

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA

**“SANEAMIENTO DE LA LAGUNA ZUPITLÁN Y SU
ADECUACIÓN COMO CENTRO RECREATIVO”.**

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

Carlos Morales García

DIRECTOR:

M en I. Cristian Emmanuel González Reyes

Ciudad Universitaria, México, D.F., Agosto, 2015





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TEMARIO:

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

I.1. Objetivos

I.1.1. Objetivo General.

I.1.2. Objetivos específicos

I.2. Justificación del tema.

I.3. Aportación de la tesis.

CAPITULO II. CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN

II.1. Ubicación geográfica y política.

II.2. Topografía.

II.3. Climatología.

II.4. Hidrología.

II.5. Vegetación

CAPITULO III. ESTUDIOS PRELIMINARES DEL PROYECTO.

III.1. Antecedentes históricos y socioeconómicos.

III.2. Flora y fauna.

III.3. Fuentes de contaminación

III.3.1. Fuentes puntuales

III.3.2. Fuentes no puntuales.

III.3.3. Escurrimientos superficiales

III.4. Aprovechamiento actual.

CAPITULO IV. SANEAMIENTO DE LA LAGUNA

IV.1. Control de malezas

IV.2. Métodos de control ya utilizados y propuestas de mejora.

IV.2.1. Control físico

IV.2.2. Control Biológico.

IV.2.3. Control químico.

IV.3. Retiro, manejo y usos del producto de saneamiento.

CAPÍTULO V. CENTRO DE RECREACIÓN.

V.1. Localización

V.2. Antecedentes.

V.3. Aspectos de mercado.

V.3.1. Comportamiento de la oferta:

V.3.2. Comportamiento de la demanda:

V.4. Conceptos de ingeniería básica de diseño.

V.4.1. Conceptos de diseño.

V.4.2. Localización de proyecto.

V.5. Distribución de instalaciones

V.5.1. Etapa inicial

V.5.2. Accesos y circulaciones

V.5.3. Áreas de estancia (Cabañas)

V.5.4. Alimentos al público y Áreas de bebidas

V.5.5. Instalaciones para locales comerciales

V.5.6. Instalaciones de actividades recreativas

V.5.7. Ecoturismo

VI. DIBUJOS PRELIMINARES. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA:

MESOGRAFÍA:

Carta de aprobación de tema



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Señor
CARLOS MORALES GARCÍA
Presente

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/077/15

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. CRISTIAN EMMANUEL GONZÁLEZ REYES, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"SANEAMIENTO DE LA LAGUNA ZUPITLÁN Y SU ADECUACIÓN COMO CENTRO RECREATIVO"

- INTRODUCCIÓN
- I. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA
- II. ESTUDIOS PRELIMINARES DE LA LAGUNA
- III. SANEAMIENTO DE LA LAGUNA
- IV. CENTRO DE RECREO
- V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

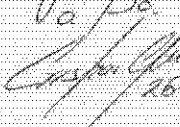
Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

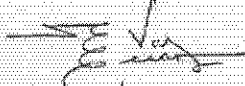
Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

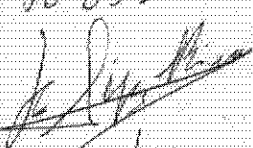
Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 17 de agosto del 2015.
EL PRESIDENTE

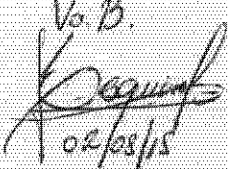

M.I. GERMAN LOPEZ RINCÓN


GLR/MTH*gar.

Va. B.

26/08/15

Va. B.

31/08/15

Va. B.

05/09/15

Va. B.

02/08/15

Va. B.

Ing. Ernesto Pérez Hernández Sánchez
11/08/2015

Dedicatoria:

A mis padres, señor Domingo Morales Ramírez y señora Roga García Islas, por su sacrificio y ejemplo.

A mi esposa, señora Ma. Del Rocio Granados Rico, por su paciencia y comprensión.

A mis hijos, Rogalib Rocio y Carlos Domenick por ser el motivo de nunca dejarme vencer en mi lucha.

A mi hermano Librado Jacinto, por su ejemplo y apoyo, sin los cuales no se tendría este logro y otros muchos.

A mi hermana Abundia, por la sangre.

A todos mis sobrinos, Citlali, Carlos Domenick, Saraemma, Erick y Alejandro, por ser parte de mi vida.

A Dios.

Agradecimientos:

A mis maestros, por sus enseñanzas.

A mis amigos, conocidos y a todas aquellas personas que me brindaron un detalle de apoyo en los malos tiempos.

Al Ingeniero Fortino de Jesús, después de mucho tiempo el destino lo puso en mi camino para llegar a la meta.

Al Maestro en Ingeniería Cristian Emmanuel González Reyes, me hizo entender que la espera no fue en vano.

CONTENIDO:

<i>Carta de aprobación de tema</i>	4
<i>Dedicatoria:</i>	5
<i>Agradecimientos:</i>	6
INTRODUCCIÓN	10
CAPITULO I. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	14
I.1. Objetivos.....	14
I.1.1. Objetivo General.	14
I.1.2. Objetivos específicos	14
I.2. Justificación del tema.....	14
I.3. Aportación de la tesis.....	17
CAPITULO II	19
CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN	19
II.1. Ubicación geográfica y política.	19
II.2. Topografía.	22
II.3. Climatología.....	25
II.4. Hidrología.	27
II.5. Vegetación.....	31
CAPITULO III	36
ESTUDIOS PRELIMINARES DEL PROYECTO.	36
III.1. Antecedentes históricos y socioeconómicos	36
III.2. Flora y fauna.....	38
III.3. Fuentes de contaminación	41
III.3.1. Fuentes puntuales.....	43
III.3.2. Fuentes no puntuales.	46
III.3.3. Escurrimientos superficiales	56
III.4. Aprovechamiento actual.	60
CAPITULO IV.	63
SANEAMIENTO DE LA LAGUNA	63

IV.1. Control de malezas.....	64
IV.2. Métodos de control ya utilizados y propuestas de mejora.....	68
IV.2.1. Control físico.....	68
IV.2.2. Control Biológico.....	76
IV.2.3. Control químico.....	79
IV.3. Retiro, manejo y usos del producto de saneamiento.	83
CAPÍTULO V.	87
CENTRO DE RECREACIÓN.	87
V.1. Localización	87
V.2. Antecedentes.	88
V.3. Aspectos de mercado.....	89
V.3.1. Comportamiento de la oferta:.....	90
V.3.2. Comportamiento de la demanda:.....	90
V.4. Conceptos de ingeniería básica de diseño.	91
V.4.1. Conceptos de diseño.....	91
V.4.2. Localización de proyecto.	93
V.5. Distribución de instalaciones	95
V.5.1. Etapa inicial.....	96
V.5.2. Accesos y circulaciones	97
V.5.3. Áreas de estancia (Cabañas).....	97
V.5.4. Alimentos al público y Áreas de bebidas	98
V.5.5. Instalaciones para locales comerciales.....	99
V.5.6. Instalaciones de actividades recreativas.....	99
V.5.7. Ecoturismo	110
VI. DIBUJOS PRELIMINARES.	114
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
BIBLIOGRAFÍA:	122
MESOGRAFÍA:.....	124

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El hombre recorre el mundo con su tecnología succionado los recursos naturales para un beneficio egoísta. La tierra se está cansando y comienza a sacudirse para deshacerse de sus depredadores. Aún hay tiempo de salvar a la humanidad, podemos disfrutar de los recursos sin depredar usando la tecnología de forma colaborativa con la naturaleza.

Las formas que el hombre utiliza para la explotación de recursos es parte de una vieja discusión filosófica. Algunos plantean que no solo se debe considerar el avance tecnológico para obtener el mayor provecho económico, sino también para proteger a la naturaleza que es la única fuente de supervivencia.

Uno de los filósofos más importante del siglo XX, Martin Heidegger, El 5 de agosto de 1951, en el Segundo “Coloquio de Darmstadt”, dictó ante constructores alemanes la conferencia: “Construir, habitar, pensar”, reforzando lo escrito en su obra Ser y Tiempo que planteaba lo que lo anticipó como uno de los profetas de la ecología, o la ecofilia, al sostener que el humano no solo puede estar en el mundo sino ser parte de él “Los mortales habitan en cuanto salvan la Tierra”. Pero “Salvar la tierra no es sólo no explotarla hasta su agotamiento; es no dominarla ni someterla, de donde no hay más que un paso para la desenfrenada depredación. Habitar es vivir instalado en el núcleo originario de tierra y cielo, mortales e inmortales, pero abierto a las cosas y residiendo junto a ellas” (Mendoza Garza, s.f.).

Las variantes que el hombre impone para uso de las riquezas naturales están determinadas por el medio geográfico donde se desenvuelve para obtener las materias primas y por las condiciones políticas, económicas y sociales, que establecen el tipo de relaciones y formas específicas para la explotación, producción, distribución y consumo de bienes. El conocimiento de estos marcos de acción se hace necesario para descubrir los recursos que existen susceptibles de ser aprovechados y protegidos. Además de la naturaleza y las condiciones mencionadas, el hombre ha generado tecnología para obtener bienes que le permita satisfacer sus necesidades, preferentemente de forma sustentable para preservar su hábitat.

