,  
MÉXICO**

Campo de estudio: Ciencias Naturales

Datos personales: nacido en Guadalupe, Nuevo León el 8 de agosto de 1982, hija de José Romero Delgado y Diana Melchor Degollado.

Educación: Egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León, grado obtenido Licenciado en Biología en el 2008 con mención honorífica.

Experiencia Profesional: