



**COORDINACIÓN DE DESARROLLO
PROFESIONAL E INSTITUCIONAL**

SUBCOORDINACIÓN DE POSGRADO

T E S I S
RETOS PARA LA GESTION INTEGRADA DEL AGUA EN LA
CUENCA LAGUNA DE TUXPAN, GRO.

Que para obtener el grado de
Maestra en
Ciencias del Agua

presenta
Susana Ortega López

Tutor: M. Sc. Raúl Medina Mendoza

Con fundamento en los artículos 21 y 27 de la Ley Federal del Derecho de Autor y como titular de los derechos moral y patrimoniales de la obra titulada "RETOS PARA LA GESTIÓN INTEGRADA DEL AGUA EN LA CUENCA LAGUNA DE TUXPAN, GRO.", otorgo de manera gratuita y permanente al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, autorización para que fijen la obra en cualquier medio, incluido el electrónico, y la divulguen entre su personal, estudiantes o terceras personas, sin que pueda percibir por tal divulgación una contraprestación.

SUSANA ORTEGA LÓPEZ

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Susana Ortega López', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat abstract.

Firma

Jiutepec, Morelos, 19 de junio de 2015

DEDICATORIA

A Dios por la vida y por permitirme culminar esta etapa profesional.

A mis padres Fernando Ortega y Elodia López por sus consejos, por su confianza, su apoyo y las enseñanzas sobre la vida.

A mis hermanos Abel y Karina, a mis sobrinos Yolotzin, Nahomi, Ángel y Emanuel y a toda mi familia, por su apoyo y motivación.

A las personas de las localidades rurales del país, quienes son portadoras de grandes conocimientos y sabiduría sobre el entorno en el que habitan.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), que me ha permitido formarme tanto profesional como laboralmente.

Al Ms. C. Raúl Medina por sus conocimientos, orientación, persistencia, sugerencias, apoyo y tiempo, que fueron fundamentales para la realización de este trabajo y para mi formación académica y laboral. Gracias por abrirme las puertas y la oportunidad de trabajar y estudiar.

A la Dra. Denise Soares por su tiempo, consejos, sugerencias, conocimientos y calidez humana. Por su visión, su forma de expresarse, y por la admiración y respeto que muestra hacia las localidades rurales, lo que ha repercutido en mí y me hacen sentir esperanza para una mejor vida.

Al M. Sc. Jorge Hidalgo, por sus enseñanzas, sus consejos, su tiempo, su forma de pensamiento, su disposición y apoyo durante el desarrollo de la maestría y del trabajo de investigación, siempre le estaré agradecida. Usted ha influido positivamente en mí para ser mejor persona.

Al M.C. Héctor Cortes, por sus conocimientos en el aspecto técnico y su aporte en la redacción de este trabajo, por compartir sus conocimientos, por su guía y consejos, por la amistad y su apoyo durante la etapa de la maestría y en el ámbito laboral. Gracias.

A la CAPASEG (Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Estado de Guerrero), quien apoyó proporcionando la información del proyecto *Estudio para la Identificación de las Causas, Niveles y Grado de Contaminación Ambiental de la Laguna de Tuxpan*, que fue una base importante para conformar esta investigación.

A los maestros Sergio Vargas y Gustavo Ortiz, quienes con sus enseñanzas en clases y sugerencias enriquecieron este trabajo, y a los maestros que me dieron clases durante la maestría, gracias por compartir sus conocimientos.

Al ingeniero Pedro Rivera por su apoyo, sugerencias y orientación en el trabajo de campo y gabinete, por alentarme a superarme, gracias.

A los especialistas Werner Wruck, German Palma y Marcia Yañez, por su apoyo, tiempo y consejos tanto en el periodo de desarrollo del posgrado como en lo laboral.

Al ingeniero Natalio Velázquez del Distrito de Riego 068, por el tiempo y apoyo brindado en el trabajo de campo.

Al ing. Moisés González de la CAPASEG, por su disponibilidad a proporcionar parte de la información que da forma a este trabajo, y también por sus ideas para mejorarla.

Al Físico Ismael Mata, al M.I. Antonio Ramírez y al Dr. Israel Velasco del IMTA, por sus enseñanzas, apoyo, sugerencias y consejos sumamente valiosos para mí, muchas gracias.

A mis compañeros que conocí durante la maestría: Gaby, Ivonne, Memo, Víctor, Marco y a los que por una u otra causa no pudieron concluir la, por su apoyo, tiempo, amistad y confianza.

A Ale por todo su apoyo y amistad.

A los estudiantes de la carrera de Geografía de la Universidad Autónoma de Guerrero: Jaime Bustos, Jonathan Gonzaga y Jaime Vargas, por apoyarme en la fase de campo y abrirme las puertas de su institución.

A las personas que entreviste y que me apoyaron en los recorridos de campo, gracias por su tiempo, por compartir sus conocimientos y experiencias, fueron pieza fundamental para el desarrollo de este trabajo. De igual manera, gracias a la familia Gonzaga de Iguala por su hospitalidad en la fase de campo.

A mis amigos Sary, Nahúm, Clara, Lulú, Héctor, Zeta, Bety, Yola, Ary, Susy, Paty, Vero, Martha, y a todas aquellas personas que de uno u otro modo me apoyaron. Gracias.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
3. JUSTIFICACIÓN	6
4. MARCO TEORICO	11
4.1. GESTIÓN DEL AGUA.....	12
4.1.1. Cuenca hidrológica como unidad básica para la gestión del agua	13
4.2. GESTIÓN DEL AGUA EN MÉXICO	19
5. OBJETIVOS	24
6. METODOLOGÍA	25
6.1. GESTIÓN DEL AGUA DESDE UN ENFOQUE DE CUENCA	25
6.2. TRABAJO EN TRES PISOS ALTITUDINALES	28
6.3. TRABAJO EN CAMPO Y GABINETE	29
6.3.1. Trabajo de gabinete.....	29
6.3.2. Trabajo en campo.....	30
6.4. ENTREVISTA	31
7. LA CUENCA LAGUNA DE TUXPAN, GRO.....	32
7.1. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO NATURAL.....	32
7.1.1. Ubicación de la cuenca	32
7.1.1.1. <i>Subcuencas de la cuenca Laguna de Tuxpan</i>	35
7.1.2. Caracterización morfométrica.....	37
7.1.3. Hidrología	43
7.1.3.1. <i>Laguna de Tuxpan</i>	48
7.1.3.2. <i>Aprovechamientos de agua</i>	50
7.1.3.3. <i>Balance hídrico con enfoque hidrosocial</i>	52
7.1.4. Clima.....	58
7.1.5. Geología y edafología	60
7.1.6. Uso actual del suelo y vegetación	68

7.1.7.	Erosión hídrica	81
7.2.	CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO	86
7.2.1.	Población.....	86
7.2.2.	Educación.....	89
7.2.3.	Marginación social.....	90
7.2.4.	Salud	94
7.2.5.	Población Económicamente Activa (PEA)	95
7.3.	GESTION DEL AGUA EN LA CUENCA	102
7.3.1.	Actores institucionales y sociales en la cuenca.....	102
7.3.2.	Servicio de agua potable y alcantarillado.....	114
7.3.3.	Derecho Humano al Agua (DHA).....	123
7.3.4.	Cultura del agua	126
8.	PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA LAGUNA DE TUXPAN DESDE EL ENFOQUE DE GESTION DEL AGUA	128
8.1.	MEDIO AMBIENTAL	128
8.2.	MEDIO SOCIOECONOMICO.....	136
8.3.	GESTIÓN DEL AGUA.....	136
9.	LINEAMIENTOS PARA EL USO, MANEJO Y APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DEL AGUA EN LA CUENCA LAGUNA DE TUXPAN, GRO.	144
10.	CONCLUSIONES	153
11.	BIBLIOGRAFÍA	157
12.	ANEXO	163
1.	GUÍA DE ENTREVISTA PARA LA CUENCA LAGUNA DE TUXPAN, GUERRERO	163
A)	GUÍA PARA APLICACIÓN A LÍDERES COMUNITARIOS, AUTORIDADES LOCALES Y POBLADORES	163
B)	GUÍA PARA APLICACIÓN A FUNCIONARIOS, ACADÉMICOS Y ONG´S	168

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la cuenca Laguna de Tuxpan dentro de la RHA IV Balsas.	33
Figura 2. Mapa de ubicación de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro considerando el límite municipal.....	34
Figura 3. Vista de la cuenca Laguna de Tuxpan desde la ciudad de Iguala Guerrero, marzo del 2014.....	35
Figura 4. Mapa de las subcuencas de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.....	37
Figura 5. Orden de corrientes de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.....	40
Figura 6. Perfil del cauce principal de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	41
Figura 7. Curva hipsométrica de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.....	42
Figura 8. Mapa de la hidrografía de la cuenca Laguna de Tuxpan. Gro.....	44
Figura 9. Mapa de la hidrografía (cauce principal) de la cuenca Laguna de Tuxpan. Gro..	45
Figura 10. Corriente de agua proveniente de la localidad de Platanillo cuenca alta Laguna de Tuxpan, Gro, agosto 2014.....	46
Figura 11. Río Tomatal aguas abajo de la colonia del mismo nombre y el canal de llamada, cuenca Laguna de Tuxpan, Gro, septiembre, 2014.....	47
Figura 12. Incorporación del agua proveniente del canal de llamada de la Laguna de Tuxpan al río San Juan. Iguala, Gro.....	47
Figura 13. Laguna de Tuxpan, Gro.	49
Figura 14. Mapa de unidades climáticas de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	59
Figura 15. Mapa de geología de la cuenca de la Laguna de Tuxpan, Gro.	61
Figura 16. Mapa de unidades de suelo de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	63
Figura 17. Unidad de suelo Luvisol órtico + Rendzina + Litosol, carretera por pista Cuernavaca – Iguala, vegetación selva mediana, agosto 2014.	65

Figura 18. Unidad de suelo Regosol calcárico + Cambisol cálcico con vegetación de selva mediana y erosión por cárcavas, cuenca alta Laguna de Tuxpan, Gro. Mayo 2013..... 66

Figura 19. Plantación de mango en suelo vertisol, localidad de Tuxpan camino a Iguala, cuenca Laguna de Tuxpan, Gro..... 68

Figura 20. Mapa de uso de suelo y vegetación actual de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro..... 70

Figura 21. Terrenos pedregosos dedicados a la agricultura, comunidad Tepochica, parte alta subcuenca del río Tomatal, mayo 2013..... 71

Figura 22. Agricultura de temporal, localidad Tepochica, subcuenca río Tomatal, septiembre 2014..... 72

Figura 23. Suelo erosionado con vegetación de selva mediana cuenca alta Laguna de Tuxpan, Gro, mayo 2013..... 73

Figura 24. Sitio acondicionado para el deporte motocross subcuenca río Tomatal, mayo 2013 74

Figura 25. Barranca aguas abajo del sitio de acondicionamiento para motocross, cuenca media Laguna de Tuxpan, Gro, mayo 2013..... 74

Figura 26. Agricultura de riego, parte baja cuenca Laguna de Tuxpan, Gro. Agosto 2014. 76

Figura 27. Uso de suelo sobreutilizado con problemas de erosión, cuenca media Laguna de Tuxpan..... 77

Figura 28. Vivienda al margen de la corriente intermitente, Abrazo de Acatempan, cuenca media Laguna de Tuxpan, Gro. Mayo 2014..... 78

Figura 29. Mapa de grado de utilización de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro..... 80

Figura 30. Selva mediana y zona agrícola con suave pendiente, sin presencia de erosión en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro..... 83

Figura 31. Pérdida de suelo en parcelas agrícolas, cuenca media Laguna de Tuxpan, Gro, mayo 2014..... 84

Figura 32. Mapa de erosión hídrica actual de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	85
Figura 33. Construcción de nuevas zonas habitacionales en la parte conurbada de la Ciudad de Iguala correspondiente a la cuenca media, Laguna de Tuxpan, Gro.	87
Figura 34. Localidades de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	89
Figura 35. PEA por sector correspondiente al municipio de Iguala de la Independencia. ..	97
Figura 36. Cultivo de maíz de temporal. Localidad Tepochica, cuenca alta Laguna de Tuxpan, Gro.	98
Figura 37. A) Agricultura de riego en cultivo de Tomate B) Vista del cultivo de maíz y selva mediana, cuenca media Laguna de Tuxpan, Gro.	99
Figura 38. Bebedero para ganado equino u ovino en la corriente de agua originada en la localidad de Tepantlán en la parte baja de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	101
Figura 39. Actores relacionados con el recurso agua en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	103
Figura 40. Encuentro para tratar el tema del nivel del agua en periodo de lluvias de la Laguna de Tuxpan, entre el personal de CONAGUA, Distrito de riego 068 y restauranteros de la cuenca Laguna de Tuxpan, septiembre 2014.	114
Figura 41. Uso de agua de pozo mediante lavaderos públicos en la comunidad de Tepochica, cuenca alta Laguna de Tuxpan, Gro.	116
Figura 42. Extracción de agua en el río Tomatal para la venta de agua en la zona conurbada de la ciudad de Iguala, cuenca media Laguna de Tuxpan, Gro.	118
Figura 43. Uso de agua de la Laguna de Tuxpan para lavar ropa, cuenca baja Laguna de Tuxpan, Gro.	120
Figura 44. Zona urbana colonia Unidad Morelos y Abrazo de Acatempan, cuenca media Laguna de Tuxpan, Gro.	122
Figura 45. Problemática relaciona al recurso hídrico en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	143

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Subcuencas que integran la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.....	35
Tabla 2. Parámetros de la caracterización morfométrica de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.....	39
Tabla 3. Hidrografía de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	43
Tabla 4. Aprovechamiento de agua subterránea en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	50
Tabla 5. Aprovechamiento de aguas superficiales	51
Tabla 6. Balance hídrico con enfoque social de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	57
Tabla 7. Geología correspondiente a la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	61
Tabla 8. Unidades de suelo de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	62
Tabla 9. Uso de suelo y vegetación actual de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	69
Tabla 10. Grado de utilización de la tierra cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.....	79
Tabla 11. Relación de variables del medio natural de la cuenca Laguna de Tuxpan descritas anteriormente.....	80
Tabla 12. Distribución de la superficie por clase de erosión hídrica de la cuenca de la Laguna de Tuxpan, Gro.....	85
Tabla 13. Población en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.....	88
Tabla 14. Grado de marginación social en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.....	92
Tabla 15. Acceso a servicios de salud en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.....	94
Tabla 16. Población Económicamente Activa (PEA) correspondiente a la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	96
Tabla 17. Problemática principal en torno al agua en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.	141

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la problemática ambiental ha cobrado mayor relevancia, en especial la referente al recurso agua ya que continuamente se menciona en los medios de comunicación discursos políticos, conferencias, notas periodísticas, programas especiales, entre otros, donde se presenta información sobre la crisis del agua en el contexto mundial, nacional o de algún sitio específico como una región, una cuenca, un poblado, etc., recalcando lo referente a que la cantidad de agua disponible ya no alcanza para cubrir las necesidades de la población, y también casos extremos donde se han perdido o ya no existen cuerpos de agua o fuentes de abastecimiento. Asimismo, la calidad del agua se ha venido deteriorando cada vez más y se están contaminando las aguas superficiales, los cuerpos de agua y los acuíferos, afectando a los seres humanos y a la flora y fauna de los ecosistemas.

Dicha problemática ha sido objeto de preocupación y un debate creciente en el plano internacional. En la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (ICWE), realizada en la ciudad de Dublín en 1992, se destacó la necesidad de recurrir a métodos innovadores para evaluar, desarrollar y manejar los recursos hídricos.

En nuestro país se han hecho esfuerzos para revertir la mala distribución de la cantidad de agua y disminuir el deterioro de la calidad de la misma, lo cual ha sido mediante la construcción de infraestructura para llevar agua desde grandes distancias para las poblaciones que la necesitan (como el Sistema Cutzamala que abastece al Valle de México incluida la zona metropolitana de la Ciudad de México), complementada con la construcción de plantas

de tratamiento de aguas residuales; sin embargo, esta manera de atender el problema en torno al agua, no ha sido suficiente ya que la problemática va más allá de sólo proporcionarla en cantidad y calidad y cubrir las necesidades de las poblaciones.

Se ha trabajado principalmente desde el enfoque de la oferta del agua, que años antes se consideró una opción viable, sin embargo, ante la problemática actual ya es claramente insuficiente este modo de trabajo, y a pesar de que en nuestro país a partir de los planes hídricos tanto estatales como recientemente con el Programa Nacional Hídrico (PNH) 2014-2018 derivado del Plan Nacional de Desarrollo (PND), se mencionan diferentes estrategias y mecanismos para la gestión del agua, la realidad es que aún se trabaja principalmente desde el enfoque de la oferta de agua. El tema en sí es complejo, sin embargo, se ha evolucionado sobre las diferentes perspectivas de la problemática en torno al agua, como: manejo de conflictos, gobernanza, derecho humano al agua, institucionalidad, disponibilidad, entre otros.

Una estrategia de trabajo que se ha desarrollado en torno al agua en el ámbito espacial es por medio de la cuenca hidrológica ya que en este entorno geográfico los límites son naturales. Si bien, la problemática en cuanto a la cantidad y calidad del agua se observa en las diferentes cuencas de México, en menor o mayor medida, cada sitio presenta características particulares. Trabajar a una escala en el ámbito local ayuda a identificar la problemática de forma puntual, así como identificar los actores involucrados en la gestión del recurso agua y por ello para este estudio se seleccionó la cuenca Laguna de Tuxpan, ubicada al norte del Estado de Guerrero, con una superficie de 7,000 ha aproximadamente, en la cual se presentan

problemas relacionados con la disminución de la calidad de agua, baja cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, así como un grado de marginación alto.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática en torno al agua se puede observar en diferentes escalas del territorio y sus efectos se presentan en mayor o menor medida de acuerdo con el tamaño del área de estudio, impactando diferencialmente a la población y a los ecosistemas. Una de las formas básicas de delimitación del territorio es por medio de las cuencas, en las que interactúan aspectos físicos, sociales y económicos y se pueden evaluar los diferentes elementos del ciclo hidrológico. En nuestro caso nos enfocamos a la cuenca Laguna de Tuxpan, ubicada en el municipio de Iguala de la Independencia, al norte del estado de Guerrero. La cuenca constituye el área de captación del vaso conocido como Laguna de Tuxpan, en torno al cual se presenta una fuerte problemática vinculada con su uso, manejo y aprovechamiento.

La información recabada permite identificar los principales problemas relacionados con el recurso hídrico en dicha cuenca, entre los que destacan la disminución de su cantidad y calidad, erosión del suelo, deforestación, agricultura de subsistencia en laderas, uso ineficiente del agua en agricultura de riego, pobreza, baja cobertura de servicios de agua potable, drenaje y saneamiento, apatía y desinterés por parte de los habitantes de participar en la gestión del agua en la cuenca, falta de atención de las instituciones en resolver la problemática en torno al agua en la cuenca.

Se han realizado algunas acciones para resolver la problemática señalada por parte de los habitantes y de las instituciones con injerencia en los recursos de la cuenca, las cuales se han llevado a cabo siguiendo un enfoque convencional desde la oferta de agua, en especial para

abastecer a la población de la zona urbana, se han diseñado y construido obras hidráulicas que han abastecido del vital líquido a la población de la cuenca cuyo origen es la presa Valerio Trujano ubicada en el municipio de Tepecoacuilco en una cuenca aledaña.

Es evidente que la aplicación de dicho enfoque no ha permitido obtener resultados satisfactorios para la gestión del agua, por lo que se hace necesario implementar nuevos enfoques de intervención en el territorio de la cuenca entre los cuales la Gestión Integrada del Agua cobra cada día mayor relevancia y es el que se enfatiza en el presente trabajo de investigación.

3. JUSTIFICACIÓN

Por diversas razones las cuencas son consideradas como las unidades territoriales adecuadas para la gestión integrada del agua; en principio, porque son las principales formas terrestres dentro del ciclo hidrológico que captan y concentran la oferta del agua que proviene de las precipitaciones. Además de esta condición física y biológica básica, cabe mencionar por lo menos las siguientes razones que explican este hecho. La principal es que las características físicas del agua generan un grado extremadamente alto, y en muchos casos imprevisible, de interrelación e interdependencia (externalidades o efectos externos) entre los usos y usuarios de agua en una cuenca. Las aguas superficiales y subterráneas, sobre todo ríos, lagos y fuentes subterráneas, así como las cuencas de captación, las zonas de recarga, los lugares de extracción de agua, las obras hidráulicas y los puntos de evacuación de aguas servidas, incluidas las franjas costeras, forman, con relación a una cuenca, un sistema integrado e interconectado (Dourojeanni, 2002).

El presente trabajo de investigación parte de una cuenca como unidad básica de gestión del agua, la cuenca Laguna de Tuxpan alberga uno de los cuerpos de agua de gran importancia en la región conocido como Laguna de Tuxpan y que le da el nombre a la cuenca. Por su relevancia desde aspectos ambientales, económicos y sociales y la necesidad de coordinar planes y acciones para lograr un uso eficiente de los recursos naturales en torno al agua y propiciar el desarrollo de la población local, se observa la necesidad de identificar los retos a vencer para encaminarse hacia una gestión integrada del agua en dicha cuenca. En seguida se presenta la importancia de la Laguna de Tuxpan desde diferentes aspectos.

Importancia ecológica

- Hábitat de aves migratorias y permanentes, algunas dentro de la NOM 059

En la cuenca Laguna de Tuxpan de acuerdo con Nova et al., (2011) se registraron un total de 105 especies de aves, de las cuales 67.6% son residentes y 32.3% son migratorias. Los estimadores de riqueza para las aves residentes sugieren que faltan especies por agregarse al inventario. Del total de especies registradas, nueve son endémicas y cuatro son cuasi-endémicas a México. Además bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010 tres especies están sujetas a protección especial y dos se consideran amenazadas. Varias de estas aves tanto residentes como migratorias habitan o se benefician de manera directa de la Laguna de Tuxpan, por lo que es importante la conservación de este cuerpo de agua.

- Hábitat de especies acuícolas

De manera original en la Laguna de Tuxpan existían especies de peces conocidos localmente como: bagre, platilla, charal y tilapia entre otros, actualmente la especie que se observa es la tilapia; los peces se vieron afectados por la pesca y por la introducción del pez *Hypostomus sp.*, el cual compite con las especies nativas por alimento y hábitat.

Debido a la gran variedad de especies de aves presentes en la cuenca algunas de ellas registradas en la NOM 059 SEMARNAT y por la afectación de las especies nativas en la laguna por la introducción de especies exóticas, se observa la necesidad de realizar investigación para propiciar acciones orientadas a recuperar el equilibrio del hábitat y favorecer a las especies locales.

- Vaso regulador en periodos de lluvia

En época de lluvias la Laguna de Tuxpan funciona como un vaso regulador, en este periodo tanto las corrientes perennes como las intermitentes conducen agua en mayor cantidad, la Laguna de Tuxpan sirve como vaso regulador para controlar el agua proveniente de dichas corrientes en especial del cauce principal y que desembocan en la laguna para posteriormente incorporarse al río San Juan, la cantidad de agua saliente se regula a través de una compuerta ubicada al final del canal de llamada al este de la laguna.

Importancia económica y turística

La Laguna de Tuxpan representa una fuente de ingresos primaria para los pescadores del lugar, es un sitio de afluencia turística, principalmente por la población de la ciudad de Iguala durante el año y de la república e internacional en ciertos periodos, por ejemplo cuando se programa algún evento como los vuelos en parapente, papalotes y exhibición náutica, lo que representa ingresos para la población de Tuxpan. La Laguna de Tuxpan presenta mayor relevancia en la cuenca porque es el único cuerpo de agua en el municipio de Iguala de la Independencia resultando uno de los principales atractivos en el aspecto turístico de este municipio incluso de la región norte del estado de Guerrero, por esta razón este cuerpo de agua se incluye en algunos proyectos turísticos en el estado de Guerrero por ejemplo:

El municipio de Iguala de la Independencia, junto con Tetipac, Ixcateopan, Teloloapan y Apaxtla forman parte del primer circuito turístico de la región norte del estado de Guerrero, donde cada uno cuenta con atractivos particulares como museos, vestigios, grutas, culturas de grupos indígenas, en el caso de Iguala de la Independencia uno de los principales

atractivos turísticos es la Laguna de Tuxpan, además del Museo a la Bandera, el Asta y la Bandera Monumental y la antigua estación de ferrocarril. Sin embargo, este cuerpo de agua presenta una fuerte problemática en cuanto a cantidad y calidad del agua, de continuar con esta tendencia afectaría significativamente el turismo, lo que repercutiría en la calidad de vida de los habitantes, además el agua de mala calidad afecta directamente a la población que utiliza este cuerpo de agua como fuente de abastecimiento de agua para diferentes usos.

De acuerdo con De la O, (2008) “En los intentos por lanzar a la Laguna de Tuxpan como un proyecto ecoturístico, el único lugar considerado como zona turística del municipio, lo contaminado por el descuido de sus pobladores y de las autoridades podrían terminar con tal pretensión”.

Ante la problemática existente en la cuenca y la importancia en los diferentes aspectos del principal cuerpo de agua en la cuenca, es necesario que la gestión del agua se realice de manera integrada, que se trabaje desde la oferta y demanda del agua, los diferentes usos del agua, considerando el desarrollo de la sociedad y cuidado del medio ambiente, las fuentes de abastecimiento y su preservación, la participación de los tres órdenes de gobierno y la población local, para con ello buscar la solución a la problemática en la cuenca y encaminarse hacia el desarrollo sustentable en la cuenca, entendido como: “Un desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las futuras para satisfacer sus propias necesidades”(Comisión Bruntland, 1987).

Por la importancia en torno a la Laguna de Tuxpan y por la problemática existente en la cuenca es necesario identificar los retos a vencer para encaminarse hacia la gestión integrada del agua, que ayude a resolver dicha problemática y reoriente acciones hacia un uso, manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales vinculados con el agua, considerando a los diferentes actores en la gestión del agua.

Así, este trabajo de investigación podrá ser una herramienta de trabajo que pueda servir como base para lograr el uso, manejo y aprovechamiento sustentable del agua y encaminarse hacia la GIA.

4. MARCO TEORICO

Para abordar el presente trabajo de investigación es necesario partir de la revisión de las definiciones de los conceptos teóricos que la sustentan. El tema a tratar busca establecer los principios requeridos para la Gestión Integrada del Agua en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro. Los conceptos que se abordan en este trabajo son: gestión del agua, gestión integrada del agua, cuenca hidrológica como la unidad básica de gestión del agua y desarrollo sustentable.

Hace todavía unas dos o tres décadas, se enfatizaba la escasez de agua por efecto de la creciente demanda humana para su aprovechamiento, y el deterioro del recurso como consecuencia de sus actividades. De este modo, se establecieron distintas iniciativas para generar políticas públicas que mejoraran su distribución y redujeran sus efectos negativos sobre la población, en particular en aquellos países pobres o con un déficit mayor de agua, y se iniciara de manera concertada la protección del planeta (Keller, Keller & Davids, 1996). Desde esta perspectiva, se tendió a enfatizar la necesidad de contar con más y mejores soluciones tecnológicas para incrementar la productividad del agua, distribuirla mejor y más eficientemente, y reducir el impacto de la contaminación. (CONAGUA & Consejo Mundial del Agua, 2006b).

Ante la problemática en torno al agua se han desarrollado discusiones y análisis en diversos foros y medios, como la conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente llevada a cabo en Dublín, Irlanda en enero de 1992, la Cumbre Mundial sobre Medio Ambiente efectuada en Río de Janeiro, Brasil, en septiembre de 1992, y posteriormente con la

celebración de los siete Foros Mundiales del Agua hasta 2015, el paradigma conceptual para enfrentar la problemática del agua se transformó sustancialmente para llegar a reconocer que, si bien existe un problema de escasez, la actual crisis mundial del agua es fundamentalmente una crisis por el mal manejo del agua, que implica importantes deficiencias en el gobierno y gobernanza del agua (GWP, 2000).

4.1. GESTIÓN DEL AGUA

El agua es un recurso indispensable del que dependen todas las actividades sociales y económicas, así como las funciones de los ecosistemas. La tarea de proveer agua adecuada para las necesidades sociales, económicas y ambientales no es sencilla y requiere cooperación y coordinación entre diversas partes interesadas y jurisdicciones gubernamentales o administrativas. Además, la disponibilidad del agua se debe entender en el contexto del ciclo hidrológico que es influenciado por múltiples factores, tendencias e incertidumbres. El conjunto de todas estas actividades se denomina “gestión del agua” y abarca una gran variedad de disciplinas, incluyendo las relacionadas con el agua como recurso natural y parte del ambiente, y los servicios y asignación del agua (Vargas et al., 2013).

De acuerdo con el artículo 3 fracción XXVIII de la Ley de Aguas Nacionales la gestión del agua se refiere al proceso sustentado en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos, atribuciones y responsabilidades, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, promueven e instrumentan para lograr el desarrollo sustentable en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental, (1)

el control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos, por ende la distribución y administración, (2) la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua y (3) la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, considerando los riesgos ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios y daños a ecosistemas vitales y al medio ambiente.

Por otra parte Dourojeanni (2013) menciona que la gestión del agua es la gestión de las intervenciones que con diferentes fines realiza el ser humano sobre el agua y las cuencas que captan y distribuyen dichas aguas y que es compartida entre ellos mismos. Si los sistemas de gestión del agua existentes por cuenca son débiles tanto en autoridad como en capacidad para coordinar las intervenciones para lograr metas que atiendan a la sustentabilidad, y si no disponen ni de los medios ni del compromiso necesario para cumplir sus roles, dejan que cientos de actores tomen decisiones que superponen en forma en cada sistema hídrico y cuenca del país. Por ello todo país, región y cuenca requiere disponer de un sistema de gestión de agua estable, creíble, participativo y legal y con todas las credenciales técnicas y éticas para guiar con autoridad las intervenciones de múltiples actores sobre el agua y cuencas compartidas. En seguida se presenta el concepto de cuenca hidrológica como unidad básica de gestión del agua.

4.1.1. Cuenca hidrológica como unidad básica para la gestión del agua

De acuerdo con el artículo 3 fracción XVI de la LAN la cuenca hidrológica es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parteaguas o divisoria de las aguas, aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en

dicha unidad, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos.

Por otra parte Medina menciona que la cuenca hidrológica se define como el área territorial de drenaje donde todos los escurrimientos confluyen hacia un afluente común de descarga y constituye un espacio sociogeográfico donde las personas y sus organizaciones comparten un territorio, sus identidades, tradiciones y cultura, socializan y trabajan en función de la disponibilidad de recursos, a la vez, es un sistema complejo debido a las múltiples interacciones que ocurren entre sus diversos componentes de suelo, agua, biodiversidad y los aspectos socioeconómicos. Es, en resumen, un sistema dinámico, interrelacionado, gobernado por procesos de retroalimentación, autoorganizado, adaptativo y dependiente de su historia (R. Medina, comunicación personal, 4 de julio de 2014).

Actualmente en el ámbito mundial casi todos los países reconocen a las grandes cuencas hidrográficas como los territorios más apropiados para conducir los procesos de manejo, aprovechamiento, planeación y administración del agua y, en su sentido más amplio y

general, como los territorios más idóneos para llevar a cabo la gestión integrada de los recursos hídricos (CCVM, 1997). Gestión Integrada del Agua (GIA)

En diversos foros y desde hace ya algunas décadas, los especialistas han coincidido en señalar reiteradamente que la actual crisis del agua es una crisis de gestión, más que de escasez, lo que ha conducido a difundir y a adoptar un enfoque más estratégico y sostenible para los recursos hídricos mediante el modelo denominado “Gestión Integrada del Agua (GIA)”. La GIA es un marco para gestionar el agua a través de la inclusión de todas las necesidades y usos que compiten entre sí, incluyendo la agricultura, la energía, la industria, las necesidades humanas básicas y las funciones de los ecosistemas. Idealmente, la GIA es un proceso mediante el cual las personas pueden desarrollar una visión, llegar a acuerdos sobre valores compartidos y comportamientos, tomar decisiones informadas y actuar juntos en el manejo de los recursos naturales de una cuenca. Así, muchos gobiernos señalan la urgencia de introducir o extender la GIA como un componente vital de su agenda de desarrollo sostenible. A la forma de lograr esto se considera como la gobernanza del agua (Vargas *et al.* 2013).

La gobernanza del agua se refiere a la interacción de los sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos que entran en juego para regular el desarrollo y gestión de los recursos hídricos y la provisión de servicios de agua a diferentes ámbitos de la sociedad. Es así que la gobernanza del agua existe donde las organizaciones estatales encargadas de la gestión del recurso establecen una política efectiva, junto con un marco legal apropiado para regular y gestionar el agua, de forma tal que responda a las necesidades ambientales,

económicas, sociales y políticas del Estado, con la participación de todos los agentes sociales (Colegio de México, 2012).

Definición de la GIA

Vargas et al., (2013) mencionan que la definición más aceptada de la GIA, también llamada “Gestión Integrada de los Recursos Hídricos” (GIRH) es la elaborada por la Asociación Mundial para el Agua en el año 2000, quien la señala como “Un proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, a fin de maximizar el bienestar económico y social de una manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales” (GWP, 2011).