Desde que el hombre cambió su condición nómada a la de sedentario, el sitio que le acomoda es aquel que está constituido por una fuente segura de agua y un valle para

cultivar la tierra, factores que le garantizaban la sobrevivencia. Con el paso del tiempo el género humano entendió que, cualquier alteración en el medio significaba un daño a corto, mediano o largo plazo. Le fue difícil comprender que la dependencia de la naturaleza y de los recursos que ofrece es absoluta y permanente para preservar la existencia, pero con el tiempo aprendió que se debe concebir el desarrollo humano y tecnológico en búsqueda de la calidad de vida y el progreso siempre de forma colaborativa con el medio ambiente para la preservación del planeta. .

El desarrollo tecnológico no se puede detener, debe continuar pero sin dañar a la ecología y por consiguiente al hábitat humano. Como sostienen algunos científicos, la naturaleza genera sus propios mecanismos de evolución y en ocasiones suelen estar alejados de los propósitos humanos, es por eso, que a partir de ya, dentro de cualquier análisis de aprovechamiento y explotación de recursos se consideren alternativas con criterios ambientalistas, el uso desmedido e irracional, tiene resultados negativos. Un río, una laguna o un lago son riquezas naturales que demandan cuidados ante su explotación. La naturaleza proporciona generosamente sus productos, pero estos requieren de ser preservados y protegidos.

La Laguna Zupitlán ha favorecido por mucho tiempo la subsistencia de una cantidad importante de familias. Proporciona agua de riego, además de alimentos derivados de la pesca y la caza. En el pasado existía una gran actividad en torno a ella, pero con el paso del tiempo se descuidó y al día de hoy solo produce líquido para los cultivos y en volúmenes menores. Es obligado entonces, el saneamiento para mantener al menos las cantidades de líquido que se extraen actualmente.

La preservación de la Laguna Zupitlán como fuente de abastecimiento de riego y pesca, no es la única posibilidad de aprovechamiento, su atractivo adicional es que por sus características de embalse natural con mínimas descargas de efluentes sanitarios y una localización estratégica, ofrece la posibilidad de plusvalizar su aprovechamiento puesto que tiene gran potencial como área turística y de recreación. Tramitar y promover los recursos técnicos y económicos para la limpieza total, es hasta ahora tarea pendiente. Deberá sumarse ahora la búsqueda del interés público y oficial para que se culmine el desarrollo de un centro de recreo en La Laguna Zupitlán y se agregue al catálogo de corredores turísticos del estado de Hidalgo.

Este trabajo fue hecho con el propósito utilizar los conocimientos y herramientas que proporciona la formación profesional, para impulsar un proyecto de centro recreativo soportado en una plataforma el saneamiento y preservación de la laguna Zupitlán. De esa manera, a la vez de cuidar la naturaleza, se preserva el hábitat humano y además se potencializa como área de oportunidad para la obtención de recursos alimenticios y económicos de la población de las comunidades circundante a la laguna.



Ilustración: Vista aérea de la Laguna Zupitlán, Mpio. de Acatlán Hgo. (Fuente: <http://www.tulancingo.com.mx/islas/w13.jpg>)

CAPÍTULO I. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN

CAPITULO I. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

I.1. Objetivos

I.1.1. Objetivo General.

Analizar los métodos de control de maleza acuática y sus características para el saneamiento de la Laguna Zupitlán y su adecuación como centro de recreo, para fines de usufructo de los titulares del Ejido Acatlán, a través de una indagación documental y de campo y la determinación del tipo de áreas de esparcimiento para la potencial construcción del conjunto de esparcimiento que brinde servicios a los habitantes de la región.

I.1.2. Objetivos específicos

Investigar las condiciones geográficas de la región para conocer las características hidrológica, climática y poblacional de la región mediante consulta en documentos oficiales y académicos disponibles.

Investigar en la bibliografía especializada los métodos para el control de maleza que se han utilizado en otros casos y contrastar con los utilizados para la limpieza de la laguna a fin de proponer un método idóneo para su saneamiento.

Analizar el mejor espacio en la ribera de la laguna Zupitlán para proponer la localización de un centro recreativo, mediante el estudio de niveles históricos de embalse en el sitio.

Con el propósito de establecer el tipo y fines de centro recreativo, investigar los elementos de esparcimiento y recreación existentes y seleccionar los más adecuados para un centro recreativo en la ribera de la laguna y en su embalse.

Realizar un bosquejo preliminar de arreglo de conjunto con herramientas de ingeniería civil, que sirva de referencia para trabajar en un proyecto ejecutivo que potencialice el lugar en el marco de la sustentabilidad.

I.2. Justificación del tema.

Para fines de contribuir a la sana preservación de su embalse natural, su flora y fauna

endémica, además del aprovechamiento como centro recreativo; ¿es factible el saneamiento de la Laguna Zupitlán?

Este lugar tiene historia: En los principios del siglo pasado, la laguna Zupitlán era parte del latifundio de la Hacienda Zupitlán, y servía como fuente de riego para las extensas tierras del mismo. Esa hacienda tuvo su apogeo en el porfiriato y formaba parte del corredor de haciendas pulqueras asentadas en el estado de Hidalgo. Este lugar era destino del ferrocarril al que se le cargaba de, carpas, leche y productos del campo y los conducía hacia la Ciudad de México.

Con el proceso revolucionario y el reparto agrario promovido por Lázaro Cárdenas, parte de las tierras de la Hacienda Zupitlán, quedaron integradas a los ejidos de Tulancingo y Acatlán; otra parte continuaron en manos de sus propietarios en conjunto con el casco. La laguna pasó a estatus de propiedad de la nación.

En la década de los años setenta, ante la grave reducción de volúmenes de agua extraídos, comenzó en los usuarios la inquietud por la infestación de malezas en la laguna, sin embargo, desde tiempos del reparto agrario y hasta nuestros días, no existe algún programa de saneamiento eficaz y permanente para el control de la maleza, mucho menos un proyecto serio y formal de aprovechamiento integral, por lo que existe un nicho de oportunidad que haga sustentable el sitio, desde el punto de vista ambiental y recreativo.

Este lugar tiene recursos naturales ideales para turismo. La región de Valle de Tulancingo forma parte como paso y destino de varios programas de promoción turística denominados corredores, así existe el corredor de la montaña, de las haciendas, de los cuatro elementos y de los balnearios. El lugar para este proyecto está en medio de todos, por lo que su potencialidad es alta.

Con respecto exclusivo a la laguna de Zupitlán, la infraestructura hidráulica (entendida como, almacenamiento, conducción y distribución), así como otras, entre ellas la de recreación, presenta limitaciones que se derivan de múltiples factores y circunstancias, lo que dificulta el óptimo aprovechamiento de recursos naturales.

El escaso interés, por un lado (el gobierno en los tres niveles) y la incapacidad por otro (usuarios de la Laguna Zupitlán), tiene como efecto que esta zona con bastos recursos potenciales se encuentre marginada, razón por la cual aquellos que tienen las aptitudes y

capacidad deben formular las respuestas apropiadas para satisfacer los requerimientos que nacen de los problemas reales y que vayan de acuerdo con los fines perseguidos. En la formulación de soluciones, deben considerarse criterios de planeación que faciliten el desarrollo regional en forma sostenida y ordenada. En el pasado se han presentado graves omisiones, que han anulado los pocos esfuerzos y recursos aplicados para conseguir las metas trazadas. Se precisa de buenas ideas y que se aseguren su remisión y recepción en las instancias apropiadas para su consideración. Que se valoren las necesidades y aspiraciones de la población y se obtenga una respuesta de manera que se logre el objetivo.

Ubicando la realidad de una de las zonas lacustres más importantes del Valle de Tulancingo, en la Laguna Zupitlán, es incuestionable que no puede esperar más el proceso de depuración. La presente propuesta pretende ser definitiva, ante los anteriores fracasos. Se aspira a demostrar que la asociación de personas, autoridades e instituciones es posible: con el esfuerzo de todos se puede lograr la meta.

En otro orden de ideas, es evidente que el nulo incremento y la poca variedad de servicios de turismo y recreación que se ofrecen en esta región del Estado de Hidalgo, en conjunto al rápido crecimiento y mejoramiento del nivel de vida, son de llamar la atención, la demanda de servicios básicos y de satisfacción, constituye un gran reto que reclamará voluntad. La viabilidad en el desarrollo de un centro de recreo en la laguna Zupitlán no está en duda, con esto, después del saneamiento, se lograría un óptimo aprovechamiento.

Por todo lo anteriormente expuesto, es el momento de hacer un planteamiento formal para generar proyectos y hacerlos llegar a las instancias pertinentes, que se valoren las necesidades reales de la población y se obtenga una respuesta, de manera que se logren las siguientes metas:

- sanear totalmente de malezas y contaminantes toda la superficie de la laguna;
- desarrollar la infraestructura y hacer óptimo el aprovechamiento hidráulico y recreativo de la zona;
- establecer los procedimientos y desarrollar las acciones tendientes a incorporar a los predios y terrenos vecinos al desarrollo de infraestructura de recreación;
- proponer y promover proyectos para el establecimiento de una zona de recreación en el lugar, y

- establecer los procedimientos y desarrollar las acciones tendientes a incorporar a la laguna de Zupitlán al plan turístico en el estado de Hidalgo.

I.3. Aportación de la tesis.

En este trabajo se establecen los conceptos generales del proyecto en su entorno económico-social, de tal manera que se afirme una idea clara de la importancia que representa la ejecución del mismo en el desarrollo de la región.

Desde el punto de vista de ingeniería, se describen los métodos y criterios que se deberán aplicar en el desarrollo del proyecto, para el saneamiento de la laguna y la creación de un centro recreativo. Asimismo, con la finalidad de tener información práctica y objetiva, se hacen cálculos, similares a los aplicados en otras instalaciones, en circunstancias semejantes que respaldan la idea.

