



Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad – Iztapalapa
División de Ciencias Básicas e Ingeniería
Posgrado en Energía y Medio ambiente

**DIVERSIDAD ICTIOFAUNÍSTICA Y ACTIVIDAD PESQUERA EN LAS PRESAS DE
LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO NECAXA**

TESIS

**Que para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS
(ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE)**

PRESENTA:

Leonel Obeht Ayala Medina

Director

Dr. Margarito Tapia García

Co-Directora

Dra. Beatriz Adriana Silva Torres

CDMX, 25 de enero de 2019

Agradecimientos

La Maestría en Ciencias (Energía y Medio Ambiente) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, pertenece al Padrón Nacional de Posgrados de Calidad del CONACyT y cuenta con apoyo del mismo Consejo con el convenio 003893; por lo que agradece la beca recibida, a través del convenio No. 003893 para el desarrollo de esta tesis.

Agradezco en especial a el Doctor Margarito Tapia García por haber hecho posible la realización de este trabajo de tesis y a la Co-Directora, Dra. Beatriz Adriana Silva Torres por su orientación, seguimiento, supervisión continua y forma de trabajo.

Al maestro Ricardo Campos Verduzco, por su colaboración durante las distintas épocas de muestreo realizadas y le doy gracias a la exdirectora del Área Natural Protegida Cuenca Hidrográfica del río Necaxa.

A la Arqueóloga Silvia Niembro Rocas por su apoyo durante su gestión y al personal a su cargo.

Asimismo, a mis compañeros del laboratorio de Ictiología y Ecología Costera, a los pescadores a los señores, Eulogio Luna de la presa Necaxa, Valentín Hernández de la presa Tenango y Gilberto Jiménez de la presa Nexapa por sus atenciones durante las distintas épocas de muestreo que formaron parte de las salidas de investigación en las cinco presas del Área Natural Protegida.

Al Dr. Abraham Kowelkowsky Díaz, por su asesoría en la identificación de los peces.

Finalmente, a mi familia, ya que sin su apoyo moral durante mi estancia en el posgrado no podría haber cumplido esta meta.

El jurado designado por la
Comisión Académica del Posgrado en Energía y Medio Ambiente
de la Unidad Iztapalapa, aprobó la tesis que presentó

NOMBRE DEL ALUMNO Leonel Obeht Ayala Medina

El día **número de día** de **mes** del año **2018**

Miembros del Jurado:

Dr. Juan Gabriel Rivera Martínez

Presidente

M. en C. Miguel Castillo González

Secretario

Dra. Beatriz Silva Torres

Vocal

ÍNDICE

Resumen	8
Abstract	9
1. Introducción	10
2. Antecedentes	12
2.1. Diversidad	12
2.1.1. Medición de la diversidad	14
2.1.2. Índice de Shannon-Wiener	15
2.1.3. Índice se Simpson	16
2.1.4. Índice de Pielou	16
2.2. Similitud	17
2.2.1. Coeficiente de Jaccard	17
2.3. Planeación estratégica	18
2.4. Análisis FODA	19
2.5. Enfoque ecosistémico	20
2.6. Regiones Hidrológicas	22
2.7. Cuenca Hidrográfica	24
2.7.1. Cuenca Hidrográfica del río Necaxa	24
2.7.2. Ordenamiento Ecológico Territorial de las Cuencas Hidrológicas de los ríos Necaxa y Laxaxalpan	26
2.8. Regionalización	26
2.8.1. Regiones Prioritarias	26
2.8.2. Regiones Terrestres Prioritarias	27
2.8.3. Regiones Hidrológicas Prioritarias	31
2.9. Áreas Naturales Protegidas	33
2.9.1. APRN ZPFV “Cuenca Hidrográfica del río Necaxa	35
2.10. Sitios Ramsar	36
2.11. Ictiofauna en la zona de estudio	40

2.11.1. Características de las especies	41
2.11.2. Introducción de especies	42
2.11.3. Especies endémicas	42
2.11.4. Especies exóticas	42
2.11.5. Especies criptogénicas	43
2.12. El proceso de invasión	44
3. Preguntas de investigación	50
4. Hipótesis	51
5. Objetivos	52
6. Área de estudio	53
6.1. Características Físicas	54
6.2. Características biológicas	58
6.3. Características socioeconómicas	63
7. Metodología	65
7.1. Actividades de campo	65
7.2. Actividades de laboratorio	68
8. Resultados	70
8.1. Composición de la ictiofauna del APRN	70
8.2. Parámetros ecológicos	71
8.2.1 Características de las especies registradas	71
8.2.2. Abundancia de especies	73
8.2.3. Índices de diversidad	76
8.3. Similitud	77
8.3.1 Similitud de comunidades de peces	77
8.3.2. Similitud de comunidades de peces en peso	79
8.4. Actividad pesquera	81
8.5. Análisis FODA	94
9. Discusión	97

9.1. Composición de especies	98
9.2. Comparación de los parámetros ecológicos entre las presas	105
9.3. Entrevistas focalizadas	107
9.4. Planeación estratégica y manejo sostenible de la actividad pesquera ..	112
10. Conclusiones	114
Referencias	118
Anexos	136

ÍNDICE DE TABLAS

1. La planeación estratégica en tres ejes	19
2. Región terrestre prioritaria 122	27
3. Región hidrológica prioritaria 76	31
4. Listado taxonómico de la ictiofauna presente en las cinco presas	70
5. Distribución de especies de peces por presa	72
6. Especies consignadas en las bases de datos	72
7. Especies encontradas y categorizadas según su origen	73
8. Comparación de similitud entre los muestreos de las comunidades de peces presentes en las presas de los estados de Puebla e Hidalgo	78
9. Comparación de similitud entre los muestreos de las comunidades de peces en peso presentes en las presas de los estados de Puebla e Hidalgo	80
10. Resultados de la entrevista focalizada	82
11. Análisis de la matriz FODA	94

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Proceso de invasión biológica	46
2. Poligonal del APRN, ZPFV, Cuenca Hidrográfica del río Necaxa	53
3. Coordenadas geográficas y puntos de muestreo de la presa Necaxa	65
4. Coordenadas geográficas y puntos de muestreo en la presa Tenango	66
5. Coordenadas geográficas y puntos de muestreo en la presa Nexapa	66
6. Coordenadas geográficas y puntos de muestreo en la presa Tejocotal	67
7. Coordenadas geográficas y puntos de muestreo en la presa Los Reyes	67
8. Abundancia de especies en las presas del estado de Puebla	73
9. Abundancia de especies en las presas del estado de Hidalgo	74
10. Abundancia de especies en peso en las presas del estado de Puebla	75
11. Abundancia de especies en peso en las presas del estado de Hidalgo	75
12. Índices de diversidad de las presas del estado de Puebla	76
13. Índices de diversidad de las presas del estado de Hidalgo	76
14. Regionalizaciones	98

RESUMEN

En el año de 1903, la empresa “Mexican Light and Power” Co. construye el complejo hidroeléctrico Necaxa durante el periodo Porfirista, con el objetivo de generar electricidad para la zona centro del país. El sistema hidroeléctrico consta de cinco presas, las cuales son Necaxa, Tenango, Nexapa, Tejocotal y Los Reyes. A partir de su construcción, se presentaron cambios ambientales, debido a que la cuenca se encontraba conformada principalmente por sistemas ambientales lóticos (ríos) y fueron convertidos en ambientes lénticos (presas). Por lo anterior, se llevó a cabo un estudio cuyo objetivo fue conocer los efectos de dicho cambio sobre la ictiofauna del lugar. Se realizaron seis salidas de campo las cuales comprendieron el periodo de julio del 2011 a abril del 2014. Las recolectas de peces se realizaron con redes tipo chinchorro y atarraya. Los peces fueron identificados y cuantificados para caracterizar su distribución, abundancia y diversidad en las presas. Con base en la literatura existente, se determinaron las especies exóticas y endémicas comparándolas con las especies que posiblemente se encontraban previo a la construcción de las presas y a las acciones de fomento pesquero.

Se realizó un análisis de la actividad pesquera a través de entrevistas focalizadas y un análisis FODA de la información obtenida. Se identificaron once especies de peces, (*Cyprinus carpio*, *Carassius auratus*, *Chirostoma jordani*, *Chirostoma chapalae*, *Chirostoma humboldtianum*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *Heterandria jonesii*, *Poeciliopsis catemaco*, *Micropterus salmoides* y *Astyanax armando*). De estas, especies siete son nativas de México y cuatro son exóticas introducidas en el Área de Protección de Recursos Naturales (APRN) por programas de fomento pesquero.

La producción pesquera artesanal es de bajo volumen, incluso ausente como actividad económica en algunas de las presas. Se requieren cambios en el manejo de los recursos pesqueros desde un punto de vista sostenible.

ABSTRACT

In the year 1903, the company "Mexican Light and Power" Co. built the Necaxa hydroelectric complex during the Porfirista period, with the aim of generating electricity for the central area of the country. The hydroelectric system consists of five dams, which are Necaxa, Tenango, Nexapa, Tejocotal and Los Reyes. From the construction of these, there were environmental changes, because the basin was mainly composed of lotic environmental systems (rivers) and were converted into lentic environments (dams). Due to the above, a study was carried out whose objective was to know the effects of this change on the fish fauna of the place, six field trips were made, which included the period from July 2011 to April 2014. The fish collections were carried out chinchorro and atarraya type nets. The fish were identified and quantified to characterize their distribution, abundance and diversity in the dams. Based on the existing literature, exotic and endemic species were determined by comparing them with the species that were possibly found prior to the construction of the dams and the fishing promotion actions. An analysis of the fishing activity was carried out through targeted interviews and a SWOT analysis of the information obtained. Eleven species of fish were identified (*Cyprinus carpio*, *Carassius auratus*, *Chirostoma jordani*, *Chirostoma chapalae*, *Chirostoma humboldtianum*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *Heterandria jonesii*, *Poeciliopsis catemaco*, *Micropterus salmoides* and *Astyanax armando*). Of these, species seven are native to Mexico and four are non-native, eight were introduced in the Natural Resources Protection Area (APRN) by fishing promotion programs. The artisanal fishing production is of low volume, even absent as an economic activity in some of the dams. Changes in the management of fishery resources are required from a sustainable point of view.

1. INTRODUCCIÓN

El Área Natural Protegida (APRN) Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, se encuentra ubicada en la parte norte de la Sierra de Puebla. En su interior se encuentra el complejo hidroeléctrico Necaxa; el cual fue construido por la empresa “Mexican Light and Power Co”, durante el período Porfirista en 1903, con el objetivo de generar electricidad para más de 30 millones de habitantes para la ciudad de México y su área conurbada (Universidad Autónoma de Chapingo, 2001).

El sistema de represas consta de cinco presas, las cuales son Necaxa, Tenango, Nexapa, Tejocotal y Los Reyes. Estas tienen gran importancia ecológica, económica e histórica, y su conservación ha sido primordial para la región ya que es una importante zona de captación de agua y regulación ambiental; siendo además santuarios temporales y permanentes para especies de aves acuáticas y peces. Esta área fue decretada el 20 de octubre de 1938 como “Zona Protectora Forestal Vedada” por el gobierno del Gral. Lázaro Cárdenas y durante su gobierno, se iniciaron esfuerzos de protección y conservación al implementar vedas en los bosques como medida de control hacia la tala clandestina (Bélgica *et al.*, 2012; Flores, 2007).

México es el cuarto país más diverso y como parte de los compromisos adquiridos ante el Convenio de la Diversidad Biológica, así como la necesidad de conservar los ecosistemas del área, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas le asigna una nueva categoría a la Zona Protectora Forestal Vedada nombrándola “Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Hidrográfica del río Necaxa”, el 9 de septiembre del 2002 (Conabio, 2013; Flores, 2007; Universidad Autónoma de Chapingo, 2001).

El 2 de febrero del 2008, la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas, así como la conservación y uso racional de los recursos (convenio RAMSAR) denomina al “Sistema de presas y corredores biológicos que se encuentra dentro de la APRN, como “Sitio RAMSAR”, estos comprenden un total de 1,541 ha y forman parte de la Región Hidrológica número

27, denominada Tuxpan-Nautla, la cual comprende parte de la cuenca del río Tecolutla y las subcuencas del río Necaxa y río Laxaxalpan y drenan hacia la cuenca del río Tecolutla hasta llegar al Golfo de México. Asociadas a las presas, se desarrollan diversas actividades económicas, como son la pesca, la agricultura, la floricultura, el aprovechamiento de recursos forestales maderables, el ecoturismo y actividades que se relacionan con el volumen de agua que almacenan las presas (Universidad Autónoma de Chapingo, 2001).

Antes de la construcción de las presas, las especies presentes en la cuenca probablemente eran endémicas, al respecto De la Maza *et al* (2001) mencionan que la diversidad de especies ubicadas en las barrancas de la zona puede indicar la existencia de muchos endemismos en el pasado. A partir de la construcción y operación de las presas, los cambios de ambientes lóticos (los ríos) a lénticos (las presas), representaron cambios radicales en los ecosistemas, en su estructura y función, y sin conocer de manera precisa la magnitud de los efectos de esta transformación, es perceptible que una de las comunidades más afectadas fue la de los peces.

Ante la ausencia de información sobre la ictiofauna de la cuenca y de su manejo como recurso antes y después de la construcción de las presas. El APRN “Cuenca Hidrográfica del río Necaxa” y la Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Iztapalapa, plantearon la necesidad de abordar un estudio orientado a conocer y analizar las comunidades de peces, como base para los procesos de planeación en cuanto a políticas de conservación de las especies de peces y de manejo sustentable de la actividad pesquera.

2. ANTECEDENTES

2.1. Diversidad

La diversidad biológica es un parámetro muy importante, ya que los ecosistemas proporcionan servicios ambientales esenciales para la vida, como son la captura del bióxido de carbono, la estabilidad climática, el mantenimiento de suelos fértiles, el control de deslaves y arrastres masivos de suelo por el efecto de lluvias torrenciales así como la captura y el almacenamiento de agua en acuíferos, lagos y ríos, además de la posibilidad de extraer del medio silvestre productos útiles como medicinas, alimentos y recursos maderables (CONABIO, 2017).

Uno de los problemas más fuertes actualmente, es el provocado por las actividades humanas, que están ocasionando pérdida de la biodiversidad, principalmente por el deterioro o la alteración de los ecosistemas. Las amenazas más importantes a la diversidad biológica son la fragmentación, la degradación y la pérdida directa de los bosques, humedales, arrecifes de coral y otros ecosistemas, pérdida de hábitat por cambio de uso de suelo, sobre-explotación, cambio climático, especies invasoras y contaminación (Ibídem).

La diversidad biológica se define como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas. Para comprender la importancia de la biodiversidad para el desarrollo humano, debemos evaluar los productos que se pueden utilizar (tanto a nivel de especies como de genes) y los servicios ecosistémicos que sustentan el desarrollo humano. Una valoración precisa de la biodiversidad debe tomar en cuenta los valores de su utilización directa (productos) y los valores indirectos (servicios) y combinar el uso consuntivo y no consuntivo. Además, debe tomar en cuenta el valor de los componentes de la biodiversidad que no se utilizan (IUCN Por sus siglas en inglés Internacional Union for Conservation Nature, 2001).

La biodiversidad no se distribuye de manera uniforme en el planeta. En general, las regiones tropicales albergan la mayor riqueza de especies. En la actualidad se reconoce que 17 países son megadiversos, ya que su diversidad biológica representa alrededor del 70% de las especies conocidas en el planeta. Estos países son: México, Australia, Brasil, China, Colombia, Congo, Ecuador, Estados Unidos, Filipinas, India, Indonesia, Malasia, Madagascar, Perú, Papúa Nueva Guinea, Sudáfrica y Venezuela. En el caso particular de nuestro País, es sorprendente que a pesar de que su superficie representa tan solo el 1.5% del área terrestre del mundo, contiene entre el 10 y 12% de las especies conocidas. Dependiendo del grupo que se trate, entre el 9 y 60% de las especies registradas en México son endémicas, es decir, que se localizan únicamente en nuestro país (CONABIO, 2011).

Esta diversidad es el resultado de la compleja topografía, de la geología, de los diversos climas y microclimas que se encuentran en todo el territorio. Asimismo, la ubicación geográfica de México hace que se distinga por ser el territorio de unión de dos regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical, lo que quiere decir que en el país han evolucionado especies de distinta afinidad ecológica y geográfica. México ocupa el primer lugar en el mundo en riqueza de reptiles, el segundo en mamíferos, el cuarto en anfibios y plantas. La diversidad biológica de nuestro país se caracteriza por estar compuesta de un gran número de especies endémicas, es decir, que son exclusivas al país. Aproximadamente el 50% de las especies de plantas que se encuentran en nuestro territorio son endémicas (CONABIO, 2017).

La diversidad biológica de México se expresa como un complejo mosaico de distribución de especies y ecosistemas, en el que se observan tendencias geográficas de su riqueza de especies y patrones de acumulación de especies endémicas. Esta complejidad biológica está relacionada con la gran heterogeneidad del medio físico mexicano, que a su vez es producto de una historia geológica y climática muy compleja (Espinosa *et al.*, 2004).

Los peces constituyen el primer grupo de animales con esqueleto que aparecieron en la Tierra y constituyen el grupo más numeroso de los vertebrados (Burnie, 2003). Actualmente se han descrito cerca de 27,000 especies de peces a nivel mundial (Nelson, 2016, Eschmeyer, 2014).

México posee una fauna de especies dulce acuícolas rica y diversificada, con alto endemismo la cual incluye más de 500 especies descritas (Miller *et al.*, 2009), y se han documentado 259 familias de las 515 reconocidas para todo el mundo (Nelson, 2006), esto es poco más del 50% del total, entre las nueve familias de peces más numerosas en el mundo, con más de 400 especies cada una, en México están registradas las familias *Cyprinidae*, *Gobiidae*, *Cichlidae*, *Characidae*, *Serranidae*, *Labridae* y *Scorpaenidae*.

Los peces que habitan las aguas continentales son aproximadamente más de 500 especies (Espinosa *et al.*, 1993 y Miller *et al.*, 2006), siendo que en los ambientes hídricos continentales se siguen encontrando nuevas especies. Se calcula que se desconocen el 10% de las especies de peces, tanto de ambientes marinos como continentales, sin contar con la ictiofauna de los fondos marinos que es poco explorada.

De todas las especies registradas en México, la Carta Nacional Pesquera incluye 543 especies sujetas a aprovechamiento o que se encuentran regidas por algún régimen comercial (Diario Oficial de la Federación, 2017). Por otro lado, la NOM-059-SEMARNAT, 2010, tiene doscientas cinco especies consideradas bajo alguna categoría de riesgo (Diario Oficial de la Federación, 2010).

2.1.1. Medición de la diversidad

Es conveniente analizar la biodiversidad ante la acelerada transformación de los ecosistemas naturales, ya que un simple listado de especies para una región dada no es suficiente. Para monitorear el efecto de los cambios en el ambiente es necesario contar con información de la diversidad biológica en comunidades naturales y modificadas (diversidad alfa) y también de la tasa de cambio en la biodiversidad entre

distintas comunidades (diversidad beta), para conocer su contribución al nivel regional (diversidad gamma) y poder diseñar estrategias de conservación y llevar a cabo acciones concretas a escala local (Moreno, 2001; Villareal *et al.*, 2004).

Los indicadores de diversidad biológica cobran sentido si recordamos que el objetivo de medirla es aportar conocimientos a la teoría ecológica, contar con parámetros que permitan tomar decisiones o emitir recomendaciones en favor de la conservación de taxa o áreas amenazadas, o monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente. Medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia, nos alerta acerca de procesos empobrecedores (Moreno, 2001).

Actualmente se cuenta con una considerable cantidad de índices, que están relacionados con la complejidad de lo que se pretende medir, pero también con el intento de encontrar un patrón de medida con validez universal capaz de ofrecer estimaciones comparables de la diversidad biológica. Generalmente, estas herramientas metodológicas eran y son utilizadas para el estudio de conjuntos de organismos similares, colectados en una serie de localidades que difieren en alguna característica ambiental. Son índices cuyos valores sirven para comparar agrupaciones biológicas de distintas localidades o fases temporales; dentro de los índices más frecuentemente utilizados se encuentra el de Shannon-Wiener, el de Simpson, el índice de equidad de Pielou y el coeficiente de Jaccard (Moreno, 2001; Villareal *et al.*, 2004).

2.1.2. Índice de diversidad de Shannon-Wiener

Este índice muestra qué tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas, de esta forma el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies) y la cantidad relativa de individuos de cada una de estas especies (abundancia) (Villareal *et al.*, 2004).

La diversidad de acuerdo con el autor se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i) $\frac{n_i}{N}$

n_i = número de individuos de la especie i

N = número de todos los individuos de todas las especies

En la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0.5 y 5 aunque el valor normal se encuentra entre 2 y 3; valores anteriores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos en diversidad de especies.

2.1.3. Índice de Simpson

Muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie, mide la riqueza de organismos, cuanto más se acerca el valor a 1 existe dominancia de una sola especie y cuanto más se acerque el valor a 0 la diversidad de un hábitat es mayor (Villareal *et al.*, 2004).

La ecuación es:

$$\lambda = \frac{\sum n_i^2}{N^2} = \sum p_i^2$$

Dónde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

n_i = número de individuos en la i -ésima especie

N = número total de individuos en la misma muestra

2.1.4. Índice de equidad de Pielou

Indica la distribución de la abundancia entre las especies y se obtiene a partir de la relación entre la diversidad observada H' y la H' máxima. Los valores de J' se presentan en el intervalo igual a 0 (no equidad) a 1 (completamente iguales), (Villareal *et al.*, 2004).

El método matemático utilizado fue:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Dónde:

S = Número de especies de la comunidad

$$H'_{max} = \ln(S)$$

H' = es el valor del Índice de Shannon-Wiener

2.2. Similitud.

2.2.1. Coeficiente de Jaccard.

Indica que tan similares o disimiles son dos comunidades o muestras muchas, se expresan a través de distancias, relacionando el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas, el rango de este índice va desde 0 cuando no hay especies compartidas, hasta 1 cuando todos los sitios comparten las mismas especies, este índice mide diferencias entre presencia o ausencia de especies (Villareal *et al.*, 2004).

El planteamiento matemático implementado fue:

$$C_j = \frac{c}{a+b+c}$$

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 A y B es decir que están compartidas.

Montaña y Ezcurra (1991) encuentran una mayor eficiencia de los análisis de componentes principales basados en datos cualitativos (presencia-ausencia de especies) cuando se hacen muestreos en ambientes con alta heterogeneidad.

La similitud entre comunidades es una característica cualitativa de la diversidad β , el concepto de diversidad β tiene gran relevancia en ecología y biogeografía para comprender, cuantificar y valorar la diversidad biológica, y puede considerarse como un concepto clave para entender el funcionamiento de los ecosistemas, para la conservación de la biodiversidad y para el manejo de los ecosistemas (Legendre *et al.*, 2008).

Para explicar el patrón de la similitud se han propuesto varios mecanismos, uno de estos patrones es en el cual las condiciones ambientales cambian conforme aumenta la distancia, es decir, hay una disminución de la similitud ambiental con la distancia, lo que implica que haya una separación de las especies con diferentes características fisiológicas, que con el paso del tiempo provocan que la composición de especies sea relativamente predecible de acuerdo con el tipo de ambiente. El proceso se ha explicado mediante el modelo de diferencia de nicho (Nekola y White, 1999; Soininen *et al.*, 2007), en este caso al presentarse una alta similitud es posible inferir que el nicho presente en esta zona comparte las mismas características, variando únicamente en una pequeña proporción. Wiens *et al.* (2010) sostiene que el conservacionismo de nicho es un patrón de similitud ecológica en el tiempo, pero que, sin embargo, también se puede ver como un proceso, si este patrón de similitud ecológica ayuda a crear otros patrones.

De acuerdo con Legendre *et al.* (2008), las principales hipótesis con las que actualmente contamos para explicar las causas de la diversidad β son: 1) la composición de especies es uniforme sobre áreas grandes, por lo que la diversidad β es nula; 2) la composición de especies fluctúa aleatoriamente en una forma autocorrelacionada dada la capacidad de dispersión de las especies (dispersión histórica) y 3) la distribución de las especies está relacionada con las condiciones ambientales (control ambiental).

2.3. Planeación Estratégica

Es una herramienta de gestión que permite apoyar la toma de decisiones adecuándose a los cambios y a las demandas que impone el entorno y logrando la mayor eficiencia,

eficacia, formulando y estableciendo de objetivos de carácter prioritario, cuya característica principal es el establecimiento de los cursos de acción (estrategias) para alcanzarlos a mediano o largo plazo (Armijo, 2009).

Si se planifica se cubre un amplio ámbito y rango de actividades, que van desde el establecimiento de los objetivos a largo plazo, hasta la planeación detallada de las actividades que se llevarán a cabo el año siguiente. Tanto la fijación de objetivos y estrategias a largo plazo, como la detallada planeación de actividades para un futuro inmediato, forman parte de un mismo proceso. Los planes anuales deben basarse en los objetivos y estrategias a largo plazo que se decidan ahora; la principal diferencia, cuando se planea para un futuro inmediato, es el mayor nivel de detalle que tendrá que tomarse en cuenta. El proceso de planeación permite a los administradores afrontar los temas clave relacionados, así como la problemática que enfrenta y les permite desarrollar propuestas más sólidas para resolverla (Chiavenato, 2004).

Tabla1. La planeación estratégica se considera en tres ejes (Oliveira, 2001).

Eficiencia	Eficacia	Efectividad
Hacer las cosas con certeza	Hacer las cosas pertinentes	Poder sostenerse dentro del entorno
Resolver problemas	Producir alternativas creativas	Presentar resultados globales positivos a largo plazo
Cuidar los recursos que se aplican	Maximizar el aprovechamiento de los recursos	Coordinar esfuerzos y energías de forma sistemática
Cumplir con las obligaciones	Obtener resultados	
Reducir costos	Aumentar las utilidades	

En este trabajo siguiendo la planeación estratégica con el objeto de evaluar la actividad pesquera se ha propuesto utilizar la técnica FODA.

2.4. El análisis FODA.

Es una herramienta aplicada a cualquier situación, individuo, producto, empresa, etc. que esté actuando como objeto de estudio en un momento determinado del tiempo, tomando decisiones estratégicas para mejorar la situación actual en el futuro. La técnica FODA se orienta principalmente al análisis y resolución de problemas, se lleva a cabo

para identificar y analizar las Fortalezas y Debilidades de la organización, así como las Oportunidades (aprovechadas y no aprovechadas) y Amenazas reveladas por la información obtenida del contexto externo (Batista, 2000).

Las Fortalezas y Debilidades se refieren a la organización y sus productos, mientras que las Oportunidades y Amenazas son factores externos sobre los cuales no se tiene control alguno. Por tanto, deben analizarse las condiciones del FODA en el siguiente orden: 1) Fortalezas; 2) Oportunidades; 3) Amenazas; y 4) Debilidades (Ibídem).

Las fortalezas son una función que se realiza de manera correcta, como son ciertas habilidades, capacidades, los recursos considerados valiosos, la capacidad competitiva y una situación favorable en el medio social. Las debilidades se definen como un factor considerado vulnerable en cuanto a su organización o simplemente una actividad que se realizan en forma deficiente. Las oportunidades constituyen aquellas fuerzas ambientales de carácter externo no controlables, pero que representan elementos potenciales de crecimiento o mejoría, son un factor de gran importancia que permite de alguna manera moldear las estrategias. Las amenazas son lo contrario de lo anterior y representan la suma de las fuerzas ambientales no representan fuerzas o aspectos negativos y problemas potenciales. Las oportunidades y amenazas establecen la necesidad de emprender acciones de carácter estratégico, Lo importante de este análisis es evaluar sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, llegando a conclusiones con la finalidad de proponer estrategias (Ponce, 2006).

Al concluir el análisis de la Matriz FODA y con el objeto de proponer dichas estrategias para el manejo sostenible de la actividad pesquera, se empleará el enfoque ecosistémico y sus doce principios.

2.5. Enfoque Ecosistémico

El Enfoque Ecosistémico coloca a la gente y el uso de los recursos naturales como el punto de partida de la toma de decisiones. Es por esto que el Enfoque Ecosistémico puede ser utilizado para buscar un balance apropiado entre la conservación y el uso de la diversidad biológica en áreas en donde hay múltiples usuarios de los recursos y

valores naturales importantes. Es de relevancia para profesionales y practicantes activos en forestería, pesca, áreas protegidas, planificación urbana y muchos otros campos relacionados. Es una estrategia para el manejo integrado de la tierra, el agua y los recursos vivos, promoviendo su conservación y uso sostenible de forma justa y equitativa. Es el esquema principal para la acción bajo el Convenio de Diversidad Biológica (CDB) y comprende 12 principios. Se han efectuado varios intentos para clasificar estos principios, sea por orden de importancia o por tema, con el fin de buscar la mejor forma para su aplicación. Si bien, estos esfuerzos son interesantes desde el punto de vista conceptual, se carece de asistencia práctica en la Aplicación del Enfoque Ecosistémico en el campo (Gill, 2006).

1. La elección de los objetivos de la gestión de los recursos de tierras, hídricos y vivos debe quedar en manos de la sociedad.
2. La gestión de los recursos naturales debe estar descentralizada al nivel apropiado más bajo.
3. Los administradores de ecosistemas deben tener en cuenta los efectos (reales o posibles) de sus actividades en los ecosistemas adyacentes y en otros ecosistemas.
4. Dados los posibles beneficios derivados de su gestión, es necesario comprender y gestionar el ecosistema en un contexto económico. Este tipo de programa de gestión de ecosistemas debería disminuir las distorsiones del mercado que repercuten negativamente en la diversidad biológica, orientando los incentivos para promover la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica y procurando en la medida de lo posible, incorporar los costos y los beneficios en el ecosistema de que se trate.
5. Para los fines de mantener los servicios de los ecosistemas, la conservación de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas debería ser un objetivo prioritario del enfoque ecosistémico.
6. Los ecosistemas se deben gestionar dentro de los límites de su funcionamiento.
7. El enfoque ecosistémico debe aplicarse a las escalas espaciales y temporales apropiadas.

8. Habida cuenta de las diversas escalas temporales y los efectos retardados que caracterizan a los procesos de los ecosistemas, se deberían establecer objetivos a largo plazo en la gestión de los ecosistemas.
9. En la gestión debe reconocerse que el cambio es inevitable.
10. En el enfoque ecosistémico se debe procurar el equilibrio apropiado entre la conservación y la utilización de la diversidad biológica, y su integración.
11. En el enfoque ecosistémico deberían tenerse en cuenta todas las formas de información pertinente, incluidos los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades científicas, indígenas y locales.
12. En el enfoque ecosistémico deben intervenir todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas pertinentes (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2004)

La Comisión de Manejo Ecosistémico (CME) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza ha producido este documento con el fin de contribuir a llenar este vacío. Se han agrupado en subconjuntos los principios del Enfoque Ecosistémico en una secuencia lógica que promueva la discusión, planificación y acción paso a paso. Está claro que ningún aspecto de un ecosistema puede verse aisladamente por mucho tiempo, y aquellos aspectos que son abordados al inicio de la secuencia descrita más abajo debe ser revisada de manera regular. Sin embargo, el enfoque está siendo apropiado ya que permite tanto a los investigadores como a los trabajadores de campo, concentrarse sobre una serie de problemas al mismo tiempo. De esta forma, el ecosistema, sus habitantes, los retos y las oportunidades que ellos representan pueden abordarse lentamente y enfocarse de manera que sea factible (Gill, 2006).

2.6. Regiones Hidrológicas

La Región Hidrológica es un área territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos; normalmente está integrada por una o varias cuencas y sus límites son en general distintos en

relación con la división política por estados y municipios. Una o varias regiones hidrológicas integran una región hidrológico administrativa (CONAGUA, 2016).

La Comisión Nacional del Agua desempeña sus funciones a través de trece organismos de cuenca, cuyo ámbito de competencia son las Regiones Hidrológico Administrativas. Consecuentemente, el país se ha dividido en trece regiones hidrológico administrativas (RHA), formadas por agrupaciones de cuencas, consideradas como las unidades básicas para la gestión de recursos hídricos. Los límites de las regiones respetan la división política municipal, para facilitar la administración e integración de datos socioeconómicos (Ibídem).

La Región Hidrológica Administrativa X Golfo Centro (RHA X GC) se localiza en el Centro Este de la República Mexicana, comprende 445 municipios de cuatro estados: 189 de Veracruz, 161 de Oaxaca, 90 de Puebla y 5 de Hidalgo. A la RHA XGC le corresponden 31 cuencas hidrológicas, agrupadas en tres consejos de cuenca. El consejo de cuenca de los ríos Tuxpan al Jamapa, está integrado por 13 cuencas de la Región Hidrológica RH27 y RH28; el consejo de cuenca del río Papaloapan por 12 cuencas de la RH28; y el consejo de cuenca del río Coatzacoalcos por seis cuencas de la RH29. Se localizan asimismo 176 áreas naturales protegidas Federales, con 14,101 km², 20 áreas naturales protegidas estatales, con 5, 202 km² y 9 sitios Ramsar, con 3,389 km² (CONAGUA, 2012).

La región de los ríos Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Nautla, Misantla, Actopan, Papaloapan, Coatzacoalcos y Tonalá por su geografía y su accidentada topografía, está expuesta recurrente y frecuentemente a la ocurrencia de inundaciones. Ocurren aproximadamente 10 eventos ciclónicos al año y en promedio cada tres o cuatro años uno de ellos causa severos daños. En promedio 45 ondas tropicales y 49 frentes fríos afectan esta región provocando fuertes lluvias; en la zona llueve 2.4 veces el promedio nacional (Inventario nacional de obras de protección contra inundaciones en cuencas naturales, 2008).

2.7. Cuenca Hidrográfica

Ésta se refiere a un territorio definido para el manejo de los recursos naturales, fundamentalmente agua, suelo y vegetación, es un concepto utilizado para designar un territorio, región o zona, cuya característica principal es que el agua de lluvia que cae en esa superficie escurre hacia un cauce común. Es decir que, toda el agua acumulada desemboca ya sea en un afluente más grande, una laguna o el mar (Sánchez *et al.*, 2003).

Una cuenca hidrográfica de un río, arroyo o lago, es aquella superficie geográfica cuya precipitación pluvial escurre, es decir que no regresa a la atmósfera por evapotranspiración ni se infiltra en los acuíferos, llega finalmente al río, arroyo o lago. Las cuencas hidrográficas son delimitadas por líneas de cumbres, las cuales están formadas por las cimas más altas de los relieves. Se tienen identificadas 1,471 cuencas en México (CONAGUA, 2016).

2.7.1. Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa

El río Necaxa, es un afluente del río Laxaxalpan, que a su vez es afluente del río Tecolutla y es uno de los principales ríos del estado de Puebla. El río Necaxa que nace en el estado de Puebla, se extiende hacia el estado de Veracruz desembocando en el Golfo de México. Alrededor de 1890 se realizaron varias obras de construcción de presas para realizar un sistema de generación de energía hidroeléctrica, favorecido por la geografía del lugar. Se construyó la presa Necaxa, que conjuntamente con las presas de El Tejocotal, Los Reyes, Nexapa y Tenango forman el sistema hidroeléctrico Necaxa. Este conjunto de presas almacena 172 millones de metros cúbicos de agua para generar energía eléctrica, no solo para el propio estado de Puebla, sino también para los de Tlaxcala, Hidalgo, Morelos, estado de México y el Ciudad de México, además de abastecer a muchas poblaciones que se encuentran en el centro del país. La presa Necaxa se ubica dentro del municipio de Juan Galindo y, de ella prosigue el río Tepexic, que corre de oeste a este, y constituye uno de los afluentes del Necaxa,

posteriormente se une al río de Patla, al ingresar a territorio del estado de Veracruz, atraviesa los municipios de Cuahuatlán, Coyutla, Espinal, Papantla, Gutiérrez Zamora y finalmente Tecolutla, aumentando su caudal al unírsele otros afluentes, formando así el río Tecolutla, que acaba desembocando en el Golfo de México en el municipio del mismo nombre (Universidad Autónoma de Chapingo, 2001).