De acuerdo con el artículo 3, fracción XXIX de la LAN, la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos es el proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con estos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Dicha gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable. Para la aplicación de esta ley en relación con este concepto se consideran primordialmente agua y bosque. En este mismo artículo en la fracción XXI se define "Desarrollo sustentable" en materia de recursos hídricos como el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter hídrico, económico, social y ambiental, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio

hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras.

Principios y políticas de la GIA

En 1992 se llevó a cabo en Dublín, Irlanda la Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente que dio origen a los principios que sentaron las bases para la GIA:

1. El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para mantener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.
2. El aprovechamiento del recurso hídrico y su gestión debe basarse en un enfoque participativo, involucrando a los planificadores y a los legisladores en todos los ámbitos.
3. La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección de agua.
4. El agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos y debe ser reconocida como un bien económico.

De acuerdo con Ordoñez (2011) la GIRH tiene como base biofísica el ciclo hidrológico natural del sistema pero incorpora el elemento antropogénico, convirtiéndolo en Ciclo Hidrosocial (se refiere al proceso que se da en el uso del agua, desde que se capta para las actividades humanas hasta que se dispone en el océano). La misma fuente señala que bajo esta primicia, la GIRH alcanza una dimensión social, ambiental y económica, la cual en la práctica, interactúa con diversas áreas del conocimiento y cumplen con los objetivos

propuestos, es decir, es multi e interdisciplinario. Aprovecha la tecnología y recursos disponibles para avanzar hacia una gestión integrada y sostenible. Debe atender y considerar las demandas de los diferentes sectores usuarios del recurso, por lo cual es necesario generar un ambiente propicio en cuanto a políticas públicas, marco legal, roles e instrumentos financieros y de gestión para avanzar en la GIRH.

Dourojeanni A. y Jouravlev A. (2001) consideran que para tomar decisiones adecuadas con el fin de alcanzar metas de gestión hídrica, es necesario armonizar los intereses y la dinámica de poblaciones con las condiciones y dinámica propia del entorno donde estas habitan, en particular, con relación a las cuencas y el ciclo hidrológico. Es decir, que las decisiones deben integrar el conocimiento del comportamiento humano con las características del ambiente donde se apliquen. La carencia de estos sistemas de articulación para combinar los aportes de ciencias es una causa de ingobernabilidad en materia de gestión del agua. Las decisiones se toman usualmente en forma simplificada y parcial, con paradigmas preestablecidos, la mayoría de las veces ignorando el comportamiento del entorno natural donde se aplican las decisiones. Si bien es común hallar propuestas que consideran los aspectos sociales y físicos, éstas no integran dichos enfoques. Así, actualmente la gestión del agua para las agencias gubernamentales se limita a una “buena administración” de la misma, hasta hacía algunos años se administraba la oferta y hoy la demanda.

Por otra parte la Organización de las Naciones Unidas (ONU) declara en su IV Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo que la complejidad de la GIA, combinada con la creciente incertidumbre tanto de cuestiones socioeconómicas como de cambio

climático, ha hecho que los enfoques tradicionales de comando y control sean menos efectivos en muchos casos, y sugiere que un enfoque adaptativo podría responder mejor a esta situación (Vargas et al., 2013).

La gestión adaptativa es un proceso continuo de ajustes incrementales que intenta abordar los cada vez más rápidos cambios en nuestras sociedades, economías, clima y tecnologías, antes de que se manifieste un problema catastrófico (WWAP, 2012).

En la medida que la GIA sea más susceptible de adaptarse, habrá una mayor colaboración multisectorial y multidisciplinaria. Se requiere un marco más amplio que tenga en cuenta las diversas facetas de la relación entre el desarrollo y los múltiples riesgos e incertidumbres, así como la creación de instituciones más flexibles, sólidas y colaboradoras (Vargas et al., 2013).

4.2. GESTIÓN DEL AGUA EN MÉXICO

En México, ante la creciente demanda de agua por el crecimiento poblacional y los sistemas de producción, así como la dificultad de acceso a este vital líquido en algunas zonas del país, se plantearon grandes retos a la gestión del agua, muchos de los cuales no han podido resolverse, de esta forma la escasez del agua entendida para este trabajo como la disminución de la cantidad y calidad del agua (escasez física), así como los altos costos que representa la adquisición de agua, que afecta especialmente a la población más vulnerable como poblaciones rurales, grupos indígenas y cinturones urbanos (escasez económica) continúan presentes en nuestro país.

La gestión del agua ha evolucionado a través del tiempo, de acuerdo con las necesidades y disponibilidad del agua en diferentes etapas de la historia de México, de esta forma en 1926 se creó la Comisión Nacional de Irrigación, que en 1946 fue reemplazada por la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH), en la que fue concentrada la responsabilidad sobre casi todos los asuntos del agua. En 1976, la SRH se fusionó con la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), para formar la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), lo cual reflejó la importancia que en aquel entonces se le otorgó al uso del agua para la agricultura bajo riego (CONAGUA, 2009).

Posteriormente se reconoce que la administración del agua, un recurso natural con importantes funciones económicas, sociales, ecológicas y culturales, fundamental para la vida y el ecosistema, necesario para prácticamente todas las actividades económicas y susceptible de uso múltiple y sucesivo debe tener una organización propia y separada de condiciones administrativas con vocación sectorial o vinculados directamente a un sector de usos. Cuando la autoridad del agua depende de un sector usuario, los intereses sectoriales inevitablemente tienden a controlar la gestión del agua y las inversiones vinculadas a la misma, por lo que se corre el peligro de que se produzca una desviación de la administración, que el sistema de gestión adquiera parcialidad y que se produzcan defectos en la evaluación de proyectos. El reconocimiento del hecho de que la autoridad de aguas debe ser un ente no sectorial y especializado en la gestión de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, por encima de intereses sectoriales y visiones parciales, se refleja en la creación, el 16 de enero de 1989, de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) y

posteriormente en 1992, a través de la aprobación y puesta en vigor de la Ley de Aguas Nacionales (Dourojeanni et al., 2002).

A través de los años la CONAGUA se ha conservado como un órgano autónomo, actualmente está sectorizada a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en la búsqueda de la gestión del agua descentralizada se incorporó la participación de la sociedad, la cual participa a través de distintas instancias organizativas. En el ámbito regional existen los consejos de cuenca que son órganos colegiados de integración mixta, instancias de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría entre la CONAGUA, incluyendo el organismo de cuenca que corresponda, y las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal y municipal, y los representantes de los usuarios del agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica (LAN, 2004). Sin embargo, Dourojeanni et al., (2002) menciona que *“La estructura general de los consejos de cuenca, a pesar de los esfuerzos de participación hasta ahora realizados, se encuentra aún en proceso de maduración y consolidación”*.

Otra de las acciones de descentralización de la gestión del agua, es que el municipio tiene la facultad y obligación de la prestación de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento de sus poblaciones (sustentado en el artículo 115 fracción III de la Constitución Política Mexicana). Existen varias instituciones en el ámbito federal y estatal, y México utiliza una selección de instrumentos económicos, desde los cobros por extracción hasta los mercados de agua. Sin embargo, el aumento sustancial de la inversión pública en el sector no ha resuelto todos los desafíos. Por ejemplo el marco regulatorio para el agua potable y los servicios de

saneamiento se ha atomizado entre múltiples actores; y es evidente que los subsidios perjudiciales en otros sectores (energía, agricultura) se contraponen a los objetivos de las políticas del agua.

A pesar de los esfuerzos realizados en materia de gestión del agua, actualmente en nuestro país, aun no se ha logrado coordinar adecuadamente las diferentes formas de gestión del agua existente, algunas de las cuales se mencionan en seguida:

- La gestión social del agua es construida y realizada bajo determinada modalidad y efectividad por las organizaciones de usuarios, grupales, comunitarias y locales, en donde sus usos y costumbres conviven dentro de un pluralismo legal y relacionada a la gestión pública local y nacional. Valencia (2004) señala que se han desarrollado distintas teorías que explican las fuerzas rectoras del uso y aprovechamiento de los recursos naturales, incluyendo los hídricos, que en general están marcadas por aspectos económico-productivos que produce su distribución desigual en sociedades basadas en la desigualdad, así como las relaciones de poder diferenciado de los distintos tipos de grupos y organizaciones sociales, hasta las formas estatales y la organización burocrática encargada de regular todas estas relaciones y, por último, los aspectos simbólicos y culturales.
- La gestión pública del agua está en manos del Estado, a través de sus instituciones y agencias y se expresa en una determinada capacidad y calidad de gobernabilidad de la gestión integrada de recursos hídricos. Contempla las políticas públicas, las

normas, la institucionalidad y el grado de relacionamiento con y participación de la sociedad civil, así como la efectividad de las funciones y servicios estatales en relación a la GIRH.

- La gestión privada del agua, realizada por iniciativa de empresas y agentes económicos o de servicios, independientes del Estado, sean formales o informales, está contemplada y regida por el marco de la administración pública, aunque operan y manejan los recursos hídricos de manera autónoma.

La gestión social del agua, la gestión pública del agua y la gestión privada del agua son interrelacionadas, integradas y armonizadas mediante la implementación del enfoque de la GIRH.

Valencia (2004) menciona que México ha venido avanzando en la institucionalidad de una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, con apoyo de los lineamientos establecidos en la Ley de Aguas Nacionales. Es muy importante continuar con la construcción de una gobernanza participativa, corresponsable y democrática. La institucionalización de los consejos de cuenca y sus órganos auxiliares, como instancias deliberativas descentralizadas y empoderadas, es fundamental. Continuar en los esfuerzos de coordinación interinstitucional para consolidar la transversalidad de la política hídrica es necesario para integrar y armonizar los procesos de desarrollo económico y social en relación a la gestión de los recursos hídricos.

5. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Generar lineamientos que promuevan o coadyuven en la gestión del agua en la cuenca Laguna de Tuxpan, Guerrero.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Comprender la problemática en torno al agua en la cuenca Laguna de Tuxpan, Guerrero.
- Proponer lineamientos para el uso, manejo y aprovechamiento sustentable del agua en la cuenca Laguna de Tuxpan, Guerrero.
- Identificar los retos para la Gestión Integrada del Agua en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

6. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se siguió una ruta metodológica en la que se consideraron cuatro aspectos principales: la gestión del agua desde un enfoque de cuenca; la división de la cuenca en pisos altitudinales (cuenca alta, media y baja), el trabajo en gabinete y campo y, finalmente la aplicación de entrevistas a informantes claves en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro. A continuación se describe de manera general cada uno de estos aspectos; en algunos temas se describe la metodología específica utilizada.

6.1. GESTIÓN DEL AGUA DESDE UN ENFOQUE DE CUENCA

La cuenca hidrológica es la unidad básica para la gestión de cuencas, sin embargo, aún existe el dilema de cómo pueden tomarse decisiones en el ámbito de la misma cuando las decisiones políticas se realizan en las ciudades, a nivel estatal o federal, las cuales consideran límites jurisdiccionales que no coinciden con los límites naturales de la cuenca y más aún si se considera que la visión predominante es el enfoque ingenieril o constructivo. Así, a pesar de que en teoría se acepta este espacio físico como el más idóneo para realizar gestión de los recursos hídricos, las acciones gubernamentales, políticas y económicas siguen respondiendo a espacios físicos bien definidos por aspectos políticos, administrativos y económicos (Dourojeanni, 2002).

De acuerdo con la GWP- INBO (2009) en el ámbito de cuencas hidrográficas o lacustres y de acuíferos, la GIRH puede definirse como un proceso que permite la gestión coordinada

del agua, la tierra y los recursos asociados dentro de los límites de una cuenca para optimizar y compartir equitativamente el resultante bienestar socioeconómico sin comprometer la salud de ecosistemas vitales a largo plazo.

El enfoque de GIRH en el ámbito nacional no se contrapone con el enfoque de GIRH a nivel de cuenca, de hecho, se complementan. Un marco nacional integral para la GIRH es esencial para la gestión de cuencas nacionales y transfronterizas.

Dentro de los límites de una cuenca, integrar los usos del suelo y la gestión del agua no es una tarea sencilla, debido a que la gestión del suelo, que incluye la planificación, la silvicultura, la industria, la agricultura y el medio ambiente, generalmente está regulada por políticas no relacionadas con las normas del agua y está administrada por muchos sectores diferentes de una administración (GWP- INBO, 2009).

Trabajo en el ámbito de cuenca a pequeña escala

Los objetivos y alcances a los que se pretenda llegar en la gestión del agua, define el tamaño de la cuenca a considerar. La cuenca Laguna de Tuxpan motivo del presente trabajo de investigación abarca una superficie de cerca de 7,000 ha (70 km²); de acuerdo con la clasificación de tamaños de cuencas de Campos (2007), se trata de una cuenca pequeña, ubicada en el rango de superficie entre los 25 y 250 km². En seguida se mencionan algunas razones de la importancia del porqué trabajar en el ámbito a escala pequeña.

- La relación entre las actividades económicas y sus efectos en el bienestar de la población se identifica con mayor facilidad que en una cuenca grande.
- La facilidad para lograr la concertación y la coordinación interinstitucional al ser menos las instituciones involucradas y más sencillas ubicarlas y comunicarse con las mismas por parte de la población local.
- La degradación o conflictos ambientales que se generan en ellas, se pueden entender de manera directa.
- Al trabajar a pequeña escala ya sea gestión de cuenca o gestión del agua a nivel de cuenca, las acciones implementadas desde la parte local, si llegase a obtener buenos resultados, es posible realizar un efecto multiplicador de la microcuenca, si esta es demostrativa o de investigación.

Esta importancia debe estar vinculada a la posibilidad de una gestión inmediata, generalmente ocurre que por el tamaño, muchas condiciones y variables, son menos complejas y más homogéneas, principalmente en los aspectos culturales, sociales y de interés de las comunidades e instituciones. Indudablemente la posibilidad de manejo de áreas pequeñas, podría ser más inmediata, más fáciles de coordinar, mayor posibilidad de apoyo por parte de las instituciones y menores inversiones. Es importante señalar que una intervención por microcuencas no debe excluir la visión global de la cuenca o de la región y de cómo articular acciones para lograr un impacto espacial y de desarrollo integral (CATIE, 2006).

GWP & INBO (2009) mencionan que en especial en las microcuencas el papel de las comunidades en la administración del agua es fundamental y quien mejor que sus mismos habitantes y usuarios del agua para usarla, repartirla y conservarla. Desde esta óptica el agua se convierte en una responsabilidad de todos y cada uno de nosotros. No solamente debemos respetarla y cuidarla, puesto que es un bien común, sino que debemos participar en su administración dentro de una organización proactiva y democrática, generadora de capital social, ya que contar con ella es una necesidad de todos.

6.2. TRABAJO EN TRES PISOS ALTITUDINALES

En una cuenca la presencia y aprovechamiento de los recursos naturales, así como la problemática en torno al recurso hídrico varía de acuerdo con los pisos altitudinales; para analizar la problemática en torno al agua en la cuenca Laguna de Tuxpan, se realizó la caracterización de la cuenca de acuerdo con tres pisos altitudinales (cuenca alta, media y baja).

Cuenca alta: a una altitud de 860 a 1,730 msnm, en ella se ubican seis localidades rurales.

Cuenca media: a una altitud de 780 a 860 msnm, cuenta con cuatro localidades en total, de las cuales tres son rurales y una es urbana.

Cuenca baja: corresponde a altitudes que van desde 750 a 780 msnm, cuenta con tres localidades rurales en total, en este sitio se ubica la Laguna de Tuxpan, a la altura de los 750 msnm aproximadamente ingresa el río Tomatal a la laguna. Además de la división por zonas

altitudinales para el desarrollo de este trabajo se considera la división por subcuencas por las características específicas de la red de drenaje en la cuenca.

6.3. TRABAJO EN CAMPO Y GABINETE

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se trabajó en gabinete y campo, ambas fases fueron intercaladas, de acuerdo con los objetivos propuestos y la información recabada tanto en campo como en gabinete, en seguida se describe cada una de las etapas.

6.3.1. Trabajo de gabinete

Inicialmente se realizó la búsqueda de información relacionada con gestión del agua, gestión integrada del agua y cuenca, posteriormente se realizó la caracterización de la cuenca, para el desarrollo de este se obtuvo información de diferentes fuentes como la Comisión de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento del Estado de Guerrero (CAPASEG), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Consejo Nacional de Población (CONAPO), Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA), Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC) Versión III, Simulador de Flujos de Agua en Cuencas Hidrológicas (SIATL), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales Guerrero (SEMAREN), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Servicio Geológico Mexicano (SGM), Plan de Desarrollo Municipal de Iguala de la Independencia, entre otras. Para la elaboración de mapas se trabajó con el Sistema de Información Geográfica (SIG) Arc Gis 10.1. Después de la caracterización se identificó la problemática en torno al

agua en la cuenca y finalmente se desarrollaron los lineamientos para el uso, manejo y aprovechamiento sustentable del agua.

6.3.2. Trabajo en campo

El acceso al campo permite comprender la organización social propia del lugar, la relación de sus habitantes con su entorno y algunas características específicas que se investiguen tanto de los actores como del lugar de interés. De acuerdo con lo que deseé investigar se elige la forma específica de trabajo.

Para el desarrollo del presente estudio se realizaron recorridos de campo y entrevistas aplicadas a informantes claves en la cuenca, los informantes claves son aquellas personas que por sus vivencias, conocimientos y experiencia son fuente importante de información sobre un tema específico.

Recorridos en campo: consistió en realizar visitas a la cuenca y recorridos en los tres pisos altitudinales con apoyo de guías originarios de las localidades correspondientes a la cuenca, como primer paso se identificaron en campo las características del medio natural y socioeconómico por ejemplo: límite de la cuenca, red hidrográfica, uso de suelo y vegetación, edafología, población, y usos del agua, en esta fase se realizó el registro fotográfico de las imágenes expuestas en este estudio.

6.4. ENTREVISTA

La entrevista se refiere a la acción de desarrollo de una charla con una o más personas con el objetivo de hablar sobre ciertos temas con un fin determinado, de acuerdo con el objetivo inicial y a las personas a entrevistar se define qué tipo de entrevista se realiza. En la cuenca Laguna de Tuxpan se realizó la entrevista semiestructurada, en este tipo de entrevista como primer paso se determina cuál es la información relevante que se quiere conseguir. Se realizan preguntas abiertas dando oportunidad a recibir más matices de la respuesta, permite ir entrelazando temas, pero requiere de una gran atención por parte del investigador.

La Guía de Entrevista aplicada en la cuenca se integra de los temas: fuentes de abastecimiento y disponibilidad de agua, problemática en torno al agua, organización social para resolver los problemas en torno a la problemática del agua existente en la cuenca. Las guías completas se presentan en el Anexo (1). Las entrevistas se aplicaron a informantes claves identificados en la cuenca como autoridades locales, en especial representantes del agua, comités de agua, funcionarios públicos, usuarios y alumnos de la Universidad Autónoma del Estado de Guerrero que habitan en la cuenca.

7. LA CUENCA LAGUNA DE TUXPAN, GRO

7.1. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO NATURAL

7.1.1. Ubicación de la cuenca

La cuenca Laguna de Tuxpan se ubica dentro de la subcuenca RH 18Bh Cocula – Iguala, la cual a su vez forma parte de la Región Hidrológica (RH) 18 y Región Hidrológica Administrativa (RHA) IV Balsas. La RHA IV Balsas se integra por 8 estados de la república Mexicana, Morelos es el único estado que entra completamente. Administrativamente la RHA IV Balsas se divide en tres partes: Alta (Tlaxcala, Puebla, Oaxaca), Media (Morelos, Guerrero, Edo de México) y Baja (Jalisco y Michoacán), la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro, se ubica al norte del estado de Guerrero en la parte media de la RHA IV Balsas, el agua de la salida de dicha cuenca se une con el río San Juan en el municipio de Iguala de la Independencia, este río continua su cauce, se une con otros afluentes hasta formar parte del río Balsas el cual desemboca en el Océano Pacífico. (Figura 1).

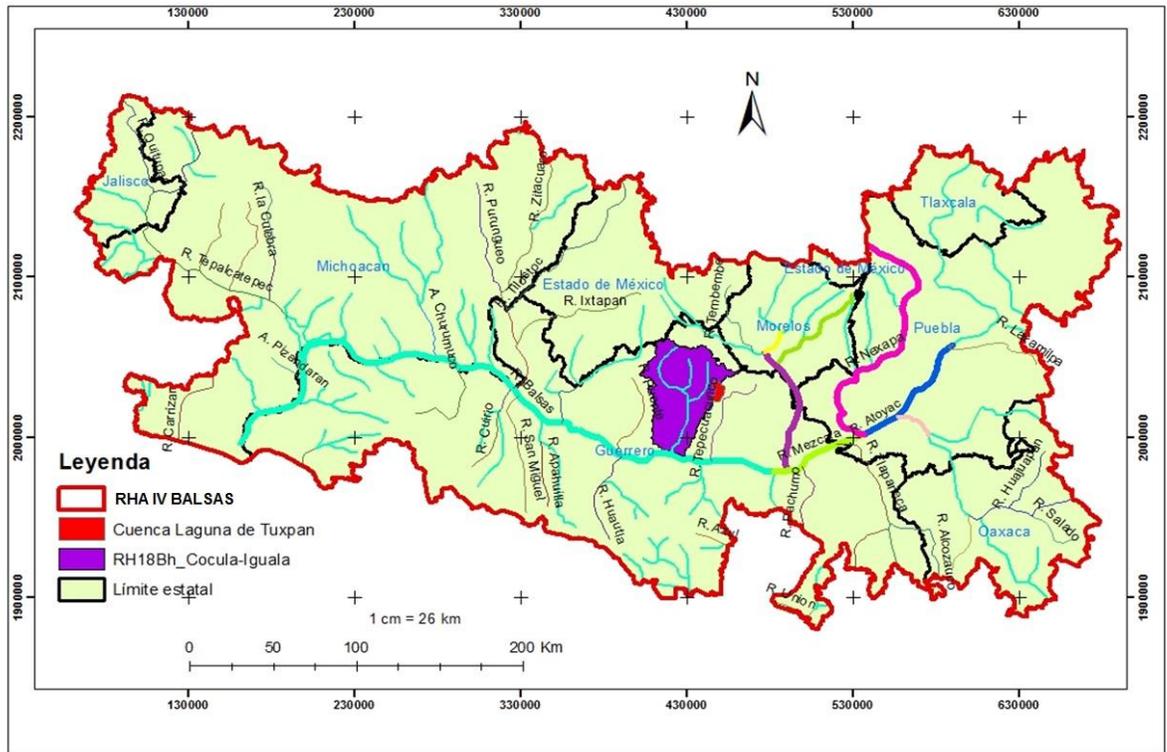


Figura 1. Ubicación de la cuenca Laguna de Tuxpan dentro de la RHA IV Balsas.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI 2010 y SIATL.

La cuenca Laguna de Tuxpan cubre una superficie de 6,913.65 ha y se ubica al noreste del municipio de Iguala de la Independencia al norte del estado de Guerrero, colinda al norte con Buena Vista de Cuellar y Taxco, al este con Huitzucó, Tepecoacuilco y Cocula, al oeste con Teloloapan. En la Figura 2 se muestra la ubicación de la cuenca Laguna de Tuxpan considerando la división municipal.

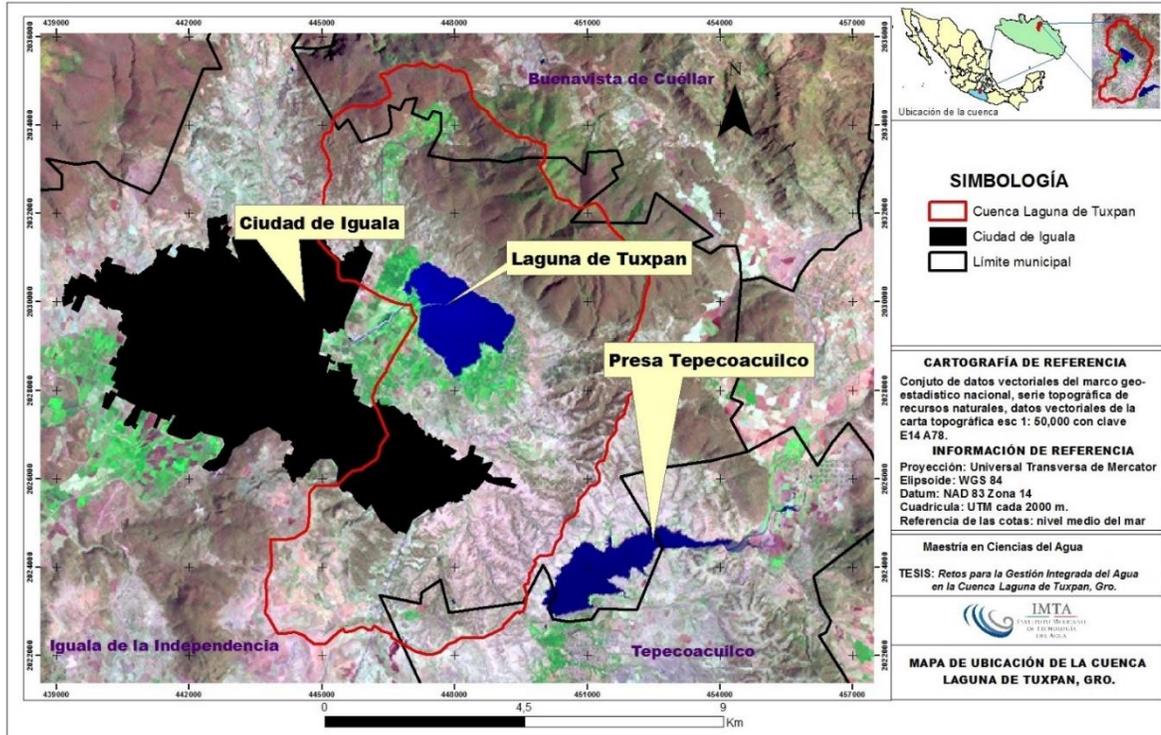


Figura 2. Mapa de ubicación de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro considerando el límite municipal.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI 2010.

En la Figura 3 se visualiza la cuenca vista desde el suroeste, del lado oeste se observa la ciudad de Iguala, al fondo el cerro de Tuxpan, en la parte baja la Laguna de Tuxpan.



Figura 3. Vista de la cuenca Laguna de Tuxpan desde la ciudad de Iguala Guerrero, marzo del 2014.

7.1.1.1. Subcuencas de la cuenca Laguna de Tuxpan

La cuenca Laguna de Tuxpan se divide en tres subcuencas: subcuenca directa a la Laguna de Tuxpan, subcuenca del río Tomatal y Laguna de Tuxpan (Tabla 1).

Tabla 1. Subcuencas que integran la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Subcuencas	Superficie	
	ha	%
Cuenca directa a la Laguna de Tuxpan	4,036.45	58.38
Río Tomatal	2,512.65	36.34
Laguna de Tuxpan	364.56	5.27
Total	6,913.66	100

Fuente: CAPASEG -IMTA, 2013.

Subcuenca directa a la Laguna de Tuxpan: abarca la mayor superficie con 4,036.45 ha que corresponde al 58.38% del total de la cuenca, en ella se localizan los cerros de Tuxpan y

Jumil con una altitud superior a los 1,600 msnm, las corrientes de agua en su mayoría son intermitentes y desembocan directamente a la Laguna de Tuxpan, una de la corrientes principales es perenne y proviene de la localidad de Platanillo, en esta subcuenca se concentran principalmente localidades rurales, sin embargo, la mancha urbana de la ciudad de Iguala ya inició su crecimiento hacia este sitio, por ejemplo, la localidad de Puente González localizada al norte de la Laguna de Tuxpan se encuentra rodeada de zonas habitacionales y colonias recientemente formadas correspondientes a la ciudad de Iguala.

Subcuenca del río Tomatal: ubicada al sur de la cuenca y de la Laguna de Tuxpan, cubre una superficie de 2,512.65 ha (36.34%), en esta subcuenca se localiza el río Tomatal y se concentra la mayor parte de la población de la cuenca de estudio, es decir la zona urbana.

Finalmente la Laguna de Tuxpan, que ocupa una superficie de 364.56 ha (5.27%) de la superficie total y se localiza en el centro de la cuenca, en la Figura 4 se presenta el mapa de las subcuencas de la cuenca Laguna de Tuxpan.

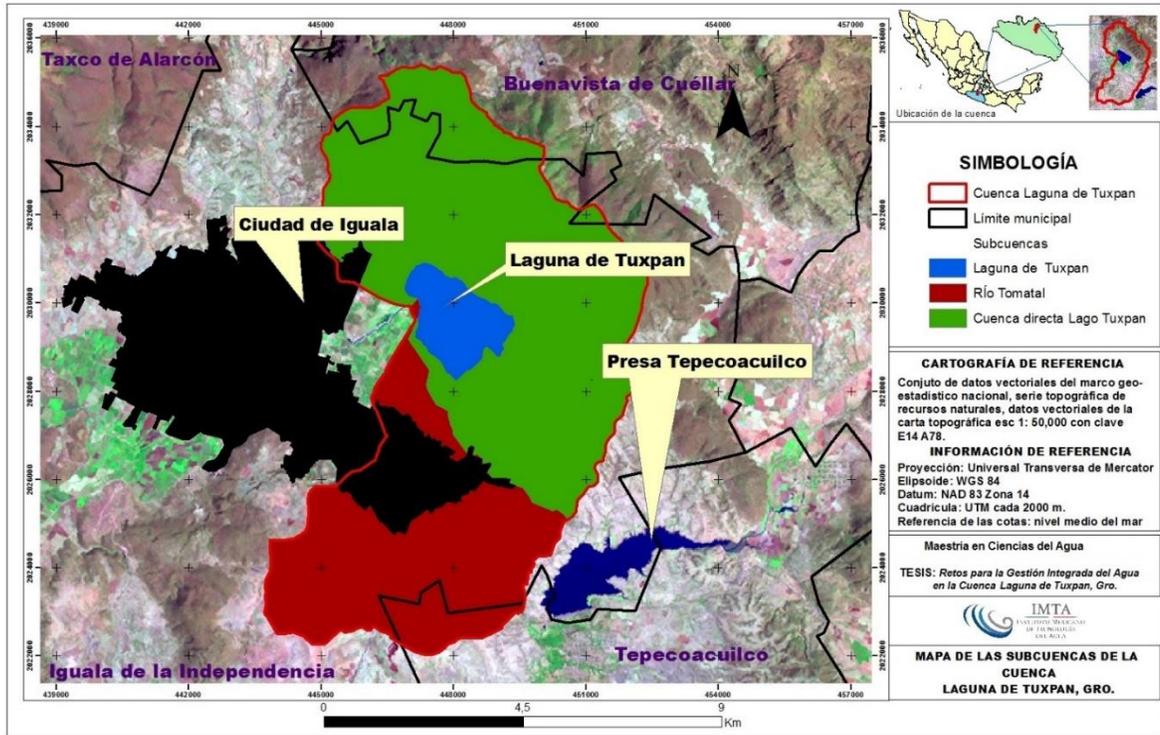


Figura 4. Mapa de las subcuencas de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Fuente: Elaboración propia con base en información de CAPASEG -IMTA, 2013.

7.1.2. Caracterización morfométrica

La caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas es una de las herramientas más importantes en el análisis hídrico, y tiene como propósito determinar índices y parámetros que permiten conocer la respuesta hidrológica en esta unidad de análisis espacial (cuenca). Esta herramienta tiene gran aplicabilidad en el análisis de los diversos componentes de una cuenca hidrográfica, analizada como un sistema, y su relación con eventos hidroclimáticos de condiciones regulares y extremas. En seguida se presentan algunos parámetros de la caracterización morfométrica calculados para la cuenca Laguna de Tuxpan.

Índice de forma (Kf): este índice, propuesto por Gravelius se estima a partir de la relación entre el ancho promedio del área de captación y la longitud de la cuenca, longitud que se mide desde la salida hasta el punto más alejado a ésta. Este factor relaciona la forma de la cuenca con la de un cuadrado, correspondiendo un $K_f = 1$ para regiones con esta forma, que es imaginaria. Un valor de K_f superior a la unidad nos proporciona el grado de achatamiento de la cuenca o el de un río principal corto. En consecuencia, con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas. El valor obtenido para la cuenca Laguna de Tuxpan fue de 0.31, en otras palabras, de manera natural la cuenca no tiende a concentrar el escurrimiento ante un evento de precipitación intensa.

Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (K_c): definido por Gravelius como la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia del círculo que tenga la misma superficie de la cuenca, cuando el K_c es cercano a 1.0 indica que la forma es casi una circunferencia. K_c mayores que 1.0 indica menos circular la cuenca. Cuencas con K_c cercano a 1.0 tienen más problemas de crecientes (gastos muy grandes, inundaciones).

La cuenca Laguna de Tuxpan tiene un coeficiente de compacidad K_c de 1.4, lo que indica que es una cuenca poco circular, por lo que ante un evento de precipitación de manera natural no hay problemas de inundación.

Relación de elongación (Re): este parámetro fue introducido por Schumm en 1956, se define como el cociente entre el diámetro de un círculo con la misma superficie de la

cuenca y la longitud máxima de la cuenca, definida como la más grande dimensión de la cuenca, a lo largo de una línea recta desde la salida hasta el límite extremo del parteaguas, paralela al río.