Así mismo se pretende crear conciencia en todo individuo, involucrado o aparentemente no involucrado, en el ciudadano común, en autoridades de la comunidad y del Municipio y en funcionarios del Estado y del Gobierno Federal para actuar en defensa de los recursos hidráulicos de la laguna fundamentalmente.

En síntesis, se proporciona la información fundamental que apoye la elaboración y ejecución del proyecto para la rehabilitación de la zona lacustre de Zupitlán, se fundamentan de forma general y particular, bases sobre las cuales se puedan apoyar criterios y procedimientos para ejecutar el saneamiento de la laguna y posibilitar el aprovechamiento sustentable con áreas de recreación.

Plantear concretamente, métodos y formas y el proceso técnico para sanear la zona lacustre, es el objetivo principal, por lo que las ideas que aquí se aportan se detallan de forma tal, que no exista duda la forma en que se desarrollarían los trabajos, sin dejar de considerar la lección que dejaron los fallidos intentos en el pasado.

Los antecedentes y el panorama actual de la Laguna Zupitlán, proporcionan datos para conocer del mal estado en que se encuentra, esto ayudará a valorar y entender la necesidad del saneamiento, hasta la conclusión y posterior mantenimiento.

Para la propuesta del centro de recreo, en forma general, se elabora un plan, que se

sustenta en la recopilación de datos de proyectos que apoyan la factibilidad de adecuación a las condiciones del lugar y se genera un arreglo de conjunto simplificado con una distribución basada en escenarios similares actualmente en operación que ofrecen lo preciso para un correcto funcionamiento.

CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN

CAPITULO II.

CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN

II.1. Ubicación geográfica y política.

El estado de Hidalgo forma parte de la zona centro del país y con 20 905.12 km² de superficie es mayor que los estados de Querétaro, Aguascalientes, Colima, Morelos, Tlaxcala y el Distrito Federal. Se localiza entre las coordenadas 19°35'52" y 21°25'0" de latitud norte, y 97°57'27" y 99°51'51" de longitud oeste. Colinda al norte con el estado de San Luis Potosí, al nor-oriente y oriente con Veracruz, al oriente y sur-oriente con Puebla, al sur con Tlaxcala y Estado de México y al poniente con Querétaro.

La zona en estudio forma parte de los valles altos centrales del altiplano meridional. Se considera como parte principal del Valle de Tulancingo, se localiza en las cercanías del poblado de Acatlán, geográficamente ubicado entre los paralelos 20°10'30" y 20°15'0", latitud norte, y los meridianos 98°23'0" y 98°29'0", longitud oeste. La altura sobre el nivel del mar es de 2 130 metros.

Según el Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas nacionales del acuífero Valle de Tulancingo, clave 1317, en el Estado de Hidalgo, Región Hidrológica Administrativa Golfo Norte, publicado por el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2013), en el año 2010, la población era de 274 495 habitantes, distribuida en 14 localidades urbanas, en las que la población era de 181 998 habitantes y en 270 localidades rurales con un nivel de marginación variable, de 92 497 habitantes. La tasa de crecimiento poblacional en el territorio que abarca el acuífero, evaluada del año 2005 al 2010, es de 3.49 por ciento anual, que es superior a la tasa de crecimiento estatal de 1.7 por ciento anual, de acuerdo con la información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía al año 2010.

El documento citado anteriormente, señala que la población está concentrada principalmente en los municipios de Tulancingo de Bravo, Cuautepec de Hinojosa, Santiago Tulantepec de Lugo, Acatlán y Metepec. Las más importantes localidades en el acuífero son Tulancingo, Santiago Tulantepec, Cuautepec de Hinojosa, Santa María Nativitas, Javier Rojo Gómez, Jaltepec y Santa Ana Hueytlalpan.

El acuífero Valle de Tulancingo, clave 1317, se localiza en la porción oriental del Estado de Hidalgo, comprende una superficie de 1054 kilómetros cuadrados y abarca parcialmente los municipios de Tulancingo de Bravo, Metepec, Acatlán, Cuautepec de Hinojosa, Santiago Tulantepec de Lugo, Singuilucan, Huasca de Ocampo y pequeñas porciones de los municipios de Acaxochitlán, Tenango del Doria y Agua Blanca de Iturbide (CNA, 2009)

Los límites del acuífero Valle de Tulancingo, clave 1317, están definidos por los vértices de la poligonal simplificada cuyas coordenadas se presentan en la Tabla 1 y que corresponden a las incluidas en el “Acuerdo por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de agosto del 2009” (CNA, 2009).

La región de Tulancingo se encuentra ubicada en un fértil valle donde la agricultura y otras ramas del sector agropecuario han sido un importante factor para su desarrollo, lo que a su vez ha promovido el aumento de la población y de los sectores comercial e industrial.

La actividad más importante de la zona es la agricultura, los principales cultivos son alfalfa, maíz y trigo. La abundancia de forrajes ha favorecido el desarrollo de la ganadería, que además para abastecer la industria textil lanera, cuenta con miles de cabezas de ganado ovino, establecida en las ciudades de Tulancingo y Santiago Tulantepec.

El agua superficial del Río Tulancingo es aprovechada a través de la amplia red de canales para uso agrícola del Distrito de Riego Número 28. Sin embargo, la mayoría de las corrientes superficiales son intermitentes y por lo tanto insuficientes para abastecer la demanda de riego de la superficie cultivada y se hace necesaria la extracción de agua subterránea de forma permanente a través de pozos y norias.

Los principales ecosistemas están conformados por la flora y fauna que a continuación se describe: respecto a la flora, la vegetación está compuesta por bosques de coníferas como pinos, oyamel, ocote, cedro, así como nogal, palo de zopilote; árboles exóticos como el manzano, durazno, pera y capulín; especies no maderables como hongos, musgos, helechos y plantas medicinales. En cuanto a la fauna, se encuentran especies como conejos, ardillas, roedor, colibrí, gorrión, pájaro carpintero, víbora, lechuza, tejón, codorniz, palomas y tlacuaches.

Tabla 1 Localización del polígono del Acuífero Valle De Tulancingo, Clave 1317 (Fuente: Elaboración propia adaptada de http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5320583)

VÉRTICE	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	98	26	33.6	20	17	54.0
2	98	18	35.2	20	19	12.0
3	98	17	23.1	20	17	25.1
4	98	17	16.0	20	13	9.4
5	98	16	0.1	20	10	36.2
6	98	15	20.5	20	5	44.3
7	98	12	9.0	20	2	38.8
8	98	10	52.4	19	59	29.6
9	98	10	22.1	19	57	58.2
10	98	15	28.5	19	54	55.9
11	98	17	8.5	19	56	20.8
12	98	21	43.8	19	56	39.7
13	98	24	7.0	19	58	17.4
14	98	27	15.2	19	59	21.1
15	98	33	37.1	20	0	43.4
16	98	33	17.0	20	4	29.9
17	98	28	55.5	20	6	48.1
18	98	30	5.5	20	10	54.4
19	98	30	16.8	20	16	50.0

Tal como se indica en la Figura 1, la Laguna Zupitlán es un embalse importante que se encuentra al norte del Valle de Tulancingo, es parte del ejido San Dionisio, este a su vez, pertenece al Municipio de Acatlán, el cual se encuentra limitado al norte por el Estado de Veracruz, al nor-orientado por los Municipios de Agua Blanca de Iturbide y Metepec, al orientado, sur y poniente con los Municipios de Tulancingo, Santiago Tulantepec y Huasca de Ocampo respectivamente.

Para llegar, se parte de la Ciudad de Pachuca, Capital del Estado, por la carretera federal número 30, México-Tampico vía Tuxpan, el recorrido es de 45 kilómetros, arribando al entronque México-Tuxpan, se toma a la izquierda, y por un camino revestido se llega a la cabecera municipal de Acatlán después de un recorrido aproximado de 10 kilómetros.



Figura 1. Macrolocalización de la Laguna Zupitlán (Fuente: Adaptación de GoogleEarth)

En la cabecera municipal se toma un camino de terracería transitable todo el año. Para llegar a la laguna se deben recorrer aproximadamente 4 kilómetros, en la ruta de una pequeña población llamada Jaltepec.

La principal descarga del acuífero Valle de Tulancingo, es la extracción a través del bombeo en pozos profundos, aunque la descarga natural del mismo ocurre por los numerosos manantiales que existen en el valle, especialmente los manantiales de Zupitlán (Ver Figura 2).

II.2. Topografía.

La mayor parte del estado de Hidalgo está constituido por cadenas montañosas, lomeríos y llanuras, también hay algunos valles, mesetas y cañones (Ver Figura 3).

La Sierra Madre Oriental comprende toda la porción boreal de la entidad. En ella se encuentran desde la Huasteca Hidalguense, cálida y húmeda de paisaje permanentemente verde y sus suelos fértiles, propicios para las actividades agropecuarias, hasta el paisaje semiárido del flanco occidental de la sierra, incluidos los impresionantes bosques templados de las partes altas y las selvas perennifolias de las laderas orientales, donde se encuentran manifestaciones cársicas López amos, 1993 .



Figura 2. Microlocalización de la Laguna Zupitlán (Fuente adaptación de GoogleEarth)

La zona austral forma parte del eje neovolcánico y está integrada por llanuras y lomeríos de condición semiárida, entre los que se encuentran diseminadas algunas sierras. De éstas, la de Pachuca es la de más importancia del estado, ya que en ella se localizan los principales yacimientos de plata, oro, plomo, cobre y zinc. En las llanuras, la escasa precipitación, no ha sido un obstáculo para el florecimiento de la agricultura, pues mediante pozos o ríos se obtiene el agua para los cultivos.