El Río Nexapa, es tributario del Río Necaxa e influye en los humedales propuestos la subcuenca del Río San Marcos con el Río de Los Reyes. Esta zona es la más lluviosa del estado, se registran precipitaciones de lluvia entre 1500 a 3000 mm al año, se tienen medias anuales de más de 4000 mm, pero se han llegado a registrar hasta 6000 mm. El coeficiente de escurrimiento alcanza en general, valores altos, dadas las abruptas pendientes y la creciente deforestación; fluctúa del 10 a más del 30% para la mayor parte de la región. Estas condiciones propician un escurrimiento anual en esta área de aproximadamente $6,697 \text{ mm}^3$, que es casi 60% del escurrimiento virgen de toda la entidad. De este volumen $4,333 \text{ mm}^3$ anuales fluyen al estado de Veracruz, aunque se reciben aportaciones de Tlaxcala e Hidalgo, por 423 mm^3 . En lo general los afluentes conformantes de la Cuenca están considerados como no contaminados y cuentan con agua de buena calidad ya que se reportan valores menores a 6 mg/l de DQO y de 6 a 30 mg/l de DBO. Lo anterior indica que la mayor parte de la calidad del agua conserva sus condiciones naturales, aunque hay algunos afluentes superficiales que presentan una baja concentración de material orgánica o con presencia de agua tratada. Esto sobre todo se observa en los afluentes cercanos a las comunidades mayores como en el caso de Huauchinango (Flores, 2008).

Una buena parte de los escurrimientos que acontecen en las zonas montañosas, los escurrimientos temporales, y las lluvias se concentran en el sistema de represas. Funcionan también como reguladoras de inundaciones hacia las partes bajas de los vasos y juegan un papel importante para el manejo de agua ya que además de la distribución de esta para la generación de energía eléctrica, el movimiento de agua entre represas hace que se tenga una gran movilidad de la misma y gran capacidad de renovación de los volúmenes de cada una de las represas, lo que reduce en mucho sus

problemas de contaminación. No obstante, el papel ecológico general de las represas además del mantenimiento de comunidades vegetales y diversas especies de fauna es el de la retención de sedimentos y la captación de nutrientes que con el paso de las aguas se distribuirán a lo largo de su recorrido por la red, además de que en ciertos casos como en el de la presa Necaxa, ayuda de manera importante al mantenimiento de la humedad ambiental necesaria para el correcto desenvolvimiento de las especies vegetales que se encuentran en la zona de transición con el bosque mesófilo de montaña (Universidad Autónoma de Chapingo, 2001).

2.7.2. Ordenamiento Ecológico Territorial de las Cuencas Hidrológicas de los ríos Necaxa y Laxaxalpan

La Universidad Autónoma de Chapingo (2001) en su estudio de Ordenamiento Ecológico Territorial de las Cuencas Hidrológicas de los Ríos Necaxa y Laxaxalpan, reporta algunas especies de peces como son el espada de Necaxa (*Xiphophorus evelynae*) especie endémica del río Necaxa, pez espada (*Xiphophorus* sp.) el guayacón (*Gambusia* sp.) y la mojarra (*Cichlasoma* sp.). Por otra parte, en el APRN Cuenca Hidrográfica del río Necaxa, una de las actividades económicas secundarias en las presas es la actividad pesquera, caracterizada por ser de pequeña escala en las presas Tenango y Necaxa, en dichas zonas se pesca carpa, lobina negra y tilapia, en la presa Tejocotal se pesca trucha arcoíris. No existen datos estadísticos sobre las cantidades de peces que se extraen, y la oferta pesquera solo abastece el mercado local. Por todo lo mencionado anteriormente, soporta la necesidad de investigar la diversidad ictiofaunística de la zona, dada su importancia y relevancia ecológica.

2.8. Regionalización

2.8.1. Regiones Prioritarias

El Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la Conabio se orienta a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad. El Proyecto Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), en particular, tiene como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista

ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación (Arriaga *et al.*, 2000).

La identificación de las regiones prioritarias aquí presentadas es el resultado del trabajo conjunto de expertos de la comunidad científica, coordinados por la Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO, 1998).

Esta regionalización permite conocer las características de las zonas, así como la identificación de sus problemáticas. La zona de estudio está incluida en la Región Terrestre Prioritaria 102 conocida como Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental, y la Región Hidrológica Prioritaria 26 conocida como Río Tecolutla.

2.8.2. Regiones Terrestres Prioritarias

Como producto de este proyecto se obtuvo un mapa en escala 1:1,000,000 con 152 regiones prioritarias terrestres para la conservación de la biodiversidad en México, que cubren una superficie de 515,558 km², correspondiente a más de la cuarta parte del territorio (Arriaga *et al.*, 2000).

Tabla 2. Región Terrestre Prioritaria 122 (Arriaga *et al.*, 2000).

Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental.

A. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
Coordenadas extremas:	Latitud N: 19° 56' 30" a 21° 06' 40" Longitud W: 97° 50' 55" a 98° 49' 32"
Entidades:	Hidalgo, Puebla, Veracruz
Municipios:	Acatlán, Acaxochitlán, Agua Blanca de Iturbide, Ahuazotepic, Calnali, Chiconcuautla, Cuautepec de Hinojosa, Eloxochitlán, Honey, Huachinango, Huayacocotla, Huazalingo, Huehuetla, Huejutla de Reyes, Ilamatlán, Jopala, Juan Galindo, Juárez Hidalgo, Lolotla, Metepec, Metztlán, Molango de Escamilla, Naupan, Pahuatlán, San Agustín Metzquitlán, San Bartolo Tutotepec, Tenango de Doria, Tepehuacán de Guerrero, Texcatepec, Tianguistengo, Tlachichilco, Tlacuilotepec, Tlanchinol, Tlaola, Tlapacoya, Tlaxco, Xicotepec, Xochicoatlán, Yahualica, Zacatlán, Zacualpan, Zacualtipan de Ángeles, Zihuateutla, Zontecomatlán.

Localidades de referencia:	Tulancingo, Hidalgo.; Huauchinango, Xicotepec de Juárez, Zacatlán, Puebla
B. SUPERFICIE	
Superficie	3,935 km
Valor para la conservación:	3 (mayor a 1,000 km
C. CARÁCTERÍSTICAS GENERALES	
<p>Se trata de una región prioritaria para la conservación debido a que integra a los bosques mesófilos representativos de la Sierra Madre Oriental. Las áreas de bosques mesófilos de montaña más integrados se encuentran al norte del área, al sur se encuentran fragmentos de bosque mesófilo de montaña, pero con vegetación secundaria y con pastizales inducidos. La parte central de esta RTP presenta mayor fragmentación del bosque mesófilo hacia la zona de Huayacocotla en donde se reporta <i>Magnolia macrophylla</i> var. <i>dealbata</i> (especie amenazada y de distribución restringida). Esta especie se localiza en las áreas de vegetación de bosque de pino-encino. Presenta además poblaciones grandes de helechos arborescentes, así como algunas turberas asociadas con flora rara.</p>	
D. ASPECTOS CLIMATICOS (Y PORCENTAJE DE SUPERFICIE)	
Tipo(s) de clima:	
C(f)	Templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del 34% mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C, húmedo, precipitación anual mayor de 200 mm y precipitación en el mes más seco mayor de 40 mm; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.
(A)Cf	Semicálido, templado húmedo, temperatura media anual mayor de 18°C, 26% temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C, con precipitación anual mayor de 500 y precipitación del mes más seco mayor de 60 mm; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.
(A)C(m)(f)	Semicálido, templado húmedo, temperatura media anual mayor de 18°C, 11% temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C; con precipitación anual mayor de 1,000 mm y precipitación del mes más seco de 0 a 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual.
C(m)(f)	Templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del 9% mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C, húmedo, precipitación anual mayor de 500 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual.
C(m)	Templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del 8% mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C, húmedo, precipitación anual mayor de 500 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias, lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.
C(w2)x'	Templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes 7% más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C, subhúmedo, precipitación anual de 200 a 1,800 mm y precipitación en el

	mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual.	
C(w2)	Templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del 5% mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C, subhúmedo, precipitación anual de 200 a 1,800 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias de verano del 5 al 10.2% anual.	
E. ASPECTOS FISIOGRAFICOS		
Geformas:	Sierras, laderas lomeríos y cañadas.	
Unidades de suelo y porcentaje de superficie: (Clasificación FAO-Unesco, 1989)		
Feozem háplico	Suelos con un horizonte A 78% mólico, no muy duro cuando se seca, con grado de saturación de más de 50% y con relativamente alto nivel de contenido de carbono orgánico; tiene una proporción muy baja de bases, por lo que carece de horizontes cálcico (acumulación de carbonato de calcio) y gypsico (acumulación de yeso) y no es calcáreos; posee un grado de saturación del 50% como mínimo en los 125 cm superiores del perfil; asimismo, carece de propiedades sálicas y gleicas (alta saturación con agua) al menos en los 100 cm superficiales.	
Regosol éútrico	Suelo procedente de 22% materiales no consolidados, con una susceptibilidad a la erosión de moderada alta; posee un único horizonte A claro, con muy poco carbono orgánico, demasiado delgado y duro y macizo a la vez cuando se seca y no tiene propiedades sálicas. El subtipo éútrico tiene un grado de saturación de 50% o más en los 20-50 cm superficiales y sin presencia significativa de carbonato de calcio.	
F. ASPECTOS BIOTICOS		
Diversidad ecosistémica:	Valor para la conservación:1 (bajo)	
<p>Bosque mesófilo, encinares y bosques de <i>Pinus patula</i>. La parte sur de esta RTP está conformada por la cuenca alta del río Necaxa. Se ha descrito que, en las laderas medias, entre los 400 y los 800 msnm se encuentran selva lluviosa de montaña que involucra elementos de la selva alta, con la aparición de géneros de lauráceas. Cabe mencionar la abundancia de equisetos en los terrenos inundables de las vegas. A partir de los 800 msnm se inicia una interdigitación de bosques mesófilos con <i>Liquidambar</i> sp. y helechos arborescentes del género <i>Cyathea</i>, con bosques de pino y mixtos de pino-encino. En las cumbres, cerca de Pahuatlán, el bosque presenta muchos elementos de origen neártico. Hacia el sotavento de la sierra, existe otra interdigitación de bosques de pino, encino y mixtos de carácter subhúmedo. Cabe señalar que en las zonas xéricas de los cañones se encuentran relictos de cactáceas, <i>Cephalocereus</i> sp. y posiblemente <i>Neobuxbaumia</i> sp., que parecen ser especies nuevas y microendémicas. Los principales tipos de vegetación y uso del suelo representados en esta región, así como su porcentaje de superficie son:</p>		
Bosque mesófilo de montaña	Bosque con vegetación densa, muy húmedos, de clima templado. Sólo se presenta en laderas superiores a los 800 m.	42%
Agricultura, pecuario y forestal	Actividad que hace uso de los recursos forestales y ganaderos, puede ser permanente o de temporal.	41%
Bosque de pino	Bosques predominantes de pino. A pesar de distribuirse en zonas templadas, son característicos de zonas frías.	11%

Otros		6%
	Valor para la conservación:	
Integridad ecológica funcional:	4 (alto)	
Los parches de vegetación natural tienen aún especies indicadoras de un buen estado de conservación de los hábitats.		
Función como corredor biológico:	3 (alto)	
Es un corredor biológico por presentar bosques mesófilos interconectados entre la sierra Norte de Puebla y la región de Tlalchinol en Hidalgo.		
Fenómenos naturales extraordinarios:	2 (importante)	
La cañada de Patla es una de las zonas más diversas en especies de lepidópteros papilionídeos y alberga 80% de las especies conocidas en Puebla. Se presentan relictos xéricos en las cañadas.		
Presencia de endemismos:	2 (medio)	
Principalmente para plantas y vertebrados terrestres.		
Riqueza específica:	2 (medio)	
Sobre todo, para plantas, principalmente en el bosque mesófilo, y vertebrados terrestres. En la parte sur se presentan 800 especies de mariposas diurnas, 300 especies de aves. Se reportan 19 especies de mamíferos. Se encuentran también las siguientes especies con estatus de protección especial: <i>Ostrya virginiana</i> , <i>Carpinus caroliniana</i> , <i>Cupressus montana</i> , <i>Ceratozamia mexicana</i> , <i>Magnoliaschiedeana</i> , <i>Lontra longicaudis</i> , <i>Leopardus pardalis</i> , <i>Ramphastos sulfuratus</i> , <i>Pteroglossus torquatus</i> , <i>Penelope purpurascens</i> y <i>Boa constrictor</i> .		
Función como centro de origen y diversificación natural:	0 (no se conoce)	
Información no disponible.		
G. ASPECTOS ANTROPOGENICOS		
Problemática ambiental:		
Existe una alta fragmentación de los hábitats debido a tasas altas de desmonte. Aparentemente, uno de los principales problemas es la extracción inmoderada de madera de pino		
	Valor para la conservación:	
Función como centro de domesticación o mantenimiento de especies útiles:	2 (importante)	
Para la especie <i>Pinus patula</i>		
Pérdida de superficie original:	2 (medio)	
La pérdida de la superficie original se considera de hasta 60%.		
Nivel de fragmentación de la región:	3 (alto)	
Actualmente sólo hay parches aislados de bosques mesófilos por lo que es importante conservarlos.		
Cambios en la densidad poblacional:	1 (estable)	
El crecimiento de la población se mantiene estable.		
Presión sobre especies clave	3 (alto)	
La tala ha afectado a especies como <i>Pinus patula</i> en Hidalgo y Puebla.		
Concentración de especies en riesgo:	2 (medio)	
Cabe mencionar a <i>Dendrotyx barbatus</i> , <i>Ara militaris</i> y otras aves de distribución restringida, así como especies de árboles raros y amenazados como <i>Ostrya</i> sp., <i>Cornus florida</i> , <i>Podocarpus</i> sp., <i>Fagus mexicana</i> , <i>Magnolia macrophylla</i>		
Prácticas de manejo inadecuado:	3 (alto)	
Principalmente debido a la ganadería.		

H. CONSERVACION	
	Valor para la conservación:
Proporción del área bajo algún tipo de manejo adecuado:	2 (medio)
Probablemente media, pues, aunque uno de los principales problemas es la tala para construir potreros, sí existen programas de manejo para el bosque de <i>Pinus patula</i>	
Importancia de los servicios ambientales:	3 (alto)
Las cuencas hidrológicas de los ríos Tuxpan Madera y Necaxa, generan 3% de la energía eléctrica en México con las represas Los Reyes, El Tejocotal, Necaxa y Tenango.	
Presencia de grupos organizados:	1 (bajo)
Cañada de Patla A.C. La Compañía de Luz y Fuerza del Centro ha realizado acciones de reforestación entre Tepexi y Necaxa.	
Políticas de conservación:	
Se desconocen actividades de conservación para la región en la parte norte. Entre las instituciones que realizan actividades de conservación, se pueden identificar a la UAV y al IE hacia la parte central y sur. Algunos poseedores de terrenos cercanos a Xicotepec de Juárez han conservado 120 ha de bosque mesófilo.	
Conocimiento:	
Varios estudios están en su etapa inicial. A la fecha se encuentran en proceso inventarios sobre aves, plantas, herpetofauna y mamíferos. Para mariposas: Cañada del Patla, A.C. El grupo mejor estudiado son los lepidópteros diurnos.	

2.8.3. Regiones Hidrológicas Prioritarias

La hidrografía está caracterizada por corrientes que descienden de los flancos de la Sierra Madre Oriental y desembocan en el Golfo de México. De igual manera a la RHA X GC le corresponden veintidós acuíferos, agrupados en los tres Consejos de Cuenca. Al de los ríos Tuxpan al Jamapa le corresponden diez acuíferos, al del río Papaloapan diez acuíferos y al del río Coatzacoalcos dos acuíferos, la zona de estudio se encuentra en la Región Hidrológica Prioritaria 76, conocida como río Tecolutla (CONANP, 2013).

Tabla 3. Región Hidrológica Prioritaria 76

Características del río Tecolutla

Estado(s):	Veracruz y Puebla
Extensión:	7 950.05km ²
Polígono:	Latitud 20°28'48" - 19°27'36" N Longitud 98°14'24" - 96°57'00" W
Recursos hídricos principales:	
Lénticos:	Presa Necaxa, estuario, laguna costera, marismas
Lóticos:	Ríos Tecolutla, Necaxa, Laxaxalpa, Apulco y Tejocotal, arroyos
Limnología básica:	No determinada

Geología/Edafología:	Rodeada por las sierras de Huachinango al este y Zacapoaxtla al sur; suelos pobres, poco profundos con pendientes pronunciadas tipo Regosol, Luvisol, Feozem, Vertisol y Cambisol.
Características varias:	
Clima:	Templado húmedo con abundantes lluvias en verano y todo el año en la parte alta de la cuenca; cálido húmedo y subhúmedo con abundantes lluvias en verano y todo el año en la cuenca baja. Temperatura media anual de 14-26 °C. Precipitación total anual de 1 200 hasta más de 4 000 mm; evaporación de 1 064-1 420 mm.
Principales poblados:	Cuetzalan, Zacapoaxtla, Zapotitlán, Huauchinango, Tajín, Tecuantepec, El Espinal, Papantla, Gutiérrez Zamora, Tecolutla, Cazones, Coatzintla, Chumatlán, Poza Rica
Actividad económica principal:	agricultura, ganadería, pesca y turismo
Indicadores de calidad de agua:	No determinados
Biodiversidad:	Alta diversidad de hábitats terrestres y acuáticos, con diferentes grados de degradación a lo largo de la cuenca.
Tipos de vegetación:	Bosques de pino-encino, de pino, de encino, bosque mesófilo de montaña en la cuenca alta; selva mediana subperennifolia, sabana, manglar, vegetación halófila y palmar en la cuenca baja.
Flora característica:	<i>Brosimum alicastrum</i> , <i>Bursera simaruba</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Coccoloba barbadensis</i> , <i>Croton punctatus</i> , <i>Diphysa robinoides</i> , <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Ipomoea imperati</i> , <i>Palafoxia lindenbergii</i> , <i>Panicum repens</i> , <i>Sesuvium portulacastrum</i> , <i>Sporobolus virginicus</i> .
Fauna característica:	
Peces:	<i>Astyanax fasciatus</i> , <i>Cathorops aguadulce</i> , <i>Gambusia rachowi</i> , <i>Gobiomorus dormitor</i> , <i>Ictiobus bubalus</i> ; Endemismo del pez <i>Heterandria</i> sp. Especies amenazadas: de peces <i>Gambusia affinis</i> , <i>Ictalurus australis</i> .
Crustáceos	<i>Procambarus (Ortmannicus) gonopodocristatus</i> , <i>Procambarus (Ortmannicus) villalobosi</i> , <i>Procambarus (Paracambarus) ortmanii</i> , <i>Procambarus (Paracambarus) paradoxus</i> , <i>Procambarus (Villalobosus) cuetzalanae</i> , <i>Procambarus (Villalobosus) erichsoni</i> , <i>Procambarus (Villalobosus) hortonhobbsi</i> , <i>Procambarus (Villalobosus) xochitlanae</i> y <i>Procambarus (Villalobosus) zihuateutlensis</i> ;
Aves	<i>Ajaia ajaja</i> , <i>Eudocimus albus</i> , <i>Casmerodius albus</i> , <i>Mycteria americana</i> , <i>Egretta thula</i> , <i>Accipiter striatus</i> , <i>Aulacorhynchus prasinus</i> , <i>Ciccaba virgata</i> , <i>Cyanolyca cucullata</i> . Endemismo del ave <i>Campylorhynchus gularis</i> .
Aspectos económicos:	
Pesquerías de ostión, peces y crustáceos <i>Macrobrachium acanthurus</i> y <i>M. carcinus</i> ; actividad turística; agricultura de temporal y cultivos de vainilla, café, pimienta y cítricos. Presencia de recursos estratégicos como petróleo. Abastecimiento de agua para riego y uso urbano	
Problemática:	
- Modificación del entorno: desforestación, modificación de la vegetación excepto en cañadas,	

ganadería extensiva, pérdida de suelos por deslave, desecación de ríos y mantos freáticos. Monocultivo de maíz y manejo inadecuado del suelo. - Contaminación: por agroquímicos que afectan el cultivo de la vainilla. Coliformes en las cuenca baja y media. - Uso de recursos: existen recursos gaseros, abastecimiento de agua y riego.
Conservación:
Tala inmoderada en la cuenca alta y se requiere de un control de coliformes en la cuenca media y baja. Se considera uno de los ríos mejor conservados de Veracruz. Faltan conocimientos generales de la zona.

2.9. Áreas Naturales Protegidas

Las áreas naturales protegidas son ambientes que no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que requieren ser preservadas y restauradas, quedarán sujetas al régimen previsto en esta Ley y los demás ordenamientos aplicables. Los propietarios, poseedores o titulares de otros derechos sobre tierras, aguas y bosques comprendidos dentro de áreas naturales protegidas deberán sujetarse a las modalidades que, de conformidad con la presente Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, que establece los decretos por los que se constituyan dichas áreas, así como a las demás previsiones contenidas en el programa de manejo y en los programas de ordenamiento ecológico que correspondan (Cámara de diputados del honorable congreso de la unión, 2016).

El establecimiento de áreas naturales protegidas, tiene por objeto:

- I.- Preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los ecosistemas más frágiles, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos;
- II.- Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional, en particular preservar las especies que están en peligro de extinción, las amenazadas, las endémicas, las raras y las que se encuentran sujetas a protección especial;
- III.- Asegurar el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y sus elementos;
- IV.- Proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio de los ecosistemas y su equilibrio;

V.- Generar, rescatar y divulgar conocimientos, prácticas y tecnologías, tradicionales o nuevas que permitan la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional;

VI.- Proteger poblados, vías de comunicación, instalaciones industriales y aprovechamientos agrícolas, mediante zonas forestales en montañas donde se originen torrentes; el ciclo hidrológico en cuencas, así como las demás que tiendan a la protección de elementos circundantes con los que se relacione ecológicamente el área; y

VII.- Proteger los entornos naturales de zonas, monumentos y vestigios arqueológicos, históricos y artísticos, así como zonas turísticas, y otras áreas de importancia para la recreación, la cultura e identidad nacionales y de los pueblos indígenas (Ibídem).

Tipos y características de las áreas naturales protegidas.

Se consideran áreas naturales protegidas, reservas de la biosfera, parques nacionales, monumentos naturales, áreas de protección de recursos naturales, áreas de protección de flora y fauna, santuarios, parques, reservas estatales y zonas de preservación ecológica de los centros de población. Los Gobiernos de los Estados y de la Ciudad de México, en los términos que establezca la legislación local en la materia, podrán establecer parques y reservas estatales en áreas relevantes a nivel de las entidades federativas, que reúnan las características señaladas en los artículos 48 y 50 respectivamente de esta Ley. Dichos parques y reservas no podrán establecerse en zonas previamente declaradas como áreas naturales protegidas de competencia de la Federación, salvo que se trate de las señaladas en la fracción VI de este artículo. En el establecimiento, administración y manejo de las áreas naturales protegidas, la Secretaría promoverá la participación de sus habitantes, propietarios o poseedores, gobiernos locales, pueblos indígenas, y demás organizaciones sociales, públicas y privadas, con objeto de propiciar el desarrollo integral de la comunidad asegurado la protección y preservación de los ecosistemas y su biodiversidad. Para tal efecto, la Secretaría podrá suscribir con los interesados los convenios de concertación o acuerdos de coordinación que correspondan (Ibídem).

Las áreas de protección de recursos naturales, son aquellas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos forestales de aptitud preferentemente forestal, siempre que dichas áreas no queden comprendidas en otra de las categorías previstas en el artículo 46 de esta Ley. Se consideran dentro de esta categoría las reservas y zonas forestales, las zonas de protección de ríos, lagos, lagunas, manantiales y demás cuerpos considerados aguas nacionales, particularmente cuando éstos se destinen al abastecimiento de agua para el servicio de las poblaciones (Ibídem).

En las áreas de protección de recursos naturales sólo podrán realizarse actividades relacionadas con la preservación, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en ellas comprendidos, así como con la investigación, recreación, turismo y educación ecológica, de conformidad con lo que disponga el decreto que las establezca, el programa de manejo respectivo y las demás disposiciones jurídicas aplicables. que disponga el decreto que las establezca, el programa de manejo respectivo y las demás disposiciones jurídicas aplicables (Cámara de diputados del Honorable Congreso de la Unión, 2015).

2.9.1. Área de Protección de Recursos Naturales Zona Protectora Forestal Vedada “Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa

El Área de Protección de Recursos Naturales Zona Protectora Forestal Vedada “Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa. El 20 de octubre de 1938, fue decretada como Zona Protectora Forestal Vedada los terrenos que limitan la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa. El 9 de septiembre de 2002, se recategorizó como Área de Protección de Recursos Naturales Zona Protectora Forestal Vedada “Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa”. Abarca una superficie aproximada de 41,691.5 hectáreas, las cuales se ubican en la Sierra Norte y el Eje Neovolcánico en los estados de Puebla e Hidalgo, con un total de 13 municipios. El punto de acceso más importante a esta región es la carretera México-Tuxpan. No existe un plan de manejo para el área, pero existe un estudio previo justificativo para el establecimiento del área natural protegida,

fundamentado en las características biológicas el uso de suelo, los aspectos sociales de las poblaciones locales y el aprovechamiento que en ella se realiza (Cámara de diputados del honorable congreso de la unión, 2014).

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), conforme lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en los artículos 58 y 62; así como su reglamento en materia de áreas naturales protegidas en los artículos 62 al 65, ha elaborado el estudio previo justificativo con el objeto de proporcionar los elementos que justifiquen la propuesta de modificación del decreto por el cual se estableció como ZPFV los terrenos comprendidos en la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, con la finalidad de hacer posible el cumplimiento de los objetivos del área natural protegida y brindar certeza jurídica a los propietarios, poseedores y usuarios (CONANP, 2013).

2.10. Sitios Ramsar

La convención Ramsar es un tratado internacional que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos de importancia internacional de acuerdo a los criterios establecidos por la convención relativa a los humedales especialmente como hábitat de aves acuáticas. Esta convención fue celebrada en la ciudad de Ramsar, Irán el 2 de febrero de 1971, los sitios Ramsar son reconocidos por ser de gran valor, no solo para el país o los países en los que se ubican sino para la humanidad en su conjunto. En la actualidad hay más de 2.200 sitios Ramsar en todo el mundo que abarcan más de 2,1 millones de kilómetros cuadrados, una superficie mayor que México (RAMSAR, 2010).

Las Partes siguen designando humedales para su inclusión en la lista, seleccionan humedales adecuados para la designación consultando los Criterios para la identificación de Humedales de Importancia Internacional. La inclusión de un humedal en la lista representa el compromiso del Gobierno de adoptar las medidas necesarias para garantizar que se mantengan sus características ecológicas. La Convención

incluye diversas medidas para responder a las amenazas para las características ecológicas de los sitios (Ibídem). Actualmente la CONANP impulsa el cumplimiento de la convención en los sitios Ramsar que se encuentran dentro de áreas naturales protegidas federales y facilita el cumplimiento a este compromiso internacional (Convención Ramsar, 2017). En México hay 142 Humedales de Importancia Internacional, ocupando el segundo lugar a nivel mundial.

La zona de estudio se encuentra en el Sitio Ramsar 1,796, denominado Sistema de Represas y Corredores biológicos de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, que fue designado el 2 de febrero de 2008, compartiendo el área entre los estados de Hidalgo y Puebla, comprende un área de 1,541 ha en las coordenadas extremas 20°09'N y 098°03'W. El Sistema de Represas y Corredores biológicos de la Cuenca Hidrográfica del Río de Necaxa, está compuesto por cinco represas; este sistema funciona como un corredor para aves acuáticas o semiacuáticas, y funciona también como un área para resguardar varias especies protegidas por la legislación mexicana. El principal uso es el almacenamiento de agua para producción de energía eléctrica y en menor escala se realizan actividades forestales en las inmediaciones de las presas (Flores, 2008).

Las especies encontradas en el sitio que presentan importancia para el sitio propuesto comprenden: doce especies de Anfibios entre otros el sapo del golfo (*Cranopsis (Bufo) nebulifer*), la rana arborícola (*Smilisca baudinii*), la rana ladradora (*Craugstor mexicanus*), la rana poblana (*Rana pueblae*) y la salamandra o tlalasholo (*Pseudoeurycea cephalica*). La importancia de este grupo de anfibios radica en que son indicadores ambientales para los humedales propuestos además de ser alimento para varias de las especies de reptiles semiacuáticos (serpientes), aves acuáticas (garzas y garcetas) y mamíferos. En el caso de los reptiles las especies que presentan mayor significado y representatividad para los humedales son principalmente las serpientes acuáticas representadas por las culebras de agua de cabeza dorada (*Thamnophis chrysocephalus*), la culebra de agua de cuello negro (*Thamnophis cyrtopsis*), la culebra de agua moteada (*Thamnophis sumichrasti*) y la culebra de agua rayada (*Thamnophis marcianus*). Otras especies que con mayor frecuencia se observan y que habitan las

zonas arboladas en las orillas de los humedales son el falso escorpión de tierra (*Barisia imbricata*), el falso escorpión de árbol (*Abronia taeniata*), la culebra de tierra lineada (*Conopsis lineata*), la culebra minadora alteña (*Geophis mutitorques*) y la víbora de cascabel (*Crotalus triseriatus*).

Las aves representan la mayor diversidad de especies que pueden ser observadas en la red de humedales del sitio propuesto, entre las que destacan el zambullidor menor (*Tachybaptus dominicus*), las garzas blancas (*Ardea alba*), la garza dedos amarillos (*Egretta thula*) y el cormorán oliva (*Phalacrocorax olivaceus*). Otras aves terrestres obtienen agua directamente del humedal además de refugio y alimento de los árboles que existen en sus orillas. Los mamíferos manifiestan actividad tanto de tránsito como de búsqueda de alimento en los humedales. Su presencia principalmente es nocturna y crepuscular. De entre las especies más representativas que los frecuentan son el tlacuache (*Didelphis virginiana*), el armadillo nueve bandas (*Dasyus novemcinctus*) y el zorrillo (*Mephitis macroura*), además de varias especies de murciélagos. El tipo de humedal de acuerdo con la clasificación Ramsar es 6 y M/N/Y, lo que indica que es un humedal artificial que implica (6): áreas de almacenamiento de agua; reservorios, diques, represas hidroeléctricas, estanques artificiales (generalmente de más de 8 ha), y que incluye (M): Ríos/arroyos permanentes; incluye cascadas y cataratas.; (Y): Manantiales de agua dulce, oasis (Ibídem).

Los criterios Ramsar utilizados para designar este sitio fueron los siguientes:

Criterio 1.- En el sitio existen especies bajo protección especial, amenazadas o en peligro de extinción que el sitio propuesto sustenta con base a la NOM-SEMARNAT-059-2001 Al momento de la designación del sitio era la norma vigente, actualmente se tiene la NOM-059-SEMARNAT-2010, como son el Helecho Arborescente (*Cyathea mexicana*) y la rana de Puebla (*Litobathes (Rana) pueblae*) consideradas como especies en peligro de extinción. De igual forma el sitio propuesto sustenta especies migratorias las cuales también se encuentran enlistadas en la norma mencionada.

Criterio 2.- Además de las especies mencionadas en el criterio anterior, existen otras especies animales importantes que encuentran sustento en los humedales propuestos.

En el caso de la fauna no solamente las especies categorizadas según la NOM-SEMARNAT-059-2001 (Ibídem) dependen de estos humedales. Las siguientes especies ejemplifican la variedad faunística que también está relacionada con los humedales propuestos. Como ejemplo tenemos los siguientes: Anfibios y reptiles, como aquellos de las familias Bufonidae, Ranidae, Hylidae, Anguillidae, Scincidae, Colubridae y Viperidae entre otras. Especies que son comunes en la región, como el caso de las ranas (*Rana*) y los sapos (*Cranopsis*) a excepción de la rana de Puebla (*Rana pueblae*) que es endémica de la zona de Necaxa y la subespecie *manni* de la salamandra o tlasholo (*Pseudoeurycea cephalica*) de la cual existen muy pocos reportes y que se ha localizado principalmente en esta zona (<http://www.globalamphibians.org>). Además existen otras especies de aves acuáticas y semiacuáticas tales como las garzas blancas (*Casmerodius albus*) y las garzas dedos dorados (*Egretta thula*) de las cuales existen poblaciones fijas considerables, la garza azul (*Egretta caerulea*), el cormorán oliva (*Phalacrocorax olivaceus*), martín pescador grande (*Ceryle torquata*) y menor (*Chloroceryle americana*), etc. y aves terrestres que incluyen varias especies de las familias Turdidae, Tyrannidae, Icteridae, Fringillidae, Parulidae, Picidae, Muscicapidae, Corvidae, Emberizidae, Aegithalidae, Trochilidae, Tytonidae, Hirundinidae y Columbidae principalmente. Muchas de estas especies y géneros son comunes a nivel regional (Peterson, 1998). En cuanto a mamíferos, dependen de estos humedales directa o indirectamente especies tales como los armadillos (*Dasypus novemcinctus*) y tlacuaches (*Didelphis marsupialis* y *Didelphis virginiana*); varias especies de quirópteros y roedores; Lagomorfos como los conejos (*Sylvilagus floridanus* y *Sylvilagus cunicularius*); las musarañas (*Cryptotis parva mexicana*) además especies arborícolas como las ardillas grises (*Sciurus aureogaster*) y especies de carnívoros como las zorras grises (*Urocyon cinereoargenteus*), el cacomixtle (*Bassariscus sumichrasti*) el coati (*Nasua narica*), el mapache (*Procyon lotor*), este último en especial por su gran dependencia biológica al agua y el zorrillo cadeno (*Mephitis macroura*).

Estas especies de mamíferos son también comunes a nivel regional (Ceballos, 2005). Todas las especies mencionadas con anterioridad, tanto de anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Se encuentran por igual en todas las represas propuestas como sitio

RAMSAR a excepción del coatí (*Nasua narica*) el cual solo se observa en las presas Necaxa y Nexapa y la rana poblana la cual está localizada en las inmediaciones del área de la presa Necaxa. Cabe mencionar que la información sobre la especie es muy poca y la necesidad de realizar estudios específicos con mayor profundidad al respecto es necesaria.

Criterio 3.- El sitio propuesto mantiene especies migratorias tanto acuáticas como terrestres durante la temporada invernal como puntos clave de parada para alimentarse y descansar. La ruta migratoria que atraviesa el centro de la República Mexicana como parte del corredor del Oeste, es utilizada principalmente por especies provenientes de las zonas centro y pacífico del Canadá y Estados Unidos. Esta ruta es utilizada tanto por especies acuáticas, semiacuáticas, algunas aves de presa y aves canoras.

Entre estas especies encontramos aquellas como el águila pescadora (*Pandion haliaetus*), el pato golondrino (*Anas acuta*), el pato cucharón (*Anas clypeata*), la cerceta aliazul oscura (*Anas crecca carolinensis*), la cerceta aliazul clara (*Anas discors*), la cerceta aliazul café (*Anas cyanoptera septentrionalis*), el chorlito tildío (*Charadrius vociferus*), el playero alzacolita (*Actitis macularia*), la gallareta (*Fulica americana*) y la gaviota apipixca (*Larus pipixcan*) y entre las especies terrestres el chipe grupidorado (*Dendroica coronata*), la perlita piis (*Polioptila caerulea*) y el picogruoso pecho rosa (*Pheucticus ludovicianus*) (Peterson, 1998). Una de las arterias de esta ruta central corre por los estados de Puebla e Hidalgo, influyendo en la red de represas de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa.