La *Re* se acerca a la unidad cuando la cuenca es plana, para cuencas con relieve pronunciado, el valor queda entre 0.6 y 0.8. Para la cuenca Laguna de Tuxpan el valor es de 0.63, es decir, una cuenca con relieve ligeramente pronunciado, principalmente en las partes altas de la subcuenca directa a la Laguna de Tuxpan.

En la Tabla 2 se presenta de manera resumida los parámetros morfométricos de la cuenca Laguna de Tuxpan.

Tabla 2. Parámetros de la caracterización morfométrica de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Parámetros	Formula	Resultado
a) Índice de forma $If = 69.13 \text{ km}^2 / ((14.82 \text{ km})^2)$	$If = a / lb^2$	If = 0.31
c) Coeficiente de compacidad (K_c) $Kc = (0.28 * 42.41 \text{ km}) / ((69.13 \text{ km})^{0.5})$	$Cc = (0.28 * p) / \sqrt{a}$	Cc = 1.43
d) Relación de elongación $Re = ((2 * ((69.13 \text{ km}^2 / 3.1416)^{0.5})) / 14.82 \text{ km})$	$Re = (2 * \sqrt{(a/\pi)}) / lc$	Re = 0.63

Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología de Martínez, 2013.

Valores de la cuenca: Área= 69.13 km. Longitud del cauce principal= 14.82 km. Perímetro de la cuenca = 42.41 km

Orden de corrientes: el orden de la corriente principal es un indicador de la magnitud de la ramificación y de la extensión de la red de drenaje dentro de la cuenca. Una corriente

de orden (1) es un tributario sin ramificaciones, una de orden (2) tiene sólo tributarios de orden (1) y así sucesivamente.

Entre más alto es el orden de la cuenca, indica un drenaje más eficiente que desalojará rápidamente el agua, en la cuenca se tienen 303 corrientes de primer orden, 94 de segundo, 21 de tercero, ocho de cuarto y la corriente principal que es del orden 5, este valor indica que ante un evento de precipitación de manera natural el agua desalojara fácilmente desde la parte alta hacia la salida de la cuenca, por las ramificaciones de las corrientes (Figura 5).

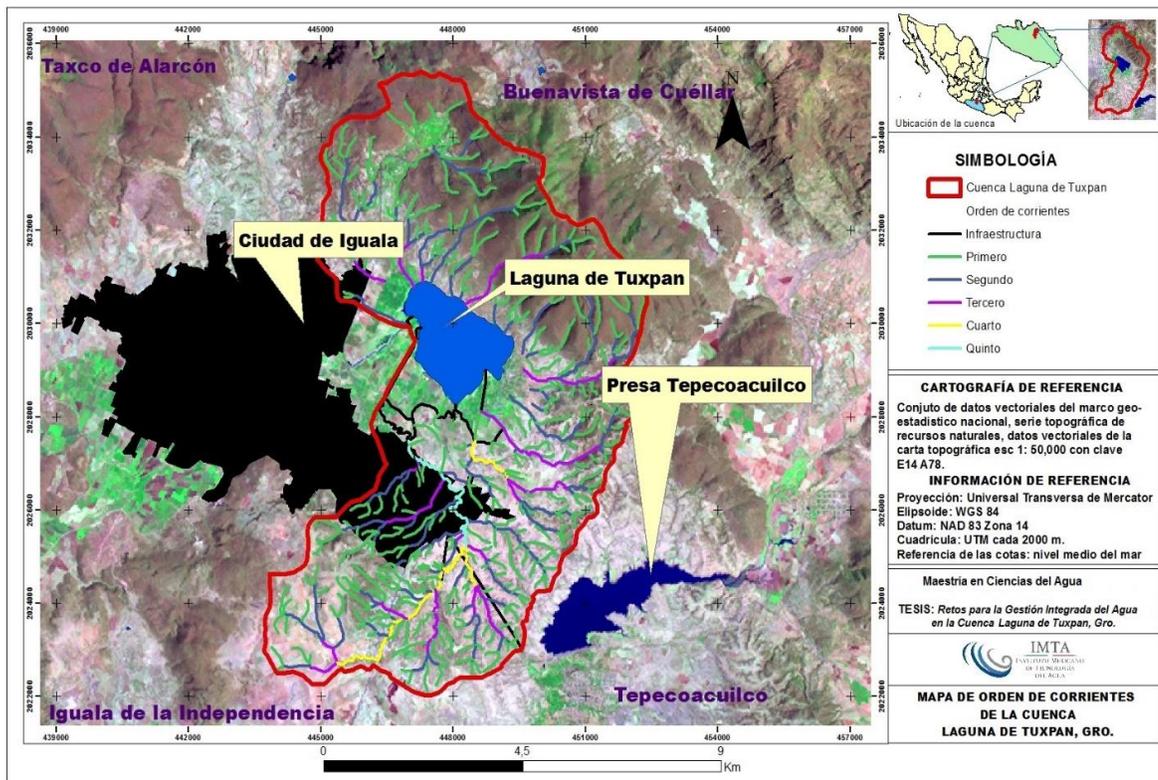


Figura 5. Orden de corrientes de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Fuente: Elaboración propia.

Perfil de cauce: en la Figura 6 se observa el perfil del cauce principal de la cuenca Laguna de Tuxpan, la cota mayor del cauce es de 1,030 msnm en la localidad de Tepochica, en la subcuenca del río Tomatal y la cota menor es de 750 msnm donde desemboca a la Laguna de Tuxpan, la longitud del cauce principal es de 15 km aproximadamente.

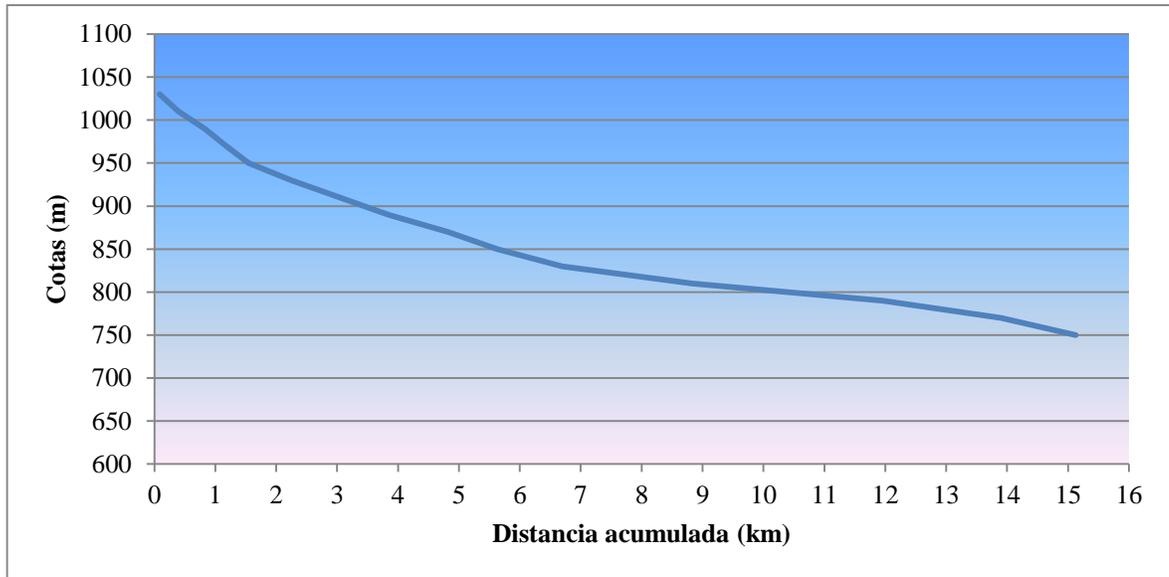


Figura 6. Perfil del cauce principal de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2010.

Curva hipsométrica de la cuenca: usualmente la forma de una cuenca tiene cierta influencia respecto a su respuesta hidrológica, sin embargo, la topografía o relieve suele ser un factor de suma importancia. El relieve de una cuenca se define por medio de su curva hipsométrica, la cual representa gráficamente las distintas elevaciones del terreno en función de la superficie dominante.

Curvas hipsométricas con concavidad hacia arriba reflejan una cuenca con gran potencial erosivo, curvas con concavidad hacia abajo representan una cuenca sedimentaria (fase de

vejes). En la cuenca Laguna de Tuxpan la curva hipsométrica presenta concavidad hacia abajo, lo que significa que es una cuenca menos susceptible a la erosión (Figura 7).

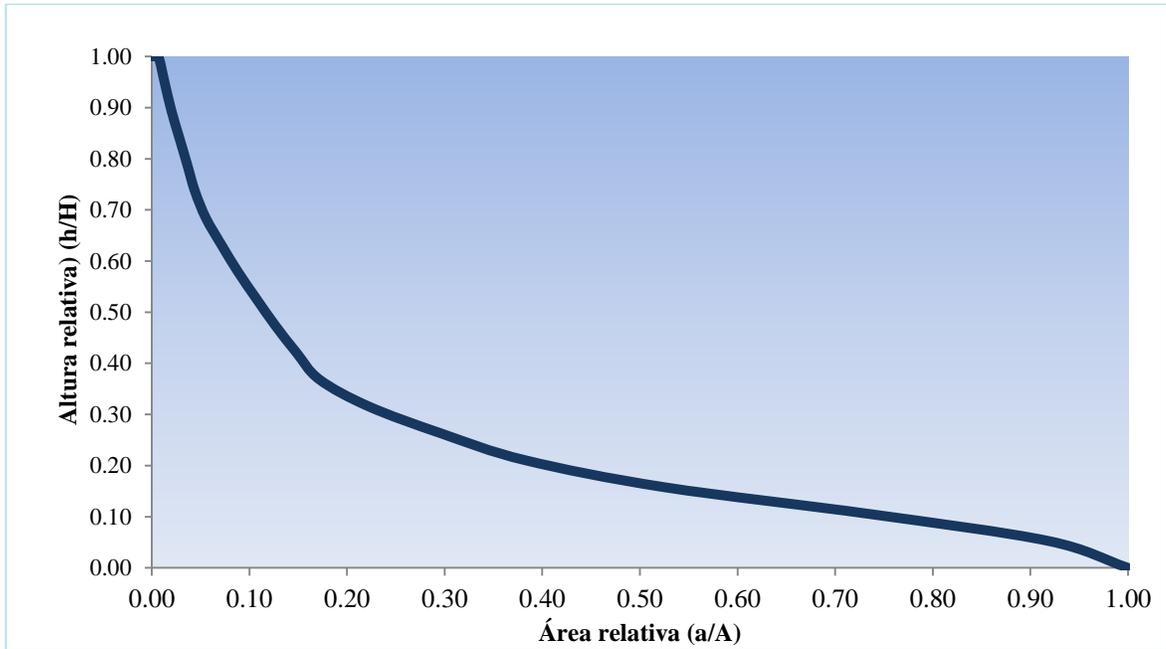


Figura 7. Curva hipsométrica de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Fuente: Elaboración propia con base en metodología de Martínez, 2013.

En general de acuerdo con los parámetros físicos calculados para la cuenca Laguna de Tuxpan, la respuesta hidrológica de la cuenca de manera natural ante un evento de precipitación es alta, en otros términos, tanto la forma de la cuenca, las corrientes y el relieve facilitan la salida del agua, sin embargo, para este caso en particular, falta considerar las características propias del cuerpo de agua en donde desemboca el cauce principal, es decir la Laguna de Tuxpan.

7.1.3. Hidrología

Hidrologicamente la cuenca Laguna de Tuxpan se localiza dentro del acuífero 1205 Iguala, este acuífero de acuerdo con DOF (2013) tiene una recarga media anual de 20 millones de m³, de los cuales 8.64 millones de m³ son volumen concesionado de agua subterránea, la disponibilidad media anual de agua subterránea es de 11.36 millones de m³.

Red hidrográfica: las corrientes de agua en la cuenca Laguna de Tuxpan se integra de acueductos subterráneos, canal a cielo abierto y corriente natural de agua, de las cuales 221.18 km (93.16%) corresponden a corrientes de agua natural, la mayoría de las cuales son corrientes intermitentes, los cauces perennes se conforman por el río Tomatal al sur de la cuenca y el río proveniente de la localidad de Platanillo en la parte norte de la misma. Se cuenta con 10.97 km de canal a cielo abierto correspondiente a la desviación del río Tomatal hacia la Laguna de Tuxpan, además, se cuenta con 5.28 km de acueducto que conduce agua de la presa Valerio Trujano hacia la planta potabilizadora operada por la CAPAMI que abastece de agua a la ciudad de Iguala, en la Tabla 3 y Figura 8 se muestra la hidrografía existente en la cuenca.

Tabla 3. Hidrografía de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Descripción	Longitud	
	km	%
Acueducto subterráneo	5.28	2.22
Canal	10.97	4.62
Corrientes	221.18	93.16
Total	237.43	100.00

Fuente: Elaboracion propia con base en INEGI, 2010.

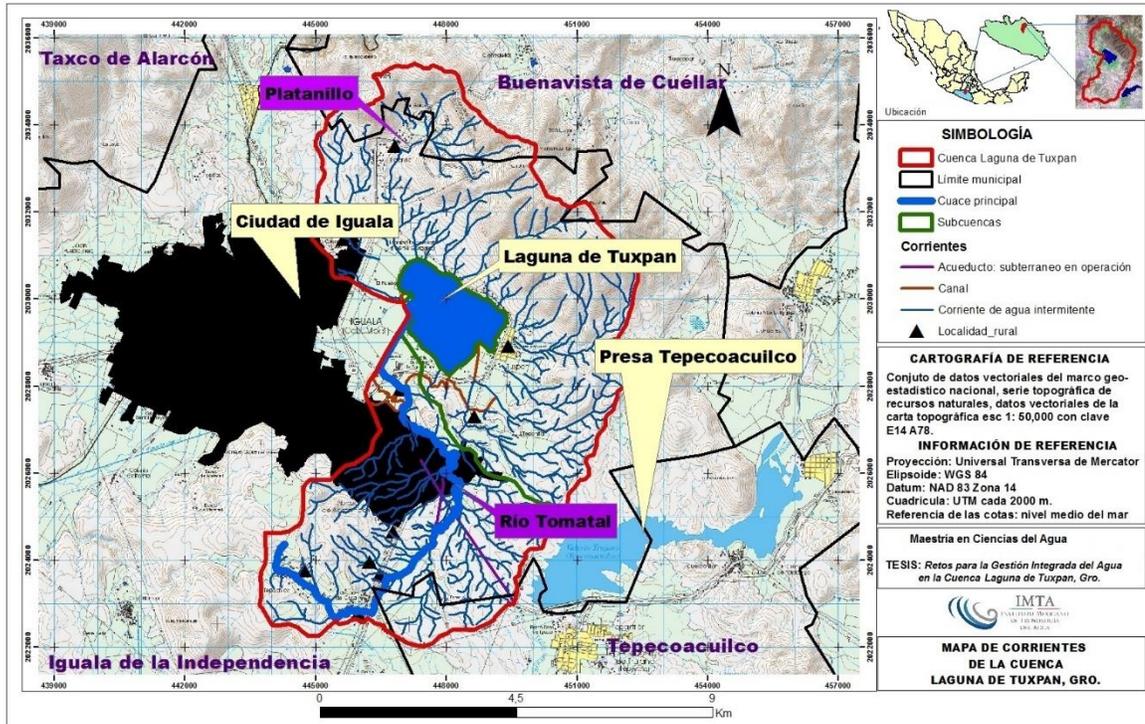


Figura 8. Mapa de la hidrografía de la cuenca Laguna de Tuxpan. Gro.

Fuente: elaboracion propia con base en INEGI, 2010.

En la Figura 9 se muestra la hidrografía de la cuenca Laguna de Tuxpan conformado por el cauce principal, canal de llamada, incorporación del cauce proveniente de la cuenca Laguna de Tuxpan al río San Juan (en la ciudad de Iguala), posteriormente se presentan imágenes de cada uno de los sitios mencionados.

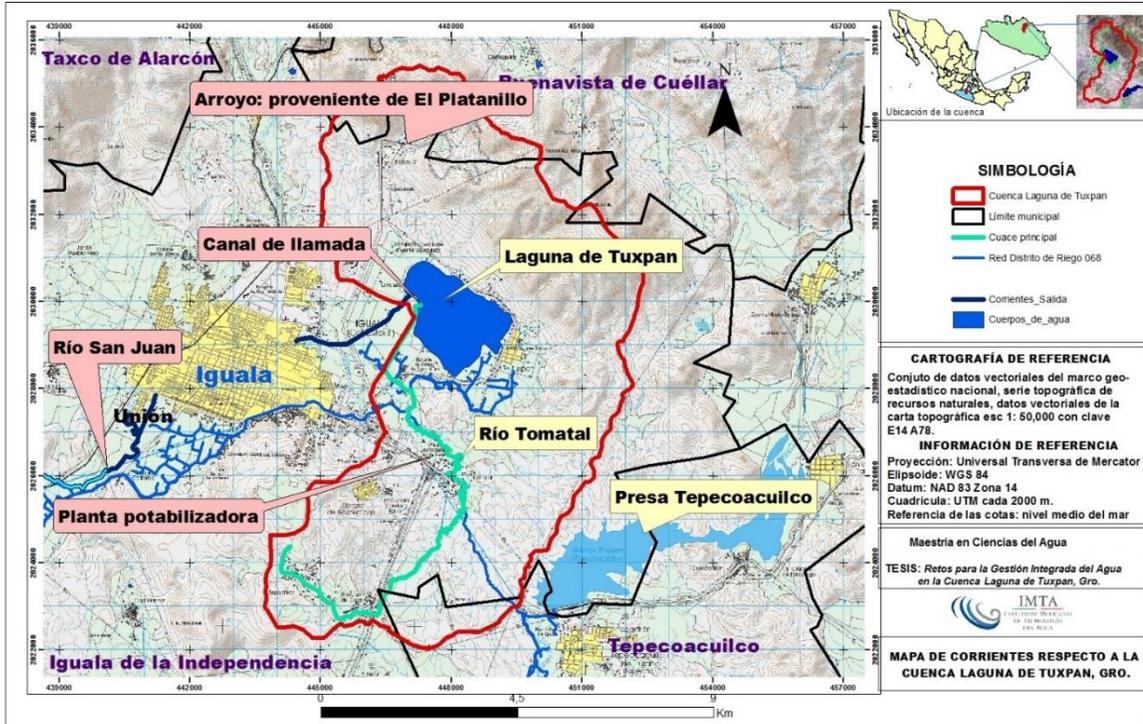


Figura 9. Mapa de la hidrografía (cauce principal) de la cuenca Laguna de Tuxpan. Gro.

Fuente: Elaboración propia.

Río proveniente de la localidad de Platanillo: el río proviene de un nacimiento conocido localmente como “manantial” en la parte alta de la localidad de Platanillo (Figura 10), los agricultores de esta localidad tienen la concesión de aprovechamiento de agua superficial para uso agrícola de este río, el agua es utilizada en periodos de estiaje para riego por gravedad en cultivos de árboles frutales como plátano, naranja y maíz.



Figura 10. Corriente de agua proveniente de la localidad de Platanillo cuenca alta Laguna de Tuxpan, Gro, agosto 2014.

Río Tomatal (cauce principal): se origina en la parte alta de la cuenca a la altura de la localidad Tepochica en la subcuenca del río Tomatal, en donde recibe el nombre de arroyo Los Sauces, aguas abajo a la altura de la colonia El Tomatal adquiere precisamente el nombre de río Tomatal.

Canal de llamada: el canal de llamada tiene una longitud de 1.5 km, se ubica aguas abajo de la salida de la Laguna de Tuxpan, al final del canal se ubica una compuerta, la cual es operada de forma manual por la CONAGUA y sirve para regular la cantidad de agua que sale principalmente en periodos de lluvia de la Laguna de Tuxpan hacia el río San Juan. En la Figura 11 del lado izquierdo se muestra el río Tomatal y del lado derecho la compuerta del canal de llamada de la Laguna de Tuxpan.



Figura 11. Río Tomatal aguas abajo de la colonia del mismo nombre y el canal de llamada, cuenca Laguna de Tuxpan, Gro, septiembre, 2014.

En la Figura 12 del lado izquierdo se observa la corriente proveniente del canal de llamada, justo antes de incorporarse al río San Juan, del lado derecho el río San Juan en donde se ha incorporado el agua proveniente de la cuenca, cabe hacer la aclaración que este sitio se ubica aguas abajo de la salida de la cuenca Laguna de Tuxpan, en la ciudad de Iguala.



Figura 12. Incorporación del agua proveniente del canal de llamada de la Laguna de Tuxpan al río San Juan. Iguala, Gro.

7.1.3.1. Laguna de Tuxpan

La Laguna de Tuxpan es un cuerpo de agua con un área de 366 ha, se alimenta de los escurrimientos por cuenca propia, la corriente principal que es el río Tomatal y manantiales que se ubican dentro del misma cuenca (IMTA, 2013).

Piperno et al., (2007) reportan para la Laguna de Tuxpan una longitud de 2.5 a 1.75 km, con una antigüedad de aproximadamente 3,000 años A.C. constituido por tres costras paralelas en la parte más profunda (5.5 y 5.8 m). Asimismo, señalan que de 4 a 5 m de sedimentos fueron depositados en el lago por la desviación del efluente El Tomatal hacia la laguna hace más de 50 años. Previamente a este evento la profundidad de la laguna era de 15 m y albergaba una alta variedad de peces y crustáceos nativos, por lo tanto los sedimentos recientes provocaron la pérdida de 800 a 1,000 años de registros paleolimnológicos.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología (INE) la Laguna de Tuxpan está catalogada como Presa Laguna de Tuxpan con fecha de Decreto del 3 de agosto de 1949, con una superficie de 10,000 hectáreas con categoría Zona Protectora Forestal (ZPF).

De acuerdo con el decreto 03-08-49 en el *Artículo 1º* se declaran Zonas Protectoras Forestales y de Repoblación las cuencas de alimentación de las obras de irrigación de los Distritos Nacionales de Riego, y, por consiguiente, se establece una veda total e indefinida en los montes ubicados dentro de dichas cuencas. En la Figura 13, se aprecia la Laguna de Tuxpan, en la parte superior se visualiza la ZPF.



Figura 13. Laguna de Tuxpan, Gro.

Batimetría: el espejo de agua de la Laguna de Tuxpan se encuentra a una altura de 750 msnm aproximadamente, el cuerpo de agua tiene una capacidad de 18.89 millones de m³. Las máximas profundidades ocurren en la zona este de la laguna alcanzándose profundidades de 7.86 m a orillas de la localidad de Tuxpan, mientras que en la parte oeste donde tiene la entrada el río Tomatal, la profundidad es de apenas 2 m, debido la acumulación de sedimentos aportados por dicho río. La profundidad media es de 4.59 m (CAPASEG-IMTA, 2013).

El cuerpo de agua se clasifica como un embalse cálido tropical somero, que presenta una ligera turbidez provocada por la concentración de sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales en la columna de agua. Los valores de oxígeno disuelto superficiales en la laguna cumplen con el límite máximo permitido por los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua para la protección a la vida acuática (PVA) (CAPASEG-IMTA, 2013).

7.1.3.2. Aprovechamientos de agua

De acuerdo con el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) en la cuenca Laguna de Tuxpan se tiene un volumen de extracción de 104,213 m³/año de agua subterránea, de los cuales 100,742m³/año (96.67%) corresponden a uso público urbano, el resto 3.33% a servicios. En la Tabla 4 se presenta el aprovechamiento de agua subterránea en la cuenca Laguna de Tuxpan.

Tabla 4. Aprovechamiento de agua subterránea en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Titular	Usos	Volumen extracción de aguas nacionales que ampara el título (m³/año)
Particular	Servicios	273
H. Ayuntamiento municipal de Iguala de la Independencia (El Paraíso)	Público urbano	1,825
H. Ayuntamiento municipal de Iguala de la Independencia (Rincón del Platanillo)	Público urbano	475
H. Ayuntamiento municipal de Iguala de la Independencia (Tepantlán)	Público urbano	1,205
H. Ayuntamiento municipal de Iguala de la Independencia (Tonalapita del Norte)	Público urbano	12,155
H. Ayuntamiento municipal de Iguala de la Independencia (Colonia Tres de Mayo)	Público urbano	5,694
H. Ayuntamiento municipal de Iguala de la Independencia (El Guayabo)	Público urbano	219
H. Ayuntamiento municipal de Iguala de la Independencia	Público urbano	329

Titular	Usos	Volumen extracción de aguas nacionales que ampara el título (m³/año)
H. Ayuntamiento municipal de Iguala de la Independencia (Tuxpan)	Público urbano	78,840
Rutilo Ocampo Bahena	Servicios	1,098
Guerrero Automotriz, S.A. de C.V.	Servicios	2,100
Total		104,213

Fuente: REPDA, 2014

En cuanto a los aprovechamientos de agua superficial se tiene concesionado 610,165 m³/año de los cuales 560,000 m³/año (91.78%) se destinan al uso agrícola en el distrito de riego Emiliano Zapata ubicado en la localidad de Platanillo, el resto se destina al uso público urbano (Tabla 5).

Tabla 5. Aprovechamiento de aguas superficiales

Titular	Usos	Volumen extracción de aguas nacionales que ampara el título (m³/año)
Unidad de riego Emiliano Zapata	Agrícola	560,000.00
H. Ayuntamiento municipal de Iguala (Tepochica)	Público urbano	26,280.00
H. Ayuntamiento municipal de Iguala de la Independencia (Rancho el Cura)	Público urbano	5,525.00
H. Ayuntamiento municipal de Iguala de la Independencia (Platanillo)	Público urbano	18,360.00
Total		610,165.00

Fuente: REPDA, 2014.

La información presentada de aprovechamientos registrados en el REPDA, es una aproximación de los aprovechamientos en la cuenca, puesto que existen usos de agua que no están contemplados en dicho registro, algunos de estos son pozos particulares aprovechamiento de agua superficial del río Tomatal y Laguna de Tuxpan.

7.1.3.3. Balance hídrico con enfoque hidrosocial

El balance hídrico con enfoque hidrosocial se refiere a la cuantificación física de la oferta y la demanda de agua en un área determinada, con el fin de generar información relacionada con las interacciones recurso-usuarios que permita una mejor administración del uso del recurso. Para la construcción de este balance se requiere de la comprensión del ciclo hidrológico (relación atmósfera tierra) y del ciclo hidrosocial (administración social del recurso), como dos grandes componentes que determinan la disponibilidad y aprovechamiento del recurso hídrico. El ciclo hidrológico explica, fundamentalmente, el proceso natural que mantiene una oferta de agua y el ciclo hidrosocial explica la forma en cómo se administra la demanda de agua en el ámbito económico (Barrantes y Castro, 1999).

Oferta hídrica: la oferta hídrica se refiere al estudio del recurso hídrico para satisfacer la demanda de la población y de los ecosistemas. La presencia de bosques en las cuencas, favorece la infiltración y permite la disponibilidad del recurso en las partes bajas de una cuenca y determina el desarrollo de la población y su crecimiento económico.

Para el cálculo de la disponibilidad de agua en la cuenca Laguna de Tuxpan es necesario cuantificar la oferta disponible, lo que requiere conocer los niveles de precipitación y de evapotranspiración. Esos dos componentes, explican el volumen de escurrimiento superficial, subsuperficial y la infiltración en el área de interés, dando como resultado lo que sería la cantidad de agua disponible para el desarrollo de la cuenca particularmente, y el desarrollo de las actividades económicas.

Demanda hídrica: La demanda hídrica se refiere a la cantidad de agua que es usada en las distintas actividades económicas y humanas en general. Esta demanda está en función del consumo y, este último depende en parte, del crecimiento de la población y del crecimiento y dinamismo de la economía. Por otra parte, las fugas, deben ser consideradas como un componente importante de la demanda, ya que el porcentaje de agua no aprovechable por fugas podría ser muy significativo. Para el caso de México la pérdida de agua para el abastecimiento público fluctúa entre el 30% y hasta el 50%.

Interacción entre la oferta y la demanda: El conocimiento de los volúmenes de oferta y demanda de agua en una economía, proporciona elementos importantes para el campo de la planificación al informar de aquellas limitaciones biofísicas en la disponibilidad, y la posibilidad de reubicar actividades económicas que demandan gran cantidad, lo que generaría información útil para limitar el uso de acuerdo con la cantidad disponible. Esa interacción entre oferta y demanda, es un indicador claro de que la economía y la producción de servicios ambientales de la biodiversidad, están totalmente ligados (Barrantes y Castro, 1999).

Para la construcción de la relación oferta y demanda hídrica, se parte de la conceptualización del *ciclo hidrológico* con sus particularidades específicas, energía solar, temperatura, lluvia y evapotranspiración presentes en la cuenca (Odum, 1986). En ese sentido, se requiere conocer los efectos sobre el recurso hídrico que tienen las variables que determinan las condiciones climáticas, es decir:

- Oferta total OT
- Precipitación total en las cuencas PT
- Evaporación real ET
- Transpiración T
- Ecurrimiento superficial + subsuperficial Es
- Recarga subterránea Rs

Cuantificación de la oferta hídrica en el área de estudio

Oferta hídrica total: la oferta total de agua estará dada por la cantidad de agua llovida en las cuencas que se encuentran dentro del área de estudio. De esta oferta, un gran porcentaje regresa a la atmósfera a través del proceso de evapotranspiración, quedando potencialmente disponible solo una parte de ella para el abastecimiento de las distintas actividades económicas y poblacionales (Odum, 1986). De esta manera, el cálculo correspondiente a la oferta total se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$OT = \sum_{i=1}^n P_i * A_i$$

Dónde:

- OT Oferta total hídrica en la cuenca ($m^3/año$)
- P_i Precipitación en la cuenca i ($m^3/año$)
- n Número de cuencas

A_i Área de la cuenca i (ha)

Oferta disponible: de la oferta total una parte se evapotranspira, otra escurre superficialmente, otra subsuperficialmente y el resto se infiltra al suelo. Para efectos del estudio, la oferta potencial corresponde al volumen hídrico de escurrimiento (incluye superficial y subsuperficial) y el volumen que recarga acuíferos. La estimación está dada por la siguiente ecuación:

$$Od = \sum_{i=1}^n (OT_i - ET_i)$$

Dónde:

Od Oferta hídrica disponible en la cuenca ($m^3/año$)

ET_i Evapotranspiración en la cuenca i ($m^3/año$)

La oferta disponible se puede descomponer en volumen de agua de escurrimiento superficial (incluye el agua superficial y subsuperficial) y el volumen de recarga acuífera. Es decir, que la ecuación de la oferta disponible en términos de los dos volúmenes mencionados se determina por la ecuación:

$$Od = \sum_{i=1}^n (Es_i + Ra_i)$$

Donde,

Es_i Volumen de escurrimiento (superficial y subsuperficial) de la cuenca i ($m^3/año$)

Ra_i Volumen de recarga de la cuenca i ($m^3/año$)

De la oferta disponible solo una fracción puede ser aprovechada en las distintas actividades económicas y humanas, debido a la imposibilidad física y tecnológica para la utilización

total. Además, de esta oferta disponible, una fracción es demandada naturalmente por los ecosistemas.

Cuantificación de la demanda hídrica en el área de estudio

Demanda total hídrica: el cálculo de la demanda hídrica se refiere a la cantidad de agua que es usada en las distintas actividades ecológicas, económicas y humanas en general. La porción de la demanda requerida por el ciclo hidrológico (regreso a la atmósfera), será calculada por el volumen de agua evaporado, lo cual junto con la demanda de los ecosistemas (transpiración), determinará la demanda total del ciclo hidrológico. Por otro lado, también se considera como demanda hídrica, el volumen de agua utilizada para actividades económicas y no económicas y la pérdida por fugas en las tuberías (ciclo hidrosocial). El cálculo de la demanda total se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$DT = \sum_{i=1}^n ET_i + \sum_{i=1}^n A_{ij} + \sum_{i=1}^n F_i$$

Dónde:

DT Demanda total hídrica en el área de importancia ($m^3/año$)

A_{ij} Volumen de agua recolectada por el intermediario j en la cuenca i ($m^3/año$)

F_i Volumen de agua perdido por fugas en la cuenca i ($m^3/año$)

Interacción entre oferta y demanda hídrica en el área de estudio

La relación entre oferta y demanda, determina el presupuesto hídrico en una cuenca, también llamado balance hídrico, en la Tabla 6 se presentan los diferentes componentes que explican la relación hídrica considerada en este estudio. Las variables corresponden al balance hídrico

de la cuenca Laguna de Tuxpan, para su cálculo se consideraron los volúmenes de agua concesionados reportado por el REPDA 2014, gasto aproximado de agua por habitante para cubrir las necesidades básicas (170 l/hab/día) para uso público urbano considerando que la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda de 150 a 170 l/hab/día, la población total de la cuenca de acuerdo con INEGI 2010, y el 30% de pérdida de agua por fuga en la distribución de la misma. Como herramienta se utilizó el modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tools) bajo la plataforma del SIG ArcGis 10.1. Es importante recalcar que parte del agua utilizada en la cuenca para uso público urbano y agricultura proviene de la presa Valerio Trujano, es decir existe importación de agua de una cuenca vecina.