El valle de Tulancingo es poco accidentado, la mayor parte de su territorio se encuentra a una altura promedio sobre el nivel del mar de 2 025 metros, con variaciones cercanas a 25 metros en las zonas planas. El punto más alto no rebasa los 2 050 m.s.n.m. y el punto más bajo, hacia donde toman su curso las aguas del río Tulancingo, es de 2 000 m.s.n.m. Con excepción de algunas porciones francamente planas, la mayor parte del valle es de pendientes suaves, las laderas de las cadenas de cerros que limitan el valle son también de inclinación poco acentuada, solamente las montañas más alejadas tienen pendientes fuertes.

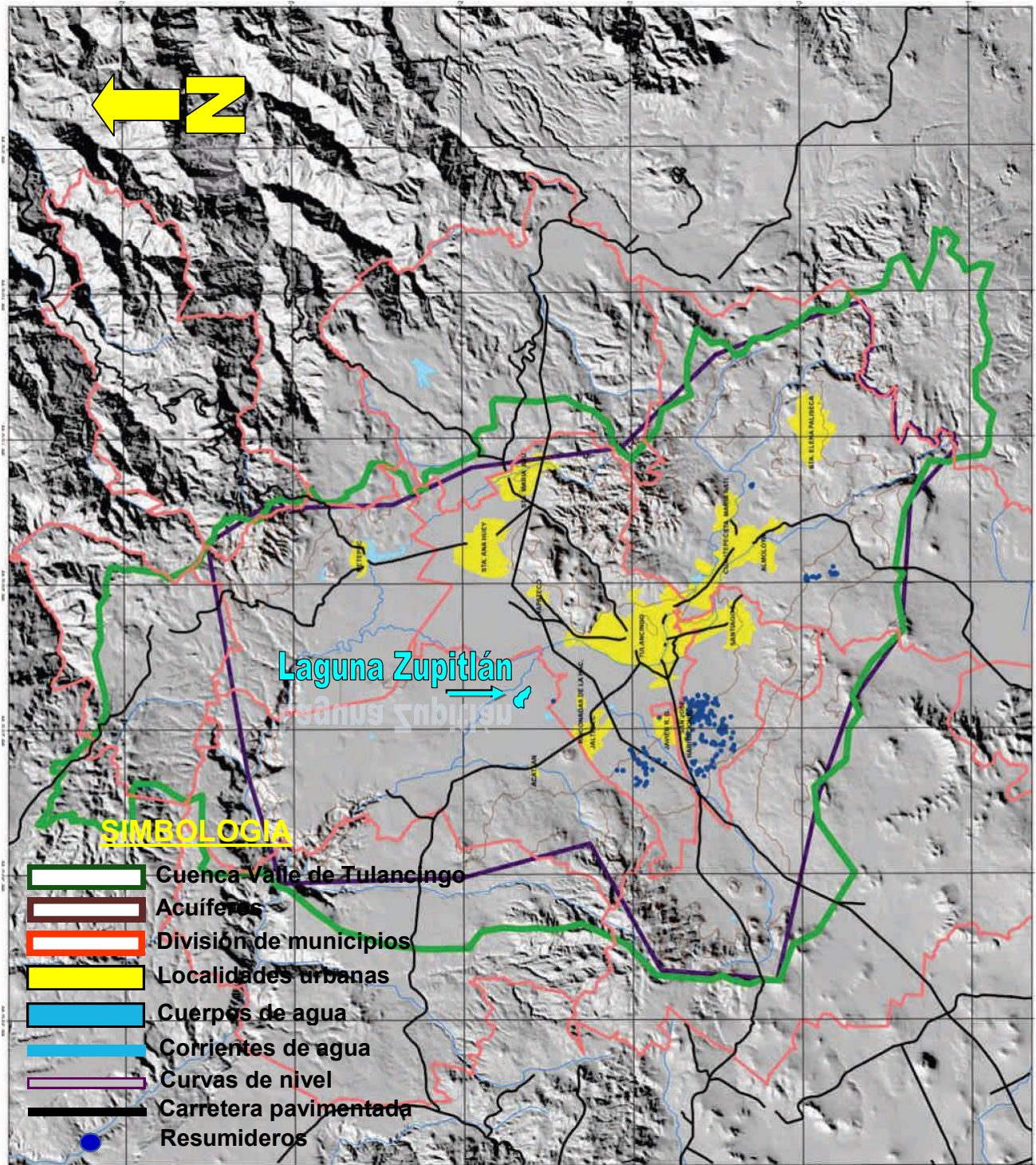


Figura 3. Aspecto topográfico, limítrofe, acuífero e hidrológico de la Cuenca del Valle de Tulancingo. (Fuente: Adaptación de COTAS Tulancingo)

Orográficamente el valle está limitado por la sierra de Temoaya al poniente, la sierra del oriente que da precisamente hacia este punto cardinal y al norte y sur se encuentra la sierra de Pachuca.

Ciertamente las cadenas montañosas están bien definidas, se destacan entre las más altas el cerro Napateco (2 500 m.s.n.m.) al oriente, y el cerro de Las Navajas (2 600 m.s.n.m.) al nor-oriente.

En todo el borde oeste del valle, las laderas de los cerros, en conjunto tienen una pendiente suave en sentido norte-sur. La laguna Zupitlán se encuentra a una altitud de 2 133 m.s.n.m.

La disposición general de las cadenas de cerros en el lado oeste del valle, tiene peculiar importancia, porque representa una barrera que se opone al paso de los vientos dominantes, los cuales muestran una dirección noreste-suroeste; de ello depende que se presente un fenómeno que trae como consecuencia que las montañas del oeste presenten una vegetación espesa y una mayor humedad relativa.

II.3. Climatología.

Geográficamente se distinguen tres zonas climáticas bien definidas en el estado de Hidalgo.

En la región que contempla al valle de Tulancingo se tiene precisamente una zona de transición entre los climas secos y semisecos de la Sierra Madre Oriental, y climas templados del Eje Neo volcánico.

Los climas templados se distribuyen en la parte del centro y sur de la entidad, presentan variantes de precipitación y temperatura, debidas principalmente a alternativas de altitud entre los llanos, valles y serranías que conforman a la Sierra Madre Oriental y al Eje neo volcánico.

Los climas secos y semisecos se alternan con los templados, concentrándose en el oeste sobre las llanuras y lomeríos; estos se encuentran menos expuestos a la acción de los vientos húmedos.

En los climas templados de la Sierra Madre Oriental y Eje neovolcánico se tienen dos variables, cuya diferencia estriba en la cantidad de humedad y su concentración de lluvias. Están asociados a comunidades de pino-encino en las partes altas y a vegetación de chaparral en las bajas.

En los climas secos y semisecos de la Sierra Madre Oriental y Eje Neovolcánico existen tres variantes; se diferencian por el régimen térmico y el grado de humedad, se concentran al oeste del estado, desde Ajacuba hasta la Tepeji del Río, en la colindancia con el Estado de Querétaro (INEGI, 2014) otros forman un corredor en dirección noreste-sureste desde Tlahueltipa hasta Tulancingo, fluyendo en curso de los ríos Tulancingo y Tizahuapán.

El clima semiseco templado, con lluvias en verano abarca casi toda la región conocida como "El Valle del Mezquital", incluye la mesa Rincón y Los Caballos, se extiende hacia el norte hasta los alrededores del cerro Las Ruletas; también se distribuye en la porción correspondiente a la barranca de Alcholoya y al río Tulancingo.

El clima de la zona en estudio, por sus características de precipitación y temperatura, puede describirse como semiseco, templado en su mayor parte y semicálido en la porción norte. Debido a la orientación de las cadenas de cerros que delimitan el valle así como al desnivel del mismo, existe un pequeño gradiente de humedad y temperatura en sentido norte-sur. Este gradiente está determinado fundamentalmente por la sombra orográfica que proyecta la sierra de Pachuca al oponerse a los vientos dominantes del nor-este, estos a su vez, al rebasar tal obstáculo sufren un descenso con el consiguiente enfriamiento adiabático, que aumenta su capacidad de saturación y la pluviosidad disminuye en esa zona; los vientos al avanzar se elevan nuevamente, enfriándose y para producir nubosidades y precipitación abundante en la zona oriente del valle.

La temperatura media anual para la población de Acatlán es de 19°C. La estación calurosa corresponde a los meses de abril a agosto; los meses de fríos son de noviembre a febrero. El promedio de temperaturas máximas es de 26.5°C con máximos extremos hasta de 38°C, en cambio el promedio de temperaturas mínimas es de 10.4°C con mínimos extremos de menos 2°C.

La oscilación anual de la temperatura media mensual entre los meses fríos y los calurosos es del orden de 7°C; sin embargo, la oscilación diaria es muy fuerte, con un promedio de 17.3°C en los meses secos y de 13°C en los meses húmedos.

Una condición importante en la temperatura son las heladas, que en la zona ocurren normalmente de noviembre a febrero, pero son frecuentes las heladas "tempraneras" en octubre y las "tardadas" en marzo, factor climatológico que afecta el rendimiento de los

cultivos. El promedio de heladas al año es de 24 días.

El tipo de precipitación pluvial es torrencial, con lluvias entre 20 y 30 mm en 24 horas en la época húmeda, por lo que la distribución de la lluvia, además de estar concentrada en una mitad del año, es irregular dentro de cada mes, y tiene un promedio mensual entre 50 y 90 mm, de manera que con dos o tres aguaceros fuertes alcanzan el límite, el resto del mes solo caen lluvias inapreciables.