2.11. Ictiofauna en la zona de estudio

En el APRN Cuenca Hidrográfica del río Necaxa son muy escasos los estudios sobre la ictiofauna, de tal forma que la mayoría de los antecedentes existentes son regionales, cercanos o contiguos a la cuenca, existen diversas investigaciones referentes a la ictiofauna dulceacuícola de México, las cuales contienen claves taxonómicas de especies de peces continentales, como son las de Miller *et al* (2009); Espinosa (2014); Espinosa *et al* (2004); Mendoza *et al* (2014). La región central de México presenta

endemismos a nivel de familia, género y especie, como es el caso del género *Chirostoma*, la familia Goodeidae, y los ciprínidos de los géneros *Algansea* y *Yuriria*, que en conjunto son las dominantes de esta región (De la Vega, 2013; Espinosa, 2014).

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación en el año 2009 informa que el estado de Puebla presenta siete especies de Cyprinidos, la carpita del balsas (*Notropis boucardi*), la carpita azteca (*Aztecula sallaei*), las carpitas Veracruzanas (*Notropis imeldae*, *Notropis ipini*), la carpa común (*Cyprinus carpio*), la carpa dorada (*Carassius auratus*), la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*), dos characidos, la pepesca o sardinita de agua dulce (*Astyanax fasciatus*) y la sardina mexicana (*Astyanax mexicanus*), dos ictaluridos, el bagre del Balsas (*Ictalurus balsanus*) y el bagre del canal (*Ictalurus punctatus*), un salmónido la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y tres mugilidos, el bobo (*Joturus pichardi*), el mexcalpique cola partida (*Goodeidae Ilyodon whitei*) y el mexcalpique de Zempoala (*Girardinichthys multiradiatus*). Por otra parte, reporta que las especies cultivadas en el estado son, la trucha arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*), las tilapias (*Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis aureus*), el bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), la carpa (*Cyprinus carpio*), la lobina (*Micropterus salmoides*) y el pescado blanco (*Chirostoma estor*) (Montalvo et al., 2009)

2.11.1. Características de las especies

El movimiento de especies en todo el mundo genera preguntas complejas sobre lo que es nativo o no nativo, si las nuevas especies son dañinas o benignas en su nuevo hábitat, e incluso si las especies se originaron o no en lugares que ahora se encuentran comúnmente. Categorizar especies es una manera útil de aclarar exactamente qué papel tiene un animal en un ecosistema o en su distribución en un lugar o en todo el mundo. Se tienen diferentes categorizaciones para explicar las especies y su presencia en un hábitat, las más utilizadas son especies nativas o endémicas, especies no nativas o exóticas, especies invasivas y especies criptogénicas. La topografía de México, su amplia extensión latitudinal y las grandes diferencias de altitud crean una gran variedad sustancial de condiciones climáticas que permiten a especies neotropicales y templadas

encontrar nichos favorables para su desarrollo y adaptación logrando el establecimiento bajo dichas condiciones (Miller *et al.*, 2009).

2.11.2. Introducción de especies

Son especies que se encuentran fuera de su área de distribución natural. En México esta definición se aplica oficialmente para el concepto de especie introducida o exótica. En cuanto al término “especie invasora”, se define como aquella que alcanza un tamaño poblacional capaz de desplazar o eliminar a otras especies dentro de un hábitat o ecosistema, alterando la estructura, composición y funcionalidad de este. Las especies invasoras pueden ser exóticas o nativas, de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por siglas en inglés), una especie invasora es aquella especie exótica o trasladada que ha sido introducida accidental o intencionalmente fuera de su distribución natural y que tiene la capacidad de colonizar, invadir, persistir además su introducción y dispersión amenazan la diversidad biológica, causando daños al ambiente, a la economía y a la salud humana (Aguirre *et al.*, 2009).

2.11.3. Especies endicas.

Se refiere a especies o subespecies que se presentan dentro de su área natural de distribución y su área de distribución potencial que pudieran ocupar sin intervención directa e indirecta de los humanos (Miller *et al.*, 2009).

2.11.4. Especies exóticas.

Se refiere a especies o subespecies que se presentan fuera de su área natural de distribución que no pudieran ocupar sin la intervención directa o indirecta de la mano humana, que pudieran sobrevivir y reproducirse subsecuentemente (Miller *et al.*, 2009). Asimismo, se considera una especie no nativa exótica (introducida o exótica) a la especie, subespecie o taxón inferior que se establece fuera de su área natural (pasada o actual) y de dispersión potencial (fuera del área que ocupa de manera natural o que no podría ocupar sin la directa o indirecta introducción o cuidado humano) e incluye cualquier parte, gameto o propágulo de dicha especie que puede sobrevivir y

reproducirse (CDB. 2009; IUCN. 1999). Este término también puede aplicarse a niveles taxonómicos superiores, como género o familia (IUCN, 1999; Lever, 1985).

En la Ley General de Vida Silvestre (LGVS), publicada el 1 de febrero de 2007 se indicaba en el artículo 3 que se entenderá por ejemplares o poblaciones exóticos a aquellos que se encuentran fuera de su ámbito de distribución natural, lo que incluye a los híbridos y modificados. A partir de 2010, se tiene una nueva definición: Especie exótica invasora. Es aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitat y ecosistemas naturales y que amenazan la diversidad biológica nativa, la economía y la salud pública (Diario Oficial de la Federación, 2010).

2.11.5. Especies criptogénicas

Son aquellas cuya procedencia (nativas o introducidas) no es demostrable (Miller *et al.*, 2009). De acuerdo con Carlton (1996), son especies que no son claramente nativas ni tampoco exóticas, este autor indica que debido que existe una prevalencia histórica del movimiento de las plantas y de los animales por los humanos, combinada con una ausencia de información que soporte o desmienta el movimiento de muchas especies y que en ambientes manejados por los humanos se torna complicado asignar alguna categoría a las diferentes especies. Asimismo, este mismo autor menciona dos puntos relevantes: las especies criptogénicas son comunes y si estas especies tiene importantes consecuencias para entender las invasiones biológicas.

En una nota más reciente (Carlton, 2016), se menciona que en muchas disciplinas se acostumbra crear dicotomías o tricotomías para incorporar fenómenos o patrones, organizando la naturaleza en categorías distintas, que básicamente funciona para ayudar a la toma de decisiones y sin embargo, a pesar de esto, se reconoce que una gran cantidad de las cosas no se pueden colocar cómodamente en una categoría u otra, que el mundo está lleno de excepciones, gradaciones imperceptibles, y confusas inconsistencias. Pero esto no significa que se abandone el objetivo de encontrar patrones en un mar de variaciones.

Actualmente aún se tiene falta de conocimiento sobre si las especies son nativas o no, siendo estas las que se denominan criptogénicas, pero su existencia no contradice el concepto nativo o no nativo. Más bien, el reconocimiento de las especies criptogénicas permite cuestionar hasta qué punto se entiende verdaderamente la historia de las comunidades modernas, en términos de su estructura, energía y procesos regulatorios. Identificar aquellas especies que son criptogénicas permite realizar los estudios históricos, genéticos y de otro tipo necesarios para determinar si son en realidad nativos o no, y así potencialmente mejorar significativamente nuestra comprensión de la comunidad, que, a su vez, puede contribuir a dilucidar cuestiones de conservación, restauración y preservación (Ibídem).

2.12. El proceso de invasión

Las especies no se distribuyen uniformemente sobre la superficie terrestre, sino que cada una de ellas tiende a ocupar un área de distribución particular que encierra el conjunto de localidades en donde los individuos de la especie se encuentran en estado espontáneo. Las áreas de distribución de las especies no son fruto del azar, ni tampoco son estables en el tiempo, sino que vienen determinadas por la proyección geográfica de los distintos factores ecológicos y por la variación que los mismos sufren a lo largo del proceso evolutivo. En la actualidad se reconoce ampliamente que una de las principales causas de pérdida de biodiversidad en todo el mundo son las especies invasoras. Muchos organismos de otros países o regiones pueden sobrevivir en nuevos ambientes sin mostrar efectos perjudiciales durante un largo periodo de tiempo; sin embargo, algunas especies pueden superar barreras ambientales, llegar a reproducirse y establecer una nueva población viable fuera de su área de distribución natural que, con el paso de varios años, puede modificar drásticamente su nuevo entorno. Para cuando los daños ocasionados por las especies invasoras son perceptibles, las invasiones, en general, han alcanzado grandes magnitudes con graves consecuencias (Koleff, 2011).

En este proceso las especies exóticas se convierten en especies invasoras, y una vez iniciado se va a perpetuar por sí mismo (Miller *et al.*, 2009).

El Convenio sobre la Diversidad Biológica define a las especies invasoras como “aquéllas que prosperan sin ayuda del ser humano y amenazan hábitats naturales o seminaturales, fuera de su área habitual de distribución” (Convenio de Diversidad Biológica, 2009) y señala que “es uno de los principales generadores del cambio ambiental en el mundo”.

Sin embargo, es necesario indicar que algunas especies nativas pueden volverse invasoras cuando son introducidas a otra región ecológica distinta a su área de distribución en el mismo país (traslocación), o incluso en su sitio de origen, cuando se altera la dinámica ecológica del lugar (Koleff, 2011).

Una especie invasora, es una especie exótica que se establece en hábitats o ecosistemas naturales o seminaturales; es un agente de cambio y representa una amenaza para la biodiversidad nativa (Convenio de Diversidad Biológica, 2009; IUCN, 1999). Bajo esta definición, vemos que solo sería posible considerar como especies invasoras a las definidas en la LGVS como “ejemplares o poblaciones que se tornen perjudiciales”, ya que se indican los impactos que pueden causar.

Las invasiones biológicas pueden ser parte de un proceso natural de dispersión y colonización de nuevos hábitats, en las últimas décadas las actividades humanas han acelerado la dispersión de especies de diferentes grupos taxonómicos, con lo que han logrado traspasar grandes distancias, de modo que las barreras geográficas naturales que durante millones de años habían limitado el movimiento de muchas especies, se volvieron cada vez menos eficaces (Koleff, 2011).

A lo largo y ancho del planeta se ha producido una enorme transformación en los hábitats acuáticos de agua dulce, hasta el punto de que el 50% de ellos ha sido acondicionado para uso humano durante el siglo XX. El 60% de los principales ríos del

planeta ha sido fragmentado por presas o canalizaciones y el hombre utiliza ya entre el 40% y el 50% del agua que llega a los cauces. Además, el 50% de los humedales del planeta ha sido eliminado. Teniendo en cuenta esta situación, no es de extrañar que estas alteraciones sean la causa del 75% de las extinciones de los peces de agua dulce (Dorado, 2010).

La introducción de especies es un proceso que puede ser intencional, o por medios naturales como vientos, corrientes marinas, eventos climáticos extremos, entre otros), siendo que las actividades humanas son las que las incorporan de forma intencional, principalmente para actividades productivas. En el proceso de la invasión biológica se pueden distinguir cuatro etapas: transporte, colonización o introducción, establecimiento y dispersión (IUCN, 1999). En la siguiente figura se presenta un esquema de este proceso:

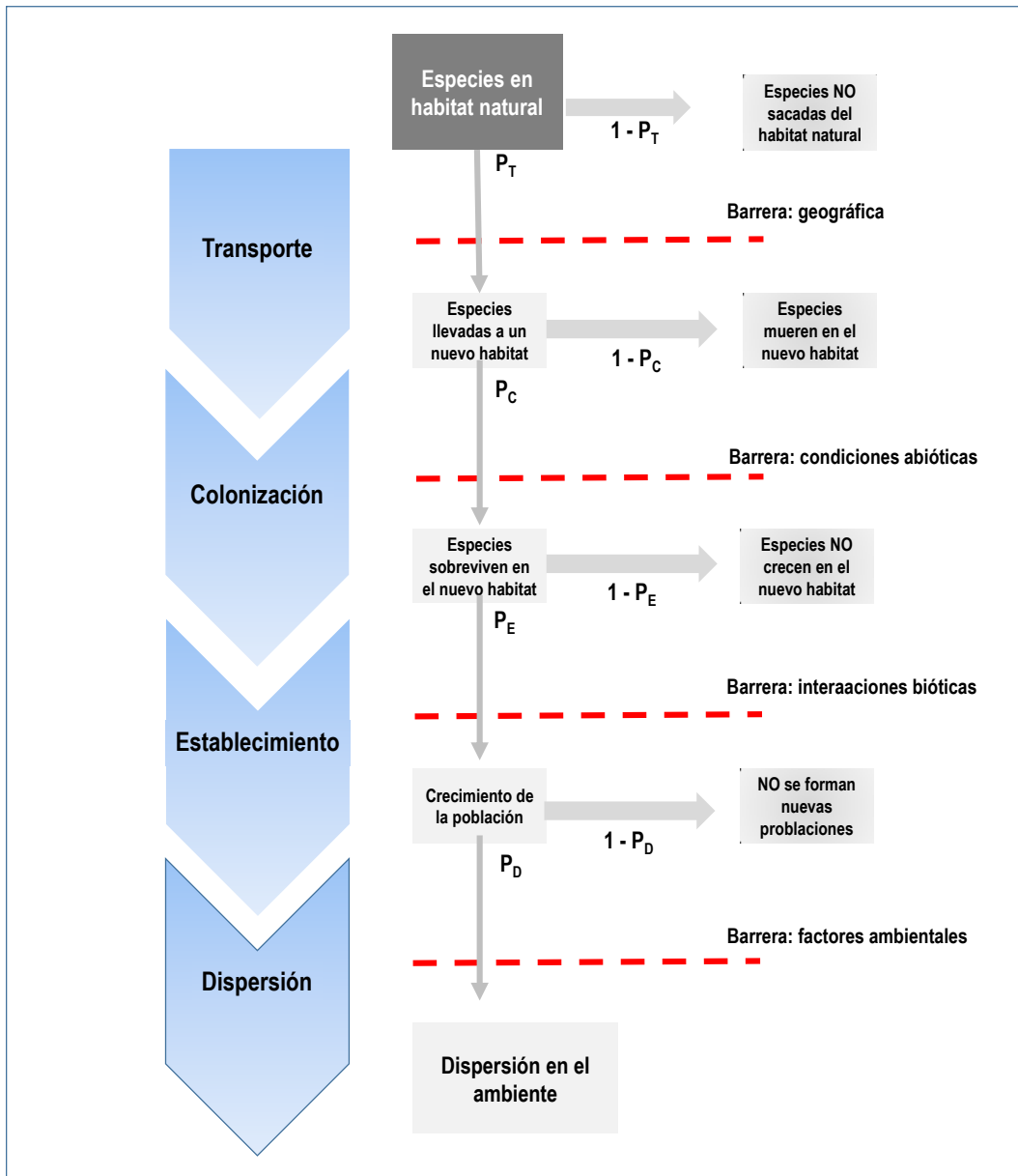


Figura 1. Proceso de invasión biológica (Hellman *et al.*, 2008).

Colonización o Introducción. La transportación y establecimiento de ejemplares vivos por las personas a una nueva región, fuera del área de distribución natural de la especie o taxón (histórica o actual), es una de las actividades más frecuentes y es la que está ocasionando que cada vez se tenga una mayor cantidad de organismos no nativos, esto puede darse dentro de un mismo país o entre diferentes países o continentes (IUCN, 1999; Lever, 1985). El proceso de introducción puede ocurrir de manera inadvertida o deliberada, como consecuencia de actividades humanas

específicas, como es el comercio de especies, el agua de lastre, condiciones meteorológicas, que los individuos escapen de algún confinamiento, etc (IUCN, 1999; McNeely *et al.* 2001).

Las características que promueven la capacidad de una especie para volverse una especie invasora no son generales, pero se ha indicado que influye el ciclo de vida, la tasa reproductiva, las características biológicas de la especie, la capacidad de adaptación, entre otras. Las características comunes a los colonialistas exitosos en diferentes taxones incluyen historias naturales tipo r (uso de hábitat pionero, tiempo de generación corto, alta fecundidad, y altas tasas de crecimiento) y la habilidad para cambiar entre estrategias r y K, sin embargo, muchas de estas características no han sido comprobadas (Koleff, 2011).

En particular las características de peces de agua dulce invasores incluyen tolerancia a un amplio rango de condiciones ambientales, rápida dispersión, colonización, comportamiento agresivo y competitividad, estas especies son de interés humano como alimento, pesca deportiva, ornamental. Otra explicación para el éxito de las especies invasoras al competir con las especies nativas Es la ausencia de enemigos, permitiéndoles crecer y reproducirse sin dicho regulador de la población (Ibídem).

Establecimiento. Los elementos esenciales para el establecimiento de una población viable y auto-sostenible pueden no ser consistentes para todos los taxones. El establecimiento en una comunidad natural puede requerirse distintas características a las necesarias para la entrada a un hábitat modificado por el hombre. Una vez que la colonización y el establecimiento han ocurrido, las especies invasoras pueden diseminarse a partir de una dispersión a gran distancia (dispersión por salto), de fuentes externas (natural o auxiliada por el hombre) y a corta distancia (dispersión difusa) con expansión lateral a la población establecida. Los factores que influyen en el número de propágulos, el modo de dispersión y las tasas vitales (nacimientos, muertes) son críticos para la propagación de especies invasoras (Álvarez *et al.*, 2008).

Dispersión. Se refiere a la capacidad de movilidad de las especies. La dispersión natural se ha definido como el movimiento o la distancia desde el lugar de origen del organismo hasta su lugar de reproducción, según el comportamiento y movilidad o los mecanismos de dispersión de semillas, en el caso de las plantas. La dispersión constituye un componente integral de la dinámica poblacional y estrategia demográfica de todos los organismos. Una especie que no se dispersa queda reducida en su lugar de origen y es más vulnerable a la extinción por cualquier aleatoriedad ambiental. La mayor parte de dispersión es de corta distancia y limitada por barreras naturales, de tal forma que pocas veces excede el área de distribución de la especie. Puede considerarse que una especie es invasora cuando ejerce un fuerte impacto negativo al ambiente, lo cual finalmente tiene impactos directos o indirectos en el bienestar humano (Koleff, 2011).

Como respuesta al problema global de las especies invasoras, se han desarrollado estrategias estableciendo varios acuerdos y lineamientos internacionales con diversas organizaciones. Entre ellos se encuentra el Convenio Internacional para la Protección de las Plantas (IPPC), la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), la Organización Mundial de la Salud (WHO), el Programa Global de Especies Invasoras (GISP) y los Lineamientos para la Prevención de la Pérdida de Biodiversidad causada por Especies Invasoras Exóticas de la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza, (CONABIO, 2018)

La IUCN ha desarrollado a través de la Comisión de Supervivencia de Especies, la Base de Datos Global de Especies Invasoras, que es manejada por el Grupo de Especialistas en Especies Invasoras (ISSG), y que tiene sede en la Universidad de Auckland. En esta Base de Datos se incluyen especies tanto vegetales como animales que son consideradas invasoras y se consignan sus características como origen geográfico, causas de su invasión, problemas que ocasiona, nombres comunes entre otros.

La Base de Datos Global de Especies Invasoras es una fuente gratuita de información en línea sobre especies que impactan negativamente la biodiversidad. El ISSG tiene como objetivo aumentar la conciencia pública sobre las especies invasoras y facilitar las actividades de prevención y gestión eficaces mediante la difusión de los conocimientos y la experiencia de especialistas a una amplia audiencia global. Se centra en las especies exóticas invasoras que amenazan la biodiversidad nativa y cubre todos los grupos taxonómicos, desde microorganismos hasta animales y plantas. La Base de Datos Globales de Especies Invasoras se enfoca en especies exóticas invasoras que amenazan la biodiversidad nativa. Cubre todos los grupos taxonómicos, desde microorganismos hasta animales y plantas en todos los ecosistemas. Está centrada en algunas de las especies invasoras relevantes, consultando con expertos internacionales y analizando los datos disponibles para identificar especies con graves impactos sobre la diversidad biológica y las actividades humanas (González *et al.*, 2014).

El Sistema de Información Sobre Especies Invasoras en México reporta hasta la actualidad doscientos treinta y tres especies de peces invasoras, considerando para ello organismos (especie, subespecie o taxón inferior) cuya distribución ocurre fuera de su área natural (pasada o actual) y que su dispersión potencial (ej. fuera del área que ocupa de manera natural o que no podría ocupar sin la directa o indirecta introducción o cuidado humano). En este Sistema se incluyen los listados de especies invasoras reportadas para nuestro país y algunas cuya entrada a México es inminente, o tendría consecuencias severas para nuestra biodiversidad. Estas listas se encuentran en constante revisión, debido a la naturaleza dinámica del problema, por lo que se estarán actualizando de manera periódica. La información proviene de expertos, literatura científica, e información de proyectos apoyados por CONABIO, (2014).

3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- a) ¿Cuál es la composición ictiofaunística de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa después de la construcción de las presas y de las acciones de fomento pesquero?
- b) ¿Cuál es la riqueza y diversidad de especies de peces en las presas del área y a su vez, qué especies son introducidas nativas o no nativas de México?
- c) ¿Qué métodos pesqueros son implementados en cada una de las presas del APRN?
- d) ¿Qué estrategias pesqueras pueden implementarse en el área para convertirla en sustentable?

4. HIPÓTESIS

- a) Sí las presas de la Cuenca Hidrográfica del río Necaxa son ecosistemas relativamente recientes y de características oligotróficas, entonces las comunidades de peces serán representativas de los sistemas lénticos y de baja diversidad.

- b) Si la composición, distribución y abundancia de las especies de peces en las presas son el resultado de la construcción de las mismas y del manejo de los cuerpos de agua con fines pesqueros, entonces las comunidades de peces lo reflejan en su riqueza y diversidad.

- c) Sí la actividad pesquera depende de la composición de especies, su abundancia e importancia como producto, así como las acciones realizadas para el fomento pesquero, entonces la actividad pesquera presentará diferencias entre las presas.

- d) Si los métodos pesqueros implementados en las presas de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa son eficientes entonces esto se verá reflejado en la cantidad y número de capturas, en la economía de los pescadores y en el impacto directo a las comunidades ícticas.

5. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar los efectos de la construcción de las presas y la actividad pesquera sobre la diversidad ictiofaunística en la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa

Objetivos particulares

- 1) Analizar la composición taxonómica de la ictiofauna presente en las cinco presas.
- 2) Comparar las especies nativas y las especies no nativas introducidas en las presas.
- 3) Analizar la diversidad de la ictiofauna peces desde un punto de vista comparativo entre el pasado y el presente, así como entre las presas.
- 4) Analizar la actividad pesquera para cada una de las presas.
- 5) Proponer estrategias para el manejo sostenible de la actividad pesquera.

6. Área de estudio

El trabajo se realizó en el área natural protegida, Zona Protectora Forestal Vedada Cuenca Hidrográfica del río Necaxa, tiene una superficie de 1,541.4 Hectáreas y su polígono abarca desde la cuenca del río Necaxa hasta la barranca de Patla (Figura, 1). Se localiza en la parte norte del estado de Puebla y al este del estado de Hidalgo, En el APRN se encuentran cinco presas, las cuales fueron objeto de estudio para la presente investigación, las presas Tejocotal y Los Reyes se encuentran localizadas dentro del Municipio de Acaxochitlán en el estado de Hidalgo, la presa Necaxa se ubica dentro del municipio Juan Galindo y las presas Tenango y Nexapa se encuentran localizadas dentro del municipio de Huauchinango, en el estado de Puebla. El agua de las principales corrientes de la parte alta de las subcuencas drena hacia las cinco presas, de las cuales, la presas Tenango, Nexapa, Tejocotal y Los Reyes se encuentran conectadas por medio de canales y túneles que desembocan hacia la presa Necaxa; a partir de esta presa, las aportaciones de agua drenan finalmente hacia las plantas de generación de electricidad (Universidad Autónoma de Chapingo, 2001; Flores, 2007)

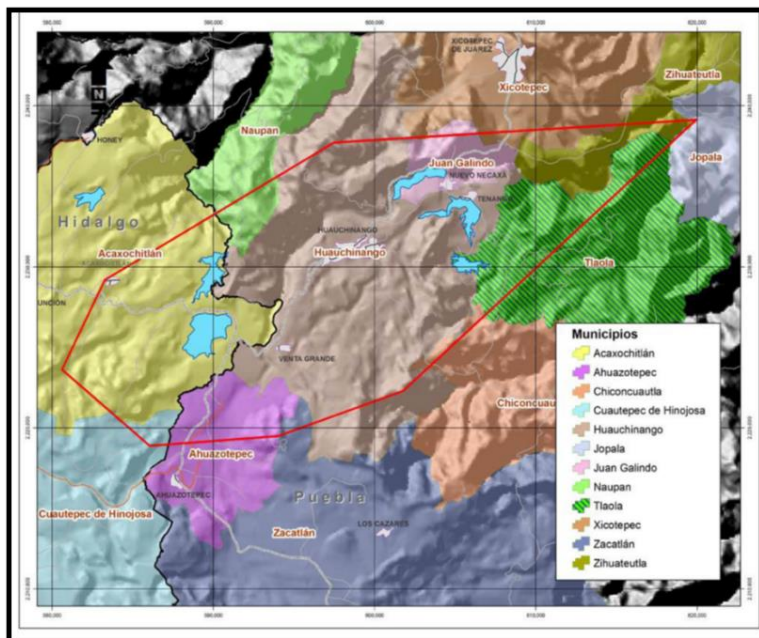


Figura 2. Poligonal del Área de Protección de Recursos Naturales, Zona Protectora Forestal Vedada, Cuenca Hidrográfica del río Necaxa (CONANP, 2013).

Ubicación del área de estudio

El área natural protegida, Zona Protectora Forestal Vedada Cuenca Hidrográfica del río Necaxa, tiene una superficie de 1541.4 hectáreas y su polígono abarca desde la cuenca del río Necaxa hasta la barranca de Patla. Se localiza en la parte norte del estado de Puebla y al este del estado de Hidalgo, En el APRN se encuentran cinco presas, las cuales fueron objeto de estudio para la presente investigación, las presas Tejocotal y Los Reyes se encuentran localizadas dentro del Municipio de Acaxochitlán en el estado de Hidalgo, la presa Necaxa se ubica dentro del municipio Juan Galindo y las presas Tenango y Nexapa se encuentran localizadas dentro del municipio de Huauchinango, en el estado de Puebla. El agua de las principales corrientes de la parte alta de las subcuencas drena hacia las cinco presas, de las cuales, la presas Tenango, Nexapa, Tejocotal y Los Reyes están conectadas por medio de canales y túneles que desembocan hacia la presa Necaxa; a partir de esta presa, las aportaciones de agua drenan finalmente hacia las plantas de generación de electricidad (Universidad Autónoma de Chapingo, 2001; Flores, 2007).

6.1. Características Físicas

Geología

Desde el punto de vista geológico, el área está conformada por dos grandes zonas muy distintas entre sí, la primera corresponde al Sistema Volcánico Transversal o “Eje Neovolcánico”, comprende la parte sur y oeste del área y está conformada por materiales de origen volcánico; la segunda es una “faja de pliegues y cabalgaduras” ubicada en la parte media del Área Natural Protegida y perteneciente a la Sierra Madre Oriental, está formada por rocas sedimentarias plegadas consideradas como las más antiguas de la región. El Eje Neovolcánico está conformado por estructuras de origen volcánico cuyo origen se remonta al terciario y hasta el reciente, que están superpuestas a un paleorelieve formando extensos plegamientos los que están afectados por fallas regionales, también por fosas y pilares tectónicos. El vulcanismo del Terciario se dio predominantemente por los sistemas de fallas y fracturas que se formaron después del plegamiento de las rocas sedimentarias durante la orogenia

Laramide. La geomorfología está conformada de la siguiente manera: amplias planicies formadas por tobas de distinta composición; conos volcánicos con distinto grado de erosión; finalmente derrames formados predominantemente por materiales andesíticos y basálticos. Estas unidades geomorfológicas están afectadas por sistemas de fallas que tienen una dirección preferencial de suroeste a noreste. También se han visto erosionadas e intemperizadas de acuerdo con los rasgos del paleorelieve que cubren, las geoformas originales y el patrón de fracturamiento. La característica principal que tiene la Sierra Madre Oriental, desde el punto de vista geológico es la presencia de una potente secuencia de rocas sedimentarias plegadas, tectonizadas, en la región además hay intrusiones de cuerpos ígneos. Las estructuras que la forman, están constituidas por un paquete de calizas, lutitas, limolitas y rocas metasedimentarias del Jurásico y Cretácico, las cuales fueron plegadas por esfuerzos de tipo compresivo correspondientes a la orogenia Laramide cuya dirección actuó de noreste a suroeste, formando los sinclinales y anticlinales e inclusive anticlinorios que caracterizan a esta provincia. Los ejes de estas estructuras tienen un rumbo general que va de sureste a noroeste. Los pliegues en algunos casos se encuentran cabalgando a otras unidades de roca de la misma edad o más antiguas (Universidad Autónoma de Chapingo, 2001).

Es común encontrar pliegues de tipo “chevron”, como es el caso del sitio Texcapa. También hay algunos anticlinales volcados hacia el noreste. Con respecto a su fracturamiento se tienen dos rumbos preferenciales, el primero de ellos va de noroeste a suroeste y otro tiene una dirección norte-sur. Cabe señalar que todas las centrales hidroeléctricas y acueductos que forman el Sistema Hidroeléctrico de Necaxa, se encuentran en esta provincia (CONANP, 2013)

Edafología

Dentro de la poligonal que comprende al ANP se encuentran las siguientes unidades edáficas:

Leptosol. Es un tipo de suelo somero y sin desarrollo, con una profundidad menor a los 10 cm. Desde el punto de vista morfológico, no presenta un horizonte superficial de

diagnóstico, e incluso las capas superficiales presentan gran cantidad de elementos rocosos que limitan cualquier tipo de uso. La susceptibilidad a la erosión en estos suelos depende de la pendiente del sitio.

Regosol. Son suelos que se pueden encontrar en muy distintos climas y con diversos tipos de vegetación; son claros en general y se parecen bastante a la roca que tienen debajo, cuando no son profundos. Son terrenos de tipo gravoso, la fertilidad es variable y su uso para las actividades agrícolas está condicionado a su profundidad. La susceptibilidad a la erosión es variable y depende en gran parte de la pendiente del terreno.

Regosol Calcárico. Son suelos someros y con muy poco desarrollo. La profundidad depende de su ubicación. Estos suelos alcanzan un espesor menor de 30cm. en los cerros, sin embargo, en los valles y hondonadas, debido a la acumulación y deposición del material aluvial, la profundidad puede ser mayor a 90cm.

Acrisol. Son suelos que se encuentran en zonas tropicales o templadas muy lluviosas, en condiciones naturales con vegetación de selva o bosque. Se caracterizan por tener acumulación de arcilla en el subsuelo; por sus colores rojos, amarillos o amarillos claros con manchas rojas; son generalmente ácidos o muy ácidos; su rendimiento en agricultura es muy bajo, por lo que se usa para cultivos perennes como el cacao, café, piña y en la ganadería con pastos inducidos o cultivados con rendimientos medios. Son moderadamente susceptibles a la erosión, el uso que menos lo destruye es el forestal.

Andosol. Son suelos que se desarrollan a partir de cenizas volcánicas por lo que son de color oscuro, su fertilidad es alta cuando se forma de cenizas básicas. Son muy susceptibles a la erosión; la vegetación que sustentan varía de acuerdo con el tipo climático y puede ser un bosque o selva.

Luvisol. Son suelos de distribución amplia, de color café grisáceo. Tienen un alto potencial para la agricultura, se pueden encontrar en zonas templadas y también en zonas tropicales y subtropicales

Rendzina. Son suelos someros de colores muy oscuros, se desarrollan sobre material calcáreo, aunque estos suelos son muy fértiles, son poco valiosos para la agricultura debido a su escasa profundidad; sin embargo, en zonas con alta precipitación se puede cultivar una gran variedad de productos. Se les localiza en cualquier tipo climático excepto en zona frías, generalmente en relieves montañosos como la Sierra Madre Oriental (CONANP, 2013).

Hidrología

El sistema hidrológico está influenciado por los fenómenos meteorológicos que afectan al Golfo de México y que originan altas precipitaciones, las cuales al paso del tiempo han labrado profundas barrancas por donde desaguan ríos generalmente perennes. Si a esto se agrega un relieve abrupto, con un sustrato geológico poco estable, es posible entender la existencia de estas barrancas que por un lado se están ampliando y por otro aumentan su profundidad. Esta dinámica en la formación del sistema hidrológico regional puede considerarse como una característica que condiciona buena parte de los componentes del ecosistema, en cuanto a los recursos naturales, el aprovechamiento de los mismos y en general en el desarrollo de las diversas actividades humanas. En esta región, como en ninguna otra, queda evidenciada la estrecha relación entre la hidrología y las actividades humanas en cuanto a potencialidades (corrientes perennes y caudalosas) y limitaciones (barrancas profundas con deslaves frecuentes que generan riesgos para la población en una parte importante de la cuenca) (Ibídem).

El área natural protegida se encuentra dentro de la Región Hidrológica No. 27, denominada “Tuxpan-Nautla” que específicamente comprende parte de la cuenca del río Tecolutla (RH27B) y las subcuencas del río Necaxa (RH27Bb) y río Laxaxalpan (RH27Bc). Esta dreña al Golfo de México, por tanto, se ubica en la porción este del país. Las cuencas más importantes de esta región hidrológica son las de los ríos

Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Nautla, Misantla y Colipa. Y son las cuencas de los ríos Tecolutla y Cazones las que pertenecen al ANP, en la parte alta de la cuenca Cazones sobre el Río Los Reyes, se construyó el vaso Los Reyes, de la que se deriva agua a la cuenca del Tecolutla, específicamente hacia la subcuenca del río Necaxa, a través de un túnel, para abastecer al Sistema Hidroeléctrico Necaxa (CONANP, 2013).

El río Necaxa nace a 13 km al noreste de la localidad de Paredón, Puebla, a una altitud de 3,000m. Inicia su curso con rumbo noreste, 18 km aguas debajo de su nacimiento se encuentra la estación hidrométrica El Carmen, después 10 km aguas abajo se le une por su margen izquierda el arroyo Apapaxtla, cuyas aguas son controladas en el vaso Laguna (o Tejocotal), cambia su rumbo este-noreste y a 15km de la confluencia anterior está el vaso Necaxa, aguas debajo de este punto, fluye por su margen derecha el río Tenango, el cual originalmente se llama río Coacuila, 15km aguas debajo del origen del río Coacuila está la estación hidrométrica El Carmen y cuatro kilómetros antes de su afluencia con el río Necaxa, sus aguas son controladas en el vaso Tenango, de donde se derivan sus aguas hacia el vaso Necaxa por medio de un túnel. El río Necaxa continúa fluyendo con rumbo hacia el este y tres kilómetros aguas debajo de la confluencia anterior recibe las aportaciones del río Xaltepuxtla por su margen derecha. Después continua su curso hacia el este-noreste y a 15km de la afluencia del río Xaltepuxtla se localiza la estación hidrométrica Patla, continua su curso por terrenos de topografía accidentada hacia el este hasta su afluencia con el río Laxaxalpan por la margen izquierda, 15km. aguas arriba de esta confluencia se localiza la estación hidrométrica Coyutla. Hasta su confluencia con el río Laxaxalpan, esta corriente tiene una longitud de 49km. y drena un área de 901.4km² (Universidad Autónoma de Chapingo, 2001).