Tabla 6. Balance hídrico con enfoque social de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Tipo de agua	Claves	Vol mm/ año	Vol m³/ año
Oferta			
Total (precipitación)	OT	931.40	64,393,736.10
Disponibile	Od	389.40	26,921,753.10
Agua superficial	Es	178.91	12,369,211.22
Agua subterránea	Ra	210.49	14,552,541.89
Demanda			
Total	DT	555.43	38,400,486.20
Evapotranspiración	ET	542.00	37,471,983.00
Actividades humanas	AH	13.43	928,503.20
Agua superficial	Es	2.01	139,275.48
Agua subterránea	Rs	11.42	789,227.72
Excedente aparentemente disponible*			
Agua superficial	Es	176.90	12,229,935.74
Agua subterránea	Rs	199.07	13,763,314.17

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología propuesta por Barrantes y Castro, 1999.

* Agua que existe distribuida en toda la cuenca y no se dispone de ella fácilmente.

De acuerdo con el balance hídrico obtenido en la cuenca Laguna de Tuxpan la disponibilidad media natural per cápita es de 1,749 m³/hab/año, menor a la disponibilidad reportada en la RHA IV Balsas, ya que se estima que la disponibilidad es de 1,987 m³/hab/año. En el 2010, la disponibilidad por habitante fue de 4,090 m³ anuales, un volumen que de acuerdo al World Resources Institute (WRI) se considera como de disponibilidad baja. La disponibilidad de agua por habitante de México es mucho menos que la de países como Canadá (84,633 m³/hab/año), Panamá 42,577 m³/hab/año) o Estados Unidos (9,159 m³/hab/año) (CONAGUA, 2012).

7.1.4. Clima

Unidades climáticas: en la cuenca Laguna de Tuxpan se presentan de acuerdo con el INEGI dos unidades climáticas: Aw0 (w) y Aw1 (w). Las unidades climáticas se describen a continuación:

Aw0 (w): clima cálido subhúmedo con lluvias de verano y un porcentaje de lluvia invernal menor que 5%. La temperatura del mes más frío es mayor que 18°C y la temperatura media anual es mayor que 22°C. El cociente (P/T) es menor que 43.

Aw1 (w): clima cálido subhúmedo con lluvias de verano y un porcentaje de lluvia invernal menor que 5%. La temperatura del mes más frío es mayor que 18°C y la temperatura media anual es mayor que 22°C. El cociente (P/T) es de 43 a 55.

El clima Aw0 (w) cubre la mayor parte de la superficie de la cuenca (89.82%), incluye el total de la subcuenca río Tomatal y una porción de la subcuenca Laguna de Tuxpan, en este sitio la vegetación se constituye de selva mediana y selva baja, en menor proporción se encuentra la selva baja caducifolia y bosque este último en la subcuenca directa a la laguna de Tuxpan, en la subcuenca río Tomatal la vegetación se constituye por selva mediana y baja principalmente, gran parte de ella ha sido removida y por las características del suelo que son fácilmente erosionables, en época de lluvia se pierde gran parte de suelo que es arrastrado hacia la laguna a través del río Tomatal y sus afluentes.

El clima Aw1(w) abarca el 10.18% de la superficie total, en la parte alta de la subcuenca directa a la Laguna de Tuxpan, área con vegetación de bosque y selva mediana conservada.

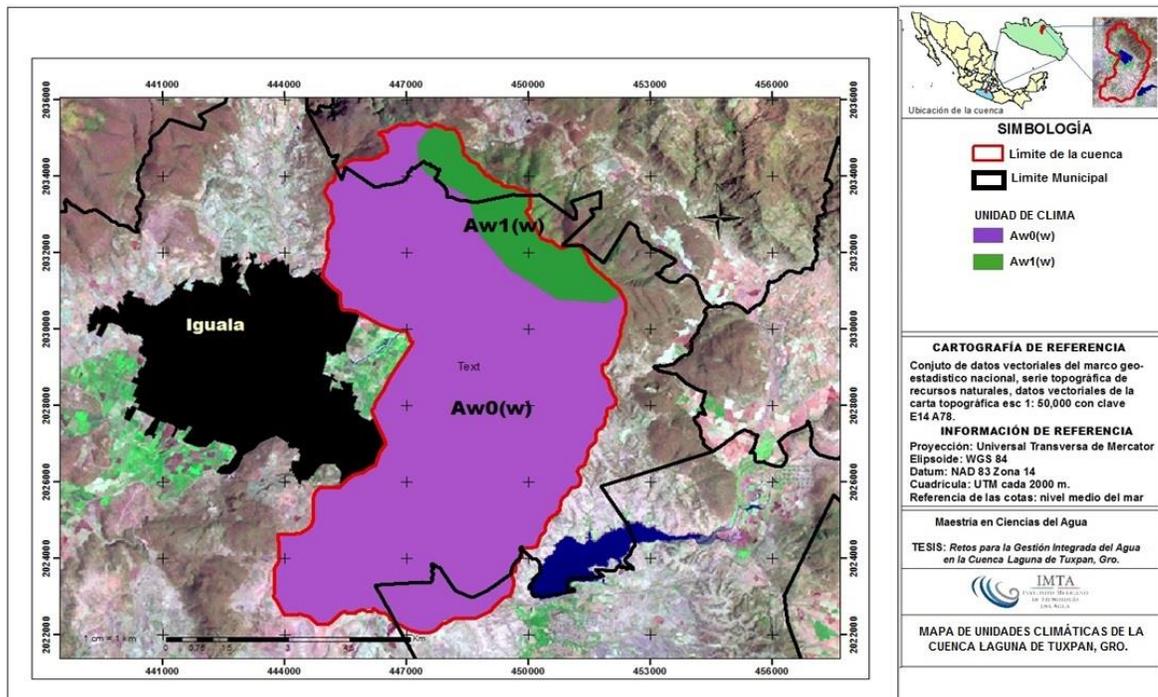


Figura 14. Mapa de unidades climáticas de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI, 2010.

Precipitación: de acuerdo con la información registrada en las estaciones climatológicas obtenidas del Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC) versión III ubicadas dentro de la cuenca Laguna de Tuxpan, con clave 12222 Tuxpan e Iguala con clave 12159 y cercanas a la cuenca, estaciones correspondientes al municipio de Iguala de la Independencia y Tepecoacuilco de Trujano, la precipitación promedio en la cuenca es de 931.90 mm, la época de lluvia corresponde a los meses de junio a septiembre, en agosto y septiembre se llega a tener una precipitación de cerca de 200 mm al mes, mientras que de noviembre a abril la precipitación mensual es menor a 50 mm.

7.1.5. Geología y edafología

Geología

En la cuenca Laguna de Tuxpan predominan cuatro tipos de rocas, a continuación se describen de manera general las rocas que mayor superficie dentro de la cuenca.

KaceCz-Do -Caliza dolomita: rocas sedimentarias cuya composición química es carbonato de calcio (CaCO_3), en la cuenca se observan rocas de color blanco a gris en la parte alta y media al noreste de la cuenca. El uso de suelo y vegetación principalmente en este sitio es forestal con vegetación de selva mediana.

TeCgp_Ar -Conglomerado polimíctico arenisca: de forma general es un conglomerado de color café claro, intemperiza pardo, se compone de fragmentos ígneos, sedimentarios y metamórficos intercalados con areniscas y basaltos. Este tipo de rocas cubre la mayor superficie de la cuenca (58.05%) del total, prácticamente la subcuenca del río

Tomatal se constituye de este tipo de rocas, el uso de suelo y vegetación se constituye de selvas mediana alterada y se practica agricultura de subsistencia, en la Tabla 7 se muestran los tipos de rocas en la cuenca y en la Figura 15 se observa su distribución.

Tabla 7. Geología correspondiente a la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Clave	Descripción	Superficie	
		ha	%
KaceCz-Do	Caliza dolomita	1,782.19	25.78
KtcLu-Ar	Lutita arenisca	88.68	1.28
Laguna de Tuxpan	Laguna de Tuxpan	329.74	4.77
Qhoal	Aluvión cuaternario	699.76	10.12
TeCgp_Ar	Conglomerado polimíctico arenisca	4,013.26	58.05
Total		6,913.65	100

Fuente: Elaboración propia con base en la Carta E14 A78, Iguala del SGM, año 2004.

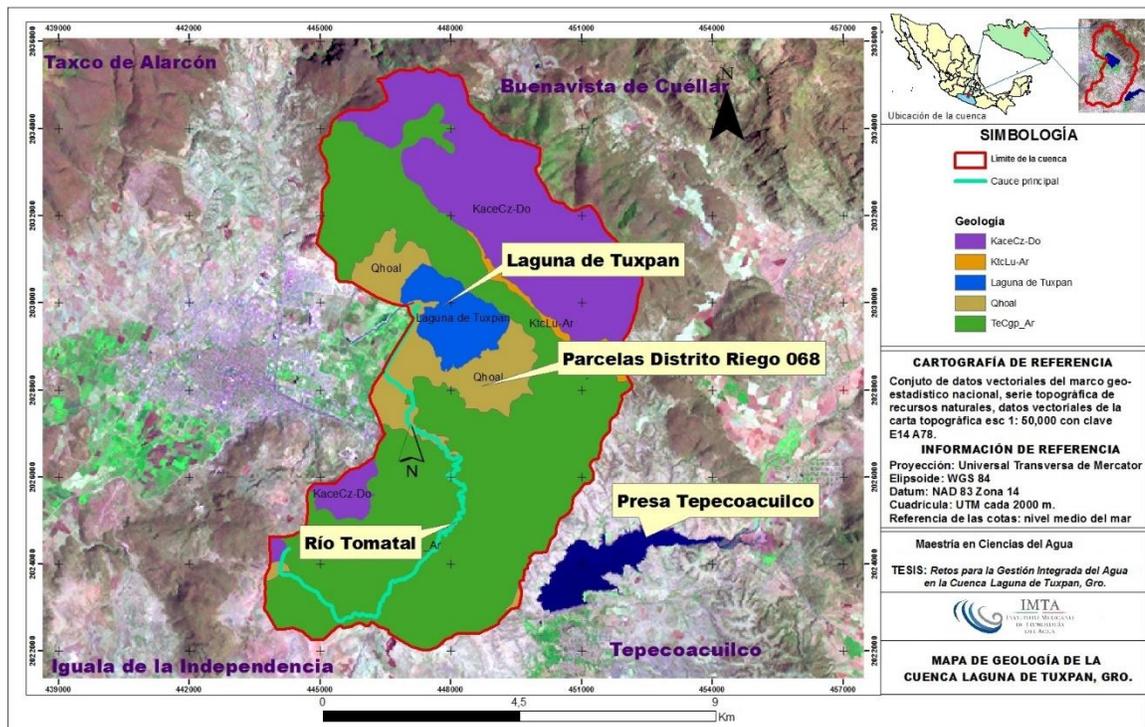


Figura 15. Mapa de geología de la cuenca de la Laguna de Tuxpan, Gro.

Fuente: Elaboración propia con base en la Carta E14 A78 Iguala del SGM, año 2004.

Edafología

En la cuenca Laguna de Tuxpan se tienen 21 unidades de suelo, de las cuales tres unidades predominan y cubren el 41.52% de la superficie total, las demás se distribuyen de manera similar en un porcentaje menor al 5% cada una. (Tabla 8 y Figura 16).

Las unidades de suelo se forman de dos o más nombres, el primer nombre indica el suelo que domina, es decir, en un sitio de estudio es el suelo que mayor superficie abarca, el segundo nombre indica que el suelo es menos dominante, cubre menor superficie que el primer suelo, en este apartado se realizó una descripción general de los principales unidades de suelo en la cuenca considerando básicamente el suelo dominante, en la Tabla 8 se presentan las unidades de suelo correspondientes a la cuenca.

Tabla 8. Unidades de suelo de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Unidad de suelo	Descripción	Superficie	
		Ha	%
Bc + Bk /2	Cambisol crómico + Cambisol cálcico	210.73	3.05
Bk / 2	Cambisol cálcico	102.26	1.48
Bk + Hc /2	Cambisol cálcico + Feozem calcárico	211.30	3.06
Bk + Lk /2	Cambisol cálcico + Luvisol cálcico	545.54	7.89
Bk + Rc /2	Cambisol cálcico + Regosol calcárico	113.35	1.64
Bk/ 2	Cambisol cálcico	0.14	0.00
E + I + Lc/2	Rendzina + Litosol + Luvisol crómico	48.28	0.70
E + I +Lc /3	Rendzina + Litosol + Luvisol crómico	324.96	4.70
H ₂ O	Agua	329.87	4.77
Hc /2	Feozem calcárico	57.42	0.83
Hh /2	Feozem háplico	58.74	0.85
Hh + Hc / 2	Feozem háplico + Feozem calcárico	282.36	4.08
I /2	Litosol	6.45	0.09
I + E + BK /2	Litosol + Rendzina + Cambisol cálcico	12.58	0.18
Kh + Bk /2	Castañozem háplico + Cambisol cálcico	456.89	6.61
Kh + Hc /2	Castañozem calcárico + Feozem calcárico	115.25	1.67
Lk / 2	Luvisol cálcico	543.72	7.86

Unidad de suelo	Descripción	Superficie	
		Ha	%
Lk + Bk /2	Luvisol cálcico + Cambisol cálcico	115.24	1.67
Lk + Vp /3	Luvisol cálcico+ Vertisol pélico	142.97	2.07
Lk +Kl /2	Luvisol cálcico +Castañozem lúvico	31.93	0.46
Lo +E +I /2	Luvisol Ortico+ Rendzina + Litosol	1,222.67	17.68
Rc /2	Regosol calcárico	19.34	0.28
Rc + Bk /2	Regosol calcárico + Cambisol cálcico	1026.64	14.85
Rc + Bk /3	Regosol calcárico + Cambisol cálcico	0.29	0.00
Rc + Li /2	Regosol calcárico + Cambisol cálcico	248.67	3.60
Rc +I /2	Regosol calcárico + Litosol	1.78	0.03
Vp + Vc /3	Vertisol pélico + Vertisol crómico	621.76	8.99
Vp +Hc + Lk /3	Vertisol pélico + Feozem calcárico + Luvisol cálcico	62.53	0.90
Total		6,913.65	100.00

Fuente: CAPASEG - IMTA, 2013

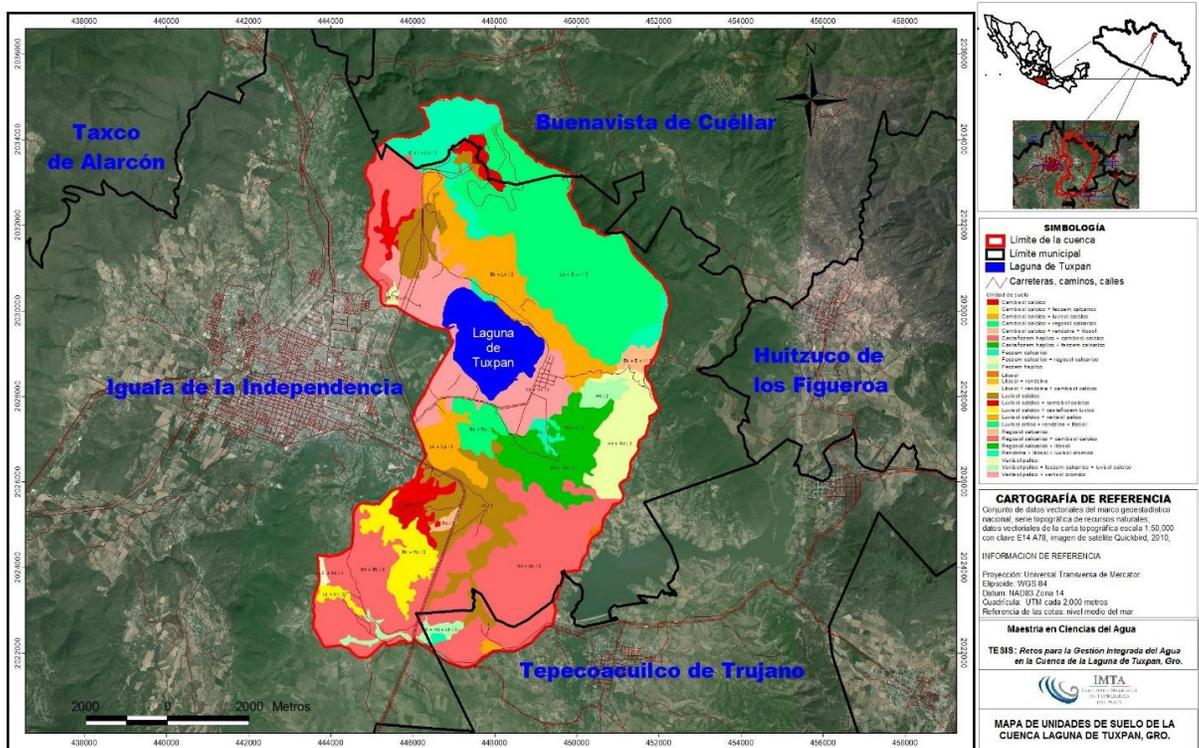


Figura 16. Mapa de unidades de suelo de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Fuente: CAPASEG- IMTA, 2013.

La descripción de las unidades de suelo se presenta enseguida:

Luvisol órtico + Rendzina + Litosol (Lo + E + I/ 2)

Luvisol: Esta unidad de suelo cubre el 17% de la superficie de la cuenca, el término luvisol deriva del vocablo latino "luere" que significa lavar, haciendo alusión al lavado de arcilla de los horizontes superiores para acumularse en una zona más profunda. Predominan en zonas llanas o con suaves pendientes de climas templados fríos o cálidos pero con una estación seca y otra húmeda, como el clima mediterráneo. Cuando el drenaje interno es adecuado, presentan una gran potencialidad para un gran número de cultivos a causa de su moderado estado de alteración. Son muy comunes en climas templados y fríos o cálidos húmedos con estacionalidad de lluvia y sequía.

Son comunes en bosques de coníferas y selvas caducifolias del sur del país. Se encuentran dentro de los suelos más fértiles, por lo que su uso agrícola es muy elevado y cubre, por lo general, la producción de granos pequeños, forrajes y caña de azúcar. En México, se encuentran en la Sierra Madre Occidental, Guerrero, Oaxaca, Campeche y la Península de Yucatán, entre otras regiones.

Esta unidad de suelo se localiza en la parte alta y media de la cuenca al norte y noreste de la Laguna de Tuxpan, cubierta principalmente por vegetación de selva mediana, es la zona mejor conservada de la cuenca, presenta pendiente de hasta 25% y altura desde 840 hasta 1,720 msnm, en este sitio se localiza el cerro de Tuxpan.



Figura 17. Unidad de suelo Luvisol órtico + Rendzina + Litosol, carretera por pista Cuernavaca – Iguala, vegetación selva mediana, agosto 2014.

- **Regosol calcárico + Cambisol cálcico (Rc + Bk/ 2)**

Regosol: El termino regosol deriva del vocablo griego “rhegos” que significa sábana, haciendo alusión al manto de alteración que cubre la tierra; en el ámbito mundial ocupan alrededor de 260 millones de ha (IUSS, 2007). En México, las mayores extensiones se encuentran en la Sierra Madre Occidental y del Sur y en la Península de Baja California. Las variantes más comunes en el territorio son los Regosoles eútricos y calcáricos que se caracterizan por tener una capa ótrica, es decir que cuando se retira la vegetación, se vuelve dura y costrosa lo que impide la penetración del agua hacia el subsuelo y dificulta el establecimiento de las plantas. Esta combinación (escasa cubierta vegetal y baja infiltración de agua al suelo) favorece el escurrimiento superficial, y con ello, la erosión.

Esta unidad de suelo cubre el 14.85% de la superficie total de la cuenca, se distribuye en la parte alta y baja de la cuenca en la zona sur, cubierta con vegetación de selva mediana y baja,

combinado con agricultura de temporal (maíz, frijol y calabaza), en este sitio se encuentran las zonas con mayor erosión en toda la cuenca en las cuales se pueden observar cárcavas y barrancas. A consecuencia de la erosión los agricultores padecen la pérdida de suelo en sus parcelas, en algunos casos es tan grave el problema que han tenido que abandonar sus tierras. Los poblados en este sitio corresponden a la colonia El Tomatal y Mancebo en la parte alta de la cuenca.



Figura 18. Unidad de suelo Regosol calcárico + Cambisol cálcico con vegetación de selva mediana y erosión por cárcavas, cuenca alta Laguna de Tuxpan, Gro. Mayo 2013.

- **Vp –Vc / 3 Vertisol pélico + Vertisol crómico**

Vertisol: El término vertisol deriva del vocablo latino "vertere" que significa verter o revolver, haciendo alusión al efecto de batido y mezcla provocado por la presencia de arcillas hinchables. Se puede hallar en los lechos lacustres, en las riberas de los ríos o en sitios con inundaciones periódicas. Se caracterizan por su alto contenido de arcillas que se expanden

con la humedad y se contraen con la sequía, lo que puede ocasionar grietas en esta última temporada. Esta propiedad hace que aunque son muy fértiles, también sean difíciles de trabajar debido a su dureza durante el estiaje y a que son muy pegajosos en las lluvias. En México, sus colores más comunes son el negro o gris oscuro en las zonas centro y oriente del país y el café rojizo hacia el norte. Su uso agrícola particularmente de riego, es muy extenso, variado y productivo, en México se utilizan principalmente en la producción de cañas, cereales, hortalizas y algodón. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización (INEGI, 2012).

El suelo vertisol se localiza en la parte media de la cuenca, al sur de la Laguna de Tuxpan, en la zona plana correspondiente a la localidad de Tuxpan, en este suelo se practica la agricultura de temporal con plantaciones de mango y en menor proporción limón, las plantaciones de mango tienen en promedio de treinta a cuarenta años de edad. Los agricultores de la región comentan que en periodo de lluvia los frutos se ven afectados por la precipitación, en dichas plantaciones se observan frutos tirados en el suelo que no fueron cosechados, debido a la afectación por plagas y los bajos precios en el mercado. Adicionalmente algunas plantaciones de mango han sido abandonadas (Figura 19).



Figura 19. Plantación de mango en suelo vertisol, localidad de Tuxpan camino a Iguala, cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Al noroeste de la Laguna de Tuxpan en la subcuenca directa a la laguna se encuentra otra porción de suelo vertisol en la parte media y baja de la cuenca, el uso de suelo en este sitio es de agricultura de temporal, frutales y en este suelo se asienta parte de la población urbana.

7.1.6. Uso actual del suelo y vegetación

Con base en el uso de suelo y vegetación realizado por CAPASEG – IMTA (2013) se efectuó la siguiente agrupación de los usos de suelo en la cuenca Laguna de Tuxpan, la descripción se basa en revisión bibliográfica, recorridos de campo y entrevista a pobladores de la cuenca de estudio (Tabla 9).

Tabla 9. Uso de suelo y vegetación actual de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Uso de Suelo y Vegetación	Superficie	
	ha	%
Agricultura sin buenas prácticas de manejo	731.07	10.57
Agricultura con buenas prácticas de manejo	16.99	0.25
Agricultura y pasto	656.02	9.49
Forestal natural	81.28	1.18
Cárcavas	177.12	2.56
Forestal con cárcavas	1,061.97	15.36
Forestal con buenas prácticas de manejo	3.90	0.06
Forestal	2,724.19	39.66
Frutal	201.97	2.92
Hidrófitas	9.63	0.14
Infraestructura	55.76	0.81
Laguna de Tuxpan	347.11	5.02
Matorral	187.03	2.71
Pasto	70.35	1.02
Sin vegetación	17.75	0.26
Urbano	553.51	8.01
Total	6,913.65	100.00

Fuente: Agrupación del uso de suelo y vegetación de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro. con base en CAPASEG –IMTA, 2013.

En el mapa de la Figura 20 se presenta la distribución de los usos de suelo y vegetación que existen en la cuenca Laguna de Tuxpan.

Enseguida se hace una descripción del uso de suelo y vegetación que se presenta en las cuencas: alta, media y baja.

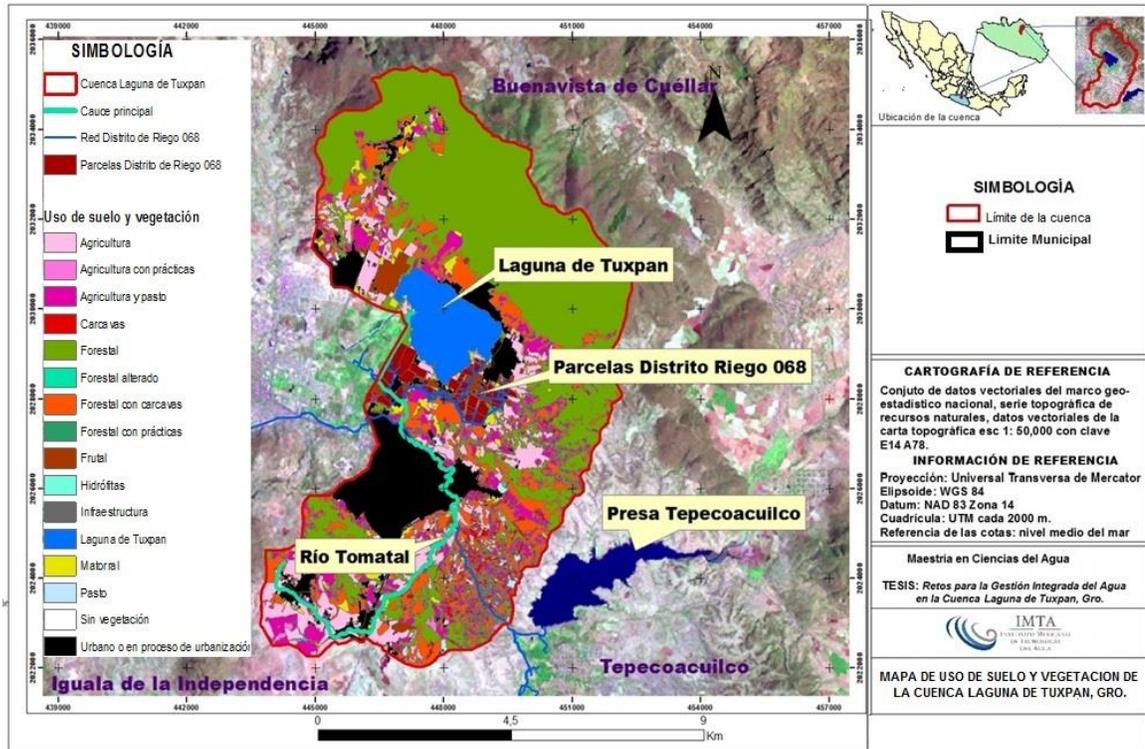


Figura 20. Mapa de uso de suelo y vegetación actual de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Fuente: Elaboración propia a partir de información de CAPASEG - IMTA, 2013.

- *Cuenca alta*

En la parte alta de la cuenca correspondiente a la subcuenca directa a la Laguna de Tuxpan, la vegetación que predomina es el bosque de encino en la zona con mayor altitud conocida como cerro de Tuxpan, conforme disminuye la altura, la vegetación se compone de selva mediana y selva baja caducifolia. La comunidad ubicada en este sitio es Platanillo, una población rural cuya actividad económica principal es la agricultura de riego y temporal, los principales cultivos en agricultura de temporal son maíz blanco, maíz amarillo y frijol en menor proporción, en cuanto a agricultura de riego se tiene frutales como limón, mango y plátano, el sistema de riego utilizado es por gravedad con agua proveniente del manantial de

la misma localidad, el cual se conduce hacia la Laguna de Tuxpan mediante un canal revestido con cemento a cielo abierto pasando por las parcelas frutales que son irrigadas.

En la subcuenca del río Tomatal el uso de suelo y vegetación se compone de selva mediana, combinada en algunas partes con agricultura de temporal, en este sitio se encuentran localidades rurales que se dedican principalmente a la agricultura.

Agricultura de temporal: el principal cultivo es el maíz, en menor proporción se cultiva frijol y calabaza. Uno de los principales problemas del suelo es la alta pedregosidad que dificulta las labores mecánicas de preparación del terreno e incrementa su costo. En la Figura 21 se observa una parcela destinada al cultivo de maíz en la comunidad de Tepochica con dicha problemática.



Figura 21. Terrenos pedregosos dedicados a la agricultura, comunidad Tepochica, parte alta subcuenca del río Tomatal, mayo 2013.

En algunas partes la pendiente del terreno dificulta las prácticas culturales, ante ello algunos agricultores cultivan a curvas de nivel al sur de Tepochica (Figura 22).



Figura 22. Agricultura de temporal, localidad Tepochica, subcuenca río Tomatal, septiembre 2014.

Respecto al recurso agua, en esta comunidad existen pozos de agua comunitarios cerca de los cuales se construyeron lavaderos públicos en donde las mujeres y niños acuden a lavar la ropa.

Hacia el sur de la cuenca, en la subcuenca del río Tomatal predomina el pastizal (natural e inducido) y vegetación secundaria en parcelas en descanso o abandonadas. Por otra parte se observan zonas erosionadas en forma de canalillos o barrancas, afectando parcelas y caminos, como consecuencia de la tala de especies para leña lo que contribuye a una mayor pérdida de suelo, al grado extremo que existen parcelas abandonadas por este problema (Figura 23).



Figura 23. Suelo erosionado con vegetación de selva mediana cuenca alta Laguna de Tuxpan, Gro, mayo 2013.

- *Cuenca media*

Conforme disminuye la altura, la superficie cubierta por pastizal ya sea natural o inducido es mayor, se observa manchones de selva mediana o selva secundaria resultado de la alteración de la selva mediana natural por aprovechamiento de madera o pastoreo de ganado, un caso particular observado en visitas de campo fue el acondicionamiento del terreno para el deporte de motocross en un sitio que anteriormente ya presentaba cierto grado de erosión (Figura 24). El suelo removido y desprovisto de vegetación en temporada de lluvias es fuertemente susceptible a la erosión hídrica aportando sedimentos a la Laguna de Tuxpan a través del río Tomatal y en épocas de estiaje la pérdida de suelo se da por erosión eólica.



Figura 24. Sitio acondicionado para el deporte motocross subcuenca río Tomatal, mayo 2013

En la Figura 25 se observa la existencia de barrancas aguas abajo del sitio expuesto en la Figura 24. La remoción de suelo y vegetación con maquinaria influye negativamente, incidiendo en el crecimiento de las barrancas, generando grandes volúmenes de pérdida de suelo.



Figura 25. Barranca aguas abajo del sitio de acondicionamiento para motocross, cuenca media Laguna de Tuxpan, Gro, mayo 2013.

Zona urbana o en proceso de urbanización: la zona urbana se localiza principalmente en la parte suroeste de la cuenca, algunas colonias recientes han surgido por medio de grupos políticos o paracaidismo. Existen problemas de legalidad en la adquisición de terrenos y en algunas colonias nuevas no es posible tener acceso, debido a que los pobladores vigilan la entrada. Por otra parte, algunos poblados eran considerados localidades rurales anteriormente; sin embargo, con el paso del tiempo y debido al crecimiento urbano de la ciudad de Iguala que ha ido rodeando a dichos poblados, se convirtieron en colonias de Iguala, por ejemplo la colonia El Tomatal, antes localidad rural El Tomatal. Actualmente la localidad de Puente González se encuentra rodeada de la mancha urbana y es posible que en un futuro cercano sea considerada colonia de Iguala.

- *Cuenca baja*

El uso de suelo y vegetación se distribuye en agricultura de riego y de temporal, tular y en menor proporción pastizal, en este piso altitudinal se encuentra la Laguna de Tuxpan.

Agricultura de riego: la zona de riego se ubica en la comunidad de Tuxpan, se tiene un total de 209.7 ha correspondientes al Distrito de Riego 068 Tepecoacuilco, de los cuales 19.55 ha son de propiedad ejidal, con diez usuarios y 190.94 ha son pequeña propiedad con 35 usuarios. El maíz es el principal cultivo en la zona de riego (Figura 26), en los cuales se tienen 2 ciclos de cultivos al año, uno de temporal y otro de riego, el ciclo de temporal es de julio a diciembre, y el de riego corresponde de febrero a junio. En general en la cuenca la mayoría de los agricultores utilizan agroquímicos para el cultivo del maíz, desde plaguicidas, fertilizantes, herbicidas y tratamientos para el almacenamiento de la cosecha.



Figura 26. Agricultura de riego, parte baja cuenca Laguna de Tuxpan, Gro. Agosto 2014.

7.1.6.1. Grado de utilización de la tierra

El grado de utilización de la tierra para la cuenca Laguna de Tuxpan se divide en uso adecuado, subutilizado, sobreutilizado, adicionalmente se considera el uso urbano o en proceso de urbanización.

Sobreutilizado: son tierras que de acuerdo con el uso potencial de INEGI, el cual considera características físicas por ejemplo pendiente, profundidad del suelo y drenaje como aptas para un uso específico como forestal, uso de la vida silvestre o agricultura con alguna práctica de conservación, pero que de acuerdo con el uso de suelo actual en la cuenca no corresponde, pues son suelos sin vegetación, con cárcavas, forestal alterado o agricultura sin práctica de conservación o con cultivos que no son los óptimos para las características del suelo. El 36.86% de los suelos de la cuenca se encuentran en la condición de sobreutilizado, estas zonas corresponden principalmente a la subcuenca río Tomatal, en este sitio se localiza

el cauce principal y la zona urbana de la cuenca, y se tiene la presencia de cárcavas (Figura 27). Cabe hacer la aclaración que el uso de suelo urbano o en proceso de urbanización ocupa 11.7% y que parte de estos suelos tienen un uso potencial agrícola, es decir la sobreutilización de la tierra en la cuenca presentan un porcentaje todavía mayor si se considera la zona urbana o en proceso de urbanización.