En la Tabla 2 se indican algunos datos obtenidos a través del Servicio Meteorológico Nacional (Estación Acatlán) sobre las condiciones climáticas que imperan en la zona de proyecto. (SMN-CNA, 2011).

II.4. Hidrología.

El acuífero Valle de Tulancingo pertenece a la Región Hidrológico-Administrativa IX Golfo Norte, y se ubica en la Región Hidrológica Pánuco, dentro de la subregión del Alto Pánuco del Río Moctezuma, del cual es afluente el Río que recibe diferentes nombres: Quetzalapa, Metztlán y Grande de Tulancingo. La cuenca en la que se aloja el acuífero Valle de Tulancingo corresponde a la parte alta de la Cuenca del Río Metztlán, cuya superficie abarca porciones de los estados de Puebla, Hidalgo y Veracruz (DOF, 2013).

Tabla 2. Datos meteorológicos de lugar de proyecto (Fuente: Adaptación de CONAGUA)

CONDICIONES METEOROLÓGICAS	
CONCEPTO	No.
Días con granizo al año	6
Tormentas eléctricas al año	36
Heladas por año comienzan en octubre y terminan en marzo	30
Promedio de días nublados al año	130
Número promedio de días con lluvias apreciables al año	8
Distribución de la lluvia máxima en 24 horas (promedio en mm)	30
Lluvia máxima en 24 horas (valor más alto de todo el periodo en mm)	150

La principal corriente superficial que drena el Valle de Tulancingo es el Río Grande de

Tulancingo, que cambia su nombre aguas abajo por Río Alcholoaya y posteriormente por el de Río Metztlán; éste se origina al sur del valle, al pie del Cerro Tlacholoya. El agua de esta corriente es utilizada para riego mediante canales paralelos al río.

El sistema de drenaje en la región es del tipo dendrítico y las corrientes más importantes que lo forman son los ríos Huitzongo-San Lorenzo-Grande de Tulancingo-Chico-Tortugas, que junto con los arroyos Camarones, La Cueva y Acocul, forman parte de la Cuenca Hidrográfica Alta del Río Metztlán. El Río Grande de Tulancingo es de régimen perenne, mientras que el resto de las corrientes en la región, son del tipo intermitente.

En la región sur del acuífero Valle de Tulancingo existen pequeños manantiales relacionados directamente con la precipitación, cuyo caudal disminuye paulatinamente después de terminada la temporada de lluvias; más al norte, brotan manantiales de mucho mayor caudal y que permanecen a lo largo de todo el año como los de Ventoquipa, Hueyapan y los que dan origen a la Laguna de Zupitlán, donde afloran 612 litros por segundo. Estos manantiales han sido utilizados por los habitantes de la región para diversos usos y corresponden con afloramientos de agua subterránea de sistemas de flujo local e intermedio.

En el Valle de Tulancingo se han construido obras de control de avenidas, como la Presa La Esperanza, que se localiza al sureste del Valle y que sirve además como sistema de almacenamiento del Distrito de Riego 28 Tulancingo. Otro embalse importante, al norte del Valle, es la Laguna de Zupitlán. Ejemplo de otras de menor cuantía y tamaño distribuidas a todo lo largo del valle, es la Laguna de Hueyapan, que se utiliza para abastecimiento de agua potable a la región.

En cuanto a la hidrología subterránea se cuenta con el acuífero Valle de Tulancingo, el cual está conformado por un medio granular de materiales clásticos sedimentarios y piroclásticos en el que el agua subterránea se desplaza entre los poros, así como por un medio fracturado, conformado por las rocas volcánicas en las que el agua subterránea circula a través de fracturas.

Los materiales geológicos existentes en el Valle de Tulancingo se clasificaron de acuerdo a su capacidad para permitir la infiltración, circulación y almacenamiento de agua en el subsuelo, en materiales permeables y rocas de muy baja permeabilidad.

Los materiales permeables corresponden a los depósitos aluviales y clásticos arcillosos-arenosos y conglomeráticos que constituyen el Valle de Tulancingo, con un espesor de al menos 200 metros, estos materiales presentan intercalaciones de lavas basálticas y entre ambos constituyen la principal unidad en explotación. Otro tipo de materiales permeables corresponden a basaltos y cenizas volcánicas que forman principalmente las sierras del sur y noreste, constituidas por lavas fracturadas y piroclásticos permeables, que permiten la infiltración del agua de lluvia al subsuelo, por lo que funcionan principalmente como zonas de recarga.

El agua subterránea se desplaza con facilidad a través de los espacios entre las gravas, arenas y arcillas poco consolidadas y cenizas volcánicas que constituyen los materiales clásticos, y a través de las vesículas y fracturas de los derrames de basalto, que constituyen el acuífero de la zona en estudio, mientras que los basaltos y piroclásticos que conforman las partes altas, corresponden a zonas de recarga (Custodio & Llamas, 1976).

Las rocas de muy baja permeabilidad corresponden a la Riolita Navajas y al Grupo Pachuca, que están constituidas principalmente por rocas masivas de composición riolítica, que en general se comportan prácticamente como impermeables al flujo de agua subterránea y que constituyen las fronteras laterales del acuífero y posiblemente formen parte del basamento.

Los medios poroso y fracturado constituyen un sistema acuífero con dos unidades de tipo libre. La unidad somera o colgada, tiene una extensión restringida al tercio sur del Valle de Tulancingo y un espesor limitado, de entre 20 y 40 metros, formado por material volcánico-sedimentario de granulometría variable, donde se alojan todas las norias y algunos pozos de poca profundidad. La base de esta unidad somera corresponde a una colada de basalto muy compacta que conforma un acuitardo. La unidad acuífera profunda abarca la totalidad del Valle de Tulancingo, y se encuentra conformada por una serie de capas de piroclásticos intercaladas con tobas y aluviones de diferente granulometría, con espesores que llegan a alcanzar más de 300 metros, de acuerdo a los resultados de la exploración geofísica. La mayor parte de la extracción de agua subterránea se realiza a través de los pozos perforados en esta unidad acuífera profunda.

El nivel de saturación del agua subterránea es aquel a partir del cual el agua satura todos los poros y oquedades del subsuelo. Para el año 2006, la profundidad al nivel de

saturación, medida desde la superficie del terreno, variaba de 50 a 180 metros; los más someros se encuentran en el extremo norte de la zona, al oeste de Metepec; los más profundos en los extremos noroeste y sur.

En la Ciudad de Tulancingo y el centro del valle, el nivel de saturación del agua subterránea varía entre 70 y 80 metros de profundidad, hacia la sierra del sur, debido a la elevación de la superficie del terreno, se profundizan a 120 metros, del poblado de Veintiocho de Mayo hacia el norte de Alcholoaya, el nivel se profundiza gradualmente de 70 hasta 180 metros, debido a la presencia de la barranca de Metztitlán que drena al acuífero.

La cota de elevación del nivel de saturación del agua subterránea, referido al nivel del mar, para el año 2006, era de 2 140 y 2 200 metros sobre el nivel del mar, en el suroeste y sur del valle, la elevación desciende paulatinamente hasta la cota 2 070 metros sobre el nivel del mar en la Ciudad de Tulancingo, donde se tiende a formar un cono de abatimiento. En Santa Ana, la elevación del nivel de saturación desciende de 2 120 metros sobre el nivel del mar al pie de las elevaciones topográficas, a 2 070 metros sobre el nivel del mar en el valle, para posteriormente continuar en declive con un gradiente menos pronunciado rumbo a Alcholoaya, donde se registró la elevación de 2 020 metros sobre el nivel del mar.

El agua subterránea fluye inicialmente de las sierras del sur hacia el valle con un gradiente fuerte; posteriormente fluye por el valle en dirección norte con un gradiente suave y recibe aportaciones de la periferia hacia el valle, excepto en el extremo norte donde presenta una salida hacia la zona de la barranca de Metztitlán.

La evolución del nivel de saturación del agua subterránea, indica que han existido abatimientos entre 0 y 10 metros en el periodo del año 2000 al 2010. Los mayores abatimientos se registraron al norte del valle, entre Veintiocho de Mayo y Metepec, que abarca gran parte de la zona no vedada, mientras que en la parte sur del valle la variación del nivel del agua subterránea respecto al tiempo fue de tan sólo algunos centímetros.

La laguna Zupitlán, con un área de 110 hectáreas y un gasto continuo de 0.5 m³/s. Es lo destacado en la región. El río Tulancingo, en el cual se descargan las aguas negras de varias localidades, comienza en la presa La Esperanza, cruza la ciudad de Tulancingo, el poblado de Huapalcalco y una ranchería llamada Cebolletas, para después seguir su

curso ya descrito anteriormente.

Un hecho importante que se puede observar en la zona es la gran cantidad de represas, bordos y agujajes, la mayor parte de los cuales, fueron construidos en la década de los setenta, con el llamado Plan Nacional de Zonas Áridas (CONAZA), la finalidad, retención de agua para alimentar los mantos, que ayudan a conservar los niveles freáticos y evitar el abatimiento en los pozos profundos de la zona, de hasta 200 metros de profundidad y que están destinados para extracción de agua para riego de tierras de cultivo en su mayor parte; el resto, es para alimentar redes de agua potable de localidades de los municipios de Acatlán y Tulancingo. Asimismo, paralelamente se llevó a cabo construcción de canales, muchos de los cuales actualmente están en desuso, por encontrarse destruidos en varios de sus tramos.

Existe un nacimiento de agua en las faldas de la sierra de Pachuca, con el cual se alimenta la red de agua potable que suministra a los poblados de Acatlán y Jaltepec y otro que principalmente se acumula en la Laluna Zupitlán (Ver Figura 4).