6.2. Características biológicas

Vegetación

La ocurrencia de variados elementos florísticos por la gran variedad de climas que tiene el área natural, tanto cálidos como templados y fríos, las variaciones en el ambiente físico han dado como resultado un intrincado y complejo mosaico de asociaciones

vegetales con una flora extraordinariamente contrastante. Se pueden encontrar diferentes tipos de vegetación, cada uno tiene una importancia ecológica por contar con hábitat de especies relevantes, el mosaico florístico y faunístico que presenta esta área, está dado principalmente por el gradiente altitudinal. Se puede encontrar selva alta perennifolia de los 400 a los 800msnm que va desde la barranca de Patla a las cercanías del poblado de Necaxa y Nuevo Necaxa, a partir de este punto empieza una asociación de selva y bosque mesófilo de montaña (este tipo de vegetación considerada relictos abarca solo el 0.8% de cubierta vegetal a nivel nacional), siendo la selva la de menor abundancia, conforme incrementa la altitud se encuentra otra asociación que es la de bosque mesófilo de montaña con bosque de pino-encino, que se ubica en los alrededores del municipio de Huauchinango, esto a una altura aproximada de los 1,500 a los 2,300msnm y en la parte más alta se ubica el bosque de pino de los 2,400 a los 2,800msnm abarcando los límites del estados de Puebla e Hidalgo (CONANP, 2013).

Selva alta perennifolia

Conocida también como bosque tropical perennifolio es una comunidad biológica compleja en la cual predominan árboles siempre verdes de más de 25m de alto. Dentro del Área Natural Protegida esta vegetación cubre la parte baja de la zona de influencia y actualmente sólo quedan algunos relictos en los alrededores de Patla en donde es el límite inferior del bosque mesófilo. Las especies presentes son: *Brosimum alicastrum*, *Ceiba pentandra*, *Bursera simaruba*, *Tabebuia heterophylla*, *Pouteria* sp., *Trichilia* sp., *Licaria* sp., *Castilla elastica*, *Trophis racemosa*, *Spondias bombin* y de manera aislada se reporta la presencia de *Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata* en la parte baja de Patla (Universidad Autónoma de Chapingo, 2001).

Bosque de pino

Se trata de comunidades forestales con una fisonomía bien definida, dada por la morfología de las hojas de los árboles dominantes, aunque ecológicamente éstas presentan notables diferencias, pues como es común en lugares de climas fríos, templados y semicálidos, también muestran afinidades ecológicas con los encinos, por

lo que es común encontrar estas dos comunidades cohabitando extensas zonas y formando los llamados bosques mixtos. En esta zona las especies de pino que dominan son *Pinus patula* y *Pinus pseudostrobus* (Ibídem).

Bosque de encino

Los encinares (bosques de *Quercus*), junto con los pinares (bosques de *Pinus*), constituyen las comunidades vegetales más extendidas de las zonas de climas templados o semifríos del país. En la zona esta vegetación ocupa áreas reducidas en los alrededores de Patla y Tepexca en donde las especies más comunes se encuentran en el estrato arbóreo: *Quercus peduncularis*, *Q. leiophylla*, *Q. splendens*, *Q. candicans*, *Q. crassifolia*, *Q. peduncularis*, *Liquidambar styraciflua*, tejocote (*Crataegus* sp.), alnus o ilite (*Alnus acuminata*), madroño (*Arbutus xalapensis*), *Meliosma alba* y *Carpinus caroliniana*. En el estrato arbustivo se encuentran *Cyathea mexicana*, *Oreopanax xalapensis*, *Conostegia arborea*, *Turpinia pinata*, *Vaccinium leucanthum*, *Gaultheria erecta*, *Myrsine coriacea*, *Eugenia capuli* y *Eupatorium* sp. Destaca en esta comunidad vegetal la presencia de epífitas como: *Tillandsia usneoides*, *Tillandsia* sp. y gran cantidad de helechos como *Phlebodium pseudoaureum*, *Campyloneurum phyllitidis* y orquídeas como *Notylia barkerii* entre otras (Ibídem).

Bosque mesófilo de montaña

Se trata de una vegetación diversa y exuberante, formada por numerosas especies de árboles corpulentos y de follaje denso, algunos de los cuales pueden medir entre 30 y 40m de alto y por debajo de los individuos más altos se encuentran a menudo uno o dos estratos de árboles de menor tamaño, que contribuyen a dar mayor cobertura al dosel del bosque, lo que trae consigo un ambiente sombrío y húmedo en su interior. La presencia de epífitas es por lo común abundante al igual que las trepadoras leñosas en contraste del estrato herbáceo que sólo abundan en condiciones de disturbio. La presencia de helechos arborescentes y el crecimiento frondoso de musgo sobre el suelo, troncos y árboles también son una característica de este ambiente. Para el área, de esta vegetación sólo quedan relictos en la zona de influencia de Amixtlán y

Comocuautla, en las barrancas del río Zempoala, al Este de Tlaola, en las barrancas del río Tecpatlán, al Sur de Xicotepec y en los alrededores de Huauchinango (Ibídem).

Bosque en galería

Se conoce con este nombre a las agrupaciones arbóreas que se desarrollan a lo largo de corrientes de agua más o menos permanentes, desde el punto de vista fisonómico y estructural se dispone por un conjunto muy heterogéneo con árboles de hoja perenne o decidua y alturas de hasta 40m, puede incluir especies de trepadoras o epifitas y a menudo está constituido por árboles muy espaciados e irregularmente distribuidos. Las especies dominantes y características de clima húmedo y fresco pertenecen a los géneros *Alnus* e *Inga* entre otros. Mientras que en estrato arbustivo se pueden encontrar a los géneros *Salix*, *Solanum*, *Baccharis*, *Acacia* entre los más comunes (CONANP, 2013).

Fauna

En los diferentes tipos de vegetación, se registra una gran diversidad de fauna, que a continuación se describe:

Fauna de Bosque de Pino, de Encino y Pino-Encino

Entre las especies que se encuentran en esta comunidad están las siguientes: paloma morada (*Patagioenas flavirostris*), musaraña (*Sorex saussurei*), ratón (*Reithrodontomys* sp.), ratón (*Peromyscus aztecus*), tuza (*Cratogeomys merriami*), ardilla arbórea (*Sciurus aureogaster*), moto (*Sciurus oculatus*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), zorrillo espalda blanca (*Conepatus leuconotus*), cincuate (*Pituopis deppei*), lagartija (*Sceloporus aeneus*), lagartija (*Sceloporus mucronatus*), lagartija (*Sceloporus torquatus*), víbora de cascabel (*Crotalus* sp.), la presencia en su área de explotación de bosque de coníferas las siguientes especies: carpintero arlequín (*Melanerpes formicivorus*), mascarita matorralera (*Geothlypis nelson*), troglodita selvático alteño (*Henicorhina leucophrys*), tangara aliamarilla (*Thraupis abbas*), colibrí colicanelo rufo (*Selasphorus rufus*), coyote (*Canis latrans*), mapache (*Procyon lotor*), tlacuache (*Didelphis marsupialis*), ardilla (*Sciurus* sp.), tejón (*Nasua narica*), conejo (*Sylvilagus* sp.), zorrillo (*Conepatus leucostomus*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*) (Ibídem).

Fauna de Bosque Mesófilo

Por ser una comunidad muy diversa y compleja desde el punto de vista florístico es por tanto de las que presenta también mayor diversidad de especies, entre las que están zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), coatí (*Nasua narica*), mapache (*Procyon lotor*). Entre las aves observadas en esta área están el loro cabeza amarilla (*Amazona* sp.) gorrión (*Carpodacus mexicanus*), colibrí (*Amazilia beryllina*), colibrí (*Lampornis amethystinus*), colibrí enano (*Atthis heloisa*), calandria (*Icterus wagleri*), chimbitito (*Spizella passerina*), picochueco (*Loxia curvirostra*), Vireo sp., carpintero volcánico (*Picoides strcklandi*), trepador serrano (*Lepidocolaptes leucogaster*), *Empidonax affinis*, mulato (*Melanotis caerulescens*), cuilacoche manchado (*Toxostoma ocellatum*), clarín jilguero (*Myadestes obscurus*), paro embozado (*Baeolophus wollweberi*), junco (*Junco phaeonotus*), tangara dorsirayada (*Piranga bidentata*), eufonía gorriazul (*Euphonia elegantissima*), pavito aliblanco (*Myioborus pictus*), jilguero encapuchado (*Carduelis notata*), chara (*Aphelocoma ultramarina*), zorzalito (*Catharus occidentalis*), entre otros. Asimismo, como se mencionó con anterioridad, la barranca de Patla es abundante en lepidópteros, ya que se han observado alrededor de 700 especies. Entre los reptiles de esta comunidad vegetal están: culebra petatilla (*Drymobius margaritiferus*), lagartijas (*Sceloporus* spp.), anoles (*Norops nebulosus*), mazacuata (*Coluber constrictor*), culebra bejuquillo (*Oxybelis* sp.), nauyaca, culebra voladora (*Spilotes pullatus*), víbora de cascabel (*Crotalus* sp.) huico (*Cnemidophorus* sp.). También en las áreas más protegidas de la barranca se refiere la presencia de ocelote (*Leopardus pardalis*), jaguarundi (*Puma yagouaroundi*), gato montés (*Lynx rufus*), inclusive se menciona la posible existencia de temazate rojo (*Mazama americana*) (Ibídem).

Fauna de Selva Alta Perennifolia

La fauna asociada a esta comunidad vegetal, se considera escasa por el grado de disturbio que presenta, las especies que aún es posible encontrar son las siguientes: chachalaca (*Ortalis vetula*), paloma (*Leptotila verreauxi*), murciélago (*Natalus* sp.), murciélago (*Lasiurus ega*), vampiro (*Desmodus rotundus*), jabalí de collar (*Pecari*

tajacu), culebra petatilla (*Drymobius margaritiferus*), nauyaca (*Bothrops asaper*), anoles (*Norops nebulosus*), mazacuata (*Coluber constrictor*), culebra bejuquillo (*Oxybelis* sp.), culebra voladora (*Spilotes pullatus*), huico (*Cnemidophorus* sp.) (Ibídem).

Fauna de cuerpos de agua y corrientes superficiales

Las presas que forman el sistema hidrológico son un hábitat ideal para las aves acuáticas como el pato cuaresmeño (*Anas clypeata*) y pato golondrino (*Anas acuta*), en la presa de Los Reyes, el primero de ellos muy abundante, se desconoce si actualmente estas especies aún son importantes en la región. En la presa Necaxa y Tenango se observaron garza blanca (*Egretta* sp.), garza morena (*Ardea herodias*), patos (*Anas* spp.), cormorán (*Phalacrocorax* sp.). Por otro lado, en las corrientes de agua se reportan algunas especies de peces como es el caso de espada de Necaxa (*Xiphophorus evelynae*), especie endémica del río Necaxa y cuya localidad tipo es Tepexi. Otras especies mencionadas para el área son: pez espada (*Xiphophorus* sp.), guayacón (*Gambusia* sp.) y mojarra (*Cichlasoma* sp.). Cerca de las corrientes de agua hay algunas especies de culebras de agua, entre las que están *Thamnophis melanogaster* y *Thamnophis scalaris*. Otras especies ligadas a los cuerpos de agua son el zanate (*Quiscalus mexicanus*), armadillo (*Dasybus novemcinctus*), mapache (*Procyon lotor*), coatí (*Nasua narica*), (CONANP, 2013).

6.3. Características socioeconómicas

La superficie total del área de estudio es de 251,745.79 ha, de las cuales el 3.35% está comprendida en tres municipios del Estado de Hidalgo, el 86% en veintisiete municipios del Estado de Puebla, el 9.1% en ocho municipios del Estado de Veracruz y el 0.1% en un municipio del Estado de Tlaxcala, siendo en total 39 municipios de cuatro entidades los que se encuentran en el área considerada.

Población

De acuerdo con los datos obtenidos en el XII Censo General de Población y Vivienda, en el área de estudio se registró una población de 404,468 habitantes, distribuidos en 681 localidades y 32 municipios. El 64% de las localidades y el 68% de la población se

concentran en ocho municipios del Estado de Puebla: Chignahuapan, Huauchinango, Jopala, Olintla, Tlaola, Xicotepec, Zacatlán y Zihuateutla.

Población Económicamente Activa

La población mayor de 12 años representa el 66% de la población total, de esta el 48.3% constituye la población económicamente activa (PEA) y el 47.9% está ocupada en actividades del sector productivo.

Población Ocupada por Sector de Actividad

En el área de estudio, predomina las personas ocupadas en el sector primario con el 48.3%, en segundo término, están las que trabajan en el sector terciario o de servicios con el 33.4% y por último en el sector secundario se ocupan el 16.8% (Universidad Autónoma de Chapingo, 2001).

Pesca

Esta es parte del sector secundario como actividad y comprende la pesca en pequeña escala en las presas Tenango y Necaxa principalmente donde se pesca carpa, lobina y tilapia, mientras que en la presa Tejocotal se pesca trucha arco iris. No existen datos sobre las cantidades de peces extraídos, sin embargo, la oferta solo abastece el mercado local (Ibídem).

7. METODOLOGÍA

7.1. Actividades de campo

Para el estudio de las comunidades de peces, se eligieron 22 puntos de muestreo establecidos en función de la cantidad de microambientes, batimetría, geomorfología de cada presa. Durante la época de los muestreos se realizaron seis salidas a campo en diferentes periodos iniciando en 2011 y concluyendo en 2014. realizando de cuatro a cinco puntos de muestreo por presa.

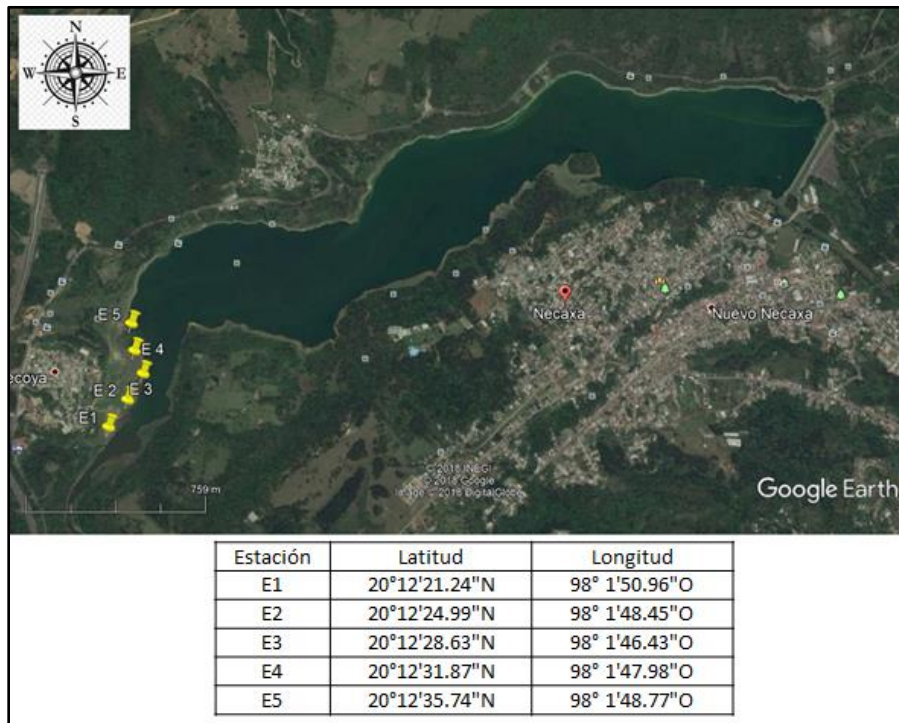


Figura 3. Coordenadas geográficas y puntos de muestreo de la presa Necaxa.

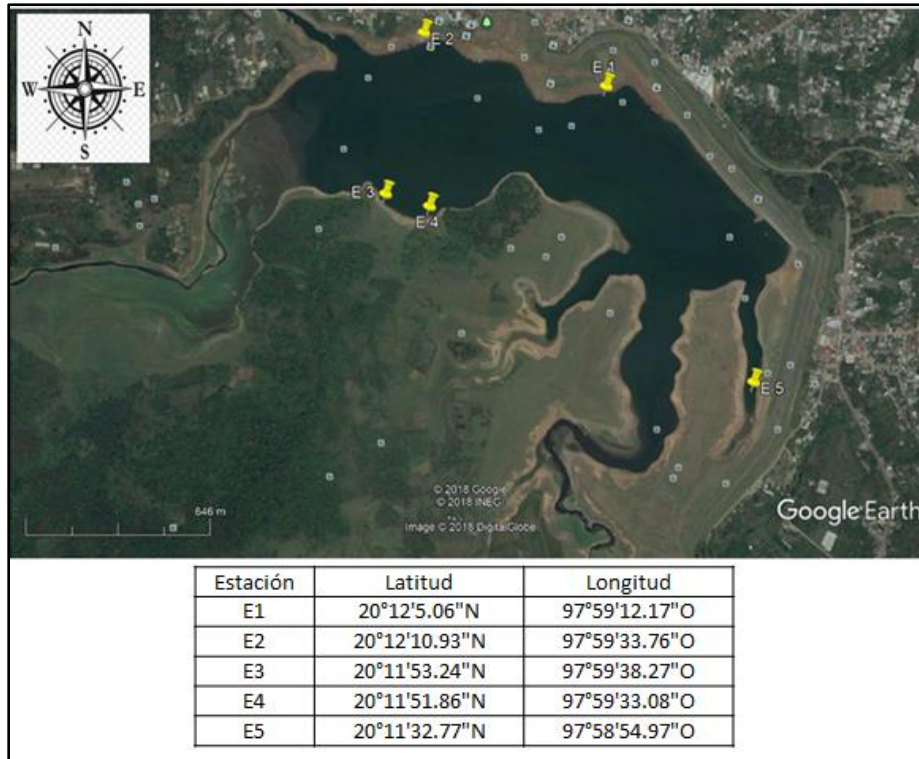


Figura 4. Coordenadas geográficas y puntos de muestreo de la presa Tenango.

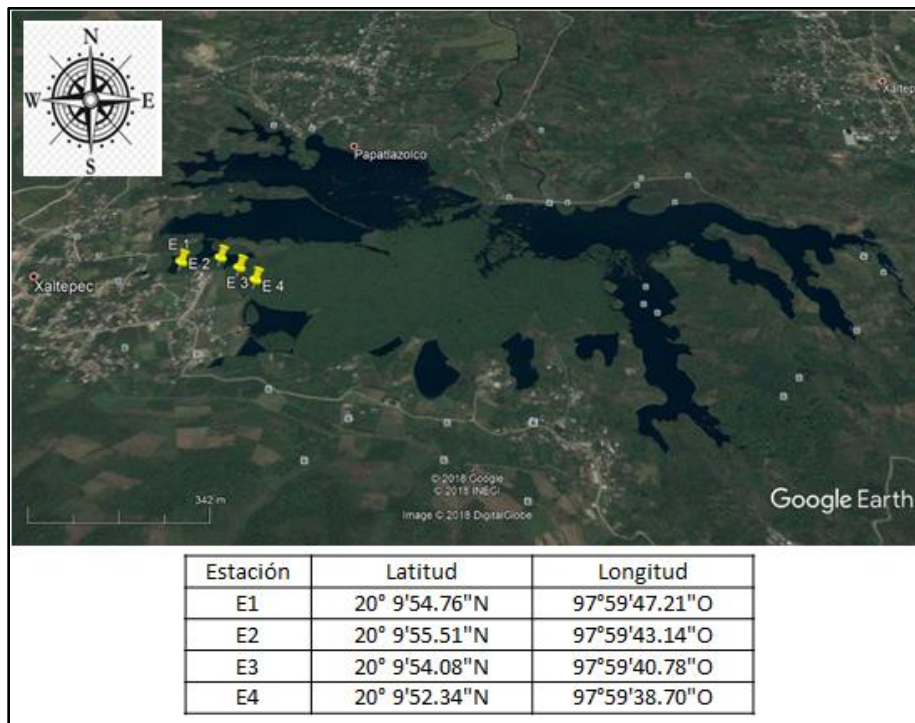


Figura 5. Coordenadas geográficas y puntos de muestreo de la presa Nexapa.

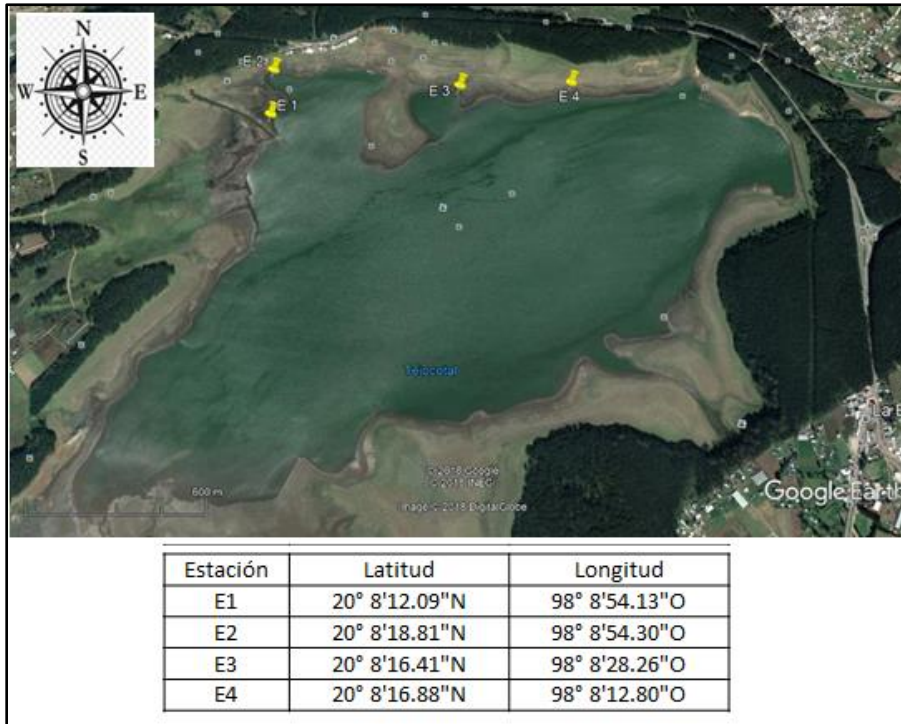


Figura 6. Coordenadas geográficas y puntos de muestreo de la presa Tejacotal.

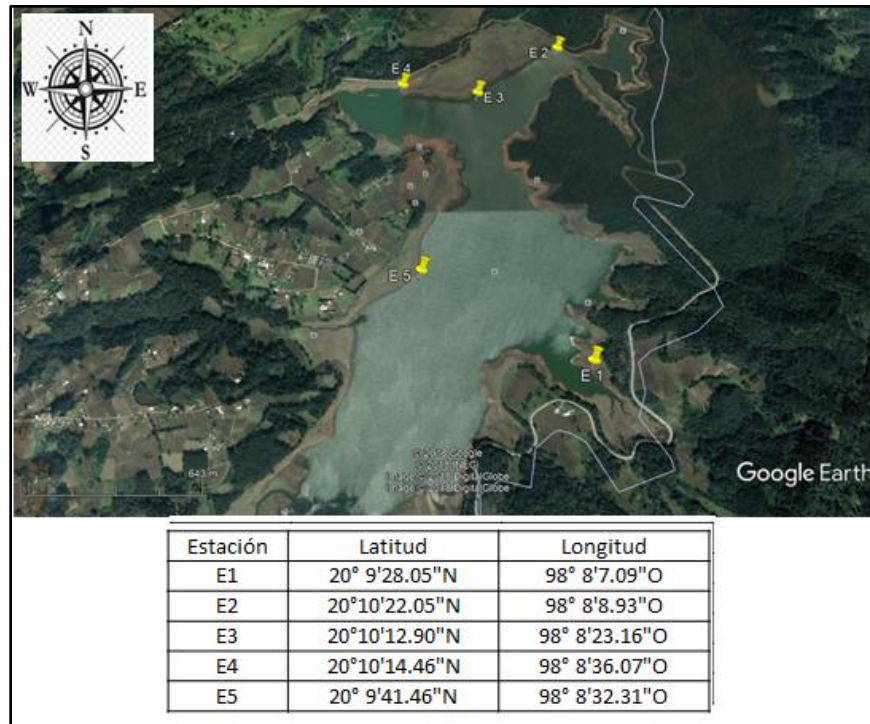


Figura 7. Coordenadas geográficas y puntos de muestreo de la presa Los Reyes.

Las colectas se realizaron con una red tipo chinchorro de 30 metros de largo, 2 metros de caída con luz de malla de 3/4" y una red tipo atarraya de 3 metros de diámetro con luz de malla de 1".

Las muestras obtenidas se empacaron en bolsas de plástico y se fijan con formaldehído al 10% (Ortega *et al.*, 2014). Se etiquetaron (fecha, localidad, estación) y se colocaron en cubetas de 20 litros con tapa. Posteriormente se trasladaron al laboratorio de Ictiología y Ecología Costera de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa para su procesamiento.

Se diseñó una encuesta para aplicar entrevistas focalizadas a los pescadores referentes a la actividad pesquera. La encuesta se constituye por 19 preguntas (anexo 1), orientadas a caracterizar la forma en que se realiza la actividad pesquera en cada presa y a partir de las respuestas, y el análisis de la información se podrán proponer las estrategias de pesca sostenible.

7.2. Actividades de laboratorio

Los peces colectados se separaron y fueron colocados por 48 hrs en agua para su hidratación. Los peces se determinaron taxonómicamente a través de las claves establecidas en literatura especializada como el libro de los peces dulce-acuícolas de México (Miller *et al.*, 2009). Debido a que las especies cíclidos presentes en el área de estudio no se encuentran descritas en el libro de especies dulce acuícolas de México por considerarse especies exóticas, su determinación taxonómica se realizó por medio de las claves taxonómicas de los recursos marinos vivos del Atlántico central occidental (Carpenter, 2002) en el cual se encuentran incluidas estas especies, a pesar de ser dulceacuícolas. Se elaboró un listado sistemático de las especies de acuerdo con el criterio de Nelson *et al* (2016). Posteriormente, los peces fueron contados, por especie y por estación.

Posteriormente se colocaron en alcohol etílico al 70% como conservador. Las mediciones se realizan con un ictiómetro convencional de 30 centímetros con precisión

de 1 milímetro y con una balanza granataria marca Tefal con capacidad de 5 kilogramos y precisión de 0.1 gramo.

Para determinar que especies en el área de estudio consideradas endémicas de México, se utilizó la guía de Miller *et al* (2009), antes mencionada. Las especies de peces exóticas, se determinan a través del libro de especies exóticas invasoras de México, Contreras *et al* (2014), en su capítulo dedicado a la Región Central de México.

Parámetros ecológicos

Para determinar los parámetros ecológicos y la estructura de las comunidades de peces en las presas, se calculan descriptores como el número de especies y su abundancia y los índices diversidad de Shannon-Wiener, (1963), la equidad de Pielou, (1969), la dominancia de Simpson, (1949) y la similitud de las comunidades de peces con Coeficiente de Jaccard (Villareal *et al.*, 2004), para lo cual se utilizó el paquete estadístico PAST versión 2.17 (2012).

Análisis de la actividad pesquera

Con los resultados obtenidos en las entrevistas focalizadas se realizaron gráficas que comparen el desarrollo de la actividad y los recursos acuícolas de existentes en cada presa. Por otra parte, con el objeto de mejorar dicha actividad se empleó la matriz FODA y finalmente con el propósito de que la actividad pesquera se transforme en una actividad sostenible se propondrán estrategias de manejo por medio del Enfoque Ecosistémico, siguiendo sus doce principios.

8. RESULTADOS

8.1. Composición de la ictiofauna del APRN.

Se contabilizaron un total de 5,751 individuos con un peso total de 3,426.6 gramos pertenecientes a seis familias, ocho géneros y once especies (Tabla 4). Los ejemplares fueron las familias Atherinopsidae, Cyprinidae, Poeciliidae, Cichlidae, Characidae y Centrarchidae.

Tabla 4. Listado taxonómico de la ictiofauna presente en las cinco presas de acuerdo al criterio de Nelson, (2016).

Clase Actinopterygii
Subclase Cladistia
Orden Cypriniformes
Familia Cyprinidae
Genero Cyprinus, Linnaeus, 1758
<u>Cyprinus carpio</u> (Linnaeus, 1758)
Genero Carassius, Jarocki, 1822
<u>Carassius auratus</u> (Linnaeus, 1758)
Orden Characiformes
Suborden Characoidei
Familia Characidae
Genero Astyanax, Baird y Girard, 1854
<u>Astyanax armandoi</u> (Lozano-Vilano y Contreras - Balderas, 1990)
Orden Atheriniformes
Familia Atherinopsidae
Genero Chirostoma, Swainson, 1839
<u>Chirostoma humboldtiana</u> (Valeciennes, 1835)
<u>Chirostoma jordani</u> (Woolman, 1894)
<u>Chirostoma chapalae</u> (Jordan y Snaider, 1899)
Orden Cyprinodontiformes
Familia Poeciliidae
Genero Heterandria, Agassiz, 1853

Heterandria jonesii (Gunther, 1874)

Genero Poeciliopsis, Regan, 1913

Poeciliopsis catemaco (Miller, 1975)

Orden Perciformes

Suborden Percoidei

Familia Centrarchidae

Genero Micropterus, Lacepède, 1802

Micropterus salmoides (Lacepède, 1802)

Familia Cichlidae

Genero Oreochromis, Gunter, 1889

Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758)

Oreochromis aureus (Steindachner; 1864)

8.2. Parámetros ecológicos

8.2.1. Características de las especies registradas

El APRN se encuentra dividida entre los estados de Puebla e Hidalgo, Se determinaron un total de once especies de las cuales cuatro son exóticas (*Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *Cyprinus carpio* y *Carassius auratus*) (Mendoza *et al.*, 2014) y siete especies endémicas de México, de estas cuatro especies son traslocadas encontrado literatura que explica su introducción a las presas (*Chirostoma humboldtiana*, *Chirostoma jordani* y *Chirostoma chapalae*) (Rojas, 2003) (*Micropterus salmoides*) (Mendoza *et al.*, 2014) y tres especies criptogénicas (*Poeciliopsis catemaco*, *Heterandria jonesii* y *Astyanax armandoi*) no pudiendo demostrar la manera como fueron introducidas en las presas (Mendoza *et al.*, 2014).

Las especies encontradas se distribuyen de manera diferente dependiendo del estado del país donde se encuentre la presa esto probablemente sea debido a factores como son las diferencias, latitudinales, climáticos y geomorfológicas que existen entre las presas, además la introducción de especies juega un papel importante en su distribución. Su distribución en las presas muestreadas es:

Tabla 5. Distribución de especies de peces por presa

Estado de Puebla			Estado de Hidalgo	
Necaxa	Tenango	Nexapa	Tejocotal	Los Reyes
<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Oreochromis aureus</i>
<i>Oreochromis aureus</i>	<i>Oreochromis aureus</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyprinus carpio</i>
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Chirostoma humboldtiana</i>	<i>Carassius auratus</i>	<i>Carassius auratus</i>
<i>Chirostoma humboldtiana</i>	<i>Carassius auratus</i>	<i>Micropterus salmoides</i>	<i>Chirostoma jordani</i>	<i>Chirostoma jordani</i>
<i>Micropterus salmoides</i>	<i>Chirostoma humboldtiana</i>	<i>Astyanax armandoi</i>	<i>Chirostoma chapalae</i>	<i>Heterandria jonesii</i>
<i>Astyanax armandoi</i>	<i>Micropterus salmoides</i>		<i>Poeciliopsis catemaco</i>	
	<i>Astyanax armandoi</i>		<i>Heterandria jonesii</i>	

De acuerdo con las diferentes bases de datos de especies invasoras, en la zona de estudio se tienen las siguientes especies:

Tabla 6. Especies consignadas en las bases de datos:

Base de Datos Global de Especies Invasoras*	Sistema de Información sobre Especies Invasoras en México**	Lista de especies Exóticas registradas en la región central de México***
<i>Carassius auratus</i>	<i>Carassius auratus</i>	<i>Micropterus salmoides</i>
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Oreochromis aureus</i>
<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>
<i>Oreochromis spp.</i>	<i>Oreochromis spp.</i>	<i>Cyprinus carpio</i>
	<i>Chirostoma chapalae</i>	<i>Carassius auratus</i>
	<i>Chirostoma humboldtiana</i>	
	<i>Chirostoma jordani</i>	
	<i>Heterandria jonesii</i>	

*(IUCN, 2014).

** (CONABIO, 2014).

*** (Mendoza *et al.*, 2014).

De acuerdo con las características de las especies se ha realizado un agrupamiento de estas:

Tabla 7. Especies encontradas y categorizadas según su origen.

No nativas	Nativas	Criptogénicas
<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Chirostoma humboldtiana</i>	<i>Astyanax armandoi</i>
<i>Oreochromis aureus</i>	<i>Chirostoma jordani</i>	<i>Poeciliopsis catemaco</i>
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Chirostoma chapalae</i>	<i>Heterandria jonesii</i>
<i>Carassius auratus</i>	<i>Micropterus salmoides</i>	

8.2.2. Abundancia de especies

En la presa Necaxa se determinaron seis especies que representan el 10.6% de la abundancia total, la especie *Chirostoma humboldtiana* es la más abundante y representa el 4.1% del total, mientras que las especies con menor abundancia son *Cyprinus carpio* y *Astyanax armandoi* con el 0.67%. En la presa Tenango se determinaron siete especies y representan el 17.8% de la abundancia total, la especie *Chirostoma humboldtiana* es la más abundante con el 11.5%, mientras que las especies con menor abundancia son *Oreochromis aureus*, *Cyprinus carpio*, *Micropterus salmoides* y *Astyanax armandoi* con el 1.6%.

En la presa Nexapa se determinaron cuatro especies que comprenden el 71.6% de la abundancia total, la especie *Chirostoma humboldtiana* es la más abundante con el 41.6%, mientras las especies con menor abundancia son *Cyprinus carpio* y *Oreochromis niloticus* con el 1.7% del total (Figura 8).

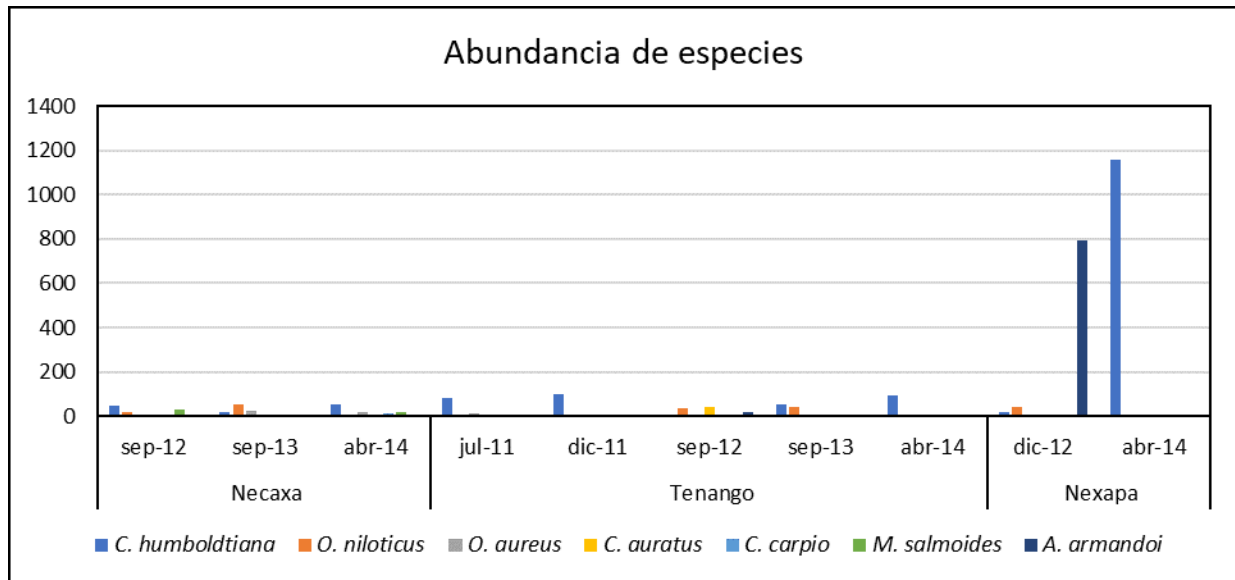


Figura 8. Abundancia de especies de las presas del Estado de Puebla.