Figura 27. Uso de suelo sobreutilizado con problemas de erosión, cuenca media Laguna de Tuxpan.

En la Figura 28 del lado izquierdo se aprecian viviendas ubicadas al margen de una corriente de agua intermitente en la colonia Abrazo de Acatempan, del lado derecho el uso de suelo urbano en la colonia La Unión que por sus características es apto para la agricultura



Figura 28. Vivienda al margen de la corriente intermitente, Abrazo de Acatempan, cuenca media Laguna de Tuxpan, Gro. Mayo 2014.

Uso adecuado: el 44.90% de los suelos de la cuenca se encuentran en una condición de uso adecuado, corresponde a zonas forestales con vegetación de selva mediana, parte de la superficie pertenece a la Zona de Protección Federal (ZPF) de la presa Laguna de Tuxpan al noreste de la cuenca, en esta parte se tienen las antenas repetidoras de televisoras locales y un sitio para las competencias de parapente que se lleva a cabo una vez al año en el periodo de semana santa

Subutilizado: cubre una superficie menor del 1%, son suelos que de acuerdo con el uso potencial podría utilizarse para la agricultura y que actualmente son terrenos con vegetación, cabe hacer la aclaración que no se recomienda la apertura de estos suelos para la agricultura, porque son suelos con pendientes que están rodeados de suelos erosionados o agrícolas sin prácticas de conservación, por ello se recomienda que continúe con el uso de suelo actual (Tabla 10).

Tabla 10. Grado de utilización de la tierra cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Grado de utilización de la tierra	Superficie	
	ha	%
Agua	47.07	0.68
Laguna de Tuxpan	279.81	4.05
Sobreutilizado	2,546.27	36.83
Subutilizado	54.79	0.79
Urbano o en proceso de urbanización	808.56	11.70
Uso adecuado	3,110.45	44.99
Zona inundada	66.72	0.97
Total	6,913.65	100

Fuente: Elaboración propia, con base en información de INEGI, 2010 y recorridos de campo en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

La Laguna de Tuxpan corresponde a la superficie con espejo de agua de acuerdo con el uso de suelo y vegetación actual. La zona inundada se refiere a que si consideramos el uso potencial debería ser cuerpo de agua, sin embargo, actualmente es un sitio con agricultura o construcción de viviendas, principalmente al margen de la Laguna de Tuxpan en la localidad de Tuxpan (Figura 29).

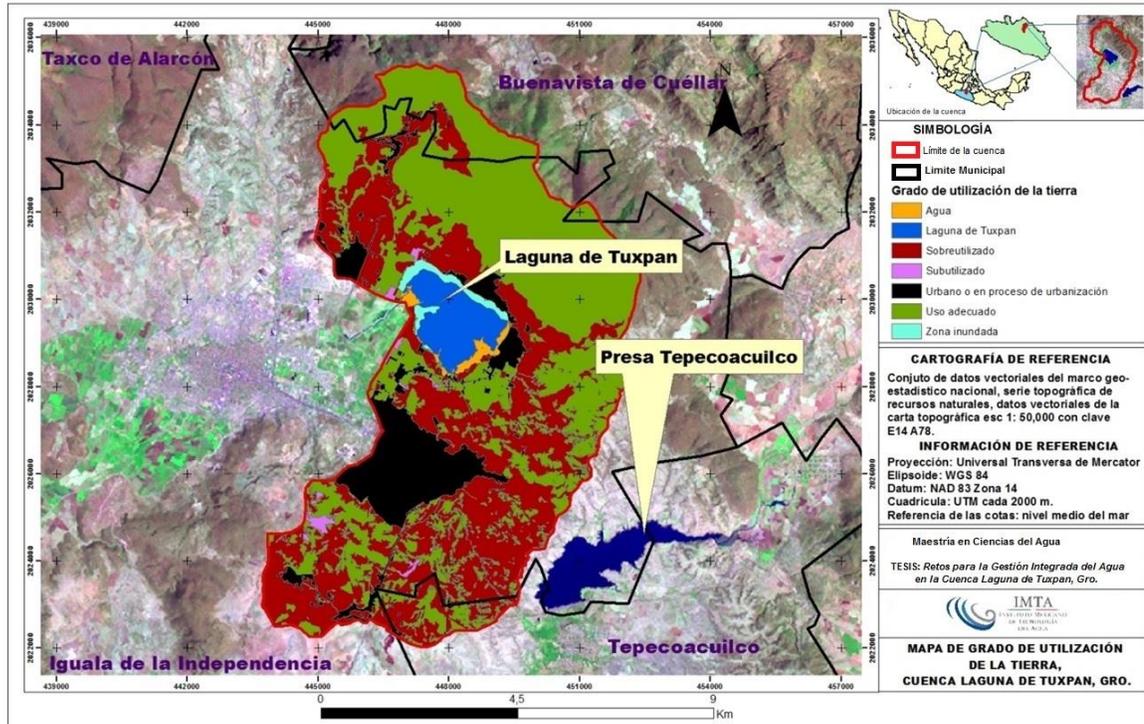


Figura 29. Mapa de grado de utilización de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Fuente: Elaboración propia, con base en información de INEGI, 2010 y recorridos de campo.

En la Tabla 11 se presenta la relación de las unidades climáticas, uso de suelo, vegetación, grado de utilización de la tierra y la problemática existente en la cuenca.

Tabla 11. Relación de variables del medio natural de la cuenca Laguna de Tuxpan descritas anteriormente.

Unidades de clima	Superficie		Vegetación	Uso de suelo	Utilización de la tierra	Problemática
	ha	%				
Aw0(w)	6,196.83	89.82	Selva mediana, selva baja, vegetación secundaria	Forestal, Agrícola, Urbano	Suelos con uso adecuado en la subcuenca directa a la Laguna de Tuxpan y sobreutilizados en la subcuenca del río Tomatal	Cárcavas en la parte alta y media de la cuenca, principalmente en la subcuenca río Tomatal, crecimiento urbano, remoción de la vegetación natural, escasez de agua en las colonias

Unidades de clima	Superficie		Vegetación	Uso de suelo	Utilización de la tierra	Problemática
	ha	%				
Aw1(w)	702.26	10.18	Bosque, selva mediana, selva baja	Forestal	Uso de suelo adecuado	En esta zona no se presentan fuertes problemas ya que la zona conserva la vegetación natural y no existen asentamientos humanos.
Total	6,899.09	100				

Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI, 2010 y recorridos de campo en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

7.1.7. Erosión hídrica

La erosión hídrica es un fenómeno físico que tiene implicaciones socioeconómicas debido a que la alta presión sobre los recursos naturales, la destrucción de bosques y el desarrollo de cultivos en sitios con alta pendiente incrementan los niveles de erosión hídrica y la problemática en las partes bajas de la cuenca donde se depositan las partículas.

La evaluación se hace posible mediante la metodología de la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (EUPS) adaptada a las condiciones de México (Figuroa et al, 1991), donde los valores de pérdida anual de suelo se determinan mediante la siguiente expresión:

$$A = R K L S C P$$

Dónde:

R, es un índice de erosividad de la lluvia que se expresa mediante la relación entre energía e intensidad de una precipitación máxima en un período de 30 minutos.

K, es un factor de erosionabilidad del suelo; un número que refleja la propensión del suelo a sufrir un cierto tipo de erosión. Las unidades dependen de la cantidad de suelo perdido por unidad de erosividad R y bajo unas condiciones típicas específicas.

L, es el factor de longitud de la pendiente, una relación que compara las pérdidas de suelo con la de un campo experimental de longitud dada (22.13 metros).

S, es un factor de pendiente, que compara la pérdida de suelo con la de una parcela experimental de pendiente especificada (9%).

C, es el factor de cobertura vegetal, una relación que compara la pérdida de suelo con la de una parcela experimental cultivada en condiciones prefijadas de barbecho desnudo.

P, es el factor de prácticas de conservación de agua y suelo, una relación que compara la pérdida de suelo con la de un campo en el que no se realiza práctica alguna de conservación.

En la cuenca de la Laguna de Tuxpan predomina la erosión nula cubriendo el 73.84% de la superficie como se observa en la Figura 30, generalmente corresponde a las áreas que están bien cubiertas por áreas tanto de bosque de diferentes especies como de selva mediana y baja y en menor proporción a áreas agrícolas con pendientes suaves que no generan erosión hídrica (como las zonas de riego).



Figura 30. Selva mediana y zona agrícola con suave pendiente, sin presencia de erosión en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

El 9.94% de la superficie de la cuenca presenta tasas de erosión hídrica moderadas que superan las 10 t/ha/año y llegan hasta las 50 t/ha/año, en este caso se trata de áreas donde se realizan actividades productivas agrícolas que se ubican en pendientes moderadas pero que no realizan manejo conservacionista para proteger al suelo de la erosión hídrica. También corresponde a áreas con cubierta de selva baja con presencia de cárcavas que han mermado la cubierta vegetal y donde el proceso de erosión hídrica ha sido continuo e incluso avanza gradualmente.

Es preocupante que el 13.50% de la superficie de la cuenca presente tasas de erosión hídrica que superan las 50 t/ha/año, se trata de altas tasas que indican un nivel de degradación de suelo elevado que ha conllevado a la pérdida de la capa arable en caso de las parcelas agrícolas que se encuentran en laderas con pendientes que superan el 15%, y también en zonas de pastizales o de selva baja donde la cubierta vegetal es escasa y se tiene presencia de

cárcavas de diferentes profundidades que con el paso del tiempo incrementan sus dimensiones.

También lo que preocupa es que estas parcelas se encuentran cerca de los cauces que conforman la red hidrográfica de la cuenca, por lo tanto, se integran de inmediato como sedimentos en el agua de escurrimiento y se transporta agua abajo afectando la infraestructura hidroagrícola y finalmente azolvando la Laguna de Tuxpan (CAPASEG-IMTA, 2013)

El grado de erosión alto (50 -200 t/ha/año) representa un grave problema para el productor, en la Figura 31 se observa la pérdida de suelo en la parcela, en un intento de detener este problema se colocan llantas.



Figura 31. Pérdida de suelo en parcelas agrícolas, cuenca media Laguna de Tuxpan, Gro, mayo 2014.

En la Tabla 12 y Figura 32 se presenta información y el mapa de la erosión hídrica en la cuenca Laguna de Tuxpan.

Tabla 12. Distribución de la superficie por clase de erosión hídrica de la cuenca de la Laguna de Tuxpan, Gro.

Tasa de erosión hídrica (t/ha/año)	Clase	Superficie	
		ha	%
0-5	Nula	5104.80	73.84
5-10	Ligera	188.33	2.72
10-50	Moderada	687.22	9.94
50-200	Alta	768.32	11.11
>200	Muy alta	164.98	2.39
Total		6,913.65	100.00

Fuente: CAPASEG –IMTA, 2013.

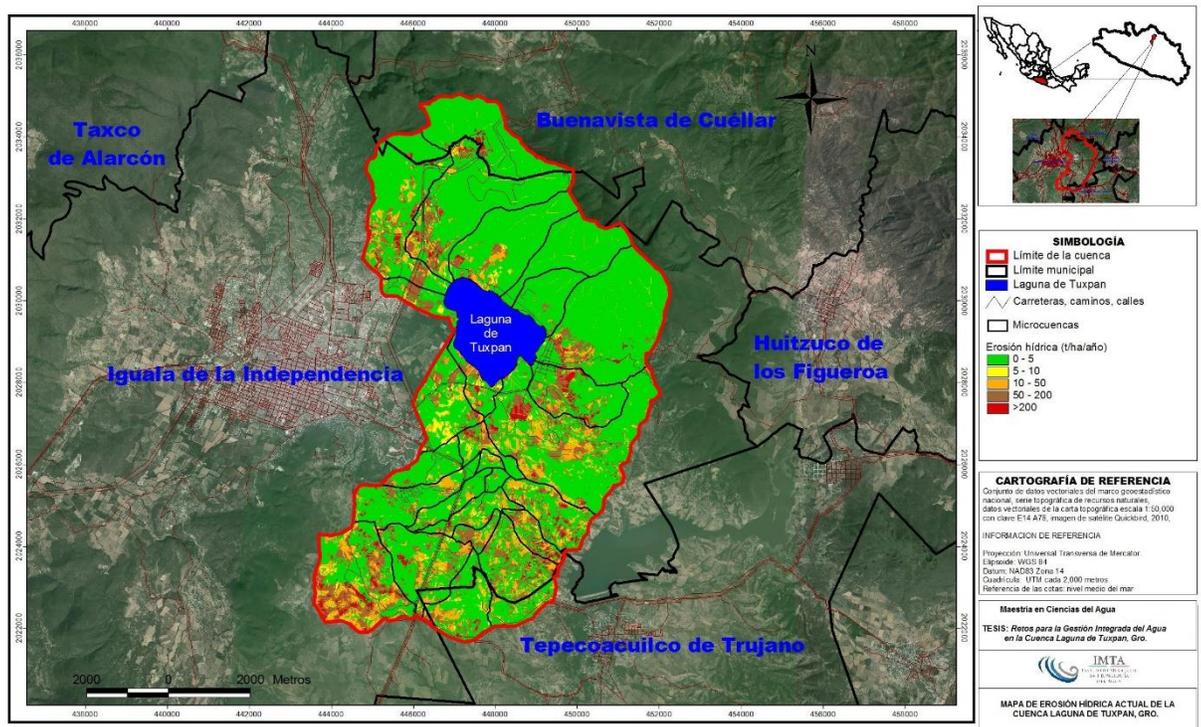


Figura 32. Mapa de erosión hídrica actual de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Fuente: CAPASEG –IMTA, 2013

La severa erosión del suelo que se presenta en la cuenca de la Laguna de Tuxpan ha originado el azolvamiento de ésta y la disminución de su superficie en 66 ha, con los consiguientes efectos sobre el volumen de agua almacenado (González et al., 2007).

7.2. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO

7.2.1. Población

En la cuenca laguna de Tuxpan existen 13 localidades en total, de las cuales 12 son rurales y una es urbana, esta última pertenece a la ciudad de Iguala. De acuerdo con el censo de Población y Vivienda, INEGI (2010) la población total en la cuenca es de 14,859 habitantes, de los cuales 4,789 (32.22%) radican en localidades rurales y 10,070 habitantes (67.78%) en la zona urbana.

Para la descripción de la población de la cuenca Laguna de Tuxpan la cuenca se divide en tres partes (cuenca alta, media y baja), considerando la altitud y pendiente principalmente; además en los casos necesarios se realiza la diferenciación por subcuencas.

Cuenca alta: se tiene un total 1,809 habitantes, distribuidos en 6 localidades rurales, en la subcuenca directa a la Laguna de Tuxpan se ubica la localidad Platanillo con 299 habitantes, en esta comunidad existen nacimientos de agua que abastecen de agua potable y riego a sus habitantes, en esta subcuenca se localiza el cerro Jumil a una altura de 1,725 msnm, el más alto de la cuenca seguido del cerro de Tuxpan a 1,680 msnm, ambos al norte de la Laguna, la vegetación se compone esencialmente de selva mediana. La subcuenca río Tomatal cuenta con una población de 1,510 habitantes distribuidos en cinco localidades rurales: Tepochica (740), El Mancebo (18), Las Granjas (37), Rancho del Cura (699) y Colonia el Tomatal (Km 128) con 16 habitantes.

Cuenca media: se tiene un total de 10,370 habitantes distribuidos en 4 localidades, de los cuales 10,070 (97.10%) corresponden a la zona urbana; mientras que 300 habitantes (2.8%) corresponden a tres localidades rurales: Colonia Renacimiento (250), Puente González (32) y Puerto del Aire con 18 habitantes. En la Figura 33 se observa el crecimiento de la mancha urbana hacia la cuenca de estudio.



Figura 33. Construcción de nuevas zonas habitacionales en la parte conurbada de la Ciudad de Iguala correspondiente a la cuenca media, Laguna de Tuxpan, Gro.

Cuenca baja: se tiene un total de 2,680 habitantes distribuidos en tres localidades rurales ubicadas en la subcuenca del río Tomatal, Tuxpan con 2,086 habitantes, Tepantlán (50) y el Centro de Readaptación Social (CERESO) tiene una población de 544 personas, en este sitio se localiza la Laguna de Tuxpan en donde se desarrolla actividad turística y de servicios. La distribución de la población en la cuenca se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Población en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Cuenca	Nombre	Población		
		Hombres	Mujeres	Total
Alta	Platanillo	151	148	299
	Tepochica	357	383	740
	Las Granjas	20	17	37
	El Mancebo	8	10	18
	Colonia el Tomatal (Km 128)	9	7	16
	Colonia Rancho del Cura (El Cura)	339	360	699
	Subtotal	884	925	1,809
Media	Iguala (urbano)	4,880	5,182	10,070
	Colonia Renacimiento	125	125	250
	Puerto del Aire	10	8	18
	Tonalapita del Norte (Puente González)	19	13	32
	Subtotal	5,034	5,328	10,370
Baja	Tuxpan	993	1,093	2,086
	Tepantlán	27	23	50
	CERESO	498	46	544
	Subtotal	1,518	1,162	2,680
	Subtotal urbano	4,880	5,182	10,070
	Subtotal rural	2,556	2,233	4,789
	Total	7,436	7,415	14,859

Fuente: Elaboración propia con base en el XIII Censo de Población y Vivienda, INEGI. 2010.

De los 14, 859 habitantes en la cuenca, 10,070 (67.78%) habitan en la zona urbana y 4,487 (32%) en la zona rural. Por otra parte en la cuenca se tiene un total de 4,761 viviendas de las cuales el 70.74% se ubican en la zona media; el 16% en la parte baja y finalmente el 12.83% en la parte alta de la cuenca.

El mapa de la Figura 34 muestra la ubicación de las localidades para las cuencas alta, media y baja de la cuenca Laguna de Tuxpan.

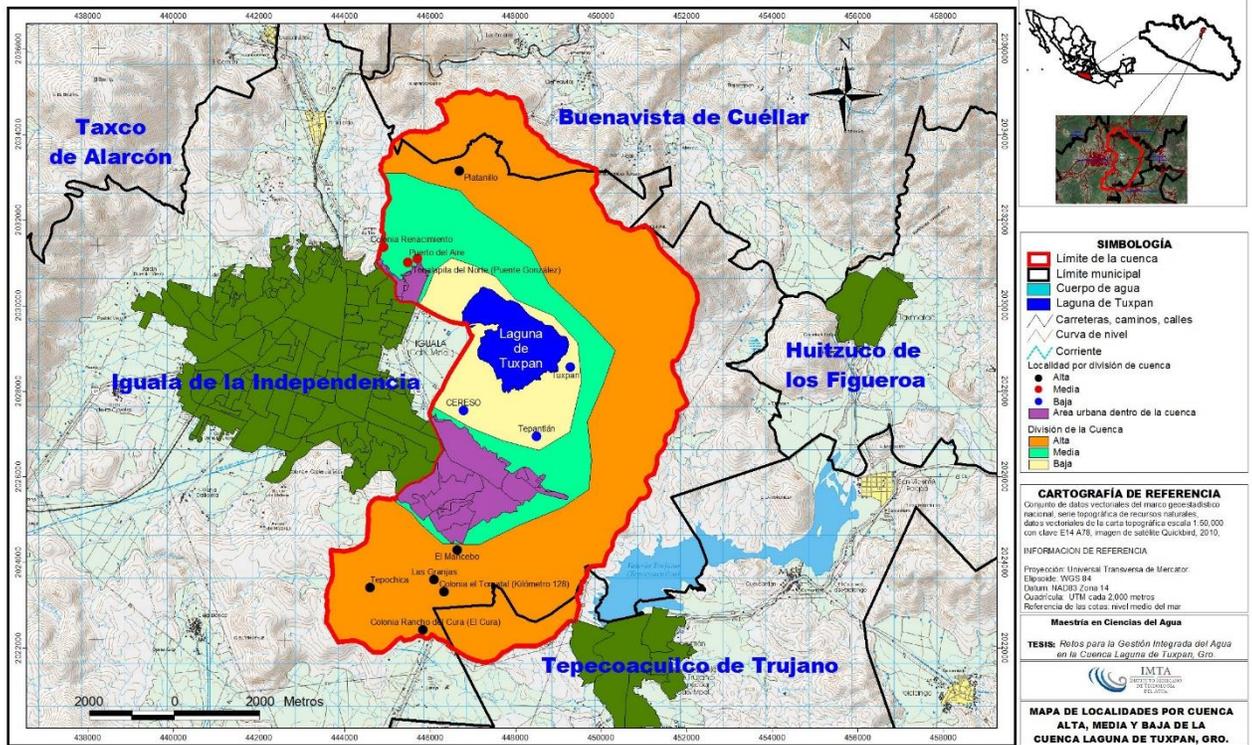


Figura 34. Localidades de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2010.

7.2.2. Educación

El grado promedio de escolaridad nos permite conocer el nivel de educación de una población determinada, para obtenerlo se escoge un conjunto de personas, en este caso por localidades y se suman los años aprobados desde primero de primaria hasta el último año que cursó cada integrante, posteriormente se divide entre el número de individuos que componen dicha población y el resultado son los años que en promedio ha estudiado el grupo. En México los habitantes de 15 años o más tienen 8.6 grados de escolaridad en promedio, lo que significa un poco más del segundo año de secundaria. El promedio para el estado de Guerrero es de

7.3, para la cuenca Laguna de Tuxpan es de 7, lo que significa primer año de secundaria. En la parte alta y baja de la cuenca el grado de escolaridad es de 7, el 70% aproximadamente de la población de 15 años o más tiene la primaria completa, en la cuenca media el promedio escolar es de 6 y el 60% de la población mayor de 15 años concluye la primaria. El grado promedio de escolaridad es similar tanto en hombres como mujeres para las tres partes de la cuenca.

7.2.3. Marginación social

La marginación es un fenómeno multidimensional y estructural originado, en última instancia, por el modelo de producción económica expresado en la desigual distribución del progreso, en la estructura productiva y en la exclusión de diversos grupos sociales, tanto en el proceso como en los beneficios del desarrollo (CONAPO, 2011).

De esta manera, la marginación se asocia a la carencia de oportunidades sociales y la ausencia de capacidades para adquirirlas o generarlas, pero también a privaciones e inaccesibilidad a bienes y servicios fundamentales para el bienestar. En consecuencia, las comunidades marginadas enfrentan escenarios de elevada vulnerabilidad social cuya mitigación escapa del control personal o familiar.

Con base en INEGI (2010) se obtuvo el grado de marginación por localidad en la cuenca Laguna de Tuxpan, de las 13 localidades diez presentan grado de marginación alto, dos localidades Iguala y Colonia el Tomatal (km 128) grado de marginación bajo y una localidad

Puente González grado de marginación muy alto. La ciudad de Iguala refleja el grado de marginación bajo en las colonias ubicadas en el centro principalmente, mientras que en las colonias periféricas de acuerdo con visitas de campo la calidad de vida y acceso a los servicios básicos es menor. Por otra parte la Colonia el Tomatal (km 128) a pesar de tener un grado de marginación bajo no cuenta con servicio de agua potable, además se encuentra alejada de otros poblados, lo que dificulta todavía más la prestación de este servicio.

Un parámetro considerado en el tema de marginación es la disposición de refrigerador dentro de los hogares porque se considera que las familias pueden guardar sus alimentos en buen estado. En la cuenca el mayor porcentaje de viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador se ubican en la cuenca media 42.99%, seguido de la cuenca baja 20.23% y finalmente la cuenca alta con el 18.67%, se puede relacionar este parámetro con la carencia de luz en los hogares, por ejemplo en Puerto del Aire los hogares no cuentan con refrigerador y el 66.67% de la población no cuenta con energía eléctrica, además gran parte de la población de esta localidad carece de los servicios básicos, el camino de acceso a la localidad se encuentra en malas condiciones y las personas no sienten confianza de transitar a cierta hora de la noche por la inseguridad.

En la Tabla 14 se muestra el grado de marginación social en la cuenca Laguna de Tuxpan, así como los parámetros que se consideran para obtener dicho grado, a grandes rasgos se observa que el porcentaje de viviendas particulares habitadas sin disponibilidad de agua entubada es el más alto en las tres zonas altitudinales mientras que el servicio de luz presenta la mayor cobertura.

Tabla 14. Grado de marginación social en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Cuenca	Localidad	Población total	Viviendas particulares habitadas	% Población de 15 años o más analfabeta	% Población de 15 años o más sin primaria completa	% Viviendas particulares habitadas sin excusado	% Viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica	% Viviendas particulares habitadas sin disponibilidad de agua entubada	Prom. de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas	% Viviendas particulares habitadas con piso de tierra	% Viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador	Grado de marginación
Alta	Platanillo	299	86	13.16	35.75	12.79	0.00	11.76	1.23	21.18	16.28	Alto
	Tepochica	740	158	12.99	33.19	21.52	3.18	99.36	1.45	28.03	18.99	Alto
	Las Granjas	37	6	7.69	25.00	0.00	0.00	100.00	2.18	0.00	33.33	Alto
	El Mancebo	18	4	23.08	58.33	50.00	0.00	100.00	1.64	50.00	25.00	Alto
	Colonia el Tomatal (Km 128)	16	3	0.00	11.11	0.00	0.00	100.00	1.23	0.00	0.00	Bajo
	Colonia Rancho del Cura (El Cura)	699	179	13.00	30.15	16.76	6.78	76.97	1.29	18.99	18.44	Alto
	Total/ Promedio	1,809	436	11.65	32.26	16.84	1.66	81.35	1.50	19.70	18.67	
Media	Iguala de la Independencia	10,070	2504	6.31	17.38	1.97	1.00	24.03	1.13	11.01	10.60	Bajo
	Colonia Renacimiento	250	66	16.56	40.26	0.00	4.55	100.00	2.45	81.82	36.36	Alto
	Puerto del Aire	18	3	25.00	71.43	100.00	66.67	100.00	6.00	100.00	100.00	Muy alto
	Tonalapita del Norte (Puente González)	32	8	14.29	33.33	50.00	0.00	100.00	2.91	75.00	25.00	Alto
Total / Promedio	10,370	2581	15.54	40.60	37.99	18.05	81.01	3.12	66.96	42.99		
Baja	Tuxpan	2,086	503	15.66	34.77	6.96	0.60	88.22	1.43	32.26	20.68	Alto
	Tepantlán	50	15	11.43	26.47	40.00	0.00	100.00	1.19	60.00	6.67	Alto
	CERESO	544	3	16.20	34.86	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	33.33	Alto
	Total / Promedio	2,680	521	14.43	32.03	15.65	0.20	62.74	1.27	30.75	20.23	

Fuente: Estimaciones de CONAPO con base en el Censo de Población y Vivienda INEGI 2010, adecuado para la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Cabe hacer la aclaración que algunos parámetros como educación han sido descritos en el apartado (7.2.2. Educación) y el tema relacionado a disponibilidad de agua entubada y alcantarillado se detalla en el apartado (7.3.2 Servicio de agua potable y alcantarillado).

Índice de Desarrollo Humano (IDH)

El Índice de Desarrollo Humano es indicador de desarrollo humano por país, elaborado por el PNUD, se integra de las variables salud, educación e ingreso. El IDH toma valores entre cero y uno, entre mayor sea el valor del índice, se considera que es mejor el desarrollo del país.

De acuerdo con el PNUD (2015) en el 2012, el IDH para México fue de 0.746, el mayor nivel de desarrollo humano por entidad lo tuvo el Distrito Federal con un IDH de 0.830, mientras que Guerrero ocupó el penúltimo lugar con un IDH de 0.679 un nivel de desarrollo por debajo de países de América Latina y el Caribe y semejantes a los países de Gabón, Egipto y Botsuana.

El IDH bajo, reportado para el estado de Guerrero, se refleja en las comunidades de la cuenca Laguna de Tuxpan, como se mencionó anteriormente en el apartado de educación y marginación. El grado de escolaridad promedio es de apenas primero de secundaria para las personas mayores a 15 años, se tiene un grado de marginación alto en el 76% de las localidades y tan solo el 52 % de la población tiene acceso a servicios de salud.

7.2.4. Salud

En la cuenca Laguna de Tuxpan el 52.91% de la población goza de acceso a servicios de salud, respecto a pisos altitudinales, en la cuenca baja el 58.26% tiene acceso a servicios de salud, seguido de la parte alta (42.51%) y finalmente (39.25%) en la parte media de la cuenca, del total de la población con acceso a servicios de salud 19.64% de las personas tienen acceso al seguro popular, 16.75% al IMSS, 10.37% al ISSSTE y finalmente 0.07% al ISSSTE estatal. Únicamente el 40% de la población rural tiene acceso a servicios de salud y el 60% de la zona urbana (Tabla 15).

Tabla 15. Acceso a servicios de salud en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Cuenca	Nombre	Con derecho a salud	IMSS	ISSSTE	ISSSTE estatal	Seguro popular
Alta	Platanillo	33.11	12.71	6.02	0.00	13.04
	Tepochica	40.95	6.89	9.05	0.00	24.19
	Las Granjas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	El Mancebo	38.89	22.22	0.00	0.00	16.67
	Colonia el Tomatal (Km 128)	37.50	25.00	12.50	0.00	0.00
	Colonia Rancho del Cura (El Cura)	50.64	16.74	7.30	0.29	25.75
	Subtotal	42.51	11.83	7.63	0.11	22.17
	Iguala (urbano)	59.12	20.23	11.97	0.04	19.19
Media	Colonia Renacimiento	30.80	12.00	0.80	0.00	18.00
	Puerto del Aire	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Colonia Tonalapita del Norte (Puente González)	34.38	21.88	0.00	0.00	12.50

Cuenca	Nombre	Con derecho a salud	IMSS	ISSSTE	ISSSTE estatal	Seguro popular
	Subtotal	58.26	20.01	11.64	0.04	19.10
Baja	Tuxpan	48.95	8.92	9.25	0.10	25.12
	Tepantlán	26.00	12.00	0.00	0.00	14.00
	CERESO	3.31	1.65	0.37	0.37	0.92
	Subtotal	39.25	7.50	7.28	0.15	20.00
	Subtotal urbano	59.12	20.23	11.97	0.04	19.19
	Subtotal rural	39.86	9.44	7.00	0.13	20.59
	Total	52.91	16.75	10.37	0.07	19.64

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2010.

7.2.5. Población Económicamente Activa (PEA)

La PEA se integra por 6,033 personas, lo que representa el 40.60% de la población total de la cuenca, 4,036 (66.9%) se ubican en la zona urbana y 1,997 (33.10%) en la zona rural, por genero la PEA predominantemente es masculina con 4,049 hombres (67.12%) mientras que únicamente 1,980 personas son mujeres (32.81%).

La parte alta de la cuenca presenta el 10.96% de la PEA, la cuenca baja 20.02% y la cuenca media concentra la mayor PEA con el 69.02%.

En la parte alta de la cuenca la PEA es de 661 personas (10.96%) de las cuales el 73.38% son hombres y 26.62% mujeres, en la parte media de la cuenca en la que se ubica la zona urbana la PEA es de 4,164 personas (69.02%), representada principalmente por hombres (70.61%), mientras que las mujeres representan el 29.37%, en la parte baja de la cuenca la tendencia es

similar, la PEA es de 1,208 personas (20.02%), de la cual el 80.66% son hombres y 19.34% mujeres (Tabla 16).

Tabla 16. Población Económicamente Activa (PEA) correspondiente a la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Cuenca	Localidad	Hombres (%)	PEA Mujeres (%)	Total (personas)
Alta	Platanillo	65.89	34.11	129
	Tepochica	72.40	27.60	250
	Las Granjas	70.00	30.00	10
	El Mancebo	85.71	14.29	7
	Colonia el Tomatal (Km 128)	75.00	25.00	4
	Colonia Rancho del Cura (El Cura)	71.26	28.74	261
	Subtotal	73.38	26.62	661
Media	Iguala (urbano)	63.41	36.49	4,036
	Colonia Renacimiento	65.45	34.55	110
	Puerto del Aire	75.00	25.00	4
	Tonalapita del Norte (Puente González)	78.57	21.43	14
	Subtotal	70.61	29.37	4,164
Baja	Tuxpan	67.17	32.83	731
	Tepantlán	80.95	19.05	21
	CERESO	93.86	6.14	456
	Subtotal	80.66	19.34	1,208
Total (personas)		4,049	1,980	6,033

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2010.

A nivel municipal la PEA representa el 54.7% de la población total del municipio de Iguala, de acuerdo con el censo de población y vivienda INEGI (2010), 71.7% corresponden al género masculino y tan solo el 39.6% al femenino. Respecto a las actividades económicas el sector terciario ocupa el mayor porcentaje con el 71.86%, seguido del secundario 22.33% y finalmente el sector primario (5.81%) (Figura 35).