En las épocas de lluvia, los escurrimientos se acumulan en las pequeñas presas: El Sabino, Las Palmas, El Ahíle, Tepenacasco, Los Alamos y Buenos Aires.

II.5. Vegetación

La presencia de los diferentes tipos de suelos, así como los climas determinan en cierta medida la existencia de las especies vegetales, sin embargo, la mano del hombre influye de manera decisiva en su alteración. La región ha sido desprovista de su vegetación natural casi en un 70% de su superficie total, para dar paso a labores agrícolas. Diferentes tipos de matorrales ocupan un 15%, los bosques y pastizales el resto (INEGI, 2014).

El matorral crasicale es la vegetación más representativa de la región, y se distribuye a todo lo largo y ancho de la parte centro-este de la misma se le observa en rodales grandes y pequeños; lo caracterizan las cactáceas de tallos suculentos que le dan una fisonomía distintiva; es un matorral abierto con bastantes representantes florísticos, entre los que se destacan, acacias, prosopis, mimosas, etc., se distribuye entre los 2 000 y 2 600 m.s.n.m., sobre las partes bajas de las sierras, en lomeríos y llanuras. Se desarrolla

principalmente en climas semisecos, sobre gran variedad de suelos como: Feozem. rendzina, litosol, vertisol, etc., pero preferentemente en suelos someros y de origen ígneo.

Según las asociaciones vegetales que lo forman se presentan zonas fisonómicamente diferentes, independientemente de la dominancia de las especies, así tenemos cuatro tipos fisonómicos: nopalera, cardonal, subinerme y espinoso; los dos últimos se refieren a la cantidad de las plantas espinosas que contenga el matorral a simple vista, si tiene un 50% de especies sin espinas es subinerme. El matorral crasicale con fisonomía de nopalera, o sea que tiene dominancia de nopales (*Opuntia* spp), se localiza principalmente en los alrededores de la laguna. En áreas muy reducidas dominan sobre el nopal, *Stenocereus* sp, o el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), además, presenta elementos como “limpia tuna” *Zaluzania augusta*, mimosa biuncifera, y algunas eminencias de *yucca filifera* e *yucca decipiens*.

El bosque de encino (*Quercus* spp) se distribuye en la zona al poniente del valle donde empieza la sierra y se desarrolla sobre feozem poco profundos. Los bosques de encino, así como los de pino o mixtos, representan una vegetación muy característica de las sierras. Los encinares son comunidades vegetales que se desarrollan bajo condiciones ecológicas distintas, en esta zona se presentan preferentemente bajo climas templados y en menor proporción en climas semisecos; los que crecen en esta última condición desarrollan un fuste pequeño, como los localizados en la gran sierra volcánica.

Los bosques de pino, que se presentan preferentemente en zonas de climas templados y fríos, tienen una distribución semejante a los de encino, los encontramos generalmente al lado de éste o intercalados, en este caso se encuentran al sur de Acatlán.

En la parte central de Tulancingo existe una comunidad arbustiva de *Quercus* spp, *Adenostoma* spp y *Arctostaphylos* spp, denominada chaparral, que por lo regular se encuentra en los límites entre climas secos y templados, como en este caso; son muy resistentes a las bajas temperaturas y al fuego. Se les encuentra sobre suelos poco profundos de material arcilloso; el viento tiene influencia determinante en el desarrollo del chaparral, ya que funciona como abrasivo a las especies vegetales impidiéndoles su crecimiento.

Tabla 3. Comunidades vegetales del valle de Tulancingo (Fuente: Adaptación de INEGI 210)

COMUNIDADES VEGETALES	
Grupo	Tipo de vegetal
Bosque:	Encino
	Ocote
	Pino
Matorral:	Espinoso
	Espinoso con encino
	Crasicuale
	Rosetofilo
	Subinerme
	Inerme
	De encino
Pastizal:	Pastizal con arbustos
Sembradíos:	Forrajes para cosecha de granos



Figura 4. Vista de la Laguna Zupitlán.(Fuente: Elaboración Propia)

Las unidades de vegetación cartográficas se definieron con base a un criterio fundamentalmente fisonómico, aunque se usaron también criterios florísticos, ecológicos y agrícolas. De esta manera, las comunidades vegetales del valle, como indica la Tabla 3, pueden dividirse en 4 grupos generales: bosque, matorral, pastizal y sembradíos, pero existe también gran variedad de hierbas rasantes.



Figura 5. Vista de la Laguna y su periferia (Fuente: Elaboración propia con base a Google Earth)

CAPÍTULO III. ESTUDIOS PRELIMINARES DEL PROYECTO

CAPITULO III.

ESTUDIOS PRELIMINARES DEL PROYECTO.

III.1. Antecedentes históricos y socioeconómicos

En el estado de Hidalgo, las diversas características socioeconómicas indicadoras de bienestar y progreso, permiten identificar las localidades que funcionan como núcleos de desarrollo o como centros propulsores en diversas actividades; entre estas localidades se encuentra Tulancingo, región en la que se encuentra la Laguna Zupitlán. Aquí las actividades que dan relevancia son diversas, lo mismo comerciales, que agrícolas, pecuarias e industriales. En el distrito de riego ubicado en el valle del mismo nombre, los cultivos comunes son el maíz y forrajes, aunque en los últimos años se está tendiendo a cultivar vegetales tales como tomate verde, tomate rojo y chile. Los forrajes son utilizados para alimentar ganado vacuno (productor de leche) de la región. La industria local está representada por los artículos textiles, que tiende a desaparecer y la producción de productos lácteos.

La Laguna Zupitlán se encuentra ubicada en el ejido San Dionisio perteneciente al Municipio de Acatlán, Estado de Hidalgo, a 2 120 metros de altitud, su formación está integrada por manantiales de origen interno dentro del propio vaso y de subterráneos marginales, que tiene una extensión de 110 hectáreas. El gasto extraído es de aproximadamente 600 litros por segundo, mismo que es aprovechado por 1 031 usuarios para regadío de 1600 hectáreas de terrenos de cultivo. En cuanto a los asentamientos humanos

La comunidad de Zupitlán, también conocido como los “Los Pocitos”, en referencia a los manantiales como se observa en la Figura 6, tenía en 2010 54 habitantes. Es una localidad rural aislada de 18 hombres y 36 mujeres. La relación mujeres/hombres es de 2. El índice de fecundidad de la población femenina es de 3.35 hijos por mujer. El porcentaje de analfabetismo entre los adultos es del 13.33% (26.67% en los hombres y 6.67% en las mujeres) y el grado de escolaridad es sexto de primaria, 4.25 en hombres y 7.11 en mujeres). En este sitio el tiempo ha relantizado la evolución de sus habitantes y conserva costumbres de campo muy antiguas.

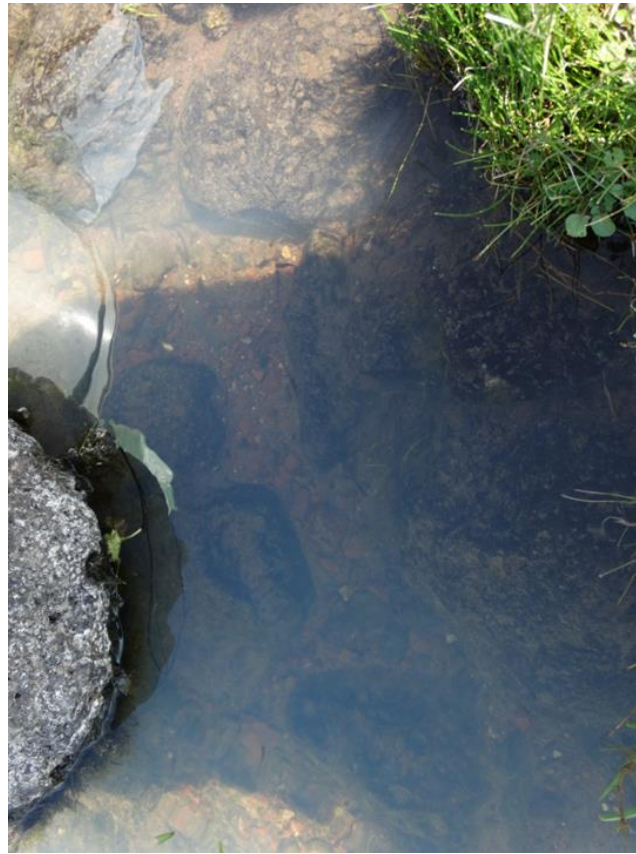


Figura 6, Por varios puntos de la laguna se presentan manantiales. (Fuente: Elaboración Propia)

Por otro lado se sabe que los primeros asentamientos en los alrededores de la laguna se dieron a finales del siglo XVI, época en que comenzó la explotación del vaso. Asimismo, como hasta la actualidad, el agua excedente se ocupaba para regadío de los cultivos de la región y de la almacenada se extraían especies acuáticas comestibles, para consumo y comercio. En el siglo XIX la laguna y una gran porción de terreno formaban parte de la hacienda Zupitlán, nombre con el que se conoció desde entonces a ese lugar, incluyendo el almacenamiento (ver Figura 7).

Tiempo después de la revolución, alrededor de 1930, durante el agrarismo, el gobierno de aquel entonces efectuó la expropiación de tierra y agua asignándoselas al ejido de Acatlán, a partir de entonces fueron los campesinos, ex-trabajadores de la misma extinta hacienda Zupitlán, los beneficiados y sus descendientes en la actualidad.