Para el estado de Hidalgo se determinaron un total de ocho especies. En la presa Tejocotal se determinaron siete especies, las cuales representan el 83% de la abundancia total, la especie *Chirostoma jordani* es la más abundante con el 77%, mientras las especies con menor abundancia son *Chirostoma chapalae*, *Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, *Carassius auratus*, *Poeciliopsis catemaco* y *Heterandria jonesii* que representan el 6.1%.

En la presa Los Reyes se determinaron cinco especies que abarcan el 17% de la abundancia total, la especie *Chirostoma jordani* es la más abundante con el 6.7% del total, mientras las especies con menor abundancia son *Cyprinus carpio* y *Carassius auratus* que conforman el 1.7% (Figura 9).

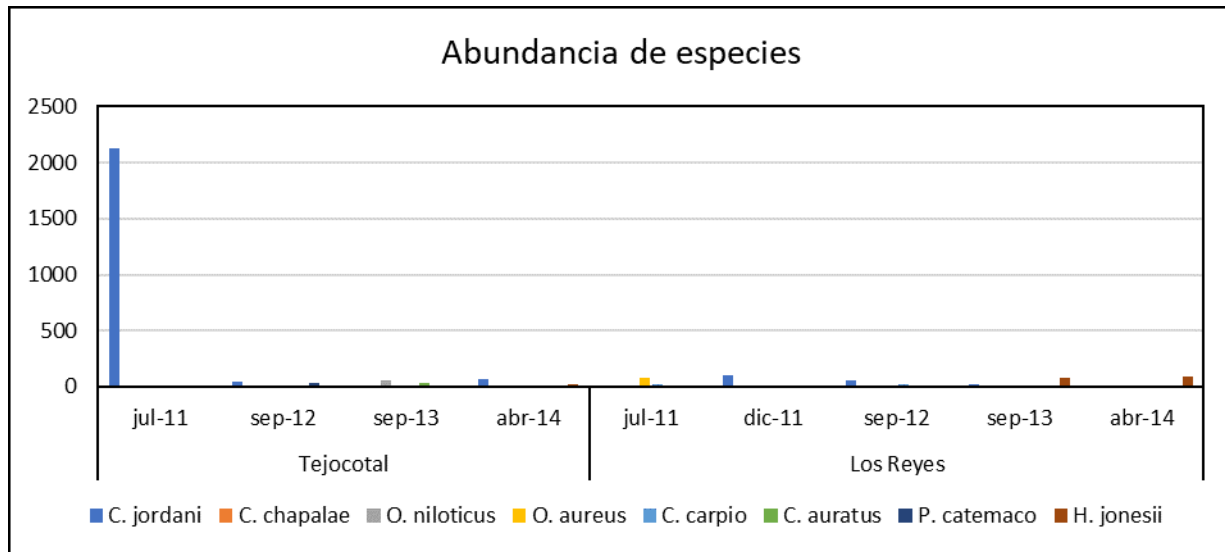


Figura 9. Abundancia de especies de las presas del Estado de Hidalgo.

Para las presas del estado de Puebla se determinaron un total de siete especies. En la presa Necaxa se identificaron seis especies que representan el 33.2% de la abundancia total en peso, la especie *Chirostoma humboldtiana* es la más abundante en peso y representa el 9.34%, mientras que la especie con menor abundancia en peso es *Astyanax armandoi* con el 0.5%.

En la presa Tenango se determinaron siete especies que representan el 46.3% de la abundancia total en peso, la especie *Chirostoma humboldtiana* es la más abundante en peso con el 19.7%, mientras que las especies con menor abundancia en peso son *Carassius auratus* y *Astyanax armandoi* con el 1.5%.

En la presa Nexapa se identificaron cuatro especies que comprenden el 20.4% del total de abundancia en peso, la especie *Chirostoma humboldtiana* es la más abundante en peso con el 9.2%, mientras que la especie con menor abundancia en peso es *Cyprinus carpio* con el 0.98% (Figura 10).

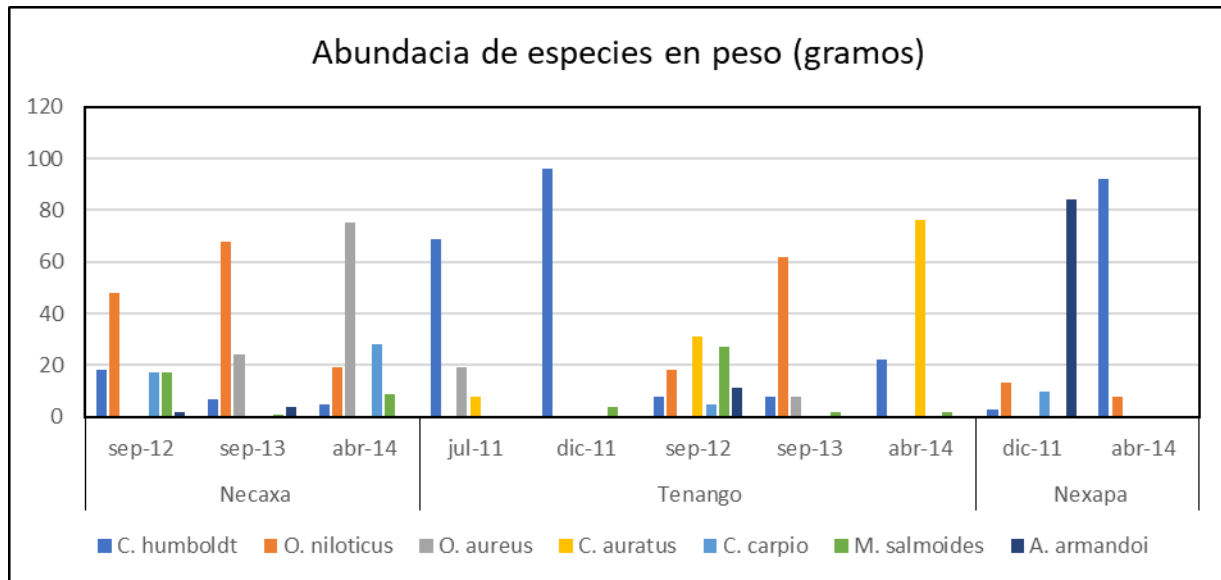


Figura 10. Abundancia de especies en peso (gr) en presas del Estado de Puebla.

Para el estado de Hidalgo se identificaron ocho especies. En la presa Tejocotal se encontraron ocho especies que representan 79% de la abundancia total en peso, la especie *Chirostoma jordani* es la más abundante en peso con el 58.2%, mientras que las especies con menor abundancia son *Chirostoma chapalae*, *Poeciliopsis catemaco* y *Heterandria jonesii* con el 1.8%. En la presa Los Reyes se registraron cinco especies que representan el 20.9% de la abundancia total, la especie *Cyprinus carpio* es la más abundante con el 8.9%, mientras que la especie con menor abundancia es *Carassius auratus* con el 0.04% (Figura 11).

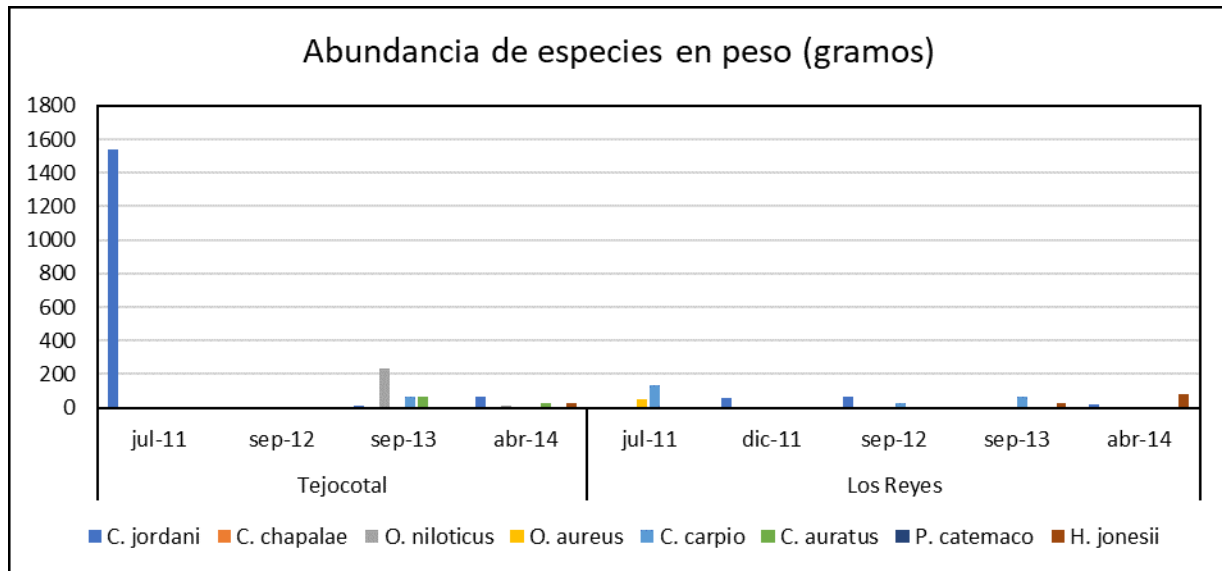


Figura 11. Abundancia de especies en peso (gr) en presas de Hidalgo.

8.2.3. Índices de diversidad

En el estado de Puebla, los valores de índices de diversidad más altos se presentaron en la presa Necaxa, contrario a los muestreos de la presa Nexapa, donde se presentaron los valores de índices de diversidad más bajos (Figura 12).

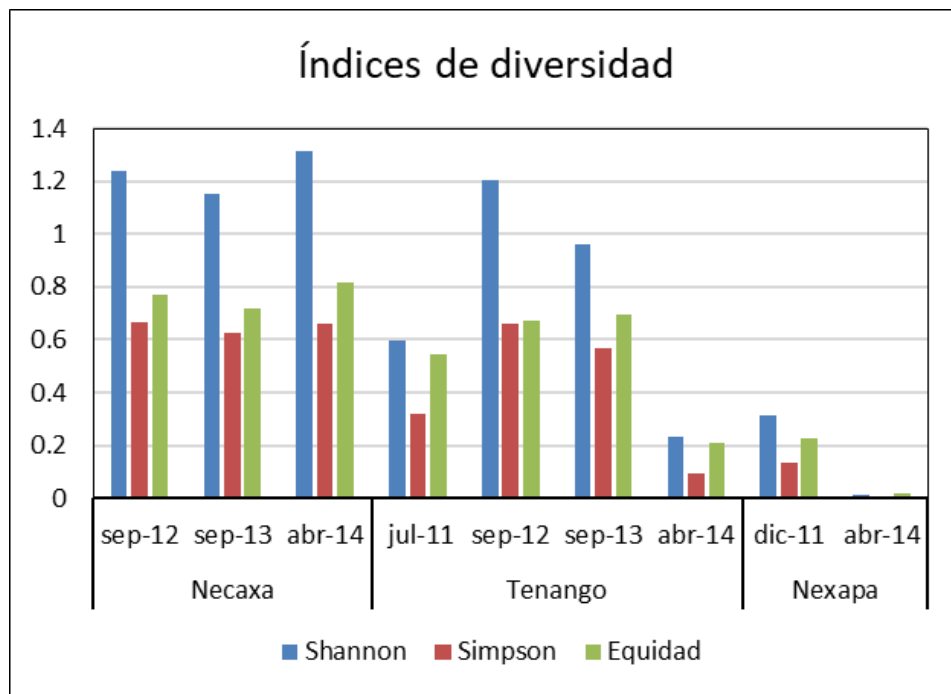


Figura 12. Índices de diversidad de las presas del estado de Puebla.

En el estado de Hidalgo, los valores de índices de diversidad más altos se presentaron en la presa Tejocotal, contrario a la presa Los Reyes, donde se presentaron los valores de índices de diversidad más bajos (Figura 13).

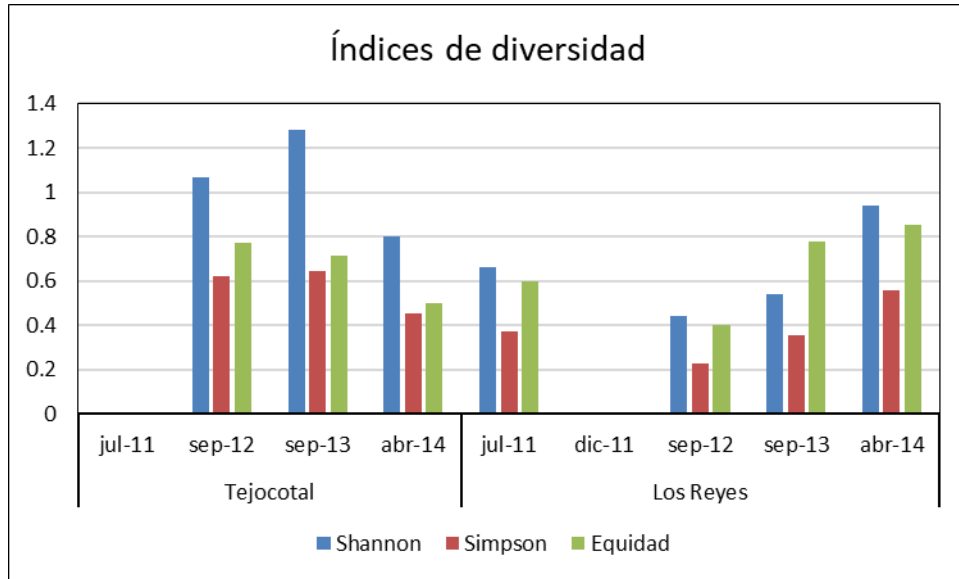


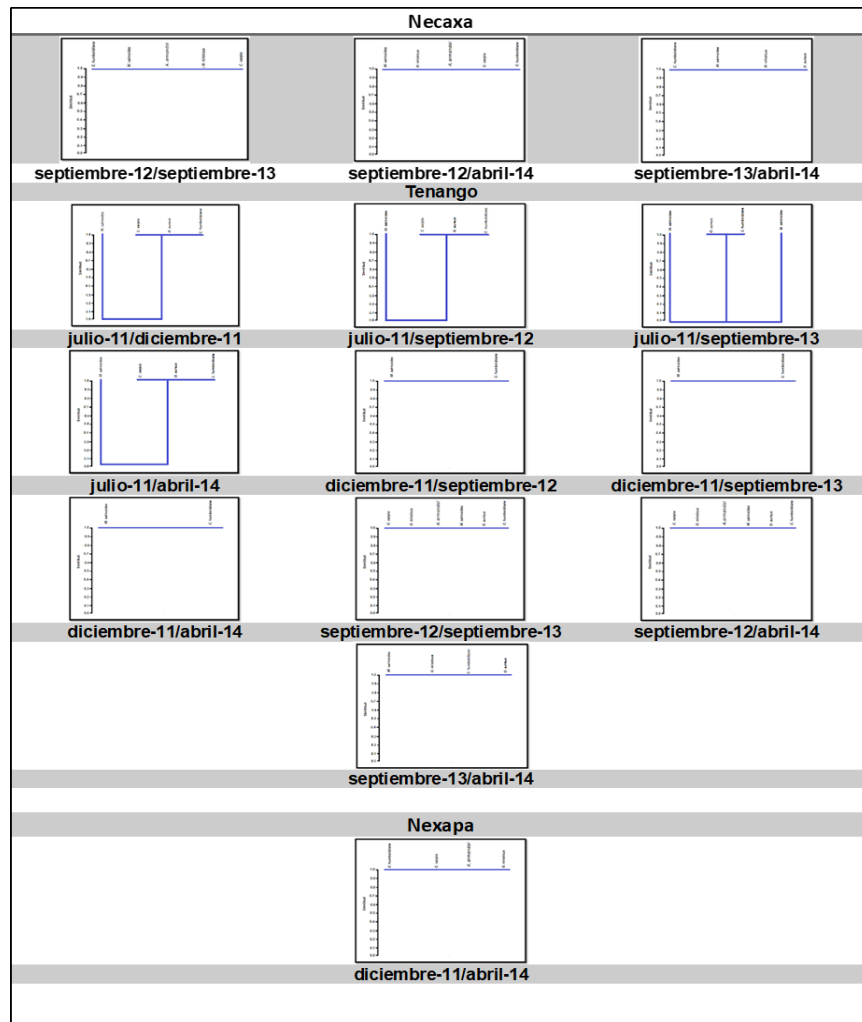
Figura 13. Índices de diversidad de las presas del estado de Hidalgo.

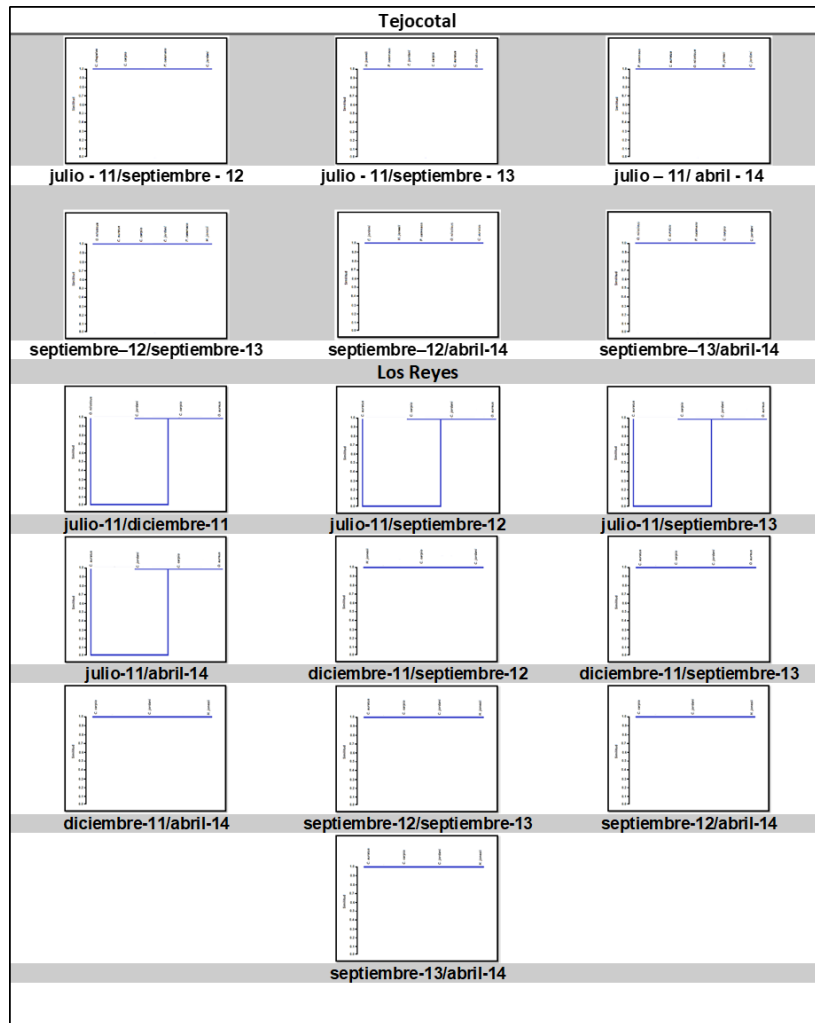
8.3. Similitud

8.3.1 Similitud de comunidades de peces

En las presas de Puebla, las comparaciones de similitud de las comunidades de especies de peces entre los muestreos realizados en las presas Necaxa y Nexapa presentaron similitud, en la presa Tenango el 60% de los muestreos presentaron similitud y el 40% presentaron disimilitud. En las presas de Hidalgo, las comparaciones de similitud de las comunidades de peces entre los muestreos realizados en la presa Tejocotal presentaron similitud, en la presa Los Reyes el 60% presentaron similitud y el 40% presentaron disimilitud, en la siguiente tabla se muestran los dendrogramas desarrollados para las presas muestreadas (tabla 8).

Tabla 8. Comparación de similitud entre los muestreos de las comunidades de peces presentes en las presas de los estados de Puebla e Hidalgo.



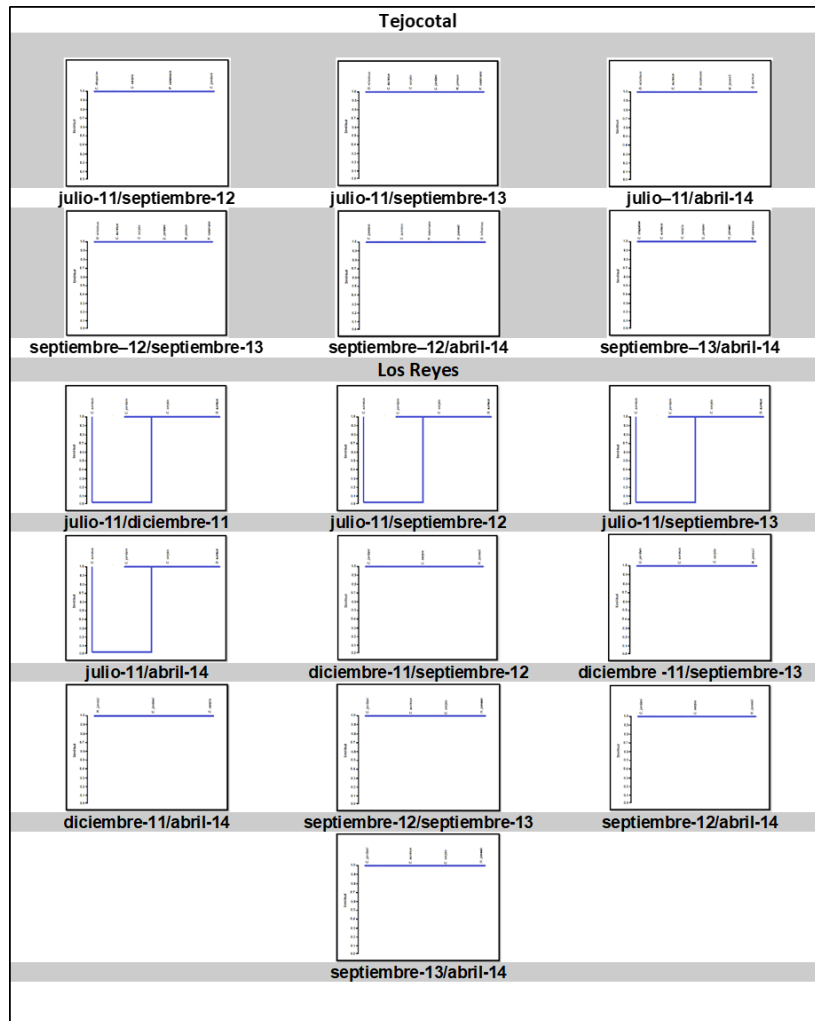


8.3.2. Similitud de comunidades de peces en peso

En el estado de Puebla en las comparaciones de similitud de las comunidades de peces en peso, en la presa Necaxa el 33% de los muestreos presentaron similitud y el 67% presentaron disimilitud. En la presa Tenango los muestreos presentaron similitud y en la presa Nexapa las comparaciones presentaron disimilitud. En el estado de Hidalgo las comparaciones de similitud de las comunidades de peces en peso, en la presa Tejocotal los muestreos presentaron similitud. En Los Reyes el 60% de los muestreos presentaron similitud y el 40% presentaron disimilitud en peso, los dendrogramas desarrollados se muestran en la siguiente tabla (Tabla 9).

Tabla 9. Comparación de similitud entre los muestreos de las comunidades de peces en peso presentes en las presas de los estados de Puebla e Hidalgo.

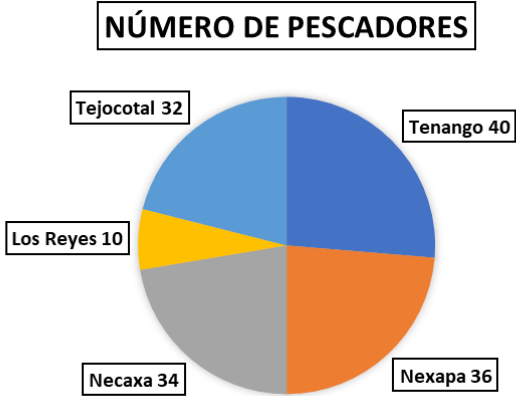


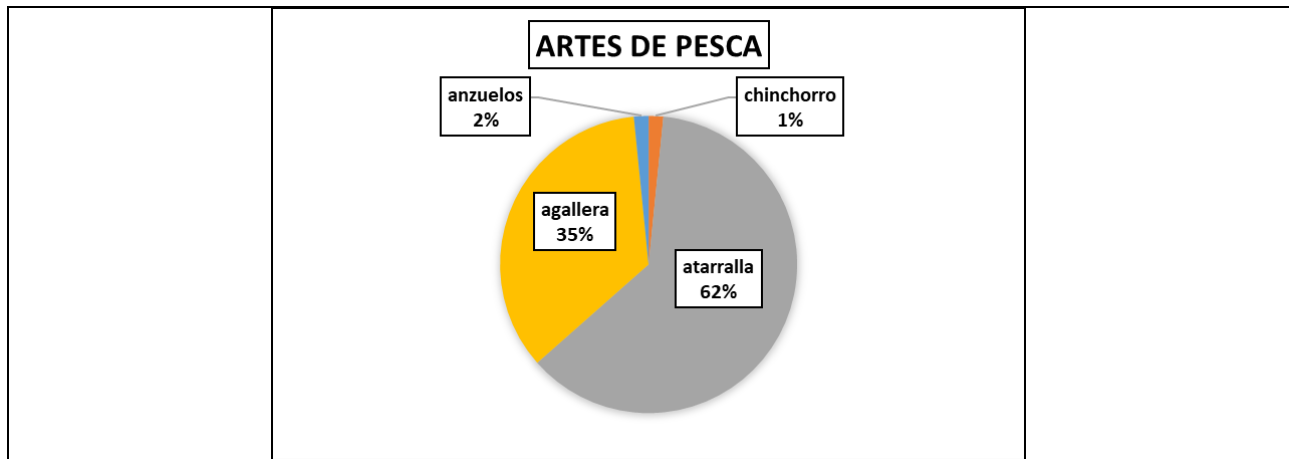


8.4. Actividad pesquera.

La actividad pesquera en la zona es desarrollada por los habitantes de las localidades vecinas a los cuerpos de agua, obteniéndose 152 entrevistas, los resultados se presentan a continuación:

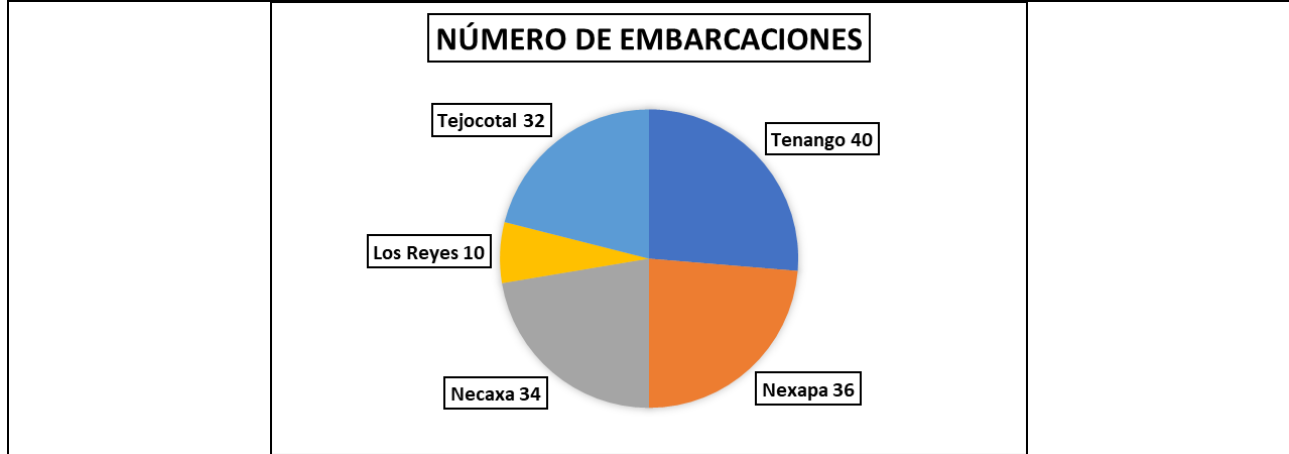
Tabla 10. Resultados de la entrevista focalizada

Pregunta	Respuesta												
<p>1. ¿Cuántos pescadores realizan esta actividad en la presa?</p>	<p>El número de pescadores en las presas es variable, la presa Necaxa cuenta con 34, Tenango con 40, Nexapa con 36, Tejocotal con 32 y Los Reyes con 10.</p>												
<p>Gráfica</p>													
 <p>NÚMERO DE PESCADORES</p> <table border="1" data-bbox="527 604 1039 997"> <thead> <tr> <th>Presa</th> <th>Número de Pescadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tenango</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Nexapa</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td>Necaxa</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>Tejocotal</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>Los Reyes</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>		Presa	Número de Pescadores	Tenango	40	Nexapa	36	Necaxa	34	Tejocotal	32	Los Reyes	10
Presa	Número de Pescadores												
Tenango	40												
Nexapa	36												
Necaxa	34												
Tejocotal	32												
Los Reyes	10												
Pregunta	Respuesta												
<p>2. ¿Qué artes de pesca utilizan y cuántas redes tienen?</p>	<p>El 62% de los pescadores mencionó que utiliza red tipo atarraya, el 35% red agallera, el 2% anzuelos y el 1% de los pescadores utilizan red tipo chinchorro charalero, asimismo indicaron que solo cuentan con 2 redes por pescador. En la mayoría de las presas se utilizan como artes de pesca la atarraya, la red agallera, en el caso de la presa Tejocotal se utiliza mayormente la red tipo chinchorro para los charales en el caso de la presa Los Reyes solo utilizan anzuelos.</p>												
<p>Gráfica</p>													



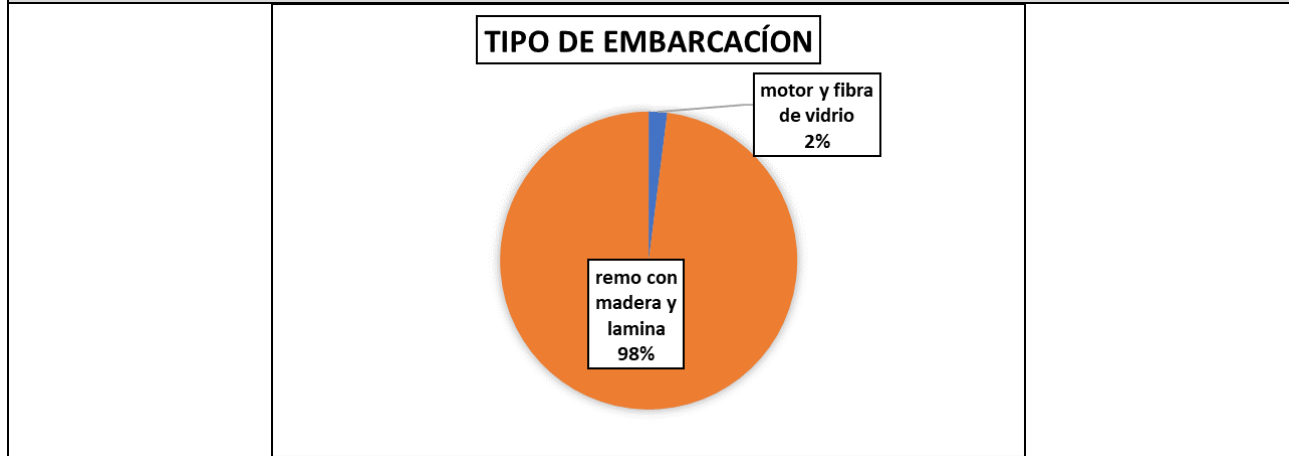
Pregunta	Respuesta
3 <i>¿Cuántas embarcaciones tienen?</i>	Los pescadores indicaron que solo cuentan con una embarcación permitida por las sociedades cooperativas y que estas se encuentran registradas ante la secretaria de marina en la capitania de puerto.

Gráfica



Pregunta	Respuesta
4 <i>¿Qué tipo de embarcaciones tienen?</i>	El 98% de los pescadores cuentan con embarcaciones construidas de madera con lámina y el 2% cuenta con embarcaciones de fibra de vidrio. dicen contar con apoyo del gobierno para la construcción y compra de materiales para construir las embarcaciones y a veces por programas del gobierno federal les entregan embarcaciones de fibra de vidrio

Gráfica



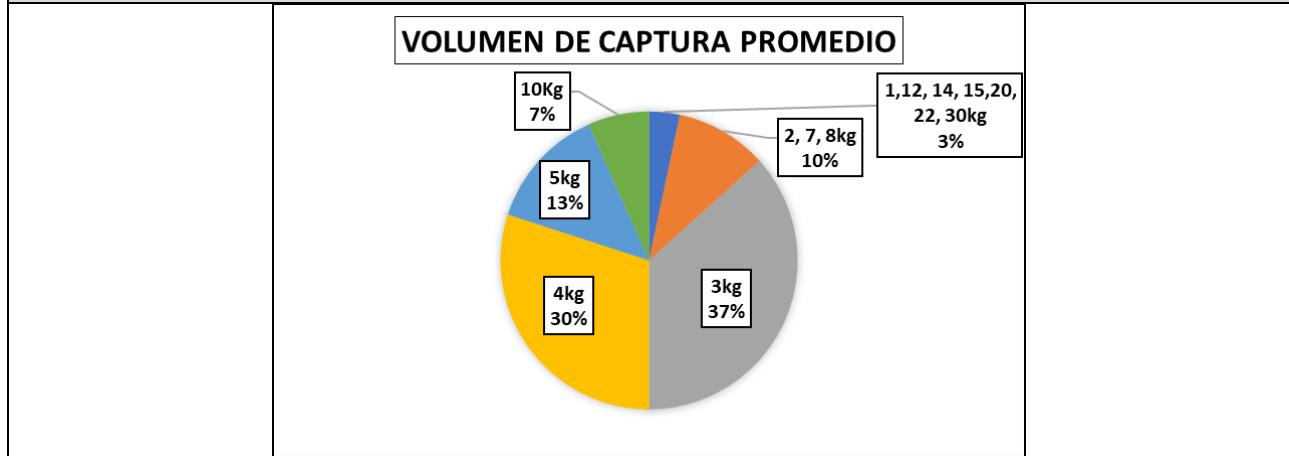
Pregunta	Respuesta
5 ¿Pescan diario y en qué horarios?	Los pescadores mencionaron que no se pesca diario y que los horarios de captura varían, en la presa Necaxa las capturas se realizan de 4 a 11 y de las 12 a 15 horas, en la presa Tenango las capturas se efectúan de 2 a 9 y de las 13 a 22 horas, en la presa Nexapa las capturas se llevan a cabo de 4 a 11 y de las 15 a 19 horas, en la presa Tejocotal las capturas comprenden los horarios de las 12 a 0 horas y en la presa Los Reyes las capturas se realizan de las 5 a 14 horas.