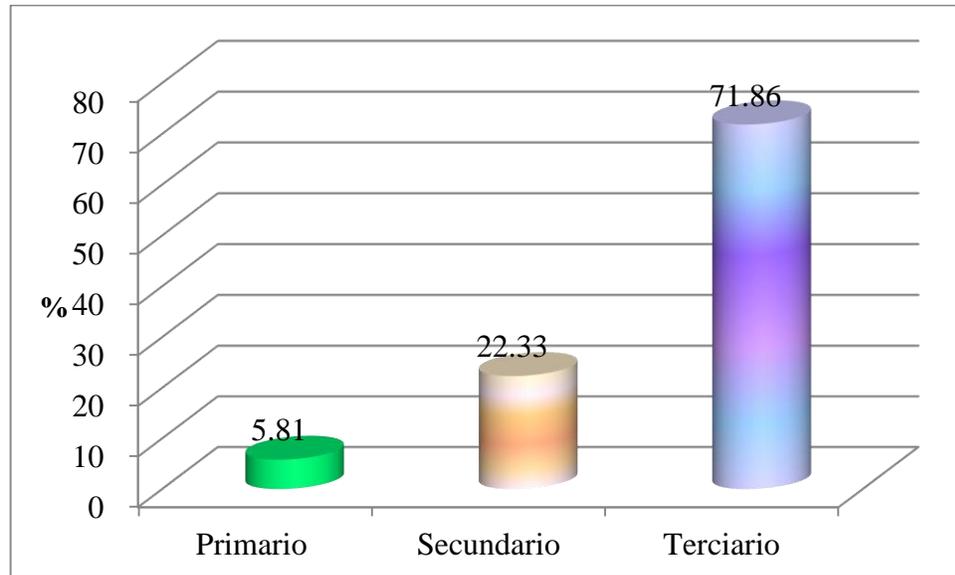


Figura 35. PEA por sector correspondiente al municipio de Iguala de la Independencia.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2010.

Sector primario: en el municipio de Iguala la PEA del sector primario representa menos del 6%, sin embargo, en la cuenca Laguna de Tuxpan, este sector cobra mayor relevancia por actividades desarrolladas como la agricultura del que subsiste gran parte de la población principalmente en las localidades rurales. En la parte alta de la cuenca en la localidad Platanillo se cultiva el maíz amarillo y blanco, en menor proporción frutales como naranja, limón, plátano y mango, se aplica riego por gravedad y se utiliza agua proveniente de las partes altas de dicha población.

En la parte alta de la subcuenca del río Tomatal se practica la agricultura de maíz de temporal, en la mayoría de los casos se observó en monocultivo, en algunas parcelas se pudo distinguir la asociación de cultivos principalmente de maíz con frijol y maíz con calabaza. En la Figura 36 se observa el cultivo de maíz en la cuenca alta.



Figura 36. Cultivo de maíz de temporal. Localidad Tepochica, cuenca alta Laguna de Tuxpan, Gro.

En la cuenca media se cultiva maíz de temporal, en menor proporción hortalizas, por ejemplo en la colonia El Tomatal se cultivan hortalizas bajo riego por aspersión con agua obtenida del río Tomatal mediante bombeo, los principales cultivos son chile y tomate (*años atrás el cultivo del tomate y su crecimiento en forma silvestre era abundante en este sitio, de allí el nombre del lugar “Tomatal”*). En la Figura 37 del lado izquierdo se muestra el cultivo del tomate en la colonia El Tomatal y del lado derecho el cultivo de maíz de temporal en la parte sur de la cuenca.



A)

B)

Figura 37. A) Agricultura de riego en cultivo de Tomate B) Vista del cultivo de maíz y selva mediana, cuenca media Laguna de Tuxpan, Gro.

En la parte baja en los ejidos correspondiente a Tuxpan y en menor proporción Tepantlán se tiene agricultura de riego por gravedad, los principales cultivos son maíz amarillo y blanco, se obtienen dos cosechas al año, una bajo riego y otra de temporal con rendimientos de 3.5 y de 2 a 3 t/ha respectivamente, en menor proporción se cultiva el frijol, sorgo y frutales constituidos por plantaciones de mango y limón.

El uso de agroquímicos en la agricultura es elevado, especialmente en el cultivo de maíz tanto de riego como de temporal, los principales agroquímicos utilizados son fertilizantes, herbicidas e insecticidas, la recomendación de dosis y producto a utilizar en la mayoría de los casos proviene de las casas comerciales de agroquímicos ubicados en la ciudad de Iguala de donde adquieren dichos productos. La compra de agroquímicos y semillas representa grandes costos para los agricultores debido a la fuerte dependencia de los mismos y las plagas que cada vez son más resistentes a las dosis y productos que utilizan de forma regular, por

esa razón requieren cambiar cada cierto tiempo la dosis o producto sin previa capacitación, básicamente se realiza a prueba y error y con recomendaciones de las casas comerciales. La fertilización del suelo es baja y las semillas utilizadas en la mayoría de la parcelas son híbridas, el uso de agroquímicos tiene incidencia final en los cuerpos de agua, debido a que los residuos son arrastrados por las corrientes de agua en periodos de lluvia o mediante el riego estos químicos pueden transportarse hacia el subsuelo.

La ganadería se compone de ganado ovino, vacuno y equino y se practica en menor proporción que la agricultura, el ganado ovino se puede ver en algunos lugares de la cuenca pastando en parcelas en descanso, algunos se destinan al consumo familiar, otros para venta en canal. El ganado equino es utilizado como medio de transporte desde el centro de algunas comunidades hacia las parcelas por parte de algunos productores o para transporte de leña y cosecha de maíz, en pocos casos son utilizados en el transporte de agua desde la Laguna de Tuxpan hacia las viviendas de la parte alta de la localidad de Tuxpan. El ganado vacuno en algunas localidades como Tepantlán se encuentra en corrales o libres cuando son cuidados por sus dueños, cerca de dicha localidad se ubica un nacimiento de agua, en su cauce se observa la construcción de bebederos para el ganado que pastorea en dicho sitio (Figura 38).



Figura 38. Bebedero para ganado equino u ovino en la corriente de agua originada en la localidad de Tepantlán en la parte baja de la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Pesca: la pesca es una actividad que ha disminuido en los últimos años, anteriormente se pescaba especies en la Laguna de Tuxpan conocidas localmente como bagre, platilla, charal y mojarra, su venta se realizaba en la localidad de Tuxpan y en la ciudad de Iguala, también se acostumbraba elaborar tamales de pescado “*Chiquihuite*” y se vendía en el mercado de Iguala. Los ingresos obtenidos por los pescadores sostenían a familias completas (R. Ramírez, comunicación personal, 9 de mayo del 2014), actualmente la pesca es mínima, las especies nativas han sido invadidas por el pez conocido localmente como pez sapo (*Hypostomus sp.*).

Por parte de la Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL) se introdujeron alevines de tilapia a la laguna, por esa razón, a partir de octubre del 2014 se decretó veda total de pesca por 6 meses para permitir el crecimiento de dicha especie. Por otra parte la pesca en el río Tomatal es mínima, y solo se realiza para consumo local, la especie existente es la tilapia.

Sector secundario: en la cuenca de estudio la actividad secundaria está representada por la construcción, los habitantes de la cuenca trabajan en este oficio en la ciudad de Iguala principalmente, a diario viajan desde sus hogares hacia la cabecera municipal. Otra actividad observada en la cuenca en pequeña escala es la elaboración de quesos en la localidad de Tepantlán, la materia prima se obtiene del ganado de la misma localidad y se procesa de manera artesanal, el producto final se destina al consumo local.

Sector terciario: en la ciudad de Iguala el comercio es una de las principales actividades, desde el mercado hasta las plazas comerciales, los negocios de comida y bares representan una fuente de ingresos para jóvenes de la región, varios de ellos provenientes de Tuxpan que viajan cada día a su centro de trabajo. En la cuenca se observan pequeños comercios de comedores alrededor de la laguna, sin embargo, debido al tema de inseguridad en la región, el turismo en la Laguna de Tuxpan ha disminuido en cierta medida.

7.3. GESTIÓN DEL AGUA EN LA CUENCA

7.3.1. Actores institucionales y sociales en la cuenca

ACTORES EN LA CUENCA LAGUNA DE TUXPAN

Al realizar la caracterización de la cuenca se identificaron los actores involucrados en la toma de decisiones respecto al recurso agua en la cuenca, los usuarios y las diferentes organizaciones e instituciones involucradas en el sector agua. En la Figura 39 se muestra los actores identificados en la cuenca Laguna de Tuxpan.

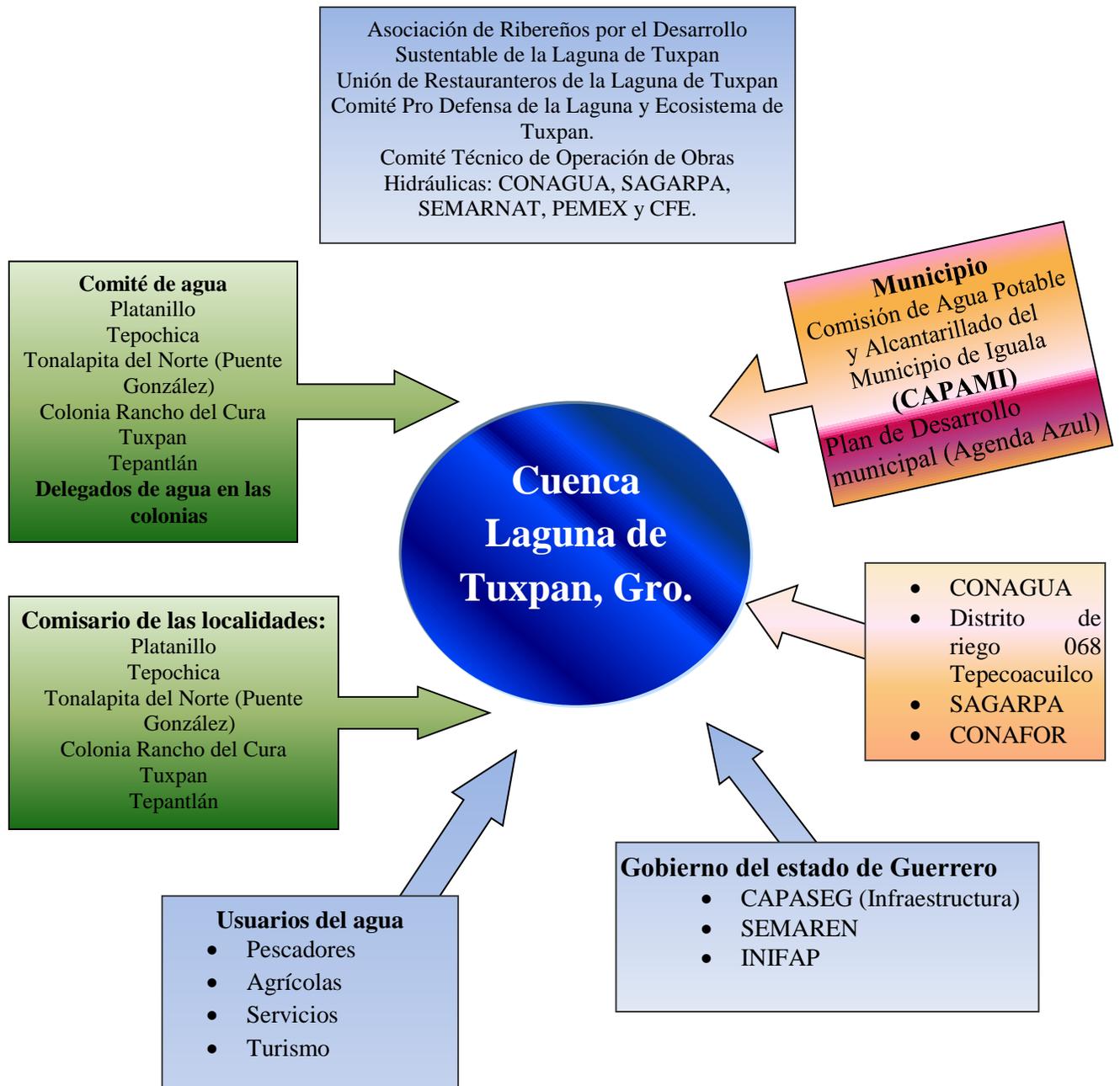


Figura 39. Actores relacionados con el recurso agua en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Fuente: Elaboración propia.

Las principales instituciones públicas que tienen injerencia en la cuenca con relación al manejo, uso o aprovechamiento del recurso agua o sobre algún recurso asociado son CONAFOR, CONAGUA, CAPAMI, CAPASEG y Universidades públicas. De manera local se tiene representación en el sector agua a través de comités de agua por localidad apoyados por la máxima autoridad comunitaria, existen también algunas otras organizaciones como el comité Pro Defensa de la Laguna y Ecosistema de Tuxpan.

En cuanto a usuarios se tienen concesiones de aprovechamiento de agua superficial y subterránea para uso público urbano, riego y de servicios.

En seguida se describen los actores en la cuenca relacionados al recurso agua y sus funciones o actividades que realizan.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal): participa en coordinación con las autoridades locales y la SEMAREN en la reforestación de las partes altas de la cuenca, de acuerdo con el comisariado ejidal de la localidad de Tuxpan, la reforestación se realiza con especies obtenidas de viveros fuera de la cuenca, ante ello el comisariado mencionó “*Desearíamos que se reforestara con plantas nativas y que existiera un vivero comunitario*”.

De acuerdo con recorridos de campo del personal de la CONAFOR, el problema de asolvamiento en la laguna se debe trabajar desde las partes altas, desde el origen del problema mismo. Además recomiendan la elaboración de un “Plan de Ordenamiento Territorial”, que

defina los usos, reservas y destinos de los espacios que muchas veces son talados o invadidos por la mancha urbana.

CONAGUA Dirección Local Guerrero: realiza diferentes estudios topográficos e hidrológicos que se requieren para determinar la viabilidad del desazolve de la Laguna de Tuxpan ya que en esta laguna se concentran sedimentos provenientes de corrientes de la cuenca Laguna de Tuxpan en periodos de lluvia en especial del río Tomatal. Los estudios se realizan en coordinación con otras instituciones como la CAPASEG e IMTA.

El año 2008 se inició el levantamiento topográfico de acuerdo con el artículo 4 de la Ley de Aguas Nacionales, para determinar el límite de la zona federal de la laguna, la delimitación es necesaria para proteger este cuerpo de agua, es decir, determinar hasta donde se puede construir y ocupar, este trabajo se llevó a cabo en convenio con la Universidad Autónoma de Guerrero y aun no se concluye.

Distrito de Riego 068 Tepecoacuilco – Quechilténango: existe una concesión de aprovechamiento de agua de la presa Valerio Trujano para uso agrícola del Distrito de Riego 068 ubicada en el municipio de Tepecoacuilco, mediante una red de 26 km se distribuye el agua a las parcelas de las comunidades agrarias Tierra Colorada, Santa Teresa, Acayahualco, Rincón de la Cocina, Tepecoacuilco, Iguala y Tuxpan. En la cuenca Laguna de Tuxpan la zona agrícola correspondiente al distrito de riego 068 es la comunidad de Tuxpan, ubicado en la parte baja de la cuenca.

Comité de agua por localidad: en algunas comunidades rurales de la cuenca como Platanillo, Tepochica, Colonia Renacimiento y Tuxpan, la administración del agua potable reside a cargo del comité de agua apoyado por el comisario local, dicho comité es nombrado por la comunidad en asamblea local, el periodo de trabajo es de uno a tres años dependiendo del desempeño del comité y la decisión de la localidad, entre las actividades que realizan se encuentran la coordinación de faenas (limpieza de caminos por donde se conduce el agua), reparación de algún desperfecto de la tubería de agua y cobro de cota del agua potable.

Comisaría local: los comisarios son la máxima autoridad en las localidades rurales de la cuenca en estudio, son nombrados por la comunidad y pueden fungir por 1 o 3 años, trabajan en conjunto con el comité de agua en temas de gestión del agua y solución de algún problema en específico como falla o desperfecto de obras de distribución de agua.

Universidad Autónoma de Guerrero, campus Iguala: participa en junto con otras instituciones públicas en diferentes estudios realizados en la cuenca Laguna de Tuxpan como erosión de suelo, estudio sobre aves y delimitación de la zona federal de la Laguna de Tuxpan.

CAPASEG: La CAPASEG a través de instituciones de investigación pública como el IMTA, realiza estudios de diagnóstico de causas, niveles y grado de contaminación de la Laguna de Tuxpan, respecto a infraestructura se ha realizado inversión en la construcción de la red de distribución de agua potable de la presa Valerio Trujano hacia la ciudad de Iguala, así como el saneamiento del río San Juan en el municipio de Iguala.

Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas: el comité es interinstitucional porque en él participan: la CONAGUA, SAGARPA, SEMARNAT, PEMEX y CFE, entre otras dependencias, y sesiona durante todo el año, principalmente en la temporada de lluvias, además, analiza el comportamiento de los cuerpos de agua de todo el país tanto natural como artificial. En la Laguna de Tuxpan el *Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulica* determina de acuerdo con los datos históricos del nivel del agua enviados por CONAGUA (dirección local), si se abren o no las compuertas para sacar el agua de la Laguna de Tuxpan. Sin embargo, este tema de monitoreo de agua en la laguna y apertura de la compuerta, en la práctica no ha resultado del todo coordinado, por diferentes situaciones como carencia de recursos económicos para el monitoreo constante del nivel de agua en la Laguna de Tuxpan en el periodo de lluvia.

SEMAREN (Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales) del estado de Guerrero: apoya en colaboración con otras instituciones como CONAFOR en la realización de obras de conservación de suelo y agua en la cuenca Laguna de Tuxpan, por ejemplo: represa y sistema de bordos construidos de piedra en el paraje conocido como Los Cerritos en la parte media de la subcuenca del río Tomatal. Además de otras acciones y gestión de inversiones en el cuidado del medio ambiente.

Secretaria de salud -Área de epidemiología del Centro de Salud “Agustín Batalla”: inspecciona y toma muestras de agua en la compuerta de la Laguna de Tuxpan y el río San Juan, en la inspección de la calidad de agua, por ejemplo se encontró la bacteria No.01 no toxigénica que produce el cólera en estos cuerpos de agua, por consiguiente se dio parte a la

CAPAMI y al personal del área de Epidemiología de la Jurisdicción Sanitaria 02 Norte para establecer la estrategias preventivas, partiendo de que toda el agua se debía clorar, para evitar brote de cólera, esta bacteria no se había detectado desde 1991 (Aparicio, 2014).

CAPAMI (Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Iguala): su función es proveer agua potable, alcantarillado y saneamiento al municipio de Iguala. Mediante la potabilización del agua proveniente de la presa Valerio Trujano del municipio de Tepecoacuilco y pozos se proporciona agua a la ciudad de Iguala.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias): la oficina del INIFAP se ubica en la localidad de Tuxpan; la institución desarrolla e investiga cultivos como maíz amarillo y blanco bajo riego y de temporal, entre otros cultivos y cuenta con una estación climatológica.

Comité Pro Defensa de la Laguna y Ecosistema de Tuxpan: comité nombrado por la localidad de Tuxpan con injerencia en la localidad únicamente, su objetivo principal es vigilar que la laguna de Tuxpan se encuentre limpia, gestionar proyectos en beneficio de la localidad de Tuxpan para conservar la laguna. De acuerdo con entrevistas en campo dicho comité no es reconocido por toda la población, algunas personas argumentan que desconocen quienes son sus integrantes y no tienen claro las funciones que desempeñan, otras personas mencionaron que entre las actividades que efectúa el comité se encuentran el cobro por extracción de agua a los piperos (vendedores de agua por pipas) de los cuales se generan

fondos y se utilizan para algunas actividades como construcción de bordos, colocación de letreros con relación al cuidado de la laguna.

En el plan de trabajo del Comité Pro Defensa de la Laguna y Ecosistema de Tuxpan para el periodo 2012-2015 destaca la gestión ante las autoridades de gobierno y organismos internacionales, para realizar el dragado y desazolve de la laguna y la construcción de un sistema de gaviones en la subcuenca donde se localizan las poblaciones Rancho del Cura, Tepochica, Tomatal y Tepantlán.

El Comité Pro Defensa de la Laguna y Ecosistema de Tuxpan también se propone la reforestación continua en las áreas aledañas con plantas nativas de la región para evitar la erosión y en coordinación con la comisaría y el Comité de Bienes Comunales reforestar y proteger la biodiversidad del Cerro del Jumil, que pertenece a los Bienes Comunales de Tuxpan, además de promover la reforestación en las áreas ejidales de uso común, la protección de las mismas y potenciar las actividades ecoturísticas.

Grupo Ambientalista de Iguala: es una asociación no gubernamental que tiene entre sus prioridades conservar el medio ambiente y la biodiversidad promoviendo e influyendo en la cultura y políticas ambientales, principalmente en el municipio de Iguala.

Usuarios: se tienen usuarios que cuentan con concesión para aprovechamiento de agua superficial para riego en la localidad de Platanillo y Tuxpan y usuarios de agua de uso público urbano. El agua utilizada para uso público urbano en la ciudad de Iguala proviene de la presa Valerio Trujano, por otra parte se realiza aprovechamiento de agua subterránea a

través de pozos públicos. En algunas localidades con baja cobertura de agua o sin este servicio algunos hogares cuentan con pozos privados, otros adquieren agua de pipa, acuden al río Tomatal o a la Laguna de Tuxpan para obtener agua. Para consumo humano la mayor parte adquiere agua de garrafón.

Municipio: el ayuntamiento participa en el monitoreo de la Laguna de Tuxpan a través de protección civil en el periodo de lluvia especialmente; además de gestiones para la implementación de proyectos en el municipio.

La cuenca por su cercanía a la cabecera municipal y su importancia principalmente turística en el municipio y región, se considera en el plan de Desarrollo Municipal a través de las acciones a realizar por la presente administración, a continuación se mencionan los objetivos en los que se incluye a la cuenca Laguna de Tuxpan de acuerdo con el Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015 en el apartado de medio ambiente de la Agenda azul.

- Preservación y conservación del agua
- Impulso de conservación de suelo y reforestación en la zona de Tomatal y su barranca.
- Reforestación a través de un programa de adopción de un árbol por familia.
- Impulso de uso de agua de la Laguna de Tuxpan y Platanillo, como pago por servicios ambientales a los poseedores del agua.
- Desarrollo turístico sustentable en Tuxpan y su rescate hídrico.
- Preservar el agua municipal como parte de la seguridad nacional que merece este preciado líquido ante la responsabilidad de un derecho humano y su bien común.

Algunas acciones se llevan a cabo en la cuenca para el logro de estos objetivos como son: estudio de las causas y grado de contaminación de la Laguna de Tuxpan, reforestación en las partes altas de la colonia El Tomatal, sin embargo, aún falta por trabajar, además de involucrar a la población y que se trabaje coordinadamente con las diferentes instancias.

Investigación y desarrollo tecnológico

Se observa de manera general, que en la cuenca se han realizado estudios, sin embargo, varios de estos estudios se realizan de forma aislada, y en general los pobladores de la cuenca desconocen los resultados de estos, por ejemplo, en cuanto a capacitación o asesoría en el sector agrícola en específico el cultivo de maíz, la SAGARPA puso en marcha diversos programas de apoyo al sector agrícola, uno de ellos fue la utilización de abonos orgánicos en el cultivo del maíz, el objetivo era incorporar estos abonos en la producción del maíz para disminuir el uso de agroquímicos. Respecto al programa los agricultores en la cuenca media mencionaron: *“Al aplicar fertilizante orgánico el rendimiento fue menor que con fertilizante químico, además fue mayor el tiempo invertido y trabajo para preparar las compostas, por eso se abandonó”*.

Si a un cultivo se le aplica fertilizante orgánico después de que por muchos años se le ha aplicado fertilizante químico, es posible que incluso disminuya el rendimiento en el primer ciclo, sin embargo, en ciclos posteriores este proceso se puede revertir, siempre y cuando se le dé un buen manejo al cultivo. Si esto se logra a la larga los agricultores tendrían menos dependencia de los fertilizantes químicos, reduciendo los costos de producción y afectación

a cuerpos de agua y suelo por residuos de agroquímicos, en otras palabras, los cambios y resultados en los procesos de producción son a mediano y largo plazo y siempre debe ir acompañado de asesoría continua, además de la vinculación del campo con el mercado. Cabe hacer mención que gran parte de los productores son personas adultas, consecuentemente les es más difícil realizar las compostas pues se requiere un mayor esfuerzo físico; el programa de asistencia técnica por parte de la SAGARPA se suspendió desde el año 2007, en la colonia El Tomatal los agricultores expresaron: *“Nos gustaba como nos explicaban y asesoraban los ingenieros, pero cada año no sabíamos si regresarían, si continuaría el programa o cambiaría la asesoría, ellos mismos no sabían si regresarían”*.

Coordinación interinstitucional

En gran medida, la causa de los problemas del agua se originan por la concurrencia de diferentes fenómenos económicos, sociales, financieros y ambientales y la falta de coordinación interinstitucional entre las dependencias y entidades federales, gobiernos estatales, municipales, los sectores privado y social y de manera primordial los actores del sector agrícola, las instancias responsables del desarrollo urbano, así como los organismos responsables de prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento y la población.

En la cuenca Laguna de Tuxpan uno de los fuertes problemas es la falta de una instancia que regule el uso, aprovechamiento y administración del agua y que sea reconocida por los actores en la cuenca. Existen instancias u organizaciones sociales o civiles encargadas de

algún sector o programa en particular relacionado al recurso agua, sin embargo, no se observa una clara coordinación interinstitucional, en ocasiones no se cuenta con suficiente personal calificado, lo que orilla a que se cumplan con tareas emergentes y se busque solución con los recursos disponibles, como resultado ocurre por ejemplo, que en la parte baja de la cuenca, en periodos de lluvia los restauranteros ubicados al margen de la Laguna de Tuxpan requieren que el canal de llamada desfogue una mayor cantidad de agua para que cuando la laguna llegue a su máximo nivel, no sean afectados por inundación. Mientras tanto, las personas que viven cerca del canal de llamada pueden llegar a ser afectados si el canal no está previamente limpio e impida la conducción del agua adecuadamente de la laguna hacia el río San Juan, en este caso se ven involucradas instituciones como el ayuntamiento, protección civil y CONAGUA. Ocurre que no son claras las atribuciones de cada una de ellas y si cumple o no con sus responsabilidades, algunas de las razones pueden ser la falta de planeación, poco personal en las instituciones, no está claramente definida el grado de responsabilidad y competencia de cada institución o no se cuentan con los recursos económicos necesarios entre otros.

En la Figura 40 se observa la visita del personal de instituciones del sector agua a la Laguna de Tuxpan. En esta visita se platicó con restauranteros sobre el nivel del agua y las medidas a tomar acorde al nivel del agua de la laguna y las lluvias en los próximos días.



Figura 40. Encuentro para tratar el tema del nivel del agua en periodo de lluvias de la Laguna de Tuxpan, entre el personal de CONAGUA, Distrito de riego 068 y restauranteros de la cuenca Laguna de Tuxpan, septiembre 2014.

7.3.2. Servicio de agua potable y alcantarillado

- **Agua potable**

En el estado de Guerrero 62% de los hogares cuenta con servicio de agua potable y el 72% cuenta con servicio de alcantarillado, en la cuenca de estudio el porcentaje de estos servicios es menor, de acuerdo con el censo de población y vivienda INEGI (2010), en la cuenca Laguna de Tuxpan en promedio más del 50% de las localidades no cuentan con agua entubada en sus hogares (cuenca alta 81.35%, media 81.01 y baja 63.74%), de acuerdo con visitas de campo y entrevistas realizadas a la población coincide en que efectivamente el acceso al agua potable es uno de los problemas más serios en la cuenca.

En seguida se describe el servicio de agua potable, sanitarios en los hogares y drenaje por zonas altitudinales.

Cuenca alta: en la subcuenca directa a la Laguna de Tuxpan en la parte alta de la localidad de Platanillo se localizan tres manantiales, de uno de ellos se realiza la toma del servicio de agua potable para la comunidad; se cuenta con este servicio diario; el agua a simple vista es “clara”, sin basura o sedimentos; los habitantes comentan que únicamente en el periodo de lluvia, el agua se observa un poco turbia (por los sedimentos arrastrados). El servicio de agua es regulado por un comité de agua, nombrado por la comunidad, este comité con el apoyo de la autoridad local determina la fecha de realización de trabajo (faena) para la limpieza de caminos por donde se conduce la tubería de agua y el arreglo de algún desperfecto de la misma. Los habitantes pagan en promedio \$70 pesos cada mes por el servicio de agua potable.

Para consumo y preparación de alimentos se adquiere agua de garrafón, práctica que ha ido en aumento desde hace diez años aproximadamente, puesto que anteriormente se utilizaba agua de llave hervida para consumo, algunos pobladores refieren que el incremento de dicho consumo se debe en parte a que la gente en general, es decir los poblados cercanos han adquirido esta práctica y no necesariamente a que el agua de llave hervida sea una mala opción.

En la parte alta en la subcuenca del río Tomatal en la localidad de Tepochica cerca del 90% de los hogares no cuenta con servicio de agua potable, las mujeres y niños principalmente acuden a lavaderos públicos para lavar la ropa, el agua de dichos lavaderos se obtiene de un pozo comunitario. A orillas de la comunidad existe una corriente de agua intermitente, en la acudían a lavar antes de que se construyeran los lavaderos, las personas que viven en la zona con menor altitud en dicha localidad cuentan con pozos particulares, en la Figura 41 se observa los lavaderos públicos en Tepochica.



Figura 41. Uso de agua de pozo mediante lavaderos públicos en la comunidad de Tepochica, cuenca alta Laguna de Tuxpan, Gro.

En la localidad de Rancho del Cura de acuerdo con el censo de INEGI (2010) el 23% de los hogares cuentan con agua entubada dentro de los hogares, la población se abastece de agua potable mediante 2 pozos y se tiene previsto la apertura de un tercero. Por medio de tuberías se distribuye el agua hacia la parte céntrica del poblado, en las calles principales se observan llaves de agua, de donde las personas pueden obtener agua debido a que no todos los hogares cuentan con este servicio, en especial los hogares ubicados en la parte alta. El agua se reparte por tandeo, cada tercer día alrededor de cuarenta minutos únicamente, en general de acuerdo

con entrevista a pobladores de la localidad: *“la cantidad de agua no es suficiente, en especial si se carece de sistemas de almacenamiento”*. La calidad del agua de acuerdo con la percepción de los habitantes de la localidad es buena.

Colonia El Tomatal (Km 128), esta población no cuenta servicio de agua potable, por ello compran agua de pipa con un costo de 350 a 450 pesos que le dura máximo un mes, además se observó la captación de agua de lluvia a través del techo de algunas casas.

Cuenca media: la cuenca media es la zona más poblada por la zona periférica de la ciudad de Iguala, de acuerdo con INEGI (2010) esta ciudad tiene el 86% de cobertura de agua potable, sin embargo, algunas colonias cuentan con infraestructura de distribución de agua, no obstante, el servicio de agua es discontinuo, por ejemplo, la colonia El Tomatal cuentan con el servicio de agua entubada por tandeo con servicio de dos a tres veces por semana y con horarios restringidos e irregulares, algunos hogares no cuentan con infraestructura para almacenar agua y algunas personas están fuera de casa cuando llega el servicio de agua.

En otras colonias como la Unidad Morelos y Abrazo de Acatempan no cuentan con servicio de agua, compran agua de pipas con un costo de 350 a 500 pesos, agua que en promedio les alcanza para un mes y reutilizan el agua gris en el servicio sanitario, estas familias son de bajos ingresos y muchos de ellos son personas provenientes de otras partes de Guerrero que por motivos de inseguridad y falta de oportunidades de vida y crecimiento han tenido que emigrar. En la Figura 42 se muestra la extracción de agua en el río Tomatal para venta de agua en las colonias de la ciudad de Iguala que no cuentan con este servicio. Se puede

observar el agua turbia, el costo de esta agua es de 350 pesos por pipa, si la persona requiere de agua menos turbia el costo asciende a 500 pesos por pipa por ser agua de pozo.

En las colonias que cuentan con el servicio de agua potable, el costo y suministro varía, en algunas colonias el agua se suministra 2 veces a la semana y pagan alrededor de 96 pesos mensuales, mientras que en otras colonias como Electricistas cuentan con agua potable generalmente todos los días.



Figura 42. Extracción de agua en el río Tomatal para la venta de agua en la zona conurbada de la ciudad de Iguala, cuenca media Laguna de Tuxpan, Gro.

Las demás localidades correspondientes a la cuenca media son rurales: Puente González, Colonia Renacimiento y Puerto del Aire, estas poblaciones no cuentan con servicio de agua potable, de acuerdo con visitas de campo, la Colonia Renacimiento cuenta con servicio de agua cada tercer día con un costo de 780 pesos cada año, un equivalente a 65 pesos al mes, las personas de la localidad consideran que si se programan para lavar la ropa en el día que

llega el agua si les alcanza, de lo contrario no es suficiente, en ocasiones las amas de casa deben quedarse en el hogar para “apartar agua”, impidiendo la realización de otras actividades o salir de casa.

Cuenca baja: en esta zona se ubican las localidades de Tuxpan, CERESO y Tepantlán. En la comunidad de Tuxpan, cerca de la mitad de la población no cuenta con servicio de agua potable, el agua utilizada se obtiene de un pozo comunitario, el costo por dicho servicio es de setenta pesos mensuales, sin embargo, una de las bombas de agua desde noviembre del 2014 está descompuesta, por esa razón la cantidad de agua distribuida es menor en la parte de San Andrés (ribera norte de la laguna de Tuxpan y que corresponde a la localidad de Tuxpan), solo las casas que están cerca del centro de Tuxpan cuentan con agua, la distribución de la tubería de agua potable cubre gran parte de San Andrés pero no así el servicio de agua principalmente en la parte alta, en general la población de Tuxpan se abastece de agua del pozo comunitario, de pozos particulares y de la Laguna de Tuxpan. En dicha laguna se puede observar a las personas principalmente mujeres y niños lavando ropa (Figura 43).