Durante décadas, la Laguna Zupitlán y su riqueza natural fue base para el sustento de

muchas familias del Municipio, además de emplearse como centro de reunión de grupos que gustaban de admirar la belleza de la zona. Sin embargo, en el transcurso de los últimos cincuenta años, se han presentado cambios, sobre todo debido a la proliferación de las malezas acuáticas.

En la actualidad son pocos los cazadores que llegan al lugar en busca de aves para practicar la cacería de especies de patos que emigran en épocas invernales; tampoco es posible el paseo en lanchas de remos o motor, escasean los espacios libres y que dan oportunidad de practicar la pesca con anzuelos y solo en ciertas épocas se puede hacer con redes, lo que daba oportunidad de subsistir a una parte de la población, mediante el comercio del producto.

De las 110 hectáreas de superficie 88 se encuentran invadidas por vegetales acuáticos y, en consecuencia, el gasto disminuye alarmantemente en época de estiaje, por lo que la frecuencia de riego de los cultivos es mucho menor, lo que afecta en gran medida la producción de forrajes, granos y productos derivados.

III.2. Flora y fauna.

La Laguna Zupitlán sufre una eutrofización a gran escala, es decir, sus aguas contienen una fertilidad excesiva, y esto provoca la proliferación de las plantas acuáticas. Como consecuencia de esta eutrofización, se observan en el sitio los problemas siguientes:

- la difícil utilización recreativa debido al exceso de turbidez, color y olor del agua;
- la dificultad para la supervivencia de peces valiosos, permite que otros de poco valor comercial se desenvuelvan en ese medio;
- la generación de un medio propicio para el desarrollo de vegetales acuáticos superiores y larvas de insectos que afectan al vaso desde el punto de vista de la estética del paisaje y crea condiciones desfavorables a las poblaciones situadas en los alrededores;
- mal olor y sabor por el exceso de plantas putrefactas por la falta de oxigenación del agua, y
- excesiva cantidad de nitrógeno y fósforo que provoca que el tule (*Typha* SPP), vegetal predominante en la laguna, invada gran cantidad de espacio acuático.

Además de lo anterior y no menos problemático es la abundancia de lirio acuático (*Eichornia Crassipes*), vegetal que ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie invadida, que en su caso particular, tiene un potencial reproductivo único en su género, ya que presenta doble alternativa, por medio de semillas y alta reproducción vegetativa, esto genera potencial adaptativo amplio que deteriora el agua.

Existen algunas otras variedades de plantas dañinas, pero las que más afectan y mantienen la superficie acuática y el margen de la laguna invadida son las dos antes mencionadas como se puede ver en las Figura 7.

En cuanto a la fauna existente, en la región se encuentran especies como conejos, ardillas, roedores, colibrí, gorrión, pájaro carpintero, víbora, lechuza, tejón, codorniz, palomas y tlacuaches. De manera general en la laguna y sus márgenes existen carpas criollas roja y negra, sanguijuela, ranas, sapos, víboras de agua, cincuate y las serpientes llamadas ligeras, que proliferan por los cerriles por su cúmulo de piedras y pastizales, como se observa en la Figura 8.



Figura 7. Aspecto de la vegetación de la laguna, en primer plano lirio, tule y al fondo el casco de Exhacienda. La parte despejada corresponde a un manantial. (Fuente: Elaboración Propia)



Figura 8. Aspecto del entorno de la laguna. (Fuente: Elaboración Propia)

.La laguna es un importante hábitat para especies de aves residentes y migratorias, como son: la cerceta de ala azul (*ana discors*), el pato chalcuan (*ana americana*), el pato golondrino (*ana acuata*), pato cucharon (*ana clypeata*), pato boludo (*aythya affinis*), y pato pijije alioscuro (*dendocygna bicolor*); otras especies comúnmente vistas, incluyen a la gallareta americana (*fulica americana*) y varias especies de garzas y garzones.

En cuanto a peces, abunda la carpa de la familia de los ciprínidos, cuya carne es muy apreciada, el pez israel de talla un poco más grande que la carpa, y el charal (*chirostoma bartoni*), pecesillo pequeño, ágil y casi transparente. Aunque escasa, actualmente la pesca es una actividad cotidiana que utiliza como medio de trabajo las lanchas de remos, como se observa en la Figura 9.

En cuanto a reptiles, solo se pueden encontrar en la laguna dos tipos de culebras, una llamada víbora de agua, que es inofensiva y no venenosa; y otra a la que se le denomina cincuate, cuya mordedura no es peligrosa, pero sí su fuerza, ya que podría lastimar a una persona en caso de enredarse en alguna parte del cuerpo.



Figura 9. Aspecto del bordo oriente y camino perimetral de la laguna. (Fuente: Elaboración Propia)

Otras especies que se pueden hallar son: cangrejos, camarones de agua dulce y muchos tipos de caracoles y son incontables las variedades de insectos, tanto voladores como acuáticos, entre ellos, la chinche de agua, la sanguijuela, el escarabajo buceador, el girino, la larva tigre y otros.

En los alrededores del vaso, en tierra firme conviven todo tipo de roedores; ratas, ratones, tlacuaches y zorrillos; también hay conejos, liebres, nutrias y algunas especies de ardillas.

III.3. Fuentes de contaminación

La contaminación puede ser de origen natural o antropogénico, la última se refiere a aquello que es generado por el hombre. Cuando se habla de las fuentes de contaminación es importante saber si se trata de puntuales o no puntuales. Las primeras son aquellas que son "fácilmente" identificables, es decir, mediante una investigación se conoce el contaminante que se encuentra en el ambiente y se sabe qué actividad lo produce, y se puede cuantificar y conocer el origen. En cambio, fuentes no puntuales, son aquellas que difícilmente pueden identificarse y que suelen encontrarse dispersas, tal es el caso del escurrimiento del agua de lluvia sobre cultivos fertilizados artificialmente y que su destino es un río o lago en la punto más bajo de una cuenca (Ongley, 1997).

En el caso de la Laguna Zupitlán, la mayor parte de agentes contaminantes provienen de las prácticas agrícolas. Las fuentes puntuales son menores o nulas debido a la escasa población y lejanía con respecto a los núcleos de población que pudieran disponer de descargas de efluentes sanitarios o industriales.

La contaminación agrícola es materia de estudio desde hace dos décadas. En su informe auspiciado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura de la Alimentación (FAO) E.D. Ongley postulaba que la contaminación agrícola jugaba un papel muy destacado dentro de las fuentes de contaminación ambiental.

Los contaminantes de procedencia no localizada y los de procedencia agrícola, cualquiera que sea la fuente, se desplazan por la superficie terrestre o penetran en el suelo, arrastrados por el agua de lluvia. Estos contaminantes, forma de sedimentos y cargas químicas, consiguen abrirse paso hasta las aguas subterráneas, tierras húmedas, ríos, lagos y, finalmente, hasta los océanos. Como se menciona más adelante, la repercusión ecológica de estos contaminantes puede ir desde pequeños trastornos hasta graves catástrofes ecológicas, con repercusiones en los peces, las aves, mamíferos y la salud humana.

En la Figura 10 se muestra la diversidad y relativa complejidad de la contaminación agrícola procedente de fuentes no localizadas, las cuales Ongley jerarquiza desde el punto de vista de su complejidad y sus consecuencias y plantea la forma en que se relaciona la complejidad de los contaminantes con la información científica para conocer el origen y repercusiones de los contaminantes.

Para ilustrar la jerarquía de complejidad de los contaminantes y el conocimiento de su origen y consecuencias, Ongley la indica como una pirámide, donde los nitratos provenientes de los fertilizantes forman parte de la base como el factor menos complejo y a la vez más abundante, en cambio, ubica a los pesticidas como el menos abundante pero del que no se tiene información científica disponible. En la medida que aumenta la complejidad del contaminante, escasea la información de los recursos hídricos porque la investigación científica se vuelve cada vez más costosa y esto origina que la eficiencia de la información y la base de conocimiento científico para el buen manejo de recursos hídricos decrezca con la misma tendencia.

Es conocido que las actividades agrícolas pueden contribuir al deterioro de la calidad del agua mediante la descarga variados materiales, tal es el caso de los sedimentos, plaguicidas, abonos animales, fertilizantes y otras fuentes de materia orgánica e inorgánica. Muchos de estos contaminantes llegan a los recursos superficiales y subterráneos como consecuencia de fenómenos muy generalizados de escurrimiento y filtración y, por lo tanto, se conocen con el nombre de fuentes "no localizadas". La identificación, cuantificación y supresión de la contaminación es más difícil en esos casos que cuando ésta procede de fuentes "localizadas" (Ongley, 1997).

Los aspectos de calidad del agua de lagos, lagunas y presas, se rigen por los límites de calidad que contemplan las normas de control en la contaminación del agua para los diferentes usos en México. Para corregir los daños es necesario determinar la caracterización de los recursos hídricos para conocer los factores contaminantes y cuantificar los daños.