Gráfica

Horarios de pesca		
Tejocotal	12	0
Los Reyes	5	14
Necaxa	4 a 11	12 a 15
Tenango	2 a 9	13 a 22
Nexapa	4 a 12	15 a 19

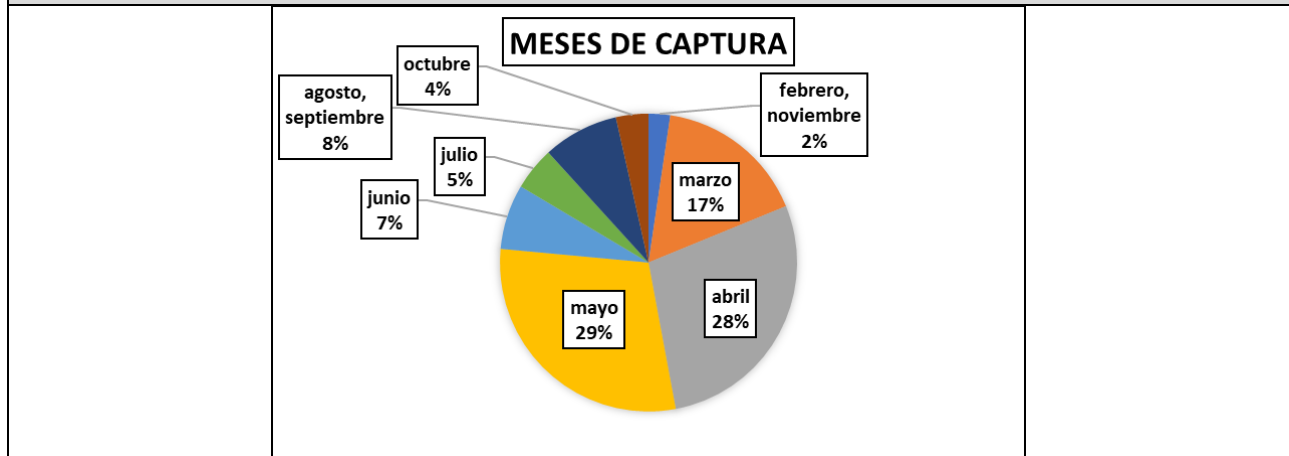
Pregunta	Respuesta
6 ¿Cuál es el volumen de captura en promedio diario por pescador?	El 37% de los pescadores mencionó que las capturas en promedio diario por pescador capturan 3 kg, el 30% que se capturan 4 kg y el 13% que se capturan 5 kg. Se observa que las capturas en la actividad pesquera son muy bajas

Gráfica



Pregunta	Respuesta
7 ¿Cuándo se realizan las mayores capturas? (meses)	El 29% de los pescadores indicó que mayo es el mes de mayor captura, el 28% es abril, el 17% marzo, el 8% que son en los meses de agosto y septiembre, el 7% en el mes de junio, el 5% en el mes de julio, el 4% en el mes de octubre y el 2% de los pescadores son febrero y noviembre.

Gráfica

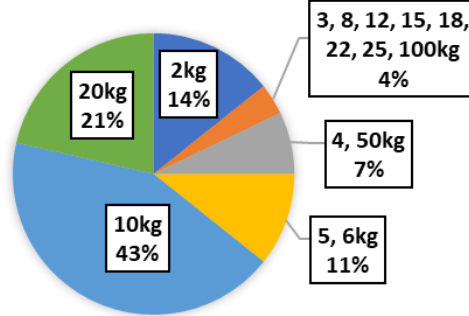


Pregunta	Respuesta
8 ¿En cuánto consisten las máximas capturas por pescador?	El 43% de los pescadores mencionó que las máximas capturas son de 10kg, el 21% que son 20kg, el 14% que son 2kg, el 11% que son de 5 a 6 kg, el 7% que oscila entre 4 a 50kg y el 4% que

oscilan entre 3 a 100kg.

Gráfica

MÁXIMAS CAPTURAS



Pregunta

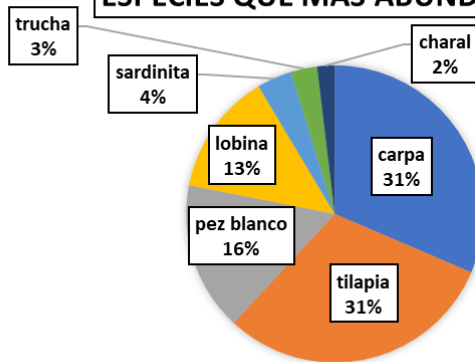
Respuesta

9 ¿Cuáles son las especies más abundantes que se capturan en la actividad pesquera?

El 31% de los pescadores expresó que se captura carpa y tilapia, el 16% de pescado blanco, el 13% de lobina negra, el 4% sardinita de agua dulce, el 3% de trucha arcoíris y el 2% capturan charales. La trucha arcoíris solo se comercia en la presa Tejocotal y no se capturo en las muestras

Gráfica

ESPECIES QUE MÁS ABUNDANTES



Pregunta

Respuesta

10 ¿Aproximadamente cuanto se captura al año?

En la presa Necaxa, el 35% de los pescadores señaló que se capturan entre 100 y 5000kg de carpa, el 34% entre 100 a 500kg tilapia al año, el 24% entre 100 y 1000 kg de lobina negra y el 7% que son 300kg de sardinita de agua dulce,

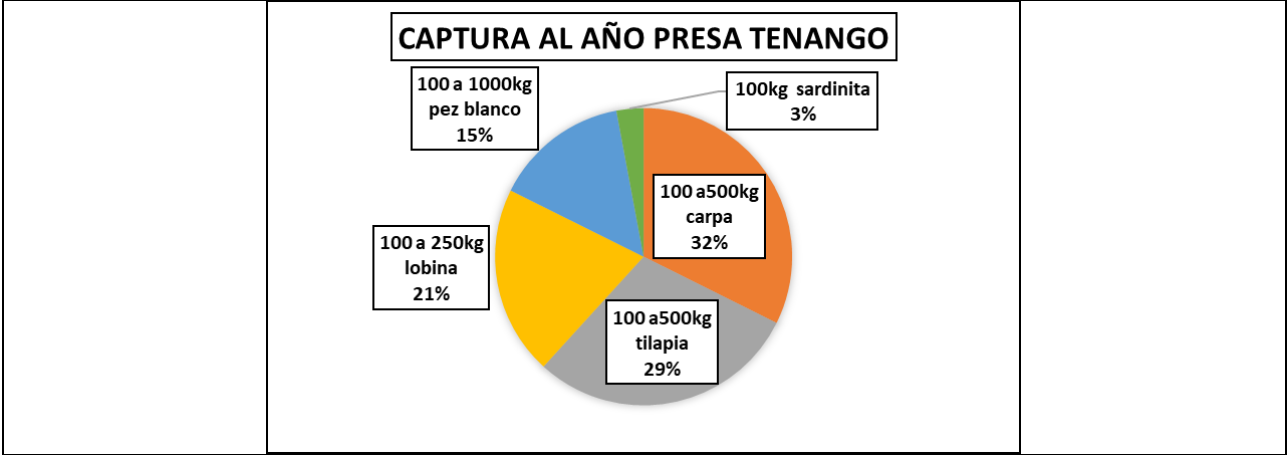
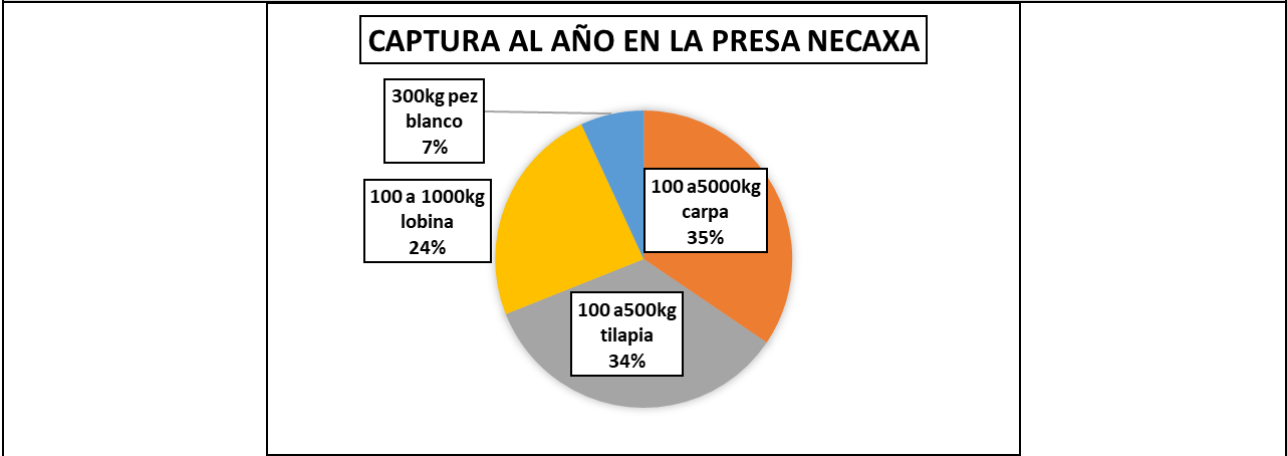
En la presa Tenango, el 32% de los pescadores señaló que se capturan entre 100 y 500kg de carpa, el 29% que es entre 100 a 500 kg de tilapia, el 21% que entre el 100 a 250kg de lobina negra, el 15% que entre 100 a 1000kg de pescado blanco y el 3% que se captura 100 kg de sardinita de agua dulce.

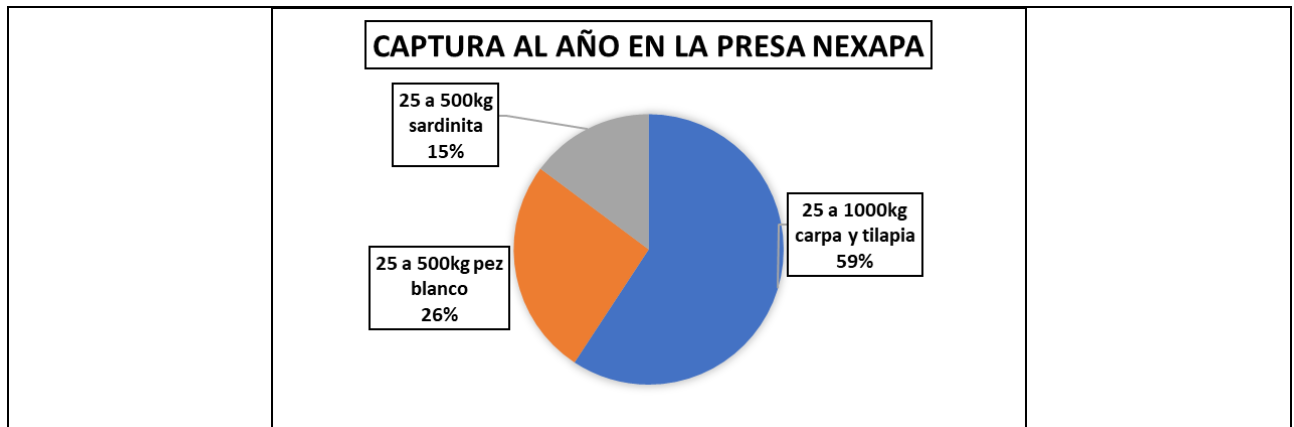
En la presa Nexapa, el 59% de los pescadores señaló que se capturan entre 25 y 1000kg de carpa y tilapia, el 26% que es entre 25 a 500 kg de pescado blanco y el 15% que entre el 25 a 500kg de sardinita de agua dulce.

Lo que muestran estos datos es que la captura anual es muy baja en cada una de las presas.

En las entrevistas no se encontraron a los pescadores que respondieran esta pregunta en las presas de Hidalgo.

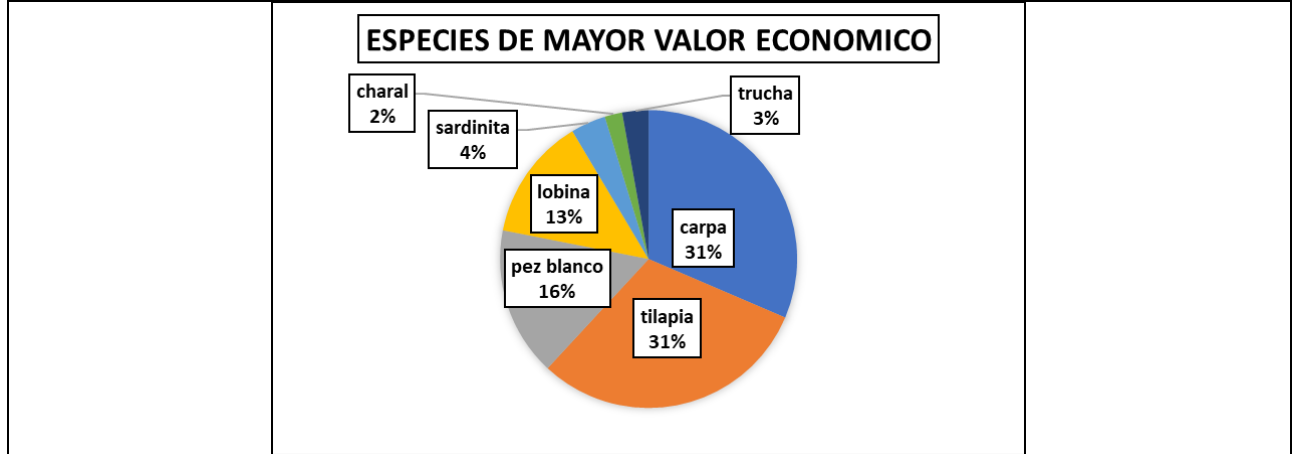
Gráfica





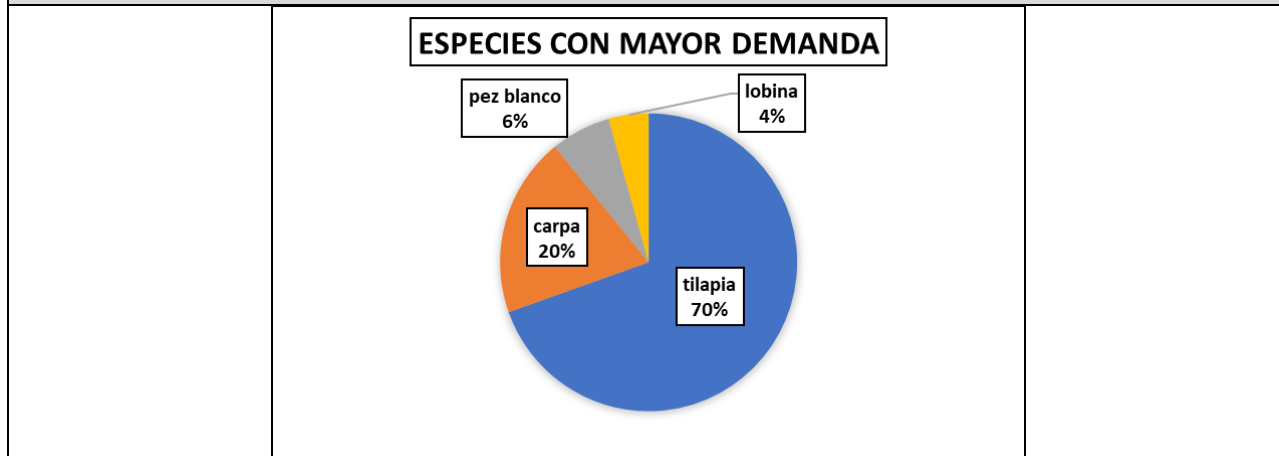
Pregunta	Respuesta
<p>11 ¿Cuáles son las especies de mayor valor económico?</p>	<p>El 35% de los pescadores expresó que son que las especies con mayor valor económico son la carpa y la tilapia, el 9% que son el pescado blanco, el charal y la lobina negra y el 3% de que es la sardinita de agua dulce.</p> <p>Las especies con mayor valor económico son especies exóticas introducidas</p>

Gráfica



Pregunta	Respuesta
<p>12 ¿Cuáles son las especies de mayor demanda y por qué?</p>	<p>El 70% de los pescadores comentó que la especies con mayor demanda es la tilapia, el 20% que es la carpa, el 6% que es el pescado blanco y el 4% que es la lobina negra. Las especies introducidas exóticas son las que tienen mayor demanda en el mercado local.</p>

Gráfica

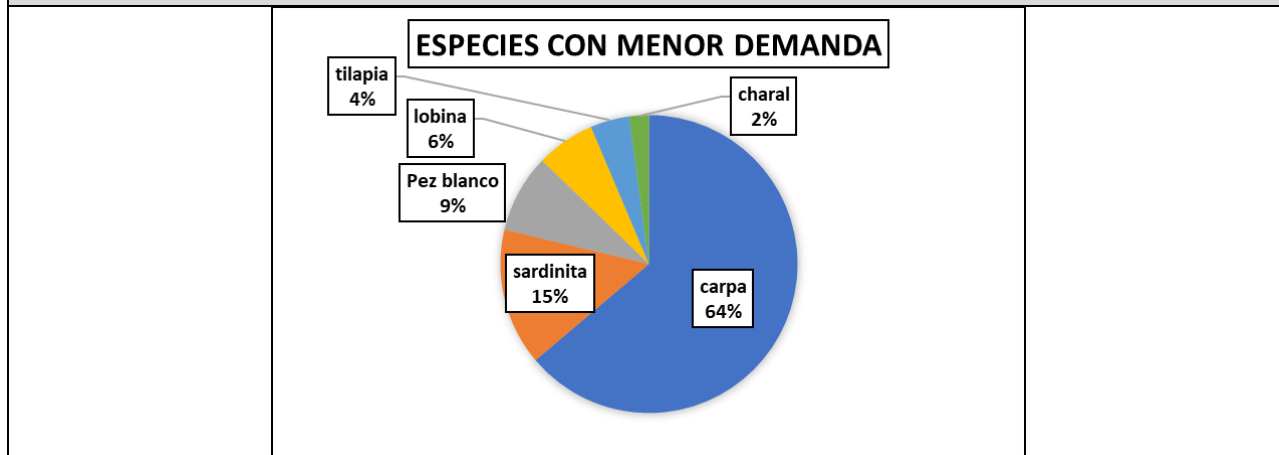


Pregunta	Respuesta
----------	-----------

13 ¿Cuáles son las especies de menor demanda y por qué?

El 64% de los pescadores mencionó que la especie con menor demanda es la carpa por tener muchas espinas, el 15% que es la sardinita de agua dulce por no tener sabor y por su tamaño, el 9% que es el pescado blanco por no tener sabor y por su tamaño, el 6% que es la lobina negra, de esta no dicen el por la razón, el 45 que es la tilapia no dicen la razón de por qué y el 2% que el charal por no tener sabor y por su tamaño.
Hay especies presentes en las presas con poca demanda de gran importancia para el mercado nacional que deberían ser tomadas en cuenta.

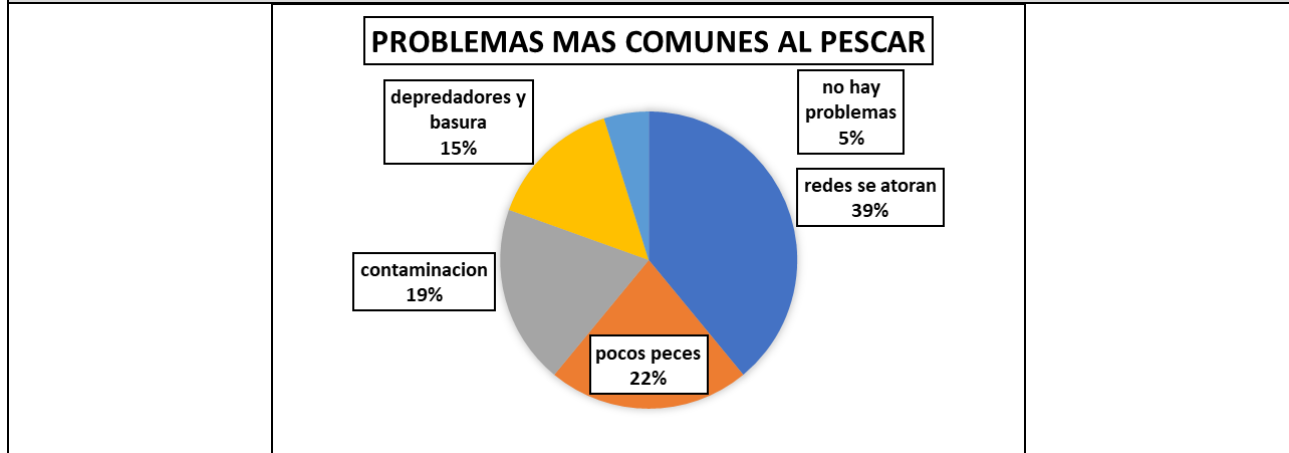
Gráfica



Pregunta	Respuesta
----------	-----------

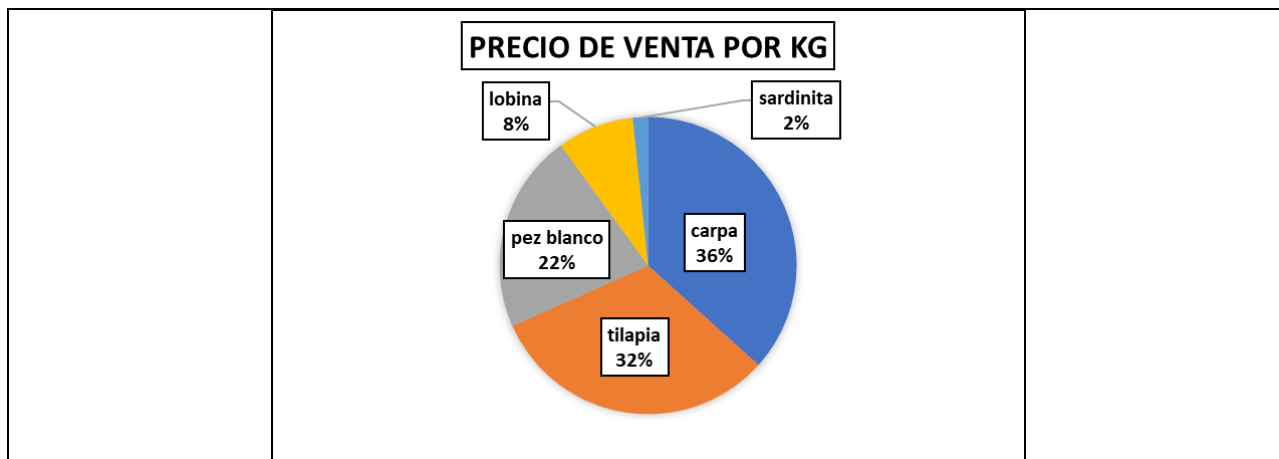
<p>14 ¿Cuáles son los problemas más comunes al pescar?</p>	<p>El 39% de los pescadores indicó que uno de los problemas más comunes al pescar es que las redes se atoran, el 22% que hay pocos peces en las presas, el 19% que el agua de las presas están contaminadas, el 15% dice que son los depredadores y la basura y el 5% que no existen problemas al pescar. una gran variedad de factores que afectan la actividad pesquera, que de alguna manera se deben modificar evitando que afecten dicha actividad</p>
---	---

Gráfica



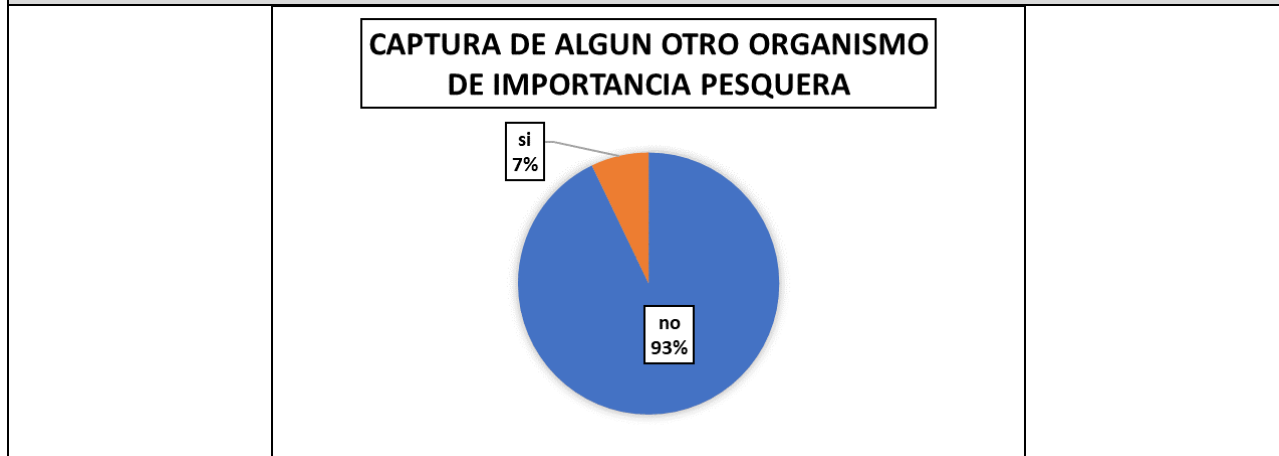
Pregunta	Respuesta
<p>15 Hay conflictos entre los pescadores y las autoridades ¿cuáles?</p>	<p>Los pescadores señalan que no existen conflictos con las autoridades. Las autoridades y gobiernos locales y federal ofrecen apoyo continuo, aunque insuficiente a las comunidades de pescadores</p>
<p>16 ¿Cuentan con registros de la actividad pesquera?</p>	<p>Los pescadores señalan que no existen registros de la actividad pesquera, sin dichos registros no se podrán establecer los para metros para el manejo de la actividad pesquera</p>
Pregunta	Respuesta
<p>17 ¿Cuál es el precio de venta por kilo de cada especie?</p>	<p>El precio de venta por kilogramo es de \$ 20.00 pesos, sin distinción de especie (carpa, tilapia. pescado blanco, lobina negra y sardinita de agua dulce). Estos precios son muy bajos y hay especies con gran potencial económico</p>

Gráfica



Pregunta	Respuesta
18. ¿Capturan algún organismo más de importancia pesquera	El 97% de los pescadores mencionaron que no se captura ningún otro organismo de importancia pesquera y el 7% mencionaron que si- Hay organismos de importancia pesquera nacional sin un manejo adecuado de dichas especies

Gráfica

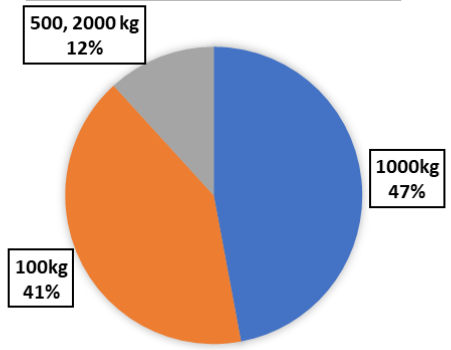


Pregunta	Respuesta
19. ¿Cuánto pescabas anteriormente al año?	Hace 20 años: El 47% de los pescadores indicaron que se capturaban 1,000kg al año, el 41% que capturaban 100kg y el 12% que capturaban entre 500 a 2,000kg. Hace 15 años: El 50% de los pescadores indicaron que se capturaban entre 100, 300 y 1,000kg al año, el 33% que capturaban 2,000kg y el 17% que capturaban 500kg. Hace 10 años: El 50% de los pescadores indicaron que se capturaban entre 500, 6,000kg al año, el 37% que

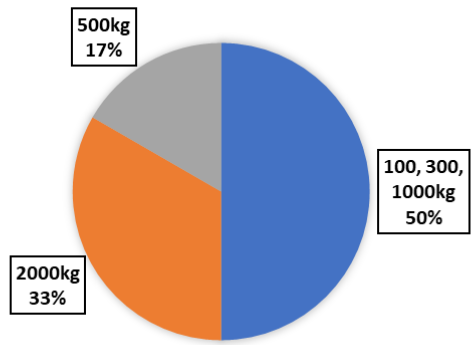
capturaban 100kg y el 13% que capturaban 600kg.
Hace 5 años: El 77% de los pescadores indicaron que se capturaban entre 100kg al año, el 15% que capturaban 5,000kg y el 8% que capturaban entre 300 y 500kg.
En la actualidad: El 90% de los pescadores indicaron que se capturan 100kg al año y el 10% que capturan 2,000kg.
 Las capturas han descendido a través de los años seguramente debido a la sobreexplotación de los recursos acuícolas pesqueros y su mal manejo.

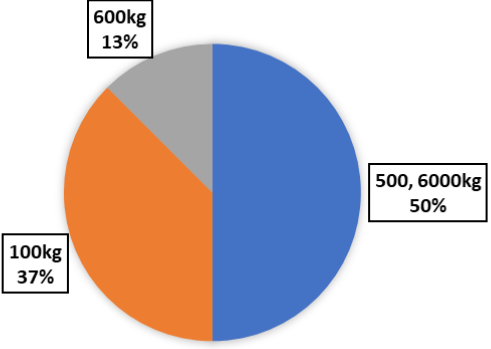
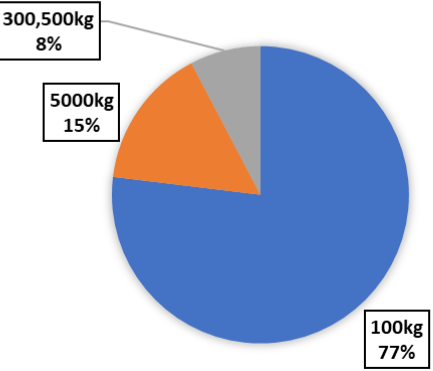
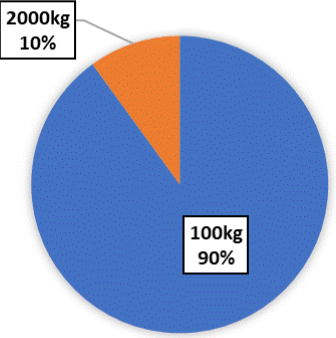
Gráfica

CAPTURAS HACE 20 AÑOS



CAPTURAS HACE 15 AÑOS



	<p style="text-align: center;">CAPTURAS HACE 10 AÑOS</p>  <table border="1" data-bbox="600 252 1088 598"> <thead> <tr> <th>Catch Weight</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>500, 6000kg</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>100kg</td> <td>37%</td> </tr> <tr> <td>600kg</td> <td>13%</td> </tr> </tbody> </table>	Catch Weight	Percentage	500, 6000kg	50%	100kg	37%	600kg	13%	
Catch Weight	Percentage									
500, 6000kg	50%									
100kg	37%									
600kg	13%									
	<p style="text-align: center;">CAPTURAS HACE 5 AÑOS</p>  <table border="1" data-bbox="552 703 982 1071"> <thead> <tr> <th>Catch Weight</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100kg</td> <td>77%</td> </tr> <tr> <td>5000kg</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>300, 500kg</td> <td>8%</td> </tr> </tbody> </table>	Catch Weight	Percentage	100kg	77%	5000kg	15%	300, 500kg	8%	
Catch Weight	Percentage									
100kg	77%									
5000kg	15%									
300, 500kg	8%									
	<p style="text-align: center;">CAPTURAS ACTUALMENTE</p>  <table border="1" data-bbox="633 1165 966 1501"> <thead> <tr> <th>Catch Weight</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100kg</td> <td>90%</td> </tr> <tr> <td>2000kg</td> <td>10%</td> </tr> </tbody> </table>	Catch Weight	Percentage	100kg	90%	2000kg	10%			
Catch Weight	Percentage									
100kg	90%									
2000kg	10%									

8.5. Análisis FODA

Se tomaron los datos de las entrevistas focalizadas realizadas a los pescadores en las cinco presas y la observación en campo para el análisis de la matriz FODA (Anexo), los resultados se indican en la siguiente tabla:

Tabla 11. Análisis de la matriz FODA.

Fortalezas	Oportunidades
F1) Encontrarse dentro de un área natural protegida F2) Contar con el apoyo de organizaciones no gubernamentales F3) Contar con cinco presas dentro del APRN F4) Realizar actividades Pesqueras, turísticas y agrícolas dependientes del agua de las presas	O1) Realizar investigación dentro del APRN O2) Utilizar al ambiente como motor de desarrollo sostenible O3) Crear un programa de ordenamiento pesquero O4) Deseo de las comunidades por trabajar a favor de la conservación del ambiente
Debilidades	Amenazas
D1) Falta de credibilidad de la sociedad civil hacia las autoridades D2) Escasa participación de los pobladores en la toma de decisiones D3) Bajo nivel de conciencia ambiental de la población D4) Carecer del programa de ordenamiento pesquero	A1) Crecimiento desorganizado de los asentamientos humanos A2) No considerar la variable ambiental en la planificación urbana A3) No contar con la información adecuada manejo de los recursos acuícolas A4) continuar sobre explotando los recursos

Fortalezas

Aprovechar que las cinco presas se encuentran dentro del Área Natural Protegida Cuenca Hidrográfica del río Necaxa, la cual cuenta con la categoría de manejo como Área de Protección de Recursos Naturales, formando parte de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, lo que permite incentivar a los pescadores para que desarrollen proyectos y programas para la conservación y desarrollo sostenible (PROCOCODES) y la generación de programas de empleo temporal (PET). Aunado a lo anterior asociarse con instituciones académicas como la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, para llevar a cabo actividades pesqueras, turísticas, agrícolas dependientes del agua de las presas de manera sostenible. Por otro lado, fomentar que los pescadores se organicen en sociedades cooperativas con el objeto de contar y producir especies de peces de importancia nacional, generando empleos permanentes y temporales para los pescadores beneficiando la alimentación de la población que consume productos pesqueros. Economía de las personas dependientes

de dicha actividad, además del deseo de las comunidades de trabajar a favor de la conservación del medio ambiente

Oportunidades

Profundizar en las investigaciones ecológicas, acuícolas y pesqueras de las especies presentes en las cinco presas con el apoyo de instituciones públicas y universidades, mejorando la infraestructura pesquera con apoyo del gobierno estatal y federal. Creando un programa de ordenamiento pesquero y un plan de manejo de las pesquerías para establecer cuales especies son las más adecuadas para la dicha actividad, el número de pescadores, las artes de pesca y la luz de malla de los paños de red, así como las épocas de veda apropiadas, esto con el fin de que las especies se reproduzcan de manera natural. Que se registre la actividad en una bitácora, para insertar los datos dentro de las estadísticas nacionales. Establecer un sector acuícola que fomente su desarrollo potencial de manera sostenible y generar empleos para un mayor número de personas, permitiendo con ello la reactivación de la economía local. Implementar una unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) orientada a la producción, explotación y repoblación de especies de peces endémicas de México con el objeto de satisfacer la demanda pesquera local y estableciendo el comercio de especies con industrias pesqueras conexas, abriendo mercado fuera del área. Además de recuperar los ecosistemas acuáticos, creando plantas de tratamiento de agua residuales de origen domestico he industrial. Estableciendo programas de manejo de residuos sólidos, proponiendo medidas de mitigación y cursos de educación ambiental para la población local y los pescadores.

Debilidades

La sociedad civil tiene falta de credibilidad hacia las autoridades, no considera la variable ambiental y el crecimiento desorganizado de los asentamientos humanos, el bajo nivel de conciencia y educación ambiental del gobierno, la población local y los pescadores, contribuye a seguir alterando los ecosistemas terrestres y acuáticos de la zona.

Se carece de una adecuada red de drenaje y plantas de tratamiento para las aguas residuales domésticas e industriales. La pérdida de la diversidad acuática endémica de México es propiciada por la escasa participación de los pescadores con respecto a la toma de decisiones referentes a la utilización de las presas de manera sostenible, no existen proyectos de investigación que fortalezcan la actividad pesquera en el área que contribuyan a describir las relaciones ecológicas entre esta actividad y el ambiente, permitiendo que la actividad pesquera se siga llevando a cabo sin que los volúmenes de captura afecten el crecimiento poblacional de los peces. No hay registros de los volúmenes de captura en las bitácoras pesqueras por lo que no hay información de las estadísticas nacionales. Los bajos volúmenes de captura y escasos de productos, pesqueros ocasionan poca competitividad en el mercado, lo cual genera pocas ganancias a los pescadores de la zona. No hay programas que incentiven la reproducción, producción y venta de las especies endémicas de la zona las cuales pueden ser de importancia para el mercado nacional. No existen asociaciones entre las industrias pesqueras conexas y las personas que se dedican a pescar en las presas por lo que no se ven favorecidas estas últimas en lo económico.