Figura 43. Uso de agua de la Laguna de Tuxpan para lavar ropa, cuenca baja Laguna de Tuxpan, Gro.

Tepantlán no tiene servicio de agua potable, los hogares cuentan con pozos del cual extraen agua mediante bomba de gasolina, lo que incrementa el costo final por el agua, además existe un pequeño afluente a orilla de la localidad de donde toman agua para el riego de frutales de traspatio como limón o para abastecer de agua a sus animales en especial ganado vacuno y equino.

Participación de la mujer en la administración del agua: para la población de la cuenca de acuerdo con entrevistas realizadas surgió que en algunas localidades rurales la población (hombres) entrevistados mencionaron que la participación de la mujer en la toma de decisiones respecto al uso y manejo del agua es considerada igualmente importante como la participación del hombre, en algunos casos se mencionó que las mujeres eran más responsables y mejores administradoras, esto se refleja en la colonia Puente González cuyo comité de agua se integra de mujeres, mientras que en la localidad de Tuxpan se tiene a una presidenta del comité Pro Defensa Laguna y Ecosistema de Tuxpan. Es indispensable la

participación de la mujer pues son ellas junto con los niños quienes también padecen más la carencia de los servicios básicos en especial el agua potable.

- **Drenaje**

Cuenca alta: de acuerdo con INEGI (2010), el 55 % de las viviendas cuenta con servicio de drenaje, la localidad con mayor cobertura es Las Granjas (75%) y la de menor es El Mancebo (28%); mientras que en promedio el 84% de las viviendas cuenta con sanitarios dentro del hogar; en general se observó que las personas que no cuentan con drenaje construyen fosas sépticas. El uso de baños secos es escaso en la cuenca.

Cuenca media: de acuerdo con INEGI (2010), el 44% de las viviendas ubicadas en la cuenca media cuenta con drenaje, la Colonia Renacimiento e Iguala tienen el mayor porcentaje de cobertura 75 y 69 % respectivamente; mientras que Puente González y Puerto del Aire el menor porcentaje 30 y 0% respectivamente. Por otra parte, el 62 % de las viviendas cuenta con sanitarios dentro del hogar, Iguala de la Independencia y la Colonia Renacimiento superan el 95 de cobertura, mientras que Puente González y Puerto del Aire apenas alcanzan el 50 %.

En la zona urbana de la cuenca gran parte de los hogares carece de los servicios básicos. La distribución de la red de drenaje en algunas localidades se ubica en las calles principales, además, no existe colección de agua gris en algunos poblados, por ejemplo en la colonia El Tomatal se observa el agua gris vertida en las principales calles, en cuanto a los asentamientos humanos en las colonias que carecen de los servicios básicos algunas

construcciones son improvisadas en terrenos no regulados, en márgenes de cauces de corrientes intermitentes (Figura 44).



Figura 44. Zona urbana colonia Unidad Morelos y Abrazo de Acatempan, cuenca media Laguna de Tuxpan, Gro.

Cuenca baja: de acuerdo con INEGI (2010) en promedio el 51% de las viviendas cuenta con servicio de drenaje (Tuxpan 58%, Tepantlán 47%), sin embargo, en campo se observó que Tepantlán no cuenta con este servicio, por ello las familias construyen fosas sépticas para el vertido de las aguas negras. Por otra parte, en promedio el 85% de las viviendas cuenta con sanitario dentro del hogar, parte de ellos están conectados a la red de drenaje y otra parte a fosas sépticas. El CERESO cuenta con una planta de tratamiento, sin embargo, algunos pobladores aseguran que parte de las aguas negras provenientes de este centro llega a incorporarse directamente al río Tomatal y por consiguiente a la Laguna de Tuxpan, generando contaminación a este cuerpo de agua.

En general el 69% de las viviendas cuenta con drenaje en la zona urbana mientras que en la zona rural tan solo el 51%, respecto a sanitarios dentro de las viviendas la cobertura es menor del 90%, algunas de las localidades que no cuentan con estos servicios básicos cuentan con una población menor de 100 habitantes y se encuentran alejadas de otras poblaciones, lo que dificulta y encarece la cobertura del servicio de manera convencional, por ello es necesario buscar tecnologías alternativas para resolver dicha problemática.

7.3.3. Derecho Humano al Agua (DHA)

El 28 de julio de 2010, a través de la Resolución 64/292, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que el agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. La Resolución exhorta a los Estados y organizaciones internacionales a proporcionar recursos financieros, y la capacitación y la transferencia de tecnología para ayudar a los países, en particular a los países en vías de desarrollo, a proporcionar un suministro de agua potable y saneamiento saludable, limpio, accesible y asequible para todas las personas.

Según la OMS, se requieren entre 50 y 100 litros de agua por persona al día para cubrir la mayoría de las necesidades básicas y evitar la mayor parte de los problemas de salud. El acceso a 20-25 litros por persona al día representa el mínimo, pero esta cantidad suscita preocupaciones sanitarias, porque no basta para cubrir las necesidades básicas de higiene y consumo. Estas cantidades son indicativas, ya que dependen del contexto particular y pueden

diferir de un grupo a otro en función del estado de salud, el trabajo, las condiciones climáticas y otros factores. Las madres lactantes, las mujeres embarazadas y las personas que viven con el VIH/SIDA necesitarán más de 50-100 litros de agua al día.

En México a partir del año 2011 el DHA se estipula en el artículo 4 constitucional, el cual menciona que: “Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines”.

En la cuenca Laguna de Tuxpan el tiempo y esfuerzo que se invierte para cubrir la necesidad de agua potable en los hogares que no cuentan con este servicio es mayor que el resto, afecta especialmente a las mujeres y niños que se ven en la necesidad de trasladarse desde sus hogares hacia los lavaderos públicos por ejemplo en la parte alta de la cuenca en Tepochica, al río Tomatal en la parte media de la cuenca y hacia la Laguna de Tuxpan en la parte baja para lavar la ropa e incluso el acarreo de agua en algunos casos.

El término asequible mencionado anteriormente por el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, se refiere a que el agua pueda alcanzarse o conseguirse, es decir, ningún individuo o grupo debería verse privado del acceso al agua potable por no poder pagar. Por ejemplo, el PNUD propone como punto de referencia un umbral del 3% del ingreso familiar.

En la cuenca Laguna de Tuxpan en muchos de los hogares que carecen de agua potable se tiene un ingreso familiar menor de 5,000 pesos al mes. Estos hogares adquieren agua de pipa proveniente de la Laguna de Tuxpan o del río Tomatal y en algunos casos de agua de pozo, con un costo de 350 a 500 pesos lo que representa del 7 al 10% del ingreso familiar mensual, es decir, el costo del agua potable rebaza por mucho el 3% del ingreso familiar mencionado por el PNUD. Por otra parte, una familia en promedio paga treinta pesos a la semana por agua de garrafón, es decir 120 mensuales. Existen colonias en la zona urbana de la cuenca que cuentan con servicio de agua de forma regular con un costo menor a cien pesos mensuales. Esto se traduce a que en la cuenca tanto en las localidades rurales como en la zona urbana, las personas más pobres son las que deben pagar más por el agua. Similar a lo que acontece en otras partes del mundo; como lo menciona en el Informe sobre Desarrollo Humano del PNUD (2006):

“En el mundo hay agua más que suficiente para los usos domésticos, la agricultura y la industria. El problema es que algunas personas, en particular los pobres, quedan sistemáticamente excluidas del acceso al agua a causa de la pobreza, de los limitados derechos que les reconoce la ley o de políticas públicas que restringen su acceso a las infraestructuras de abastecimiento de agua para la vida y el sustento”.

7.3.4. Cultura del agua

Cultura del agua también llamada cultura hídrica se define como: el conjunto de creencias, conductas y estrategias comunitarias para el uso del agua que puede ser percibida a través de las normas, formas organizativas, conocimientos, prácticas y objetos materiales que la comunidad se da o acepta tener; en el tipo de relación entre las organizaciones sociales que tienen el poder y en los procesos políticos que se concretan en relación con el aprovechamiento, uso y protección del agua (UNESCO, 2014).

Por otra parte la CAEM (2010) menciona que la cultura del agua es un conjunto de costumbres valores, actitudes y hábitos que un individuo o una sociedad tienen con respecto a la importancia del agua para el desarrollo de todo ser vivo, la disponibilidad del recurso en su entorno y las acciones necesarias para obtenerla, distribuirla, desalojarla, limpiarla y reutilizarla.

En este contexto en la cuenca Laguna de Tuxpan gran parte de la población en especial las comunidades rurales reconocen y conocen a las autoridades del sector hídrico (comités de agua) y trabajan en conjunto con la población para evitar o mejorar temas relacionados al agua. Por ejemplo en la comunidad Platanillo la población prefiere que sean autónomos en la administración del agua potable, pues consideran que se tiene un mejor servicio y mejor cuidado del agua desde la protección de los bosques hasta el uso del agua, además cuidan de que el agua no sea extraída para su uso en otras localidades. Por otra parte, en las colonias o

localidades donde no existe el servicio de agua potable se reutiliza el agua gris para el servicio de sanitario.

En la cuenca en algunas escuelas primarias se les proporciona información sobre la importancia del cuidado del ambiente y cultura del agua, esto se realiza en forma de pláticas principalmente y en los centros de salud por ejemplo en la comunidad de Tuxpan, a las madres de familia se les proporciona información sobre la importancia y cuidados a seguir en el uso del agua en especial lo relacionado a la salud de la familia, también se forman brigadas para la recolección de basura en la orilla de la Laguna de Tuxpan, además, en esta misma localidad existe un comité Pro Defensa de la Laguna y Ecosistema de Tuxpan quienes han colocado avisos en lugares estratégicos de la laguna relacionados al cuidado del medio ambiente en especial la laguna y realizan gestión de recursos para mejoramiento de la calidad del agua de la Laguna de Tuxpan.

En general en la cuenca no existe un programa de cultura del agua encabezado por alguna institución que trate el tema desde aspectos de salud, cuidado al medio ambiente, demanda de agua, usos y reutilización de agua, etc., sin embargo, es de suma importancia comprender las formas de organización de las personas, cada comunidad o personas tienen problemas específicos relacionados con el agua, formas de comprender su entorno, actitudes y conocimientos, si se considerara un programa de cultura del agua, tiene que partir desde una comprensión e involucramiento de la población local.

8. PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA LAGUNA DE TUXPAN DESDE EL ENFOQUE DE GESTION DEL AGUA

Con base en la caracterización de la cuenca Laguna de Tuxpan se identificó la problemática en torno al recurso agua, ésta se agrupó en medio natural, socioeconómico, y de gestión del agua; algunos problemas se encuentran distribuidos en las tres zonas altitudinales, razón por la cual no se consideró la división por zona altitudinal como base para la descripción de la problemática, salvo en algunos casos donde fue necesario considerarlo.

La mayoría de los problemas relacionados con el agua en la cuenca tienen un carácter multicausal, por ello se mencionan las principales causas y consecuencias de forma interrelacionada. En algunos casos se menciona dicha problemática en el ámbito del país como punto de referencia.

8.1. MEDIO AMBIENTAL

Deterioro de la calidad del agua

En la cuenca Laguna de Tuxpan las principales causas que ocasionan el deterioro de la calidad del agua son los vertidos de aguas residuales de algunas localidades sobre todo de la parte media, los aporte de azolves que arrastran consigo nutrientes, basura y uso excesivo de agroquímicos en la agricultura; como consecuencias se encuentran la contaminación del recurso agua por elementos como N y P precursores de procesos eutroficación, efectos adversos en la población que utiliza el agua contaminada con coliformes fecales, afectación

a cuerpos y subsuelo por arrastre de lixiviados, y mala imagen de la cuenca para los visitantes, contaminación del agua y suelo por los residuos de agroquímicos como atrazina.

En seguida se describen algunas causas y consecuencias de la problemática relacionada al deterioro de la calidad del agua.

Contaminación del agua

En nuestro país el 26% de los ríos, lagos y embalses que monitorea la CONAGUA son de buena calidad, en tanto que en el 74% restante el agua tiene diferentes grados de contaminación. Los principales contaminantes son materia orgánica, nutrientes (nitrógeno y fósforo) y microorganismos (coliformes fecales y totales), pero existen otros como los metales y derivados de hidrocarburos, que se presentan en áreas de actividad industrial.

En la cuenca, el río Tomatal y la Laguna de Tuxpan se encuentran contaminados, como se presenta a continuación.

Contaminación del río Tomatal: el río Tomatal en la cuenca media se encuentra contaminado por el agua residual de la colonia El Tomatal, de acuerdo con el estudio realizado por la CAPASEG-IMTA (2013) químicamente el río Tomatal presenta alteraciones que fueron introducidas a causa de los aportes directos de sedimentos, así como de desechos municipales y otros contaminantes producto de las actividades urbanas y a través de la contaminación difusa de agroquímicos y nutrientes al río, que han generado el incremento de materia orgánica y de coliformes fecales.

El agua del río Tomatal es utilizada para riego en el cultivo de tomate y chile en la colonia El Tomatal. De acuerdo con Cabrera et al., (2010) la contaminación del agua y sedimentos (lodos) con residuos humano y animales es fuente de una gran variedad de enfermedades gastrointestinales bacterianas, parasitarias y virales que pueden llegar a impactar en la salud de la población consumidora de estos productos agrícolas sino son desinfectados adecuadamente.

Contaminación de la Laguna de Tuxpan: la Laguna de Tuxpan se encuentra contaminada por diferentes compuestos, en un estudio realizado por la CAPASEG –IMTA (2013) se menciona la presencia de compuestos orgánicos semivolátiles (COSV) y la incidencia del herbicida atrazina en la laguna, además de 6 tipos de ftalatos (constituyentes químicos derivados del petróleo empleados en la producción de plásticos como los polietilenos, polivinilos, poliestirenos y polipropil que se emplean en la elaboración de juguetes, contenedores de alimentos y bebidas embotelladas, así como en productos cosméticos y de cuidado personal como fijadores de aromas). La atrazina (triazina) y los ftalatos son considerados contaminantes de riesgo para el ambiente acuático y a la salud humana debido al daño que generan en el sistema endócrino de las especies y en su reproducción. Su amplia distribución en el sistema sugiere la existencia de aportes crónicos que, en el caso de la atrazina, resultan del empleo del herbicida en la región. Otra causa de contaminación de la laguna es la basura y las aguas grises generadas por lavar la ropa a orilla de este cuerpo de agua.

Basura: el problema de la basura existe en toda la cuenca, sin embargo, se acentúa principalmente en la cuenca media y baja de la subcuenca del río Tomatal en donde existen tiraderos clandestinos ubicados en barrancas y junto a caminos, debido en parte a que no existe un basurero establecido, a la baja cobertura de dicho servicio y a la práctica de tirar clandestinamente basura en estos sitios. La basura es transportada por las corrientes de agua hacia la parte baja y el suelo se contamina por los lixiviados generados. Sin embargo, existe el caso de la comunidad de Tepantlán, en donde a pesar de que no existe el servicio de la basura las amas de casa la separan en orgánica, la cual utilizan como fertilizante en sus parcelas de traspatio y la inorgánica que se quema y los materiales como latas se recolectan y se venden en Iguala.

Erosión y producción de sedimentos

Erosión: en México el 53% de la superficie nacional se encuentra afectada por la erosión hídrica, de la cual el 0.25% presentan grado extremo de erosión, (INEGI, 2014). En la cuenca el 11 % de la superficie de la cuenca presenta una alta tasa de erosión de 50 a 200 t/ha/año. Esta pérdida de suelo se ubica principalmente en la cuenca media de la subcuenca río Tomatal, en algunos casos existen pérdidas mayores a 200 t/ha/año (2.36%) de la superficie total.

En la cuenca Laguna de Tuxpan el 13.50% de la superficie presenta tasas de erosión hídrica que superan las 50 t/ha/año, considerándose altas tasas que indican un nivel de degradación de suelo elevado que ha causado la pérdida de la capa arable en el caso de las parcelas

agrícolas que se encuentran en laderas con pendientes que superan el 15% y en zonas de pastizales o de selva baja donde la cubierta vegetal es escasa y se tiene presencia de cárcavas de diferentes profundidades que con el paso del tiempo incrementan sus dimensiones, además, estas parcelas se encuentran cerca de los cauces que conforman la red hidrográfica de la cuenca, por lo tanto, se integran de inmediato como sedimentos en el agua de escurrimiento y se transporta aguas abajo afectando la infraestructura hidroagrícola y finalmente azolvando la Laguna de Tuxpan (CAPASEG-IMTA, 2013).

Las principales causas de la erosión y producción de sedimentos en la cuenca se originan por deforestación, agricultura sin mejores prácticas de manejo, cambio de uso de suelo, sobreutilización de la tierra e invasión de la zona federal de cauces y ríos, lo que genera mayor susceptibilidad de pérdida de suelo, menor infiltración para recarga de manantiales y acuíferos y pérdida de especies animales y vegetales, mayor producción de azolves, disminución de la fertilidad del suelo y la contaminación del agua por coliformes fecales, y aguas grises. En los casos extremos donde la erosión es mayor de 250 t/ha/año existen pérdidas de parcelas progresivamente. La erosión produce sedimentos en la parte alta y media principalmente de la subcuenca del río Tomatal que son arrastrados por las corrientes de agua en la época de lluvia y se los cuerpos de agua de la parte baja de la cuenca.

Deforestación: en México se pierden 155 mil ha por deforestación cada año; de las cuales se estima que el 82% de ellas son consecuencia del cambio de uso de suelo para uso agropecuario, de turismo o por crecimiento urbano e industria, sin dejar de lado los incendios como un importante factor de degradación, por lo que es importante el desarrollo y aplicación

de programas encaminados a la sustentabilidad (CONAFOR, 2013). En la cuenca Laguna de Tuxpan cerca del 20% (1,420 ha) de la superficie de la cuenca presenta alteración del bosque natural tanto en las partes altas como en los cauces de los ríos, estos sitios se constituyen de bosque fragmentado combinado con cárcavas, bosque con matorral y áreas sin vegetación que antes fueron bosque. Los suelos desprovistos de vegetación favorecen la erosión y arrastre de sedimentos hacia las partes bajas y finalmente a la Laguna de Tuxpan.

Agricultura sin aplicación de buenas prácticas de manejo: esta problemática se observa en las tres zonas altitudinales de la cuenca, entre las causas destacan la falta de conocimientos y asesoría sobre buenas prácticas de manejo, lo que también se traduce en producción de sedimentos, disminución de la fertilidad de los suelos, altos costos de producción y bajos rendimientos.

Invasión de la zona federal en cauces (río Tomatal): en algunas áreas de la cuenca media de la subcuenca del río Tomatal se observó la invasión de la zona federal de los cauces, incluso en algunos cauces intermitentes se acondicionó el terreno para asentamiento humano, entre las causas de dicha problemática destacan el crecimiento urbano desordenado, los asentamientos irregulares, la falta de vigilancia y delimitación visible de la zona federal de los cauces. Como consecuencia acontece que en la época de lluvia se arrastran azolves y contaminantes hacia los cauces y adicionalmente las viviendas que se encuentran invadiendo la zona federal corren el riesgo de daños o pérdida de la vivienda y peligro de la propia vida.

Invasión de zona federal correspondiente a la Laguna de Tuxpan: uno de los problemas fuertes en la Laguna de Tuxpan es que no existe una delimitación oficial de la zona federal, se tiene como consecuencia la invasión de la laguna por asentamientos humanos y en algunos casos corrales o pastoreo de ganado generando azolves y contaminantes mismos que son arrastrados a la laguna.

Azolvamiento de la Laguna de Tuxpan: de acuerdo con los pobladores de Tuxpan se ha observado que en algunas partes de la laguna (en especial el lado oeste), el nivel del agua ha disminuido; y en otros sitios la mayor parte del año se encuentran cubiertos por azolve, siendo que anteriormente existía agua.

De acuerdo con la batimetría realizada por la CAPASEG –IMTA (2013) la profundidad máxima de la laguna es de cerca de 8 m, mientras que en donde ingresa el río Tomatal es de tan solo 2 m; la disminución de la profundidad se debe al aporte de sedimentos provenientes de dicho río. De acuerdo con Piperno (2007) la profundidad máxima de la laguna llegaba hasta los 20 m en los años ochenta. Una de las principales causas del azolvamiento es el aporte de sedimentos, en la subcuenca directa a la Laguna de Tuxpan se produce cerca de 10,000 t/año de sedimentos, mientras que la subcuenca del río Tomatal genera en promedio 18,700 t/año de sedimentos; por lo tanto, se generan anualmente 28,700 t/año de sedimentos en la cuenca. La diferencia de la producción de sedimentos en ambas subcuencas se debe a que en la subcuenca directa a la Laguna el uso de suelo es predominantemente forestal, mientras que en la subcuenca del río Tomatal predomina el área agrícola, lo que provoca una mayor pérdida de suelo.

Se estima que si llegara a presentarse un acelerado cambio del uso de suelo en la cuenca, se presentaría erosión hídrica que provocará la pérdida total de la Laguna de Tuxpan en aproximadamente 127 años.

Deterioro de la biodiversidad

La deforestación, la erosión, la invasión de las zonas federales de cauces y la laguna, el cambio de uso de suelo, la introducción de especies exóticas, contaminación, desigual aplicación de la legislación por parte de la autoridad de forma conjuntamente han propiciado la afectación del hábitat de algunas especies vegetales y animales en la cuenca, ocasionando un deterioro a la biodiversidad de la cuenca.

Introducción de especies exóticas a la laguna de Tuxpan: la introducción de especies exóticas, ya sea accidental o intencional causa cambios en las relaciones ecológicas de predación, hibridización, e introducción de enfermedades en las especies nativas. En la Laguna de Tuxpan se encuentra el pez sapo (*Hypostomus sp*), especie exótica invasora que habita en aguas dulces pocos profundas, ingiere los huevos y/o larvas de especies nativas o introducidas, exterminándolas y compiten con éstas por el alimento, la disminución o afectación de las especies nativas influye de manera negativa en la cadena trófica alimenticia de las especies en la laguna, y en la pesca.

8.2. MEDIO SOCIOECONOMICO

Alto grado de marginación

El alto grado de marginación se origina por la falta de políticas que propicien el desarrollo sustentable, insuficiente e ineficiente cobertura de servicios básicos como agua potable, alcantarillado y saneamiento, además del acceso limitado a los servicios de educación y salud y la falta de un programa de ordenamiento territorial, las consecuencias de ello es que el 83% de las localidades de la cuenca tienen un grado alto de marginación, existe un crecimiento urbano desordenado y se generan los cinturones de miseria que rodean a las poblaciones de la cuenca media, las personas que habitan estos sitios generalmente proceden de otras partes del Estado de Guerrero que por motivos de inseguridad han tenido que abandonar su lugar de origen.

8.3. GESTIÓN DEL AGUA

La política del agua en México se ha caracterizado por su gran centralización en el gobierno federal. Sin embargo, al revisar los procesos de negociación actuales, se muestra todavía la centralidad de este actor gubernamental en la definición de las acciones en el ámbito de la cuenca, respondiendo primordialmente a los mismos principios que se cuestionan en el enfoque de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), esto es, la gestión basada en la influencia que ejercen distintos grupos de interés para garantizar o asegurar su acceso al agua. A pesar de la emergencia de numerosos movimientos sociales, la dinámica institucional de la CONAGUA no le permite involucrarse en la problemática local del agua,

en donde en cualquiera de los casos, aparecen los actores locales como los agentes clave en el manejo del agua. El manejo local del agua mantiene su propia racionalidad de uso y lucha por el recurso, y pareciera que la gestión en el ámbito de cuenca les fuera totalmente ajena. En tanto que el arreglo institucional formal responde en gran medida a las líneas de política marcadas por la CONAGUA. Sin embargo, el efecto agregado de todas estas acciones para generar una política de cuenca, poco reconocen a los actores locales (Vargas *et al.* 2013).

En la cuenca Laguna de Tuxpan, la gestión del agua se ha realizado desde el aspecto de oferta en especial para abastecer a la población de la zona urbana, se diseña y construye obras hidráulicas que doten de mayor cantidad del vital líquido proveniente de otra cuenca donde se localiza la presa Valerio Trujano ubicada en el municipio de Tepecoacuilco, este proceso de gestión del agua se realiza de manera separada de la disponibilidad de agua y demanda, así como del desarrollo social y preservación del medio ambiente.

Falta de gobernanza en el sector hídrico de la cuenca: Entre las principales causas destacan las deficientes políticas públicas y la inadecuada respuesta institucional, que trae como consecuencia un modelo de desarrollo que no considera la toma de decisiones conjuntamente con la población de la cuenca, falta de coordinación interinstitucional que propicia la duplicidad de trabajo, con altas erogaciones y obtención de resultados parciales y mínimos. No se cuenta con registro y control de la infraestructura hidráulica pública y privada y finalmente se tiene el incremento de la degradación ambiental debido a desigual aplicación de la legislación por parte de la autoridad.

Falta de impulso a la investigación científica y el desarrollo tecnológico: La principal causa consiste en el insuficiente financiamiento nacional e internacional, que trae como consecuencias la falta de continuidad de los estudios y proyectos realizados en la cuenca, muchos de ellos solo se quedan en documento y no llegan a ser parte de una agenda de trabajo. Por otro lado no se cuenta con la suficiente infraestructura para la medición de las variables hidrológicas.

Falta de medición de variables hidrológicas (escurrimiento, lluvia, etc.) en la cuenca: La falta de medición de las variables hidrométricas se debe en parte a que no existen estaciones hidrométricas y solo una estación climatológicas en la cuenca.

La medición y registro del nivel del agua de la laguna se realiza de manera manual, esta responsabilidad recae en una sola persona, en épocas de lluvia esto se vuelve un problema serio porque se requiere del monitoreo constantemente de dicho cuerpo de agua, en otras palabras se necesita mayor personal y los registros de las mediciones en formato digital. Como consecuencia se carece de información fidedigna para evaluar la disponibilidad del recurso hídrico y en general de las variables hidrológicas.

Baja eficiencia en el uso de agua para riego: Cerca del 90% del volumen de aprovechamiento de agua superficial concesionado en la cuenca se destina para uso agrícola, esta agua es utilizada en el distrito de riego Emiliano Zapata en la localidad de Platanillo, entre las causas destaca la falta de tecnificación y capacitación en el riego a los agricultores, como consecuencia se tiene perdida de volúmenes de agua considerables.

Falta de registro y control de pozos privados en la cuenca: Existen pozos de uso privado sin un registro o control, únicamente en la localidad de Tuxpan, por medio de la Secretaría de Salud se cuenta con el registro de pozos privados con el propósito de otorgar productos de tratamiento del agua para su uso doméstico. En el REPDA no se consideran a todos los usuarios de agua en la cuenca, como consecuencia se desconocen los volúmenes de extracción verdadera del agua subterránea correspondiente al acuífero de Iguala.

Insuficiente e ineficiente cobertura de servicios básicos (agua potable, alcantarillado y saneamiento): En nuestro país de acuerdo con INEGI (2010) el porcentaje de viviendas con disponibilidad de agua fue de casi 89%, esto significa más de 74 millones de personas, mientras que para el estado de Guerrero se reporta una cobertura de agua potable del 62%, el más bajo de todo el país. En la cuenca Laguna de Tuxpan de acuerdo con INEGI (2010) en promedio menos del 50% de las localidades cuenta con agua potable en sus hogares, de acuerdo con visitas de campo y entrevistas realizadas a la población coincide en que efectivamente el acceso al agua es un problema serio en la cuenca.

Respecto al servicio de drenaje en el ámbito nacional en 2010 el 89% de las viviendas contaban con drenaje, mientras que en Guerrero la cifra fue del 72% (INEGI, 2010). En la cuenca Laguna de Tuxpan cerca del 50% de las viviendas no cuenta con servicio de drenaje, la zona urbana presenta una cobertura de 69% mientras que la zona rural tan solo el 51%, respecto a sanitarios dentro de las viviendas la cobertura es menor del 90%.

La insuficiente e ineficiente cobertura de servicios en la cuenca tiene diferentes causas, como la falta de planeación a largo plazo de la prestación de servicios básicos que incluya a toda la población, el crecimiento urbano desordenado, la desigual distribución del agua y la existencia de comunidades rurales alejadas y con un bajo número de habitantes por ejemplo la Colonia el Tomatal (Km 128) y Tepantlán que cuentan con menos de 100 habitantes, y en donde se dificulta la prestación de servicios básicos de forma convencional.

Como consecuencia parte de la población no cuenta con la cantidad, ni calidad de agua necesaria para cubrir las necesidades de uso doméstico, es especial las personas de bajos recursos económicos quienes tienen que comprar agua de pipa y construir cisternas para almacenar el agua, por otra parte, las personas en especial niños y mujeres que acuden a lavar la ropa a la Laguna de Tuxpan corren el riesgo de enfermarse debido a la contaminación del agua. En las viviendas que no cuentan con drenaje la población debe invertir en la construcción de fosas sépticas.

Insuficiente capacidad local para asumir los procesos de descentralización de la gestión del agua: Las causas de dicha problemática son múltiples, destacan por su relevancia la falta de conocimiento sobre los procesos para la gestión del agua, además no se dispone de espacios de concertación y coordinación y finalmente se carece de iniciativas, desinterés y apatía de la población y conflicto de intereses. Todo ello trae como consecuencia la ausencia o desigual participación de los usuarios y población en la resolución de la problemática vinculada al agua en la cuenca.

Tabla 17. Problemática principal en torno al agua en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Aspectos	Problemas	Causas	Consecuencias
MEDIO AMBIENTAL	Deterioro de la calidad del agua	Aporte de azolves que contienen nutrientes	Contaminación del agua por elementos como N y P precursores de eutroficación
		Vertido de aguas residuales de algunas localidades	Efectos adversos en la población que utiliza el agua contaminada con coliformes fecales.
		Uso excesivo de agroquímicos en la agricultura	Contaminación del agua y suelo por los residuos de agroquímicos como atrazina.
		Basura	Afectación al subsuelo y cuerpos de agua por arrastre de lixiviados, y mala imagen de la cuenca para los visitantes
	Erosión y producción de sedimentos	Deforestación	Mayor susceptibilidad del suelo a la pérdida de suelo que provoca azolvamiento en la laguna, menor infiltración para recarga de manantiales y acuíferos y pérdida de especies animales y vegetales.
		Agricultura sin mejores prácticas de manejo	Mayor producción de azolves, disminución de la fertilidad del suelo.
Invasión de zona federal de cauces y laguna		Contaminación del agua por coliformes fecales, aguas grises y producción de azolves.	
MEDIO SOCIOECONÓMICO	Alto grado de marginación	Insuficiente e ineficiente cobertura de agua potable y alcantarillado	El 83% de las localidades sin acceso a los servicios básicos
		Falta de un programa de ordenamiento territorial	Crecimiento urbano desordenado
		Falta de políticas públicas que propicien el desarrollo sustentable	Cinturones de miseria que rodean a poblaciones de la cuenca media.

Aspectos	Problemas	Causas	Consecuencias
GESTIÓN DEL AGUA	Falta de gobernanza en el sector hídrico de la cuenca	<p>Deficientes políticas gubernamentales</p> <p>Inadecuada respuesta institucional</p>	<p>Modelo de desarrollo que no considera la toma de decisiones conjuntamente con la población local.</p> <p>Falta de coordinación interinstitucional que propicia la duplicidad de trabajo, con altas erogaciones y obtención de resultados parciales y mínimos.</p> <p>Falta de registro y control de la infraestructura hidráulica pública y privada.</p> <p>Incremento de la degradación ambiental debido a desigual aplicación de la legislación por parte de la autoridad.</p>
	Falta de impulso a la investigación científica y el desarrollo tecnológico	Insuficiente financiamiento nacional e internacional	Falta de continuidad de los estudios y proyectos realizados en la cuenca. Insuficiente infraestructura para medición de variables hidrológicas
	Insuficiente capacidad local para asumir los procesos de descentralización de la gestión del agua.	<p>Falta de conocimiento sobre los procesos para la gestión del agua</p> <p>Falta de espacios de concertación y coordinación</p> <p>Falta de iniciativas, desinterés y apatía de la población y diferentes intereses</p>	Ausencia o desigual participación de los usuarios y población en la resolución de la problemática vinculada al agua en la cuenca.