Amenazas

Que continúe el crecimiento demográfico insostenible y la presión sobre el medio ambiente en la zona. Un serio problema es la contaminación de las presas por las aguas residuales domésticas e industriales, las cuales pueden originar problemas en la salud pública de los habitantes del lugar y de los pescadores, de tal forma que originar una suspensión temporal de la actividad pesquera. Otro obstáculo es la falta de información sobre la biodiversidad ictiofaunística de importancia acuícola y pesquera. Aunado a lo anterior las prácticas pesqueras agresivas llevadas a cabo en las presas, afectan el ciclo reproductivo de las especies y generar sobreexplotación provocando la reducción de las poblaciones de peces y los volúmenes de captura los cuales podrían desencadenar una actividad pesquera insostenible para la región.

9. DISCUSIÓN

La zona estudiada se localiza en la parte central – este de México, dentro de la zona biogeográfica tropical, al encontrarse a una altitud de 1750 msnm, se presentan condiciones de Bosque Mesófilo, otra característica es que en su vertiente Este se tiene un clima semicálido, templado húmedo, con una temperatura media anual mayor de 18°C, con precipitación anual mayor de 500 mm y precipitación del mes más seco mayor de 60 mm; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual y en su vertiente oeste se tiene un clima templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C, precipitación anual mayor de 200mm y precipitación en el mes más seco mayor de 40mm; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual. Estas situaciones le confieren condiciones características, con una transición entre la zona fría y la cálida que provee un mosaico de hábitats, ocupados por una amplia diversidad de especies.

Esta zona es de particular importancia debido a las condiciones mencionadas, lo que ha ocasionado sea sujeta a diversas categorías de protección, inicialmente fue declarada Zona Protectora Forestal Vedada, posteriormente en el 2002 es declarada “Área de Protección de Recursos Naturales” Cuenca Hidrográfica del río Necaxa, en el 2008 se le asigna la categoría de sitio Ramsar. Asimismo, se ha incorporado dentro de las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP122) y Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP 76). En todos los casos se resaltan diversas características como la diversidad de flora, y la diversidad de fauna en diversos grupos, pero debido al desconocimiento del grupo de los peces, esta información no ha sido incluida, este estudio es relevante debido al conocimiento que aporta con respecto a la diversidad ictiológica. Una situación semejante se presenta con el establecimiento del sitio Ramsar, donde se aprecia que esta categoría fue obtenida por las características mencionadas, sin considerar a la ictiofauna de la zona. En las siguientes figuras se muestran estas regionalizaciones.

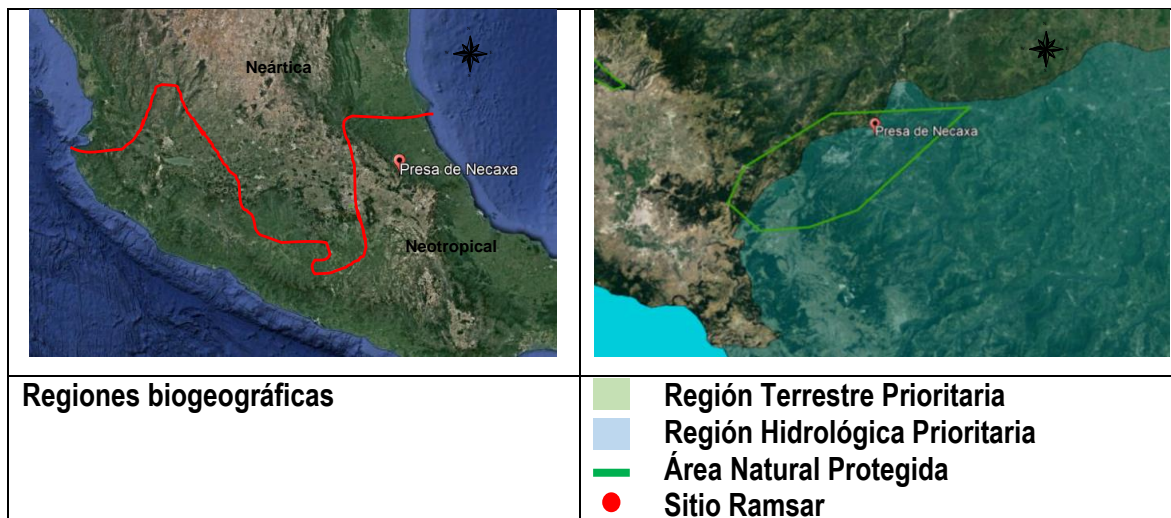


Figura 14. Regionalizaciones

9.1. Composición de especies

La edificación de las cinco presas ocasionó un impacto en los ecosistemas de la zona, considerando que se han modificado los aspectos físicos, químicos e hidrológicos del río Necaxa. Estos cambios propiciaron alteraciones en la productividad biológica primaria de los ecosistemas, en flora y fauna (en particular peces) del lugar. Ante tales eventos, el registro de especies antes de la construcción de las presas debió ser diferente. Es posible inferir su presencia en función de los registros efectuados después de la construcción de la misma. Algunos estudios realizados en el área describen a las especies de peces presentes en las presas después de su edificación, de forma específica las once especies encontradas en este estudio son: *Chirostoma humboldtiana*, *Chirostoma jordani*, *Chirostoma chapalae*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *Cyprinus carpio*, *Carassius auratus*, *Poeciliopsis catemaco*, *Heterandria jonesii*, *Micropterus salmoides* y *Astyanax armandoi*.

La Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, reportó diez y siete especies para Hidalgo en el año de 1999, de estas cinco se encuentran reportadas como recursos acuícolas para este estado (*Chirostoma jordani*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *Cyprinus carpio*, *Carassius auratus*) y tres de las especies capturadas no se encuentran reportadas (*Chirostoma chapalae*, *Poeciliopsis catemaco*, *Heterandria jonesii*).

La Universidad Autónoma de Chapingo (2001) enlista las especies de peces presentes en las presas las cuales son, los peces espada (*Xiphophorus evelynae* y *Xiphophorus sp*) y el guayacon (*Gambusia sp*), que no se encontraron durante los muestreos realizados en las cinco presas en el presente estudio.

De las veinte especies de peces reportadas por Montalvo *et al* (2009), como parte de los recursos acuícolas del estado de Puebla, cinco especies se identificaron en los muestreos realizados en el área, las cuales son: *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *Cyprinus carpio*, *Carassius auratus*, *Micropterus salmoides* y dos de las especies identificadas en este estudio no se encuentran reportadas para Puebla, las cuales son (*Chirostoma humboldtiana*, *Astyanax armandoi*).

Características de las especies

Existen especies que no se encuentran previamente registradas para la región, pero fueron encontradas para las presas del APRN en este estudio. En los ecosistemas de aguas interiores, la introducción de especies de peces ha sido principalmente para atender la demanda alimentaria de las comunidades de escasos recursos dispersas en el país. Debido a esta necesidad se han incorporado varias especies de carpas (*Cyprinus carpio*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Carassius auratus* y *Mylopharyngodon piceus*), tilapias (*Oreochromis aureus*, *O. mossambicus*, *O. niloticus*, *O. urolepis*, *Tilapia rendalli* y *T. zillii*) y truchas (*Oncorhynchus clarki*, *O. virginalis*, *O. mykiss*) en presas, lagos, bordos temporales y jagüeyes. También se han incorporado otras especies con diferentes usos como son peces ornamentales, de pesca deportiva, escapes en zonas e acuacultura y para el control de vegetación (Aguilar, 2005), siendo que hasta el momento no se tiene un control de las especies que se introducen.

Contreras *et al* (2014) mencionan que se encuentran reportadas ciento veintitrés especies de peces de agua dulce para la región central de México, de las cuales noventa y ocho son especies nativas y veinticinco son especies no nativas. Asimismo,

indica que en la región central de México se reportan tres especies de la familia Cyprinidae.

En los muestreos realizados en el APRN solo se encontraron cuatro especies, las cuales pueden ser consideradas como invasoras (*Cyprinus carpio*, *Carassius auratus*, *Oreochromis aureus* y *Oreochromis niloticus*).

La carpa común (*Cyprinus carpio*) es utilizada para acuicultura extensiva, esta especie es originaria de las cuencas hidrológicas que drenan hacia el mar Mediterráneo, hacia el Negro, y hacia el Caspio en Europa y Asia Central en la República Popular de China. Escárcega, (1999) indica que en México fue introducida en el año de 1884, es una especie ampliamente consumida por la población en ciertas localidades del centro de la República Mexicana. Esta especie se ha aclimatado con éxito, al grado de ser la especie exótica con mayor amplitud en su distribución geográfica. Es muy resistente, y tolera condiciones adversas, su reproducción comienza alrededor de los seis meses de edad y alcanza grandes tallas; además de ser un pez de rápido crecimiento y muy prolífico.

La carpa dorada (*Carassius auratus*), se considera una especie de ornato, considerando que en México las carpas han cumplido con un objetivo de beneficio netamente social, al ser un organismo resistente a una amplia gama de climas, encontrándosele en lagos, ríos, lagunas, charcos temporaleros y además se ha adaptado muy bien a estanques rústicos. Su cultivo se ha difundido en todo el territorio nacional y su consumo forma parte de la dieta de la población rural de algunas regiones muy localizadas, particularmente del centro del país, este grupo ha sido introducido debido a intereses acuiculturales y pesqueros por lo que estas especies han migrado para establecerse en los ambientes naturales. Es originaria de Asia central en la República Popular de China y se encuentra ampliamente distribuida en el mundo. En México se ignora con precisión en qué momento se introdujo, pero por registros en la literatura se puede deducir que ocurrió a fines del siglo XIX. Esta especie se distribuye ampliamente en el país tanto en los estados interiores como en los estados costeros, se

encuentra presente principalmente en la región central de México principalmente en las cuencas de los ríos Lerma-Chapala-Santiago, Balsas y Panuco.

Contreras *et al* (2014), indica que, en la región central de México, se registran siete especies de la familia Cichlidae, de estas se identificaron dos especies en las presas del APRN (*Oreochromis aureus* y *Oreochromis niloticus*). Escárcega, (1999) y en la GISP (2018) se menciona que comúnmente son conocidas como “tilapias” y son originarias de África. Estos organismos fueron introducidos a México en 1964, procedentes de Auburn Alabama, Estados Unidos de América. La mayor parte de las especies introducidas de la familia Cichlidae, fueron traídas al país como parte de los programas de acuicultura de los gobiernos federal y estatal, ya que estas especies son conocidas por la facilidad con que se crían y reproducen en estanques. Muchos individuos han escapado de las granjas piscícolas o han sido agregados a embalses naturales y artificiales. La tilapia es una especie que se ha adaptado favorablemente a las condiciones ambientales de México.

Mendoza *et al* (2014) establece que durante decenas de millones de años los organismos incapaces de dispersarse a grandes distancias han divergido evolutivamente en distintas especies, separadas por barreras geográficas. Sin embargo, la biota del planeta se ha ido homogeneizando rápidamente ya que estas barreras casi han desaparecido, a medida que el transporte se ha vuelto más rápido y accesible, lo que ha proporcionado oportunidades para que miles de especies sean transportadas a nuevos hábitats. Es así como el número de introducciones de organismos a nuevos ambientes se ha ido incrementando a lo largo de la historia, pero es en particular durante las últimas décadas del siglo XX cuando se han alcanzado frecuencias sin precedentes. Estas especies pueden afectar a las nativas mediante diferentes mecanismos, entre los cuales destacan la hibridación, la competencia por alimento y espacio, la depredación, la alteración del hábitat, el desplazamiento de especies nativas, la alteración de la estructura de los niveles tróficos, la transferencia de patógenos e introducción de parásitos y enfermedades. Se considera que las invasiones biológicas son uno de los factores de presión más importantes causantes y

ha sido identificada como una de las principales causas de extinción de las especies nativas, de ahí que este fenómeno que es el tercer gran episodio de extinciones en la tierra, ya que las especies invasoras se reproducen incrementando sus poblaciones y se dispersan con consecuencias impredecibles que a menudo son irreversibles. El reemplazo de especies nativas por especies invasoras exóticas altera la composición de las comunidades y los procesos de los ecosistemas, a menudo con consecuencias negativas que degradan la salud humana y economía local.

Especies con otros estatus ecológicos

La región central de México es considerada como uno de los más importantes centros de endemismo de especies ícticas del país (Contreras *et al.*, 2014; Miller *et al.* 2009) indican que en esta región se registran doce especies introducidas de otras regiones de México.

Existen siete especies nativas de México, que fueron determinadas para las presas del APRN, que se encuentran fuera de su área de distribución natural, de estas especies, cuatro se encuentran en registros bibliográficos que describen la forma como fueron introducidas en las presas del área como son: el pescado blanco (*Chirostoma humboldtiana*), los charales (*Chirostoma jordani* y *Chirostoma chapalae*), la lobina negra (*Micropterus salmoides*) y se encontraron tres especies de las cuales no se encuentran registros bibliográficos de su introducción (especies criptogénicas) como son: los poecilidos (*Heterandria jonesii* y *Poeciliopsis catemaco*) y la sardinita de agua dulce (*Astyanax armandoi*).

La lobina negra (*Micropterus salmoides*), es una especie de la familia Centrarchidae, originaria del sur de Ontario y Quebec a través de los grandes lagos y el valle del río Misisipi, al este de Florida y al norte hasta el sureste de Virginia, en la vertiente del Atlántico, al oeste hasta la cuenca del río Bravo de allí hasta los ríos San Fernando y Soto la Marina, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas en el norte de México; se introdujo a los lagos y presas del país en los estados de Oaxaca, Michoacán, San Luis Potosí, Veracruz, Jalisco, Guanajuato, Sinaloa, Durango, Chihuahua y Puebla para la

pesquería comercial y deportiva. Se introdujo al lago de Pátzcuaro y a otros cuerpos de agua del centro del país entre los años 1929 y 1930, básicamente con la intención de incrementar la productividad pesquera y promover el turismo (Escárcega, 1999; Contreras *et al.*, 2014; Miller *et al.*, 2009).

Los pescados y charales (*Chirostoma humboldtiana*, *Chirostoma jordani* y *Chirostoma chapalae*) constituyen un grupo nativo o endémico de la zona centro del país, se reporta la introducción de estas especies en los años setenta en distintas presas de los estados de Michoacán, Estado de México, Querétaro, Hidalgo, Chihuahua, Puebla, Jalisco y Aguascalientes (Escárcega, 1999; Miller *et al.*, 2009; Rojas *et al.*, 2005).

Especies Criptogénicas

Debido a que su procedencia no puede ser demostrada ya que no se encuentran descritas para el área y no encontramos registros bibliográficos para los motivos y fechas de introducción, es probable que se haya realizado manera accidental como producto de actividades acuícolas o acuarísticas ornamentales, estas especies son: *Astyanax armandoi*, *Heterandria jonesii* y *Poeciliopsis catemaco* (Mendoza *et al.*, 2014). Miller *et al* (2009), establece áreas de distribución original de estas tres especies,

El guayacon, topote o tetra (*Astyanax armandoi*), es endémico de la Vertiente del Atlántico, de un arroyo que fluye a través de Pénjamo (hoy Coronel Gregorio Martínez Magaña, Tabasco.) hasta el río Usumacinta, al este de Palenque, Chiapas. SEDESOL en 1994 la listo como especie amenazada y SEMARNAT en 2002 como especie en peligro.

Algunos autores mencionan que esta especie presenta una sinonimia con *Astyanas aeneus*, ya que su descripción se encuentra basada en su labio inferior expandido, junto con un conjunto de variables osteológicas. Dicha expansión se ha observado en otras poblaciones de *Astyanax* tratándose de un ecofenotipo, que es considerado como una adaptación a condiciones de hipoxia, los caracteres morfológicos, merísticos y

osteológicos de *Astyanax armandoi* son compatibles con la notable variación inter e intrapoblacional de *Astyanax aeneus* (Schmitter *et al.*, 2008; Lozano, 1990)

Para esta especie se recomienda realizar estudios ontogénicos de su desarrollo estructural observando si la progenie muestra la misma peculiaridad que los padres y si existe algún cambio morfológico, sometiéndola a diferentes condiciones ambientales en laboratorio como son variaciones en el oxígeno disuelto, para determinar si se presentan cambios morfológicos (la papila o mandíbula inferior extendida) (Miller *et al.*, 2009). Asimismo, se debe profundizar en estudios genéticos moleculares sobre ambas especies de *Astyanax* que determinen si existe una diferenciación genotípica o fenotípica de estas poblaciones.

El poecilido (*Heterandria jonesii*) habita en las vertientes del Atlántico desde los arroyos del lado opuesto a la antigua, incluidos los ríos Atoyac, río Blanco y la cuenca interior del lago Aljojuca, en la planicie de Puebla.

El poecilido (*Poeciliopsis catemaco*), habita la vertiente del Atlántico en el lago de Catemaco y su efluente además de la cuenca del río Papaloapan, Veracruz; se distribuye desde el este de Estados Unidos hasta el noreste de Argentina.

No existen características que permitan pronosticar de manera definitiva si una especie se va a convertir en invasora o no, pero si hay una serie de particularidades que, solas o combinadas, favorecen el que un organismo sobreviva, se establezca y reproduzca en un medio diferente al original.

Por ejemplo, las especies llamadas generalistas (que no tienen una dieta específica, son adaptables, tienen tolerancia amplia de temperatura, humedad o estacionalidad) y las conocidas como tipo r (estrategias de reproducción temprana, muchas crías por camada, capacidad de tener varias camadas en el año, poco cuidado parental y adaptación a cambios bruscos en el tamaño de las poblaciones) presentan más riesgo que aquellas que tienen necesidades específicas. Estos requerimientos específicos son

los que limitan su sobrevivencia (tolerancia a variaciones de temperatura de menos amplitud, dieta específica, relaciones simbióticas, ambiente específico) o su reproducción (estacionalidad, sustrato, alimento, disponibilidad de parejas, etc.). Sin embargo, estas características no necesariamente determinan la “invasividad” de una especie; así como diferentes características de una especie van a ser importantes en diferentes hábitats (Kolar *et al.*, 2001).

En el listado de especies de peces bajo la categoría de riesgo encontradas la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, no se encuentran las especies de peces nativas o endémicas que se describen en este estudio (Diario oficial de la federación 2010), las cuales deben ser incluidas por su importancia económica, ecológica y cultural, ya que la contaminación y la desaparición de sus hábitats, las hacen candidatas para incluirlas en esta categoría.

9.2. Comparación de los parámetros ecológicos entre las presas

Diversidad

En el estado de Puebla, la mayor abundancia se presentó en la presa Nexapa y la especie más abundante es el pescado blanco (*Chirostoma humboldtiana*). En la presa Tenango se registró la mayor abundancia en peso con el charal (*Chirostoma humboldtiana*). En el estado de Hidalgo, la mayor abundancia de especies y en peso se presentaron en la presa Tejocotal y la especie más abundante es el charal (*Chirostoma jordani*). Las altas abundancias de estas especies de *Chirostomas* en las presas se debe a que estas se han adaptado de manera favorable a las condiciones físicas químicas y biológicas, las cuales son parecidas a las de sus lugares de origen, debido a esto se encuentran poblaciones de estas especies en mayores cantidades que las de otras especies introducidas ya sean exóticas o endémicas.

Comparando los índices de diversidad en las presas del estado de Puebla, la presa con mayor diversidad de especies Necaxa y la de menor diversidad es la presa Nexapa. En el estado de Hidalgo, la mayor diversidad se presentó en la presa Tejocotal y la menor en la presa Los Reyes.

Las mayores diversidades de especies se presentan en las presas más grandes debido a que reciben mayor afluencia de agua y nutrientes lo cual modifica las condiciones físicas químicas y biológicas, además de tener un mayor reclutamiento de alevines durante las épocas reproductivas de las especies, aunado a que la productividad primaria es más alta. Las menores diversidades de especies se deben a varios factores como los efluentes de las presas que provienen de ríos bajos en nutrientes lo que modifica la productividad primaria y los factores físicos químicos y biológicos, así como su baja productividad primaria (Villareal *et al.*, 2004)

Villareal *et al* (2004), consideran que los valores de diversidad son altos cuando es superior a dos y bajos cuando es inferior a dos, por lo tanto, se considera en lo general que la diversidad de especies estudiadas en las presas es baja. Estos autores también mencionan que los valores de dominancia cercanos a cero indican que no existen especies dominantes en las presas y en cuanto a la equidad las presas presentaron intervalos cercanos a cero, lo que indica que no existe equidad en las presas.

Existen factores como son la introducción y traslocación de especies que influyen en los parámetros ecológicos de las comunidades de peces presentes en las presas (Mendoza *et al.*, 2014). Otro factor son las épocas climáticas de secas y lluvias (Vidal, 2005). Durante la época de secas el volumen de agua en las presas era bajos lo cual facilitó la captura de organismos e influyó directamente a los índices de diversidad, contrario a esto en la época de lluvias, los índices de diversidad son bajos ya las presas contienen mayor volumen de agua.

Abundancia en especies y abundancia en peso

En las presas del estado de Puebla e Hidalgo, son evidentes la diferencias entre las abundancias en número de especies y las abundancias en peso, que en algunos casos hay mayor número de especies menor con peso mayor o igual y en otros casos se encontraron un mayor número de especies con peso menor o igual. Esto debido a que algunas de las especies capturadas presentaron mayor tamaño y peso con un menor

número de especies y que a otras especies presentaron menor tamaño y peso con mayor número de especies. Por otra parte, entre las presas de los estados de Puebla e Hidalgo encontramos diferencias entre las especies su abundancia en número y en peso, esto debido a principalmente a la interacción de tres factores fundamentales como el clima (cálidos, templados, fríos y secos), la geología y el gran rango altitudinal en el relieve topográfico entre los dos estados.

Similitud de comunidades

En las presas del estado de Puebla, el 71% de las comunidades de peces presentó similitud y el 29% de los muestreos mostró disimilitud, En peso de las especies el 78.5% de los muestreos presentó similitud y el 21.5% de los muestreos presentó disimilitud. En el estado de Hidalgo, el 75% de los muestreos se observó similitud y el 25% mostró disimilitud. En el caso de las comunidades la similitud se debió a que, al comparar los muestreos, estas comunidades comparten las mismas especies, en el caso de la disimilitud esto se debió a que las comunidades de peces entre los muestreos no comparten las mismas especies (Villareal *et al.*, 2004).

En las presas de la cuenca hidrográfica del río Necaxa la similitud de especies entre las comunidades de peces muestreados se encuentra influenciada por varios factores como son la heterogeneidad ambiental, morfológica, latitudinal y geológica existente entre los dos estados (Puebla e Hidalgo) ya que las especies determinadas son diferentes.

Otro factor es la época de lluvias y secas (Rzedowski, 2006), en la época de lluvias las especies se encuentran mejor distribuidas en el ambiente que en la época de secas ya que la similitud se encuentra relacionada con el volumen de agua y esta con la distribución de especies.

Solo en las comparaciones realizadas entre la época de lluvias y de secas presentan disimilitud, en algunos casos la similitud de comunidades se ve afectada por el volumen de agua sin importar la época de lluvias o de secas ya que en campo se observaron volúmenes de agua bajos en las presas en la época de lluvias y volúmenes de agua

altos en la época de secas, lo cual se debe a que los volúmenes de agua en las presas son controlados por la planta hidroeléctrica y dependen de las demandas de generación de energía eléctrica.

9.3. Entrevistas focalizadas.

En las presas del área natural protegida cuenca hidrográfica del río Necaxa, se llevan a cabo actividades secundarias, como la agricultura, el turismo y la pesca. La actividad pesquera se lleva a cabo de manera artesanal por medio de sociedades cooperativas y presenta distintas problemáticas como es la sobre-explotación de los recursos de potencial pesquero, debido a la existencia de pescadores furtivos y las resiembras anuales. Según Arredondo *et al* (2007), la alta cantidad de pescadores puede ocasionar una baja en los recursos acuícolas, debido a la sobreexplotación, ya que extraen más peces de los que se reproducen de manera natural o de lo que se resiembraba de forma anual.

Debido a la baja cantidad de peces capturados en las presas en relación a la alta cantidad de pescadores existentes, los pescadores no realizan capturas diarias, estos solo realizan la actividad pesquera de forma parcial, pero se realiza todo el año. Aunado a lo anterior existen otros factores que afectan esta actividad como son los precios bajos en la zona de los productos pesqueros obtenidos, lo cual propicia que los pescadores busquen otras alternativas como fuentes de empleo remunerado.

Los meses en los que se realizan las mayores capturas son marzo, abril y mayo debido a que es la época de cuaresma o semana santa en la cual se consume pescado en la mayor parte del país por motivos culturales y religiosos.

Pérez *et al* (2002), menciona que en los centros acuícolas del país se cultivan 19 especies y sus crías se siembran con fines comerciales en cuerpos de agua del interior del país, a este tipo de pesquerías se les denomina pesquerías derivadas de la acuicultura resultante de siembras intencionales llevadas a cabo en embalses de manera extensiva. La carpa y la tilapia son las especies con mayor producción en el

país, estas especies se siembran en presas del APRN. Ya que estas representan los mayores ingresos económicos a los pescadores en el área por su venta al público. Sin embargo, esto fomenta que las especies nativas (lobina negra, charal y pescado blanco) sean especies intrascendentes para los pescadores y para dicha actividad.

Pérez *et al* (2002) indican que el manejo acuícola de los recursos pesqueros tanto nativos como introducidos en las presas mexicanas se remonta a los años 30. Una de las principales problemáticas en el manejo y la explotación de estos recursos es la sobreexplotación, el deterioro del hábitat y el cambio climático global; lo cual ha conducido a que las poblaciones actuales se encuentran reducidas. En las aguas epicontinentales las pesquerías son sostenidas con especies exóticas (carpas y tilapias), siendo que para dichas introducciones se desconoce su variedad o si existe hibridación. Las especies exóticas han derramado grandes beneficios a las comunidades rurales produciendo alimento de origen animal a bajos costos, lo cual ha contribuido al desarrollo socio económico, sin embargo, a pesar de sus altos rendimientos se han hecho pocos esfuerzos para realizar estudios científicos sobre la introducción de este tipo de especies a nuevos ecosistemas y de sus interacciones con las especies nativas. Al contrario de las especies endémicas de México como el pescado blanco (*Chirostoma humboldtiana*) y la lobina negra (*Micropterus salmoides*) cuya producción nacional ocupa bajos niveles.

Arredondo *et al* (2007), establece que es común observar en muestreos que las artes de pesca y métodos de captura son inadecuadas, debido a que se extraen organismos de tallas pequeñas o en edad reproductiva, ocasionando que las poblaciones no crezcan o se mantengan de forma natural. Por tal motivo se deben respetar los periodos de veda, estableciendo épocas de pesca y tallas óptimas para su comercialización, que permita el reclutamiento exitoso de estas especies.

Se ha constatado la captura indiscriminada de individuos sin importar su talla o si es población desovante, lo cual no permite tener una tasa adecuada de reclutamiento de crías y las vedas que son un acto administrativo por el que se prohíbe llevar a cabo la

pesca en un periodo o zona específica establecido mediante acuerdos o normas oficiales, con el fin de resguardar los procesos de reproducción y reclutamiento de una especie.

Pérez *et al* (2002), menciona que se tiene que realizar un manejo adecuado de las pesquerías con artes de pesca en las que se implemente red atarraya, chinchorro o red agallera de mayor apertura de luz de malla, lo cual permita un reclutamiento exitoso de la población desovante esto dependiendo de la biología de cada especie que se desee capturar. Asimismo, indica que en los últimos 20 años la tendencia de las capturas de tilapia y carpa había ido hacia el aumento; sin embargo, en los últimos 4 años, se ha revertido la tendencia y los volúmenes de captura se han visto reducidos debido a problemas económicos, sociales y de tipo biológico que tienen que ver con el rendimiento máximo sostenible que evalúa la caída de las pesquerías por la sobrepesca y que propone regular la abertura de la luz de malla de las redes. Es evidente que la gran mayoría de las comunidades pesqueras artesanales en México, han superado la captura de las especies nativas dejando en un lugar nada prominente al pescado blanco y al charal. En las presas (Necaxa, Tenango, Nexapa, Tejocotal y Los Reyes) se han reducido los volúmenes de captura desde hace 20 años, según mencionan los pescadores y estos volúmenes altos de captura eran principalmente de tilapia y se destinaban para su venta en el mercado de pescados y mariscos de la Viga en la ciudad de México.

En un estudio de la empresa Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento, S. A. de C. V (1990), se establece que el agua de los afluentes de las presas contiene diversos contaminantes ya que los parámetros fisicoquímicos del agua como son, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitrógeno y fósforo total, sólidos suspendidos totales y coliformes fecales se encuentran por encima de la Norma, NOM-001-SEMARNAT-1996. El valor alto de estos parámetros se debe a las descargas de agua residual provenientes de las poblaciones aledañas que contienen grandes cantidades de materia orgánica producto del desperdicio de origen doméstico humano y animal;

dichos parámetros se encuentran en valores bajos en las presas para el año en que se realizó este estudio.

En estudios más actualizados, la Honorable Cámara de Diputados en su LX Legislatura (2007), en un foro sobre el desarrollo integral de la cuenca Necaxa, corrobora que existen descargas de aguas residuales tanto municipales como rurales y tiraderos de basura a cielo abierto que hacen que tanto como residuos sólidos y aguas negras se depositen en las presas lo cual ocasiona que los niveles de los parámetros básicos y patógenos medidos, coliformes fecales y huevos de helminto excedan los límites máximos permisibles señalados por la NOM 001- SEMARNAT-1996, debido a esto se considera que el agua y las especies de peces encontradas en las presas no son aptas para el consumo humano.

En la actualidad debido al aumento poblacional, las actividades productivas agrícolas, ganaderas e industriales; han contribuido vertiendo sus aguas residuales en los ríos. Las enormes cantidades de sólidos disueltos y la basura, son indicadores de un probable aumento de los contaminantes que contienen las aguas de las presas, lo cual nos hace cuestionarnos si el consumo y venta de los productos pesqueros bajo estas condiciones afectaran de manera negativa dicha actividad, representando un riesgo para la salud humana que tengan repercusiones sobre la alimentación y economía local.

Arredondo *et al* (2007), indica que las siembras de peces se deben realizar de acuerdo a las características climáticas y ambientales de los cuerpos de agua mexicanos. Si las siembras de tilapias se llevan a cabo en ambientes con predominancia de temperaturas bajas, las tasas de crecimiento son bajas, ya que esta especie es de origen tropical; lo cual nos hace cuestionar si la tilapia es el organismo más adecuado para esta zona. Por lo que sería más recomendable sembrar otras especies que muestren tasas de crecimiento más altas en ambientes con temperaturas bajas, como la carpa (*Cyprinus carpio*) o el pescado blanco (*Chirostoma humboldtiana*) y el charal (*Chirostoma jordani*). Un factor importante durante la siembra de especies son la temperatura y la desecación

de los cuerpos de agua, ya que de estas condiciones depende la sobrevivencia de los organismos sembrados.

Un importante factor económico para el área es el precio de venta por kilogramo de cada especie extraída de las presas ya que únicamente es de \$ 20.00 pesos, sin distinción de especie (carpa, tilapia, pescado blanco, lobina negra y sardinita de agua dulce),

Una alternativa viable para el desarrollo económico pesquero y acuícola en la zona es la siembra y cultivo de la especie endémica traslocada, Rojas *et al* (2005) menciona que el pescado blanco (*Chirostoma humboldtiana* y *C. jordani*) son especies que constituyen uno de los recursos pesqueros más cotizados, ya que tienen un alto precio y demanda en el mercado nacional. Actualmente el precio de venta por kilogramo de pescado blanco es de alrededor de los \$200.00 pesos en las plazas de Pátzcuaro y Zirahuén, comparando con los precios que tienen las carpas y los charales que es de \$25.00 pesos por kilogramo, siendo este el recurso más buscado comercialmente. Los pescadores mencionan que no se captura ningún otro organismo de importancia pesquera y que no existen registros de la actividad pesquera.

9.3. Planeación estratégica y manejo sostenible de la actividad pesquera

Gill (2006) indica que, para transformar la actividad pesquera sostenible, se debe utilizar el enfoque ecosistémico y sus doce principios, para lograr así un cambio importante en la actividad y que prospere de forma responsable. Para ello se requiere de la plena participación de los actores principales, es decir los pescadores, la sociedad civil y el sector privado, que en conjunto pueden lograr una transformación positiva de esta actividad y reforzar la gestión de los recursos pesqueros con la participación activa de instituciones gubernamentales como son Conapesca, Sagarpa, Conanp y el sector académico. Estas instituciones podrían generar información científica y tecnológica sobre el estatus de las especies y sus pesquerías por medio de estudios sobre los parámetros ecológicos poblacionales y comunitarios. Además, se deben generar programas de ordenamiento pesquero, que instituyan reuniones periódicas con todos

los interesados, para crear información que facilite la toma de decisiones y contribuya a formular, promover, dirigir, gestionar y supervisar los programas y proyectos en materia de protección, manejo, restauración y conservación para las cinco presas que se encuentran contenidas dentro del APRN.

Arredondo *et al* (2007) menciona que se debe realizar un ordenamiento pesquero, con el objeto de generar mecanismos de control, que permitan establecer equipos y métodos de pesca adecuados y sus especificaciones técnicas, como son las artes de pesca, la longitud, la abertura de luz de malla de las redes, las formas de operación, las restricciones (vedas), los horarios y límites de captura, las bitácoras de pesca comercial, los registros mensuales de las operaciones de pesqueras, el número de operaciones total e individual y finalmente la cantidad de ejemplares obtenidos por especie, con el objeto de conservar los recursos pesqueros a largo plazo, maximizando las utilidades. Sí la actividad pesquera, se desarrolla sin un programa de ordenamiento y aprovechamiento, esta actividad podría generar conflictos entre los grupos de pescadores, sociedad civil y autoridades; además de sobreexplotación de las especies de peces, cambiando la economía y el aprovechamiento de los recursos pesqueros en la zona. Rojas *et al* (2005) recomienda que la actividad pesquera se debe desarrollar con las especies de pescado blanco, debido a que estas especies son recursos muy cotizados y de alta demanda en el mercado nacional, de importancia cultural, ecológica y económica, en el país, por lo cual estas especies deben presentar cambios en su forma de comercio y distribución, enfocándolas al mercado turístico restaurantero y a la industria pesquera formal; de tal manera que las comunidades de pescadores se vean beneficiados de esta actividad aumentando progresivamente sus ingresos económicos, convirtiéndolos en pescadores y acuicultores permanentes.

Pérez *et al* (2002) menciona que las especies con mayor demanda y valor económico son las exóticas. Lo obtenido en las encuestas muestra que las cantidades y pesos de las capturas han disminuido a través de los años, debido a la sobreexplotación pesquera y a la falta de mecanismos de control (épocas de veda) para esta actividad.

La contaminación del agua (drenaje), el precio bajo de los productos pesqueros y la pesca furtiva, contribuyen a la disminución de las poblaciones en las presas.

9. CONCLUSIONES

- 1) Se determinaron once especies de peces en las cinco presas estas son; *Chirostoma humboldtiana*, *Chirostoma jordani*, *Chirostoma chapalae*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *Cyprinus carpio*, *Carassius auratus*, *Poeciliopsis catemaco*, *Heterandria jonesii*, *Micropterus salmoides* y *Astyanax armandoi*.
- 2) De las once especies determinadas, de ocho se encontraron archivos bibliográficos de su introducción y de tres no existen registros de su origen.
- 3) Se tienen cuatro especies introducidas endémicas de México, de estas tres especies fueron liberadas fuera de su área de distribución natural en los años 70's con objeto de conservación de importancia nacional (*Chirostoma humboldtiana*, *C. jordani*, y *C. chapalae*) y una especie liberada para la pesca deportiva (*Micropterus salmoides*).
- 4) Se obtuvieron cuatro especies introducidas exóticas, (*Oreochromis niloticus*, *O. aureus*, *Cyprinus carpio* y *Carassius auratus*) las cuales son reintroducidas de manera anual por acuicultura rural o de repoblación, esta es una practica para el autoconsumo y semi comercial la cual comenzó en nuestro país hace más de 20 años.
- 5) Se determinaron tres especies criptogénicas sin registros bibliográficos de su origen en las presas, (*Astyanax armandoi*, *Heterandria jonesii* y *Poeciliopsis catemaco*) de estas especies existen dos posibilidades de su origen, estas probablemente fueron introducidas de forma incidental junto con las especies con las que se lleva a cabo la acuicultura de repoblación y también podrían ser las especies originarias del río Necaxa, de lo cual no se encuentran registros antes de la construcción de las presas.

- 6) En el Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Hidrográfica del río Necaxa, en el pasado, debido a la edificación de la planta hidroeléctrica Necaxa junto con las cinco presas, el ecosistema sufrió una modificación al transformarse de ser el río Necaxa a conformar las cinco presas.
- 7) Los cambios se acentuaron en el momento en que, por programas de conservación de especies endémicas de México de importancia ecológica a nivel nacional y por políticas y programas de fomento pesquero artesanal de los gobiernos estatales y federales, se llevaron a cabo introducción de especies tanto endémicas de México como exóticas en diferentes épocas.
- 8) Debido a esta alteración de las condiciones del río Necaxa, es probable que la composición de especies de peces presentó cambios, ya que las especies introducidas se encontraron en condiciones de gran ventaja frente a las nativas.
- 9) En la actualidad las diferentes variables climáticas, geográficas, altitudinales que existen entre los estados de Puebla e Hidalgo, la introducción y reintroducción de especies, la sobreexplotación de los recursos pesqueros, la contaminación del agua, son los distintos factores que influyen sobre la diversidad y abundancia de especies de peces existentes en las cinco presas.
- 10) Las especies más abundantes son las introducidas endémicas de México (*Chirostoma humboldtiana*, *C. jordani*) a excepción de una especie exótica (*Cyprinus carpio*) dichas especies se han adaptado y encontrado su adecuación en dicho ecosistema además de verse favorecidas por las variables ambientales.
- 11) En las presas se obtuvieron Índices que indican una baja diversidad, esto se debe a que las presas son ecosistemas oligotróficos, aun así, la diversidad de especies es importante y típica de estos ecosistemas. Ya que la dominancia es inversamente proporcional a la diversidad en las presas no se encuentran especies

dominantes y en lo referido a la equidad en la mayoría de los muestreos las especies no se distribuyen en las presas de manera equitativa.

12) El índice de similitud indica que en la mayoría de los muestreos comparten las mismas especies.

13) La actividad pesquera es artesanal en las presas, se lleva a cabo de forma parcial dependiendo de las necesidades y consumo o venta de productos pesqueros para que se realice, es una actividad no remunerada económicamente debido al precio bajo de los productos pesqueros y bajos volúmenes de captura, además de la contaminación del agua.

14) Las especies de peces sin distinción, tienen un bajo precio de comercialización, alcanzando únicamente los \$20.00 pesos por kilogramo y las especies con mayor demanda en el mercado local son la carpa y la tilapia, estas se han vuelto parte de la dieta de la población.

15) En los meses en los que se realizan las mayores capturas son marzo, abril y mayo debido a que es la época de cuaresma o semana santa en la cual se consume pescado de manera importante en gran parte del país por motivos culturales y religiosos. En los últimos 20 años la tendencia de las capturas a la actualidad la tendencia y los volúmenes de captura se han visto reducidos, debido a problemas económicos, sociales y de tipo biológico.

16) Los afluentes de las presas contienen diversos contaminantes, lo cual se debe a las descargas de agua residual, tiraderos de basura a cielo abierto provenientes de las poblaciones aledañas, que vierten grandes cantidades de materia orgánica, residuos sólidos, productos del desperdicio de origen doméstico humano y animal, que presentan valores como la demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno, fósforo total, sólidos suspendidos totales, patógenos medidos, coliformes fecales y huevos de helminto que exceden los límites máximos permisibles señalados por la NOM

001- SEMARNAT-1996, debido a esto se considera que el agua y las especies de peces encontradas en las presas no son aptas para el consumo humano.

17) En el Área Natural Protegida Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, se deben conservar las presas como humedales RAMSAR, por su capacidad para proveer bienes y servicios al ecosistema además de sus beneficiarios asegurando que funcionen como áreas de recarga de acuíferos, conservación de riqueza biológica, de servicios ambientales, de almacenamiento de agua, de retención de nutrientes, sedimentos y contaminantes asimismo como de lugares de protección contra tormentas que mitiguen las inundaciones.

18) La actividad pesquera debe transformarse y llevarse a cabo de forma sostenible, bajo los doce principios del enfoque ecosistémico, lo cual requiere de la plena participación de los actores primarios (pescadores) y los actores secundarios (gobierno municipal, estatal y federal así como de la sociedad civil, sector privado y sector académico) encaminándose hacia la planeación estratégica en conjunto logrando un cambio positivo de dicha actividad, con el objeto de crear y fortalecer la información que contribuya a promover, dirigir, gestionar, y regular los proyectos y programas formulados en cuanto a manejo de la actividad pesquera se refiere, logrando que esta práctica sea amigable con el ambiente, las especies de peces y otros organismos acuáticos de importancia ecológica, económica y comercial, unificándose con el comercio restaurantero para la venta y mayor ganancia de los productos acuícolas adecuados a las necesidades del área y de las personas dependientes de estas actividades.

19) Debe realizarse el saneamiento de la cuenca, incrementando la cobertura de agua potable, alcantarillado y saneamiento de aguas residuales y confinamiento de residuos sólidos, revisando las catorce plantas de tratamiento de aguas residuales que operan en el área y su eficiencia, contemplando en la planeación urbana la construcción de plantas de reciclado de residuos sólidos y de rellenos sanitarios que mejoren las condiciones sociales, económicas y ambientales existentes en el área.

REFERENCIAS

Abarca, F. J. y M. Herzig (2002). *Manual para el manejo y la conservación de los humedales de México*. Tercera edición actualizada y corregida. Publicación especial bajo colaboración de la Dirección General de Vida Silvestre - SEMARNAT, Arizona Game and Fish Department, North American Wetland Conservation Act, U.S. Fish and Wildlife Service, Convencion Ramsar, U.S. State Department, Ducks Unlimited of Mexico-A.C., Pronatura Noreste, Canadian Wildlife Service y Society of Wetlands Scientists. Phoenix, Arizona.

Aguilar, V (2005). *Especies invasoras: una amenaza para la diversidad y el hombre*. Comisión Nacional para el uso y el Conocimiento de la Biodiversidad. Biodiversitas. DF. 7 – 10pp.

Aguirre, A., Mendoza, R (2009). Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, DF. 277-318pp.

Almirón, A., Gómez, S. y Toresani, N (1992). Peces de agua dulce de la provincia de buenos Aires *Argentina*. Instituto de Limnología, Departamento zoología vertebrados, ictiología. Buenos Aires Argentina. 28pp.

Álvarez, T (1991). *Zoogeografía de los vertebrados de México*. Sistemas Técnicos de Edición S.A. de C.V. Instituto Politécnico Nacional. DF.

Álvarez, J., Medellín, R. Oliveras, A. Gómez, H. y Sánchez, O (2008). *Animales Exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad*. Comisión nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO). Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). DF. 518pp.

- Arita, H (1993). *Riqueza de especies de la mastofauna de México. Avances en el Estudio de los Mamíferos de México*. Publicaciones Especiales, Vol. 1, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., DF. 109 – 125pp.
- Armijo, M (2009). *Manual de planeación estratégica e indicadores de desempeño en el sector público*. Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y social (ILPES). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Organización de las Naciones Unidas. Washington D. C. USA. 103pp.
- Arredondo, J., Díaz, G. y Ponce, J (2007). *Limnología de presas mexicanas, aspectos teóricos y prácticos*. AGT editor S.A. DF. 761pp.
- Arriaga, L., J. Espinoza, J. Aguilar, C. Martínez, E. Gómez, L. y Loa, E (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. DF. 609pp.
- Arriaga, L., Aguilar, V. Alcocer, J (2002). *Regiones Hidrológicas Prioritarias. Aguas continentales y diversidad biológica de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. DF.
- Baev, P. V. Y L. D. Penev (1995). BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Versión 5.1. Pensoft, Sofia-Moscow, 57 pp.
- Batista, D (2000). *Plan de Manejo del Área Protegida San Lorenzo Informe Técnico Taller FODA (11)*. Consultores Ecológicos Panameños S.A. República de Panamá.
- Bravo, H. y Ramírez, D (1951). *Observaciones florísticas-ecológicas en la Mesa de San Diego y en su declive oriental hacia la cuenca del río Cazones*. Anales del Instituto de Biología. UNAM. DF. 2:397 – 434pp.

- Benítez E (1997). *Los ofidios de Puebla*. Comisión Estatal Forestal y de la Fauna Silvestre de Puebla. Puebla México. 121pp.
- Bélgica, A., Contreras, J. y De Gante, V (2012). *Inventario pteridoflorístico del área de protección de recursos naturales Cuenca Hidrográfica del río Necaxa*. Puebla, México. *Revista Polibotánica* (33), 41 - 55pp.
- Bocco G., Velásquez, A (1996). *Regionalización Ecológica: Una herramienta para el ordenamiento del territorio y la sostenibilidad del desarrollo*". Centro de Ecología UNAM. DF.
- Burnie, D (2003). *Animal*. Dorling Kindersley, Londres Inglaterra. 624 pp.
- Calderón-Patrón, J., C. Moreno e I. Zuria (2012). La diversidad beta: medio siglo de avances. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 879-891,
- Calderón, J., de Lanza, G. y Ibáñez, A (2002). *Las aguas epicontinentales y sus pesquerías*. Instituto de Biología. UNAM. DF. 24 - 57pp.
- Carlton, T. J (1996). *Biological invasion and cryptogenic species*. *Ecology*: 77 (6): 1653 - 1655pp.
- Carlton, T. J (2016). *The non-mystery of non-native species*. *Human–Wildlife Interactions* 10(1): 137 – 139pp.
- Carpenter, K (2002). *The living marine resources of the western central Atlantic. volume 1, Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid Fishes and chimaeras*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, special *Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5*. Rome, Italy. 2015pp.

Cámara de diputados del honorable congreso de la unión, (2016). Ley General del Equilibrio ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación. Estados Unidos Mexicanos. DF. 128pp.

Cámara de diputados del honorable congreso de la unión, (2014). Reglamento de la Ley General del Equilibrio ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental. 17/08/2018.
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf

Castro, M (2013). *Registro de la riqueza herbácea y arbustiva en el bosque de Abies religiosa de la zona de amortiguamiento del parque nacional Izta-Popo y el parque nacional Zoquiapan*. Tesis para obtener el título de biólogo. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM. DF.179pp.

Ceballos, G. y G. Oliva (2005). *Los Mamíferos Silvestres de México. Sección de obras de ciencia y tecnología*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Fondo de Cultura Económica. DF. 853 – 923pp.

Cervantes, M (1996). *Manual para el manejo y conservación de los Humedales de México. Programa Nacional de Zonas Húmedas*. Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Fish and Wildlife Service. Arizona Game and Fish Department and Wetlands International the Americas-Program, DF.

Challenger, A (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México, pasado, presente y futuro*. Instituto de Biología, UNAM DF. 847pp.

Chiavenato, S. I (2004). *Planeación estratégica. Fundamentos y aplicaciones*. Mc Graw-Hill, DF. 349 pp.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP (2013). *Estudio previo justificativo para la modificación de la declaratoria del Área de Protección de*

Recursos Naturales, Zona Protectora Forestal Vedada Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, Estados de Hidalgo y Puebla. 121pp.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP (2003). *Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán Hidalgo*. Dirección general de manejo para la conservación.

Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Honorable Cámara de Diputados, LX Legislatura (2007). *Foro sobre el desarrollo integral de la Cuenca de Necaxa*. Cámara de Diputados. DF. 74pp.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO (2011). *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado México*, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Puebla. 440 pp.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO (2013). *Estrategia para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad del Estado de Puebla*. Agencia española de cooperación Internacional para el desarrollo. Gobierno del estado de Puebla. Puebla México.147pp.

Comisión Nacional del Agua, (2012), *Programa Hídrico Regional Visión 2030. Región Hidrológico-Administrativa X Golfo Centro*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Impreso en México, DF, 143pp.

CONAGUA (2011). *Estadísticas del Agua en México* Comisión Nacional del Agua. 02/09/2018. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2011.pdf>.

CONABIO (2004). *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves AICAS*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad 12/08/2018. <http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/aicas.html>

CONABIO (2017). *Diversidad biológica de México*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 07/08/2018. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacióninternacional/doctos/dbmexico,html>

CONABIO (2014). *Sistema de información sobre especies invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 05/09/2018. <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/invasoras.html>

Convención Ramsar, (2017). *Historia de la convención Ramsar*. 02/09/2018. <http://www.ramsar.org/es/humedal/México>.

Comisión Nacional del Agua, CONAGUA (2016). *Atlas del agua en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. DF. 137pp.

Contreras, T., Gaspar, M., Huidobro, L. y Mejía, H (2014). *Peces invasores del centro de México, Sección VII, Estado actual de las invasiones de vertebrados*, En R, Mendoza y P, Koleff. *Especies acuáticas invasoras en México Conabio*. DF. Offset Rebosan S. A de C.V. 41 - 422pp.

De la Maza, R., Ojeda, A. Guadarrama, G. y Rodríguez, A (2001). *Área Destinada Voluntariamente a la Conservación Kolijke*. Áreas Naturales Protegidas Privadas como estrategia estatal. Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. PNUD, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. CONANP. Zihuatéutla, Puebla. 23pp.

De la Vega, M (2013). *Situación de los peces dulce acuícolas en México*, Investigaciones sobre la Ictiología mexicana. Revista de cultura científica, Instituto de Biología UNAM. DF (72), 30pp.

Diario Oficial de la Federación (2010). *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental, Especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo*. Estados Unidos Mexicanos Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. DF. 78pp.

Diario Oficial de la Federación (2000). *Proyecto de norma Oficial mexicana PROY-NOM-028-PEC-1999*, que establece las regulaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros en el embalse de la presa Ing. Fernando Hiriart Balderrama (Zimapan), ubicada entre los límites de los estados de Hidalgo y Querétaro. Secretaria de medio Ambiente Recursos naturales y Pesca. DF.

Diario Oficial de la Federación (2017). *Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera*. Estados Unidos Mexicanos Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. DF. 69pp.

Diario Oficial de la Federación (2006). *Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Pesquera*. Estados Unidos Mexicanos Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. DF. 149pp.

Drucker, P (1984). *Introducao a asministrcao*. Editora Pretentice-Hall do Brasil Ltda. Sao Paulo, Brasil. 713pp.

Escárcega, S (1999). *Catálogo de especies para la acuacultura en aguas continentales en México un nuevo enfoque para su aprovechamiento*. Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Secretaria de Pesca. Dirección General de acuacultura. Estado de Michoacán. 82pp.

Eschmeyer, W.N (2014). *The Catalog of Fishes On line*. California Academy of Sciences. California USA. 230pp.

- Espinosa, H (2014). *Biodiversidad de peces en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. Instituto de Biología, UNAM. DF (85), 450-459pp.*
- Espinosa, H., Huidobro, L. y García, F (2004). *Ictiofauna, la biodiversidad de la Sierra Madre Oriental.* México, Las Prensas de Ciencias, Conabio.
- Espinosa, H., P. Fuentes, M. Dillanes, G y Arenas, V (1998). *Notas acerca de la ictiofauna mexicana.* Capítulo 6. En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. *Diversidad Biológica en México.* Instituto de Biología, UNAM. DF. 227- 249p.
- Espinosa, H., Fuentes, P. y Dillanes, G (1993). *Peces dulce acuícolas mexicanos.* Departamento de Zoología. Instituto de biología. UNAM. Listado Faunístico III, Publicación Especial. DF. 100pp.
- Flores, O. y Gerez, P (1994). *Biodiversidad y conservación en México* vertebrados, vegetación y uso del suelo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Revista de cultura científica. Facultad de ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México UNAM. DF. 61pp.
- Flores, J (2001). *Impactos ambientales de presas y bordos.* Tesis de Ingeniería civil, División de ingeniería civil, topográfica y geodésica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. DF. 107pp.
- Flores, E (2008). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar, Sistema de represas y corredores biológicos de la Cuenca Hidrográfica del río Necaxa.* Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Huachinango Puebla. 31pp.
- García, E (2004). *Modificación a la Clasificación Climática de Köppen,* quinta edición corregida y aumentada. Instituto de Geografía. UNAM. Hecho en México. DF. 91pp.

- García, L. T. y M. Cano F (2013). *El FODA: una técnica para el análisis de problemas en el contexto de la planeación en las organizaciones*. Investigadores del I.I.E.S.C.A. McGraw Hill. 98pp.
- Gaspar, G (2014). Composición por especies y tallas de los peces en la laguna Barra de Navidad, Pacífico central mexicano. *Revista de biología tropical* (1), 62. 144pp.
- Gallardo, P.y Moreno, G (1999). *Serie aprender a investigar, Módulo 3 Recolección de la información*. ARFO editores. Santa fe de Bogotá Colombia. 151pp.
- Gill, S (2006). *El enfoque ecosistémico, cinco pasos para su implementación, UICN*. Maxi Gráfica e Editora Ltda. Gland Suiza y Cambridge, Reino Unido. 30pp.
- González, M.L (1996). *Listado faunístico de los Papilionoideae del estado de Puebla, con especial referencia a la zona de Barranca de Patla*. Tesis. Facultad de Ciencias, UNAM. DF.
- González, A., Barrios, Y. Born, G. y Koleff, P (2014). *El sistema de información sobre especies invasoras. Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). DF. 95-112pp.
- Hellmann, J.S., J.E. Byers, B.G. Bierwagen, J.S. Dukes (2008). *Five Potential Consequences of Climate Change for Invasive Species*. *Conservation Biology* 22(3): 534 – 543pp.
- Hermant, M (2013). *Endemic species have highly integrated phenotypes, environmental distributions and phenotype–environment relationships*. *J. Biogeogr.*40, 158 3 – 1594pp.
- Hernández, S., Cumba, L. Sélem, C. y Chablé, J (2013). *¿Qué ha reducido la diversidad de peces endémicos dulceacuícolas en México?* *Bioagrociencias* vol. 6, No. 1.

Universidad Autónoma de Yucatán. Departamento de Zoología. Yucatán, Quintana roo. México. 12pp.

Honorable Cámara de Diputados LX legislatura (2007). Transcripción del foro sobre el desarrollo integral de la cuenca de Necaxa. Comisión del medio ambiente y recursos naturales. DF. 74pp.

Hubbs, C., Edwards, R. y Garrett, G (2008). *An annotated checklist of the freshwater fishes of Texas with keys to identification of species* (2nd. Ed.). Texas Academy of Sciences. Texas, USA. 87pp.

INEGI (2010). XIII Censo General de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. INEGI varios censos.

Ingeniería de control ambiental y saneamiento, s. a. de c. v (1990). *Diagnóstico de la problemática de la calidad del agua en el Estado de Puebla Cuenca Hidrológica de la presa Necaxa*: Libros Instituto Nacional de Ecología. Puebla, Puebla. 174pp.

Kolar, C. S. y Lodge, D. M (2001). *Progress in invasion biology: predicting invaders*. TRENDS in Ecology & Evolution, 16: 199 – 204pp.

Koleff, P (2011). *Diplomado Fundamentos para la prevención y manejo de especies exóticas invasoras en México*. Módulo I. Las especies invasoras: procesos, impactos y situación en México. Sección I. Introducción al tema de especies invasoras. Comisión para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. DF. 20pp.

Krasilnikov, P. V., García-Calderón, N. E., Sedov, S. N., Vallejo-Gómez, E., Ramos-Bello, R. *The relationship between pedogenic and geomorphic processes in mountainous tropical forested area in Sierra Madre del Sur, México*. Catena, 62: 14 - 44pp.

- Kruckeberg, A.R. y Rabinowitz, D (1985). *Biological aspects of endemism in higher plants. Annual Review of Ecology and Systematics*, 16, 447 – 479pp.
- Legendre, P., D. Borcard y P. R. Peres-Neto (2008). Analyzing or explaining beta diversity? Comment. *Ecology* 89:3238-3244.
- Lever, C (1985). *Naturalized mammals of the world*. Longman. Nueva York.
- Lincoln, C., Steven, R. Peterson, S. y Zimmerman, J (1998). *Migration of birds*. U.S. Department of the Interior, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. Circular 16. 113pp.
- Lozano, M. y Contreras, S (1990). *Astyanas armandoi*. sp, from Chiapas México (*Pisces Ostariophysii: Characidae*) with a comparison to the nominal Species *A. aeneus* and *A. mexicanus*. *Universidad y ciencia. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León* (14), 7.1-13pp.
- Mendoza, R. y Koleff, P (2014). *Introducción de especies acuáticas invasoras en México, Sección I, Conceptos generales, Especies acuáticas invasoras en México* Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento para la Biodiversidad. Offset Rebosan S. A de C.V. DF. 18 – 37pp.
- Mendoza, R., Ramírez, C. Aguilera, C. y Meave, M (2014). *Principales vías de Introducción de las especies exóticas, Sección I, Conceptos generales, Especies acuáticas invasoras en México* Conabio. Offset Rebosan S. A de C.V. DF. 44 – 67pp.
- Miller, R., Minkley, W. y Norris, S (2009). *Peces Dulce Acuícolas de México*. México Ciudad de México, Comisión Nacional para el uso y Conocimiento de la Biodiversidad. DF. 601pp.

- McNeely, J (2000). Global strategy on invasive alien species. The World Conservation Union, UICN. Gland, Suiza. 61pp.
- Montalvo, J., Jiménez, G. Escobedo, R. Mora, M. y Ríos, R (2009). *Los recursos acuícolas del estado de Puebla*. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Puebla, México. 100pp.
- Montaña, C. y E. Ezcurra (1991). El análisis de componentes principales de tablas florísticas de presencia-ausencia como herramienta para el análisis de gradientes ambientales. Un estudio de caso en la Quebrada de Vaquerías (Valle Hermoso, Córdoba). *Ecología Austral*, 1: 56-69.
- Moreno, C (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Métodos SEA Vol. 1. España. 87 pp.
- Monroe J (2004). *Panbiografía, componentes bióticos y zonas de transición*. Revista Brasileira de Entomología 48(2). Departamento de Biología Evolutiva, Museo de Zoología 'Departamento de Biología Evolutiva Facultad de Ciencias, UNAM. DF. 149 – 162pp.
- Mother Nature Network. *What's the difference between native and endemic species?* (2017). 05/08/18 <https://www.mnn.com/earth-matters/animals/stories/difference-native-endemic-species>
- Nekola, J. y S. White (1999). The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography* 26:867-878.
- Nelson, J., Grande, T. y Wilson, M (2016). *Fishes of the World* (5th, ed.). New jersey Published simultaneously in New jersey. John Wiley and Sons. USA and Alberta, Canadá. 601pp.

Ochoa, M. y Flores, V (2006). *Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana*. UNAM Comisión nacional para el uso y Conocimiento de la Biodiversidad. DF. 211pp.

Oliveira, D (2001). *Planeamiento estratégico, Conceitos, metodología, Práctica*, Sao Paulo. Editora Makron Books do Brasil Ltda. Sao Paulo, Brasil. 43pp.

FAO (2018). Programa de información de especies acuáticas (*Cyprinus carpio*). Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura departamento de acuacultura y pesca. 15/08/2018 http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio/es

Ortega, H., Correa, V y Hidalgo, M (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas, plancton, perifiton, bentos (macro invertebrados), necton (peces) en aguas del Perú*. capítulo 4 Necton (peces). Departamento de Limnología e ictiología. Lima. Lima, Perú. 75pp.

Pérez, P. L, Cruz. E, Bermúdez. E, Carrera. y R, Gutiérrez (2002). *Pesquerías en tres cuerpos de agua continentales de México*, DF. Instituto Nacional de la Pesca. 24 – 50pp.

Pérez, J., Muñoz, C., Huaquin, L. y Nirchio, M (2004). *Riesgos de la introducción de tilapias (*Oreochromis sp.*) (Perciformes: Cichlidae) en ecosistemas acuáticos de Chile*. *Revista chilena de historia natural* (77). Santiago de Chile. 199pp.

Pérez, F (2005). *La entrevista como técnica de investigación social Fundamentos teóricos, técnicos y metodológicos*. Extramuros Universidad Central de Venezuela (8), 22, Caracas, Venezuela. 16pp.

- Pérez, A., Gastón, K. y Kershaw, M (2002). *Undesignated sites in Mexico qualifying as wetlands of international importance. Biological Conservation*. Reino Unido. 47 - 57pp.
- Peterson, R. T. y E. L. Chalif (1998). *Aves de México, Guía de campo de todas las especies encontradas en México, Guatemala, Belice y el Salvador*. World Wildlife Fund. Diana. DF. 473pp.
- Pennington T.D. y Sarukhan, J (1998). *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. DF. 29-179pp.
- Ponce, H (2006). "La matriz FODA: una alternativa para realizar diagnósticos y determinar estrategias de intervención en las organizaciones productivas y sociales". *Contribuciones a la Economía, Escuela Superior de Comercio y Administración. Unidad Santo Tomas. Instituto Politécnico Nacional*. DF. 16pp.
- Porta, J., López-Acevedo, M., Roquero, C (1991). *Edafología. Para la agricultura y el medio ambiente*. Mundiprensa. España Puig. H. 1991 *Vegetación de la huasteca México. Estudio Fitogeográfico y ecológico. Misión Archeologique et. Ethnologique Française au Mexique*. 625pp.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUPD (2009). *Convenio de diversidad biológica CDB. Conferencia de las Partes COP 6/20. 2009. Especies exóticas que amenazan a los ecosistemas, los hábitats o las especies*. 255 – 268pp.
- Randell, J (2008). *Ordenamiento ecológico territorial regional en los municipios donde se ubica el Parque Nacional Los Mármoles*. Pachuca de Soto, Hidalgo. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. DF. 294pp.

- RAMSAR (2010). *Designación de sitios Ramsar. Marco estratégico y lineamientos para el desarrollo futuro de la Lista de Humedales de Importancia Internacional*. Manual 17 - 130 pp.
- Rakocy, E. V Crespi, V y New, M (2009). *Oreochromis niloticus*. In Cultured aquatic species fact sheets. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. 13pp.
- Ricklefs, E (2011). *A biogeographical perspective on ecological systems: some Universidad de Sat Louis personal reflections*. Journal of Biogeography, 38, 2045 – 2056pp.
- Richards, C., Pennings, S. y Donovan, L (2005) *Habitat range and phenotypic variation in salt marsh plants*. Department of Plant Biology, University of Georgia, Athens, and Department of Biology and Biochemistry University of Houston, Houston Department of Plant Biology, Plant Ecology, Volume 176, Issue 2. 176, 263 – 273pp.
- Richardson, D. Pyseck, P. Barbour, M. Panetta, D. y West, C (2000). *Naturalization and invasion of alien plants concepts and definitions*. Biodiversity Research. Diversity and Distributions 6: 93 – 107pp.
- Rojas, C. y Fuentes, D (2003). *Historia y avances en el cultivo del pescado blanco*. Instituto Nacional de la Pesca. Dirección General de Investigación en Acuicultura. DF. 289pp.
- Rojas. P. y Sasso, L (2005). *El pescado blanco*. Revista Digital Universitaria UNAM, 6, (8), DF. 18pp.
- Rzedowski, j. (2006). *Vegetación en México*. Edición digital. Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO. CDMX. 504pp.

Sala, O. Chapin, S. Armesto, J. Berlow, E. Bloomfield, J. Dirzo, R. y Huber, E (2000). *Global biodiversity scenarios for the year 2010*. Science Vol. 287, Washington, DC, USA. 1770 – 1774pp.

Sakai, A. Allendorf, Holt, J, M. Lodge, D. Molofsky, J. Kimberly (2001). *The population biology of invasive species*. Annual Review of Ecology and Systematics. 2001. 32: California, USA. 305 – 332pp.

Sánchez, A., García, R. y Palma, A (2003). *La cuenca hidrográfica; Unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). DF. 47pp.

Sánchez O., Herzig, M. Peters, E. Márquez, R. y Zambrano, L (2007). *Perspectiva sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. S y G editores S.A. de C. V. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, U.S. Fish & Wildlife Service, Unidos para la Conservación, A.C. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. DF. 287pp.

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (Directrices del CDB) (2004). Enfoque por ecosistemas, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) Montreal, Canada.50pp.

Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y alimentación SAGARPA (2009). Los recursos acuícolas del estado de Puebla. Gobierno del estado de Puebla. Puebla México. 102pp.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2011). Biodiversidad, conocer para conservar serie, y el medio ambiente. Gobierno federal. Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD). Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales (SNIARN). DF. 189pp.

Shmitter, J., Valdez, M. Rodiles, R. y Gonzáles, A (2008). *Astyanax armandoi* a junior synonym of *Astyanax aeneus* (Teleostei: Characidae). The American Society of Ichthyologists and Herpetologists (2), 409 - 413pp.

Soininen, J., R. McDonald y H. Hillebrand (2007). The distance decay of similarity in ecological communities. *Ecography* 30:3-12.

Soriguer, R., F. Márquez. y J. Pérez (1998). *Las traslocaciones (introducciones y reintroducciones) de especies cinegéticas y sus efectos medioambientales*. Revisiónes Mastozoológicas (2), 10, 17pp.

Tenorio, R (2016). *Diversidad herpetofaunística del área natural protegida Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, Puebla*. Tesis de maestría, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. DF. 91pp.

Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en ingles) (2014). Global Invasive Species Database. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 15/08/2018. <http://issg.org/database/species/search.asp?sts=sss&st=sss&fr=1&x=35&y=5&sn=&rn=India&hci=-1&ei=162&lang=EN>. Consultada 2018

Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza por sus siglas en ingles UICN (2011). *Especies Invasoras Exóticas, diplomado en fundamentos para la prevención y manejo de especies exóticas*. Cuarta Reunión del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico. International Unión for Conservation of Nature. Montreal Canada.

Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza por sus siglas en ingles UICN. Global Invasive Species Database. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 15/08/2018.

<http://issg.org/database/species/search.asp?sts=sss&st=sss&fr=1&x=35&y=5&sn=&rn=India&hci=-1&ei=162&lang=EN>. Consultada 2018

Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza por sus siglas en inglés UICN (2001). *Enfoque estratégico para integrar la biodiversidad en la cooperación para el desarrollo*. Proyecto Biodiversidad en el Desarrollo. Comisión Europea, Bruselas, Bélgica, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. 82 pp.

Universidad Autónoma de Chapingo (2001). *Ordenamiento Ecológico Territorial de las Cuencas Hidrológicas de los Ríos Necaxa y Laxaxalpan*. Instituto Nacional de Ecología. DF. 99pp.

Vidal. R (2005). *Las regiones climáticas de México*, temas selectos de geografía de la Universidad Autónoma de México. textos monográficos 2 naturaleza. Instituto de geografía de la UNAM. DF. 209pp.

Villareal H., Álvarez, M. Córdoba, S. Escobar, F. Fagua, G. Mendoza, Gast F. Mendoza, H. Ospina, M y Umaña, A (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Instituto de investigaciones de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá Colombia. 236pp.

Wheelen, T. y Hunger, D (2002). *Strategic Management and Business Policy*. Prentice Hall, toward global sustainability. New York, USA. 391pp.

Werner D. y J. Beer (1957). *Birds and Mammals of the Mesa de San Diego, Puebla*. Acta Zoológica Mexicana II. Puebla, México. 21pp.

Wien's JJ, et al (2010). Niche conservatism as an emerging principle in ecology and conservation biology. *Ecol. Lett.* 10:1310-24.

ANEXOS

Preguntas de la entrevista focalizada

Fecha: cooperativa: teléfono:

Nombre del pescador:

1.- ¿Cuántos pescadores realizan esta actividad en la presa?

R =

2.- ¿Qué artes de pesca utilizan y cuantas redes tienen?

R =

3.- ¿Cuántas embarcaciones tienen?

R =

4.- ¿Qué tipo de embarcaciones tienen?

R = (madera con lamina) (fibra de vidrio)

5.- ¿Pescan diario en que horarios?

R =

6.- ¿Cuál es el volumen de captura en promedio diario por pescador?

R = Kg () 1() 2() 3() 4() 5() 6() 7 () 8 () 9() 10

7.- ¿Cuándo se realizan las mayores capturas? (meses)

R =

8.- ¿En cuánto consisten las máximas capturas por pescador?

R = Kg () 1() 2() 3() 4() 5() 6() 7 () 8 () 9() 10

9.- ¿Cuáles son las especies más abundantes en la pesca?

R = () carpa () tilapia () pescado blanco () charal () lobina () sardinita de agua dulce

10.- ¿Aproximadamente cuanto se captura al año?

kg	a) carpa	b) tilapia	c)pez blanco	d) charal	e) lobina	f) sardinita
100						
300						
500						
1000						
2000						
5000						

11.- ¿Cuáles son las especies de mayor valor económico?

R = () carpa () tilapia () pescado blanco () charal () lobina () sardinita de agua dulce

12.- ¿Cuáles son las especies de mayor demanda y por qué?

R = () carpa () tilapia () pescado blanco () charal () lobina () sardinita de agua dulce

13.- ¿Cuáles son las especies de menor demanda y por qué?

R = () carpa () tilapia () pescado blanco () charal () lobina () sardinita de agua dulce

14.- ¿Cuáles son los problemas más comunes al pescar?

R =

15.- Hay conflictos entre los pescadores y las autoridades ¿cuáles?

R =

16.- Cuentan con registros de la actividad pesquera

R =

17.- ¿Cuál es el precio de venta por kilo de cada especie?

Precio \$	a) carpa	b) tilapia	c)pez blanco	d) charal	e) lobina	f) sardinita
20						
40						
60						
80						
100						

18.- Capturas algún organismo más de importancia pesquera

R =

19.- ¿Cuánto pescabas anteriormente al año?

Kg	a)	b)	c)	d)	e)	f) actualmente
100						
300						
500						
1,000						
2,000						
5,000						



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 0007
México, D.F. 27/06/2017

Investigación interdisciplinaria y actividades pedagógicas en las áreas de la cuenca hidrográfica del río Neceza.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 9:00 horas del día 25 del mes de enero del año 2017 en la Unidad Intersección de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DR. JUAN GABRIEL RIVERA MARTINEZ
DRA. BEATRIZ ADRIANA SILVA TORRES
M. EN C. JOSÉ LUIS MIGUEL CASTILLO GONZÁLEZ

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretario el último, se procedió para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al recibir, para la obtención del grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS (SALUD Y MEDIO AMBIENTE)

DR. LEONEL OCHOA AYALA MEDINA

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

Aprobado

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso contrario, se le tomó la protesta.



[Signature]

LEONEL OCHOA AYALA MEDINA
ALUMNO

REVISÓ

[Signature]
MIRA ROSALBA GÓMEZ DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CBI

[Signature]
DR. JESÚS ALBERTO OCHOA TAPIA

PRESIDENTE

[Signature]
DR. JUAN GABRIEL RIVERA MARTINEZ

VOCAL

[Signature]

DRA. BEATRIZ ADRIANA SILVA TORRES

SECRETARIO

[Signature]
M. EN C. JOSÉ LUIS MIGUEL CASTILLO GONZÁLEZ