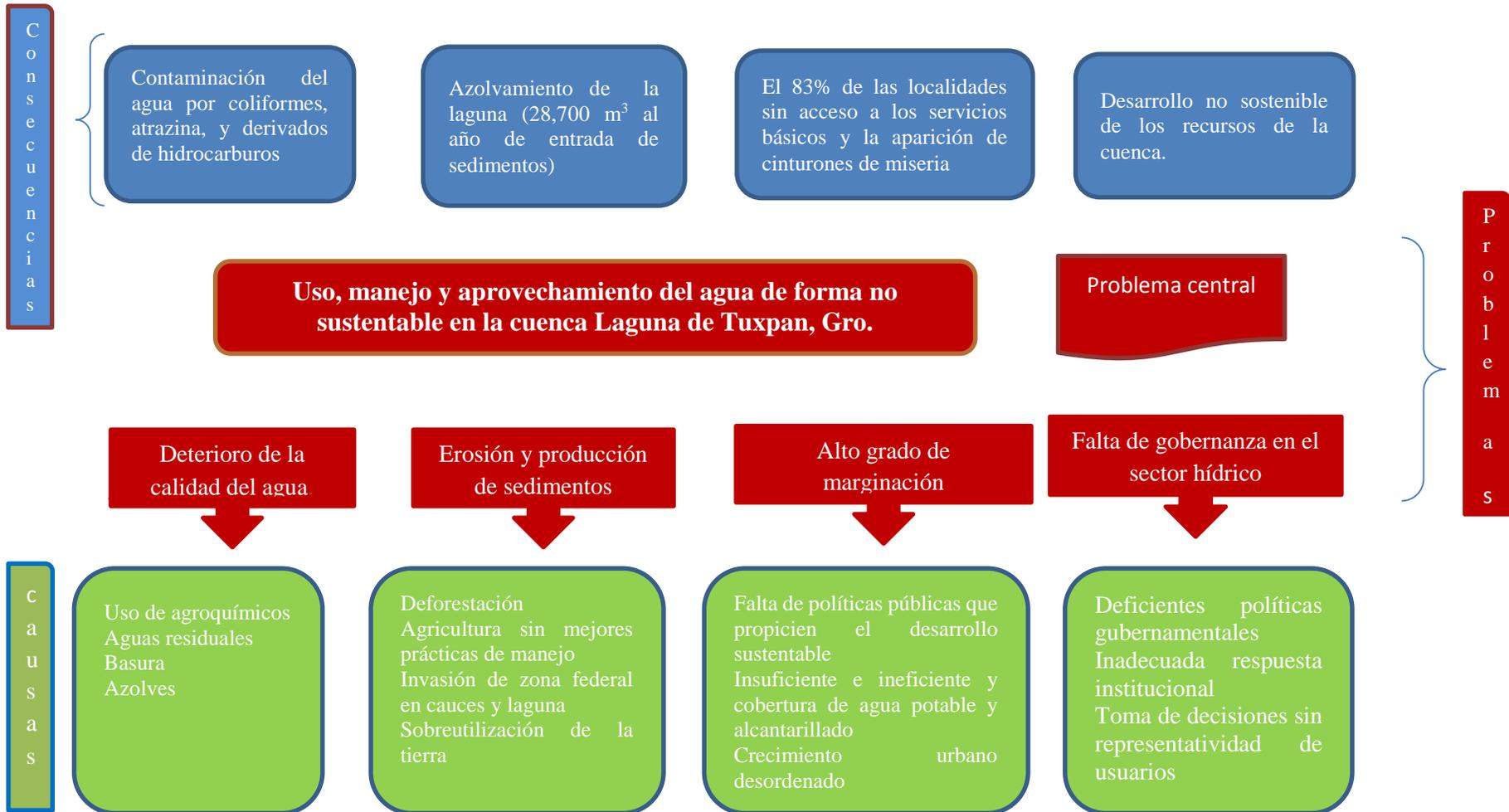


Figura 45. Problemática relaciona al recurso hídrico en la cuenca Laguna de Tuxpan, Gro.

Fuente: Elaboración propia con base en revisión bibliográfica y trabajo en campo.

9. LINEAMIENTOS PARA EL USO, MANEJO Y APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DEL AGUA EN LA CUENCA LAGUNA DE TUXPAN, GRO.

En el ámbito local se puede observar la interacción e impacto del recurso agua en las diferentes actividades y sectores de la cuenca, las cuales se definen de acuerdo con las características físicas y socioeconómicas del sitio de interés. En la cuenca Laguna de Tuxpan se realizó la caracterización de la cuenca considerando la relación entre el medio natural, el socioeconómico y las acciones de gestión del agua, lo que aportó información sobre el uso, manejo y aprovechamiento del recurso hídrico en las diferentes actividades de la cuenca y la problemática en torno al agua; con esta información se identificó una serie de lineamientos que sirvan para sentar las bases para iniciar el camino hacia el uso, manejo y aprovechamiento sustentable del agua en dicha cuenca. Dichos lineamientos se mencionan enseguida.

Desarrollar un programa para el uso, manejo y aprovechamiento sustentable del agua en la cuenca

La gestión del agua en la cuenca Laguna de Tuxpan debe realizarse considerando la ubicación y distribución de las comunidades de acuerdo con los distintos pisos altitudinales en que están establecidas, ya que tienen mucha similitud en cuanto a la problemática que tienen en torno al recurso hídrico, sus causas y consecuencias, además de las actividades humanas, vías de comunicación y las actividades relacionadas con el uso del agua. Es necesario realizar

diagnósticos conjuntos con los habitantes de las localidades lo que permitirá focalizar la atención conforme a las necesidades reales.

El programa a desarrollar debe contener las líneas generales de acción bien definidas, las modificaciones a la legislación local existente, la conformación de los grupos de trabajo necesarios y la creación de instituciones de coordinación local; en este programa se deben definir las líneas de acción, las estrategias, los objetivos y el establecimiento de metas en el ámbito local pero sin perder la visión regional.

Impulsar la creación del comité de la cuenca Laguna de Tuxpan. Gro.

Debe existir una instancia a cargo de la gestión del agua en la cuenca y para ello se propone con base en la LAN la conformación del Comité de Cuenca Laguna de Tuxpan. Dicho Comité estará integrado por representantes de los distintos actores de la cuenca como son: los usuarios de agua, las autoridades comunitarias, la población, las instituciones, las organizaciones civiles, entre otros. El objetivo central del Comité será lograr el buen uso, manejo y aprovechamiento sustentable del agua en la cuenca y con ello avanzar para instalar el enfoque de la GIA en la cuenca. Si el Comité de Cuenca se instala con base en la LAN tendrá reconocimiento jurídico y representatividad social, por lo que se asegura su funcionamiento a largo plazo.

Una vez que se haya conformado el Comité, será necesario otorgar capacitación a los diferentes actores de la cuenca (que estarán conformados por los representantes de los

usuarios, de la población local, de las instituciones públicas y privadas, de las organizaciones formales e informales, etc.) que tienen injerencia y utilizan el recurso agua en la cuenca. La capacitación estará centrada en temas relacionados con el uso, manejo y aprovechamiento sustentable del agua, así como en el enfoque de la GIA como estrategia para la resolución de los problemas asociados al agua. Dicha capacitación podrá realizarse mediante mesas de debate, conferencias, talleres, cursos, entre otros.

Desarrollar políticas públicas que atiendan la problemática específica de la cuenca

Actualmente sucede que la agenda de trabajo y los temas que se abordan en una reunión entre las autoridades a cargo del manejo del agua y la población local, está previamente ya diseñada por la parte institucional, y como resultado la población local solo juega el papel de asistente y validador de los acuerdos de dichas reuniones; por ello es necesario que la agenda de trabajo se construyan con base en las necesidades y participación de la sociedad.

Inducir a que dentro de las representaciones tanto de la Comisión de Agua del Estado, como de los organismos operadores, de las direcciones de agricultura y ganadería de los diferentes órdenes de gobierno (donde se incluye la CONAFOR, CONAGUA, SAGARPA, etc.), se difunda y se den a conocer las necesidades particulares de la cuenca en relación a solucionar la problemática que se tiene en torno al agua.

Capacitación a los ejidatarios sobre la importancia de la conservación del agua y bosque, además del conocimiento de que pueden acceder a formas de obtener ingresos provenientes

por el pago de servicios ambientales, y del financiamiento y subsidios de ONG's para realizar programas y proyectos en la cuenca, entre otras.

Promover y establecer las bases de mecanismos de participación ciudadana

De acuerdo con el IV Foro Mundial del Agua (2006), uno de los factores claves en la gobernanza del agua con éxito consiste en la creación de mecanismos efectivos para la participación de la sociedad civil y su apoderamiento a ciertos ámbitos. Los usuarios y las asociaciones de usuarios de agua deben estar integrados en el proceso de toma de decisiones a través de un proceso de participación, con base en esto se propone:

- Establecer esquemas para la promoción de la participación social de los habitantes de la cuenca, involucrando a las comunidades en las políticas sectoriales de las instituciones que desarrollan sus actividades en la región. Una sociedad participante y con acceso a información de calidad, será menos susceptible a la politización de proyectos a desarrollarse en la región.
- Fortalecer o crear los espacios y las capacidades individuales, colectivas e institucionales locales y/o regionales para la participación social en la planeación, gestión, ejecución y evaluación de actividades de manejo sustentable de los recursos relacionados con el recurso agua. Los mecanismos para conseguirlo deberán ser tan diversos como los propósitos y la orientación de los grupos a quienes se desea impactar, por lo que habrá que valerse de talleres comunitarios de capacitación,

promoción en medios de comunicación, conferencias en escuelas y espacios públicos, trabajo con legisladores, funcionarios públicos, consultas, encuestas, foros de discusión, entre otros.

- Desarrollo de capacidades locales para el uso, manejo y aprovechamiento sustentable del agua con programas de educación ambiental, capacitación de actores claves, así como talleres para los distintos grupos de usuarios.
- Equidad de género a través de la inclusión y mayor participación de la mujer en los procesos de planificación y toma de decisiones con relación a la gestión del agua y proporcionar incentivos cuando ocupe algún cargo público de representación en la cuenca.

Lo anterior se puede aplicar en la cuenca de la Laguna de Tuxpan como estrategias para lograr que la participación de la población sea amplia y sobretodo más participativa para la toma de decisiones que le competen en la solución de la problemática en torno al recurso agua tan vital para su supervivencia y desarrollo.

Incrementar la cobertura de los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento en comunidades marginadas

Proporcionar asesoría y capacitación sobre los lineamientos, programas, requisitos, gestión y formas de participación de la población de las localidades que no cuentan con los servicios

básicos de agua y saneamiento para que tengan acceso a los programas federales, estatales o municipales.

Otra estrategia para incrementar la cobertura de estos servicios es la promoción de tecnologías sencillas, eficientes y de bajo costo al alcance de las comunidades marginadas, que se conocen como tecnologías apropiadas mismas que se describen a continuación:

Tecnologías apropiadas: se propone la implementación y difusión de tecnologías apropiadas sencillas, eficientes y de bajo costo, de acuerdo con las necesidades de la población y a los recursos con los que se cuente, así como con las características del lugar. Enseguida se mencionan algunos ejemplos de tecnologías apropiadas que se pudieran implementar en la cuenca.

Captación de agua de lluvia: De las 13 localidades en la cuenca Laguna de Tuxpan, seis no cuentan con servicio de agua potable, estas localidades se ubican en la parte alta y media de la cuenca, cuentan con una población inferior a 250 habitantes cada una, son localidades alejadas en las que económicamente no es viable proporcionar el servicio de agua potable de manera habitual, se propone por tanto la captación de agua de lluvia a través de los techos de las viviendas y utilizando materiales ya existentes como tinacos o estanques en donde almacenan actualmente el agua (que compran el servicio a las pipas). Es importante tomar como referencia ejemplos de viviendas que captan el agua de lluvia en la zona rural y urbana de la cuenca.

Baños secos: para las localidades rurales que tienen baja cobertura de servicio de alcantarillado, se puede implementar la utilización de los baños secos, ya que estos no requieren agua para su uso ni red de alcantarillado. Por otra parte se sugiere un proyecto ejecutivo para el diseño y construcción de la red de alcantarillado y colectores marginales en las colonias de Iguala que no cuentan con este servicio y sobretodo que se identifique previamente que esta opción es más viable que el utilizar los baños secos. Además de la planificación tanto para la gestión, como para la puesta en marcha, capacitación, apropiación y evaluación de dichas tecnologías, lo que se pretende es llegar a que la sociedad sea capaz de implementar estas tecnologías sin depender totalmente de agentes externos o programas de gobierno.

Fortalecer las capacidades técnicas, científicas, tecnológicas y administrativas en las instituciones del sector agua con injerencia en la cuenca

Coordinación interinstitucional: es necesario que se logre la coordinación de las instituciones que tienen injerencia en la cuenca para que los programas o proyectos que se implementen sean complementarios, y que no se contrapongan o dupliquen trabajo e inversiones. Para que esto se logre, se requiere primero que la sociedad participe y se tomen decisiones conjuntas sobre los mejores proyectos con base en las características locales, y lograr la participación plena de los habitantes en corresponsabilidad con las instituciones.

Asegurar el uso eficiente y racional del agua

Para lograr que se tenga un uso eficiente del agua en las áreas agrícolas, se propone enfocarse en lo siguiente:

- Mejoramiento de la infraestructura de riego en la zona agrícola de la cuenca para disminuir las pérdidas por conducción.
- Promoción de sistemas de riego más eficientes y tecnificación de los distritos de riego para una aplicación eficiente del agua.
- Para conocer el balance de los volúmenes de agua para cada uno de los usos en que se utiliza, se debe contar con mediciones de las variables hidrometeorológicas para tener información de calidad y actual para realizar un balance de la distribución del agua en la cuenca lo más aproximado a la realidad.
- Proyectos y programas para la construcción de lavaderos públicos y tratamiento de aguas grises para evitar que las personas sigan lavando dentro de la Laguna de Tuxpan.
- Programas de tratamiento de aguas residuales y acuerdos para no descargar directamente las aguas negras o grises a la Laguna de Tuxpan.

Conservar y recuperar los recursos bosque y suelo

En cuanto al bosque y el suelo, para llegar a conservarlos y recuperarlos, se puede implementar lo siguiente:

- Conservación del bosque y suelo en la cuenca a través de proyectos que fomenten el pago por servicios ambientales.
- Fomentar que en la agricultura se apliquen y utilicen mejores prácticas de manejo en la cuenca utilizando en la medida de lo posible material local existente (piedra para construir barreras y presas, vegetación y especies nativas para reforestación, etc.).
- Asesoría y capacitación para el control biológico de plagas de los cultivos y aplicación de abonos verdes en la agricultura.

Manejo y disposición de sólidos: se recomienda la ubicación de rellenos sanitarios en sitios que cumplan con los requisitos específicos para su funcionamiento donde no afecten ni impacten el medio ambiente, además, se debe orientar a la población respecto a la importancia y a la forma de separar la basura, y considerar además, que de acuerdo con la comunidad o colonia, se haga una planificación específica sobre el manejo de la basura, ya que la basura orgánica se puede utilizar para, por ejemplo, generar composta de donde se obtiene abono orgánico para fertilizar los cultivos.

Limpieza de barrancas: no solo bastará con un programa de limpieza, se debe trabajar con la población en la prevención para no continuar tirando la basura en las barrancas y al mismo tiempo, se debe implementar un reglamento y aplicar la ley para castigar a quien la infrinja.

10. CONCLUSIONES

El trabajo de investigación realizado en la cuenca Laguna de Tuxpan, permitió obtener suficiente información para sustentar las siguientes conclusiones:

1.- La problemática en torno al agua en la cuenca Laguna de Tuxpan se puede diferenciar en aspectos ambientales, socioeconómicos y de gestión. En los primeros se encuentra el deterioro de la calidad del agua por vertidos de agua residual, partículas de suelo, agroquímicos, derivados de hidrocarburos y basura, así como la erosión y producción de azolves cuyo origen es la deforestación, agricultura sin la aplicación de mejores prácticas de manejo, y la invasión de zona federal en cauces y laguna. El principal problema socioeconómico lo constituye el alto grado de marginación que se presenta en más del 80% de las localidades de la cuenca originado por insuficientes e ineficientes servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, un crecimiento urbano desordenado y la falta de políticas públicas que propicien el desarrollo sustentable de la cuenca. En el aspecto de gestión, sobresalen la falta de gobernanza en el sector hídrico originada por la aplicación de deficientes políticas gubernamentales e inadecuada respuesta institucional para la resolución de la problemática del sector hídrico; así como insuficientes capacidades locales para atender organizadamente la problemática y asumir los procesos de descentralización de la gestión del agua en la cuenca, cuyo origen radica en la falta de iniciativas, desinterés, apatía de la población y diferentes intereses, falta de espacios de concertación y coordinación y falta de conocimiento sobre los procesos para la gestión del agua.

2.- La problemática señalada no ha escalado a la aparición de conflictos los cuales aún no se manifiestan, pero podrían desencadenarse en virtud del panorama descrito de inequidad y desigualdad social imperante en la cuenca, con las limitaciones de acceso a los servicios básicos de agua y saneamiento, así como la nula posibilidad de una mejoría en el nivel de vida de los pobladores. Por ello, es impostergable trabajar en la resolución de los problemas actuales vinculados al agua, realizando la gestión de las intervenciones de los diferentes actores sociales e institucionales sobre los componentes del medio natural, socioeconómico e infraestructura, cuyo énfasis de actuación se oriente hacia corregir las causas y no a los efectos de la problemática.

3.- Es urgente iniciar acciones que conduzcan al uso, manejo y aprovechamiento del agua en la cuenca Laguna de Tuxpan de forma sustentable y con ello transitar hacia la implementación del enfoque de Gestión Integrada del Agua como estrategia para abordar la solución de los problemas en torno al agua y sus recursos asociados en la cuenca. Para ello, se puede seguir una serie de lineamientos en los que sus principales elementos son: la elaboración de un programa para el uso, manejo y aprovechamiento sustentable del agua; impulsar la creación de una instancia de concertación y coordinación integrada por los actores sociales e institucionales de la cuenca; desarrollar políticas públicas que atiendan la problemática específica de la cuenca; promover y establecer las bases de mecanismos de participación ciudadana; incrementar la cobertura de los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento en comunidades marginadas; fortalecer las capacidades técnicas, científicas, tecnológicas y administrativas en las instituciones del sector agua con injerencia en la cuenca;

asegurar el uso eficiente y racional del agua; así como conservar y recuperar los recursos bosque y suelo.

4.- La puesta en marcha del enfoque de Gestión Integrada del Agua en la cuenca Laguna de Tuxpan plantea diferentes retos ya que, se transita del marco convencional de trabajar bajo el enfoque de la oferta de agua, hacia este nuevo enfoque cuyos desafíos son posibilitar la integración de problemas y sectores, lo que le confiere un carácter multisectorial indispensable para la atención de la problemática del medio natural, socioeconómico y de gestión; que promueva una gestión participativa con las comunidades y pobladores de la cuenca; que permita la toma de decisiones en forma conjunta vinculando efectivamente las aspiraciones e intereses de los pobladores y habitantes de la cuenca con las recomendaciones de los expertos técnicos y las directrices políticas a través de un proceso de negociación continuo de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo; y que promueva la descentralización de las responsabilidades de planificación y gobernanza a las autoridades locales.

El principal reto para la puesta en marcha de este nuevo enfoque será lograr que sea compartido y que se apropien del mismo tanto los diferentes actores sociales de la cuenca, evolucionando de la actual actitud pasiva hacia una activa y responsable, así como los actores institucionales que actúan como autoridades normativas trabajando inercialmente con los métodos y enfoques convencionales. Para ello, será necesario fortalecer las capacidades institucionales y locales con el fin de que puedan entender y administrar los procesos y enfoques multisectoriales necesarios para la gestión eficaz de la problemática del agua en la cuenca, otorgándoles el acceso a las fuentes de información sobre la cuenca de la Laguna de

Tuxpan mismas que deberán ser abiertas y compartidas, y la implementación de procesos de aprendizaje incorporados al nuevo enfoque de gestión integrada del agua en la cuenca.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio, A. (2014, 10 de octubre). Detectan bacteria del cólera en Laguna de Tuxpan y Río San Juan, emite la Secretaría de Salud alerta para prevenir los contagios. *Diario 21*. Periódico Plural del Estado de Guerrero. Recuperado el 16 de mayo de 2015, de http://www.diario21.com.mx/?cmd=displaystory-print&story_id=135094&format=print
- Barrantes, G. & Castro, E. (1999). *Estructura tarifaria hídrica ambientalmente ajustada: Internalización del valor de variables ambientales*. Costa Rica: Servicios de Economía Ecológica Heredia.
- Cabrera, C., Bonilla, N., Tornero, M., & Castro A. (2006). *Monitoreo de coliformes fecales y huevos de helmintos en agua de sedimentos (lodos) de la presa Manuel Ávila Camacho*. Departamento de microbiología. Facultad de Ciencias Químicas. México: Benemérita Universidad de Puebla.
- Campos, A. D. (2007). *Estimación y Aprovechamiento del Escurrimiento*. San Luis Potosí, México: [s.n.]
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (2006). *Curso: Gestión Integral de cuencas Hidrográficas*. Colombia. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Colegio de México. (2012). *Hacia una buena gobernanza para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos*. Documento de posicionamiento. Proceso regional de las Américas. Dirigido por Dra. Judith Domínguez Serrano. VI Foro Mundial del Agua. Marseille, Francia. Recuperado el 6 de marzo de 2014, de http://www.gwp.org/Global/GWP-CAm_Files/Gobernanza%20para%20la%20GIRH.pdf

Comisión Brundtland. (1987). *Nuestro futuro común*. Resolución 42/187 de la Asamblea General; Inglaterra: Oxford University Press.

Comisión de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento del Estado de Guerrero (CAPASEG) – Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (2013). *Estudio para la identificación de las causas, niveles y grado de contaminación ambiental en la Laguna de Tuxpan; Gro.* Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua. Jiutepec, Morelos.

Comisión del Agua del Estado de México (CAEM). (2010). *Cultura del Agua*. Secretaría del Agua y Obra Pública, Recuperado el 7 de mayo 2013, de http://caem.edomex.gob.mx/que_es_la_cultura_del_agua

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2012) *Situación del Subsector de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. SEMARNAT. México.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2009). *Semblanza Histórica del Agua en México*. Distrito Federal, México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2013). *El 82% por ciento de la deforestación en México es por cambio de uso de suelo*. Jalisco, México: CONAFOR.

CONAGUA & Consejo Mundial del Agua. (2006b). *Desarrollo Institucional y Procesos Políticos*. Documento Temático Perspectiva Transversal B. Ciudad de México: IV Foro Mundial del Agua.

Consejo de Cuenca del Valle de México (CCVM). (1997). *La cuenca hidrográfica como territorio para la Gestión Integral del Agua*. Recuperado 12 de febrero de 2013, de http://siga.cna.gob.mx/siga/regionales/valle_mexico/region-xiii/html/consejo_cuenca.html

Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2011). *Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010*. Colección: Índices Sociodemográficos. México: CONAPO.

De la O., M. (2008, marzo 3). La contaminación podría truncar el proyecto ecoturístico en la Laguna de Tuxpan, Iguala. *La Jornada Guerrero*. pp. 35.

Diario Oficial de la Federación. (2011). Art. 4. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Capítulo 1 De los Derechos Humanos y sus Garantías. Publicado el 10 de junio 2011.

Diario Oficial de la Federación. (2013) Acuerdo por el que se da a conocer los resultados de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 653 acuíferos de los Estados Unidos México, mismos que forman parte de las Regiones Hidrológicas –Administrativas que se indican. Publicado el 20 de diciembre de 2013.

Dourojeanni A. & Jouravlev A. (2001) *Crisis de gobernabilidad en la gestión del agua*. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Dourojeanni, A., Jouravlev, A. & Chávez, G. (2002). *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile: CEPAL.

Dourojeanni, A. C. (2013). *La gestión de las intervenciones sobre el agua y las cuencas; Conflictos, autoridades y gestión del agua por cuenca en el Perú*. Recuperado el 19 de junio de 2014, de

http://www.academia.edu/5266652/CONFLICTOS_AUTORIDADES_y_GESTI%C3%93N_DEL_AGUA_POR_CUENCA

Figuroa, S. B., Amante O. A., Cortés T. H. G., Pimentel L. J., Osuna C. E. S., Rodríguez O. J. M. & Morales F. F. J. (1991). *Manual De Predicción De Pérdidas De Suelo Por*

Erosión. México: CREZAS. Colegio De Postgraduados. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Global Water Partnership (GWP) &. International Network of Basin Organizations (INBO). (2009). *Manual para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en cuenca*. Paris, Francia: Ministerio de Relaciones Exteriores de Francia.

Global Water Partnership (GWP). (2011). *¿Qué es la GIRH. Por una eficaz gestión del agua*. Principales desafíos. Recuperado el 17 de abril de 2013, de <http://www.gwp.org/GWP-Sud-America/PRINCIPALES-DESAFIOS/Que-es-la-GIRH/>

González, M., Volke H., González, R, Ocampo, P., Ortiz, S., Manzo R., (2007). Efecto de la erosión del suelo sobre el rendimiento de maíz de temporal en la cuenca Laguna de Tuxpan. *Terra Latinoamericana*. Vol. 25 (4), pp. 399-408

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Porcentaje de viviendas particulares habitadas con la disponibilidad de drenaje por entidad*. Aguascalientes, México: INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *XIII Censo de Población y Vivienda 2010*. Aguascalientes, México: INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2012) Aspectos generales del territorio mexicano. Recursos Naturales. Edafología. Disponible el 11 de febrero de 2014, de <http://mapserver.inegi.org.mx>.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2014). *Erosión de suelos en México*. Aguascalientes, México. INEGI.

- International Union of Soil Sciences (IUSS) (2007). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. (Primera actualización 2007). Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. Roma: FAO.
- Keller, J., A. Keller & G. Davids, (1996). River basin development phases and implications of closure. *Journal of Applied Irrigation Science*, vol. 33, núm. 2, pp. 145-163.
- Ley de Aguas Nacionales (LAN) (1992). Artículo 3, Fracción XVI. Cuenca hidrológica. México. Diario Oficial de la Federación. (Publicado el 1 de diciembre de 1992). México: DOF.
- Ley de Aguas Nacionales (LAN) (2004). Artículo 3, Fracción XV. Consejos de Cuenca. México. Diario Oficial de la Federación. (Publicado el 1 de diciembre de 1992). México: DOF.
- Ley de Aguas Nacionales (LAN) (1992). Artículo 3, Fracción XXIX. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. México. Diario Oficial de la Federación. (Publicado el 1 de diciembre de 1992). México: DOF.
- Nova, M., Almaraz, N., Bahena, T., Cruz, P., & Puebla O., (2011). Riqueza y abundancia de Aves en la Subcuenca Laguna de Tuxpan, Guerrero. *Universidad y Ciencia*. Vol. 27, núm. 3. Pp. 299-313.
- Odum, E. (1986). *Fundamentos de Ecología*. Distrito Federal, México: Editorial Interamericana.
- Ordoñez G. J. (2011). *¿Qué es una cuenca hidrológica? Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Foro Peruano para el Agua -GWP, Lima Perú.

- PNUD. 2006. *Informe sobre Desarrollo Humano 2006. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua*. Edit. Grupo Mundi-Prensa. México, D.F. 422 pags.
- Piperno, D.R., J.E. Moreno, J. Iriarte, I. Holst, M. Lachniet, J.G. Jones, A.J. Ranere & R. Castanzo, (2007). *Late Pleistocene and Holocene environmental history of the Iguala Valley, Central Balsas Watershed of Mexico*. PNAS Vol. 104 (9): 11874 – 11881.
- Registro Público de Derechos de Agua (REPDA). (2014). *Iguala Guerrero*. México: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).
- Servicio Geológico Mexicano (SGM). *Carta geológica – minera*, Iguala con clave: EA14A78, Guerrero y Morelos. México: Secretaria de Economía.
- UNESCO. (2014). *Cultura del Agua*. Programa Hidrológico Internacional. Recuperado el 19 de junio de 2014, de <http://www.unesco.org/uy/phi/aguaycultura/gn/inicio/cultura-del-agua.html>
- Valencia V. J., Díaz N. J. & Vargas M. L. (2004). *La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en México, un nuevo paradigma en el manejo del agua*. El manejo integral de cuencas en México Segunda edición. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Vargas, V. S., Vázquez del M. R., Uribe, V. R. Lambarri, B. J., Soares, M. D., Millán, M. G., Romero, P. R. & Rivero, B. M. (2013). *Prevención de Conflictos y Cooperación en la Gestión de los Recursos Hídricos en México*. Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
- World Water Assessment Programme (WWAP). (2012). *Managing Water under Uncertainty and Risk. The United Nations World Water Development Report 4*. Vol. 1. pp 140-141: UNESCO.

12. ANEXO

1. GUÍA DE ENTREVISTA PARA LA CUENCA LAGUNA DE TUXPAN, GUERRERO

A) GUÍA PARA APLICACIÓN A LÍDERES COMUNITARIOS, AUTORIDADES LOCALES Y POBLADORES

Nombre de la persona entrevistada: _____

Localidad: _____

Cargo o puesto popular en su localidad: _____

A. Fuentes de abastecimiento de agua

Manantial _____, pozo _____, laguna: _____ otro: _____

B. Disponibilidad del Agua

1. Tipo de acceso del agua a la comunidad o municipio

Agua entubada: _____ pipas: _____ Otro: _____

2. ¿Quién le otorga el servicio? municipio _____, pipas particulares _____ otro:

3. Cada cuándo obtiene el servicio de agua: siempre _____, por tandeo: _____

4. ¿Es suficiente la cantidad? Si: ____ No: ____
¿porque? _____
5. Cuánto paga por el servicio de agua?

6. ¿Cómo es la calidad del agua? Buena _____, regular _____, mala _____
7. ¿Compra agua de garrafón? Si ____ No: ____ ¿Cada cuándo? _____ ¿Qué tanto
gasta con la compra de agua?: _____ semanal _____, mensual _____

C. Problemas por el agua

8. ¿Tienen problemas por el agua (acceso, administración, etc.)? si ____, no _____
9. . ¿Qué tipo de problemas?

10. Existe contaminación del agua en la cuenca : si __ no ____
Causas de la contaminación:

11. ¿Existe conflicto por el uso de agua? Si ____ No ____, desde cuándo : _____

12. ¿Cuáles son los conflictos por el agua existente en la cuenca o comunidad?

13. ¿Con quién(es) son los problemas o conflictos?

Autoridades: _____ Vecinos: _____ Colonias: _____ Industrias: _____
cerezo: _____, Otros: _____

14- Quienes son afectados en mayor proporción por los problemas existentes en la

cuenca: Mujeres: _____ niños: _____ agricultores: _____, empresarios:
_____, pescadores: _____, turistas: _____, todos: _____
otros: _____

15. ¿Qué se está haciendo para solucionar los problemas del agua en la cuenca Laguna de Tuxpan?

16. ¿Considera usted que lo que se está haciendo ayuda a conocer y cuidar mejor el agua?

17. ¿Cuáles son las opciones o caminos de solución que usted considera deberían existir?

E. Organización social en torno al problema del agua u otro recurso natural

15. ¿Existen comités de agua en su comunidad o alguna forma de organizarse para tratar asuntos relacionados al agua y cómo funcionan?

16. Existe alguna organización civil o gubernamental que participe para la búsqueda de solución de la problemática del agua existente en la cuenca y sabe cuáles son?

17. ¿Conoce alguna propuesta o programa de trabajo respecto al agua que se realice en su comunidad o cuenca? Si ___ No: ___ ¿Cuáles son y qué resultados se han obtenido? _____

18. En su opinión ¿Quiénes deberían responsabilizarse del cuidado del agua tanto de la laguna como de los manantiales en la cuenca?

19. ¿Considera usted que la participación del hombre y mujer es igual en la búsqueda de solución de los problemas? Si: ____ No: ____

Porque: _____

Comentarios, sugerencias u opinión

B) GUÍA PARA APLICACIÓN A FUNCIONARIOS, ACADÉMICOS Y ONG´S**Identificación del entrevistado**

Breve reseña biográfica (nombre, puesto, experiencia)

Nombre del entrevistado:

Puesto:

Lugar:

Problemática en torno al agua en la cuenca Laguna de Tuxpan

1. ¿Cuáles son los problemas relacionados a los recursos naturales de la Cuenca Laguna de Tuxpan?

2. ¿Cuál es la relación de estos problemas con el agua?

3. ¿Estos problemas son recientes?

Si:___ No:___ tiempo___ años.

4. ¿Quiénes intervienen en ellos, tanto en el problema como en la solución?

Autoridades: _____, privados: _____, ejidatarios _____ sociedad: _____, nadie:
_____, no sabe: _____ Otros:

5. ¿A qué considerada usted que se deban los problemas?

6. ¿La cuenca ha tenido problemas para el abasto del agua suministrada a los distintos usuarios (domésticos, agrícolas, industriales, etc.) en los últimos diez años? ___ ¿Qué tipo de problemas?

7. ¿La cuenca ha tenido problemas con la calidad del agua suministrada a los distintos usuarios en los últimos diez años? Si ___no: ___¿Qué tipo de problemas?

8. ¿Quiénes son los que más contribuyen a en el deterioro del agua? ¿Por qué?

Opciones de solución en torno a la problemática del agua

9. Qué se está haciendo para solucionar los problemas del agua en la cuenca Laguna de Tuxpan?

10. ¿Cuáles considera usted son las opciones de solución para la problemática en torno al agua?

11. ¿Quién resuelve o debería resolver los problemas relacionados al agua?

12. Existen reglamentos, leyes o acuerdos actualmente en relación al manejo y administración del agua en la cuenca? Si___ No___.

¿Cuáles son?

13. Considera usted que han cumplido con sus objetivos iniciales dichos acuerdos o reglamentos? Si___, No: ___, Porque y que propone

Futuro del agua de la cuenca Laguna de Tuxpan

14. ¿Cuál podría ser la situación del agua en la cuenca dentro de diez años de continuar con la tendencia actual?

15. Cuáles serán los nuevos problemas a enfrentar?

16. ¿Qué se debe hacer para evitar estos problemas?

Comentario sugerencia u opinión adicional