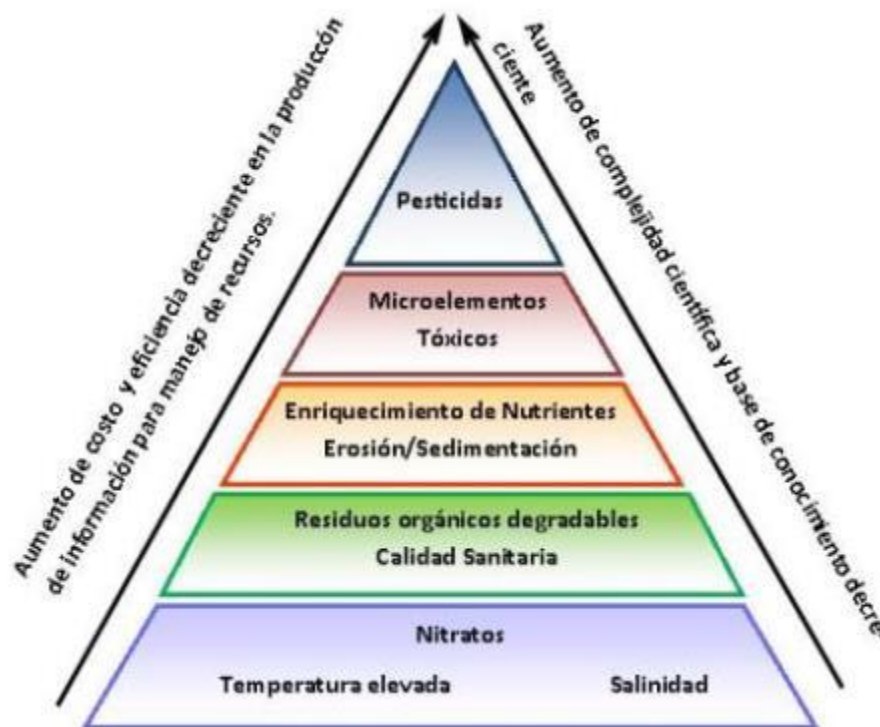


Figura 10. Complejidad jerárquica de los problemas de calidad del agua relacionados con la agricultura. Fuente: Adaptación de (Ongley, 1997)

III.3.1. Fuentes puntuales

La contaminación procedente de fuentes puntuales está asociada a las actividades en que

el agua residual se destina directamente a las masas de agua receptoras. Fuente puntual implica todo medio de transporte perceptible, delimitado y discreto, por ejemplo, toda tubería, acequia, canal, túnel, conducto, pozo, fisura discreta, contenedor, material rodante, actividades concentradas de alimentación animal o medio flotante, desde el cual se descarguen o puedan descargar contaminantes, los cuales se pueden fácilmente cuantificar y controlar. En esos términos se puede mencionar que aunque en la Laguna Zupitlán existe la contaminación puntual, esta es mínima con respecto a la contaminación no puntual debido a la poca y dispersa población (Ver Figura 11) y escasas descargas sanitarias como la que se observa en la Figura 12.

De acuerdo al Catálogo de Localidades de La Secretaría de Desarrollo Social, en la comunidad de Zupitlán (Los Pocitos), perteneciente al Municipio de Acatlán Hidalgo, existía, en el año 2010 una población de 54 habitantes con un grado de marginación medio. De acuerdo a ese dato, se puede deducir que las descargas domésticas, de existir no serían un factor importante de contaminación. Vale la pena mencionar, que al hacer un recorrido en la periferia de la laguna, solo se detectó una descarga sanitaria, consistente en dos tubos de pvc de 4 pulgadas cada uno.



Figura 11. Dispersión de casas de la población aledaña a la Laguna Zupitlán. (Fuente: Elaboración

Propia)



Figura 12. Una de las escasas fuentes puntuales de contaminación. (Fuente: Elaboración Propia)

Otra situación se da con El Rancho Zupitlán antes Hacienda Zupitlán. Desde su origen, a finales del siglo XVI (Enciclopedia de Municipios de México, 2002), se ha criado ganado vacuno, ya sea lechero o de engorda, y desde siempre se le ha dado una mala disposición a los desechos orgánicos generados por la actividad ganadera, ya que son depositados entre el casco del rancho y el margen de la laguna; este es un espacio no mayor de 100 metros entre ambos, lo cual provoca que grandes cantidades de desechos se introduzcan en las aguas del vaso, principalmente al ser arrastrados por las corrientes durante las precipitaciones.

La agricultura es al mismo tiempo causa y efecto de la contaminación de los recursos hídricos (Ver Figura 13). Es causa, por la descarga de contaminantes y sedimentos en las aguas superficiales y/o subterráneas, por la pérdida neta de suelo como resultado de prácticas agrícolas desacertadas y por la salinización y anegamiento de las tierras de regadío. Es efecto, por el uso de aguas residuales y aguas superficiales y subterráneas contaminadas; que contaminan a su vez los cultivos y transmiten enfermedades a los

consumidores y trabajadores agrícolas. La agricultura se desarrolla en una simbiosis de tierras y aguas.



Figura 13. Uno de los usos tradicionales de la laguna es como forraje para ganado. (Fuente: Elaboración Propia)

III.3.2. Fuentes no puntuales.

La contaminación de las aguas procedente de fuentes no puntuales, conocida anteriormente con el nombre de contaminación "difusa", es resultado de un amplio grupo de actividades humanas y fenómenos naturales, en las que los contaminantes no tienen un punto claro de ingreso en los cursos de agua que los reciben.

La contaminación de fuentes no puntuales es mucho muy difícil de identificar, medir y controlar, ya que se incluyen las descargas agrícolas de agua de lluvia y el caudal de retorno de la agricultura de regadío por la existencia de drenes de retorno. La referencia a las "descargas agrícolas de agua de lluvia" significa el traslado de contaminantes como fertilizantes y plaguicidas por la actividad agrícola y tiene lugar fundamentalmente en las situaciones en que se producen corrientes de agua de lluvia.

Convencionalmente, en la mayor parte de los países, todos los tipos de prácticas agrícolas y formas de utilización de la tierra, incluidas las operaciones de alimentación animal

(granjas de engorda), se consideran como fuentes no puntuales. Las características principales de las fuentes no puntuales son que responden a las condiciones hidrológicas, presentan dificultades para la medición o control directo (y, por ello, son difíciles de regular), y se concentran en las prácticas de ordenación de la tierra y otras afines.

La agricultura es sólo una de las muchas causas que dan lugar a fuentes no puntuales de contaminación, pero, según el parecer general, es la más importante de todas ellas.

Los contaminantes de procedencia no puntual, cualquiera que sea la fuente, se desplazan por la superficie terrestre o penetran en el suelo, arrastrados por el agua de lluvia. Estos contaminantes consiguen abrirse paso hasta las aguas subterráneas, tierras húmedas, ríos y lagos y, finalmente, hasta los océanos en forma de sedimentos y cargas químicas transportadas por los ríos. La repercusión ecológica de estos contaminantes puede ir desde pequeños trastornos hasta graves catástrofes ecológicas, con repercusiones en los peces, las aves y mamíferos y sobre la salud humana.

En un estudio, el primero y más detallado de todos los análisis efectuados sobre la contaminación de fuentes, en Canadá y los Estados Unidos emprendieron en los años setenta un amplio programa de identificación de las fuentes puntuales y no puntuales en todas las cuencas de los Grandes Lagos. Ello se debió en gran parte a la presión de la opinión pública (por ejemplo, artículos de prensa con títulos como "El lago Erie ha muerto!"), preocupada por el deterioro de la calidad del agua y, en particular, por los casos visibles de proliferación de algas y la multiplicación de las malas hierbas acuáticas. En términos científicos, la situación podía calificarse de hipertrófica en el lago Erie y eutrófica en el lago Ontario, debido a la aportación excesiva de fósforo procedente de fuentes puntuales y no puntuales. Los dos países, a través de una comisión bilateral (International Joint Commission), establecieron los grupos de referencia sobre la contaminación debida a actividades asociadas al aprovechamiento de la tierra ("Pollution from Land Use Activities Reference Groups", PLUARG), que sirvieron como vehículo científico para un estudio decenal de las fuentes de contaminación de toda la cuenca de los Grandes Lagos, y que culminó en importantes cambios en el control de las fuentes tanto puntuales como no puntuales. El estudio fue también consecuencia de un progreso sin precedentes en la comprensión científica sobre la influencia de las formas de explotación de la tierra en la calidad del agua. Este trabajo, realizado principalmente en los años setenta y primeros

ochenta, tiene todavía gran validez para los problemas relacionados con las fuentes no puntuales, importante motivo de preocupación en todo el mundo. La clasificación de la Tabla 4 es el resultado de esa investigación.

Tabla 4. Clases de contaminación de fuente no puntual (Fuente: Adaptación de International Joint Commission, 1974 y otras fuentes)

ACTIVIDAD	TIPO DE FUENTE	CONTAMINANTE
Agricultura Corrales de engorde Riego Cultivo Pastos Granjas de producción de leche Huertos Acuicultura	Escurrimientos de todas las categorías de actividades agrícolas que dan lugar a contaminación del agua superficial y subterránea. En los climas septentrionales, los escurrimientos procedentes de las tierras congeladas es un grave problema, en particular en los lugares donde el abono se aplica durante el invierno. La manipulación de las hortalizas, en particular el lavado de las mismas en aguas superficiales contaminadas, práctica común en muchos países en desarrollo, da lugar a la contaminación de los alimentos. La acuicultura, en constante crecimiento, se ha convertido en importante fuente de contaminación en muchos países. El agua procedente del riego contiene sales, nutrientes y plaguicidas. El drenaje con cañerías transporta rápidamente sustancias lixiviadas, como el nitrógeno, a las aguas superficiales.	Fósforo, nitrógeno, metales, agentes patógenos, sedimentos, plaguicidas, sal, DBO ¹ , oligoelementos (por ejemplo, selenio).
Silvicultura	Mayor volumen de escorrentía procedente de las tierras alteradas. La mayor parte de los daños procede de la tala de bosques para urbanización.	Sedimentos, plaguicidas
Descarga de desechos líquidos	Descarga de desechos líquidos procedentes de efluentes municipales, fango cloacal, efluentes y fangos industriales, aguas de desecho procedentes de los sistemas sépticos domésticos; en particular, la descarga en tierras agrícolas , y la descarga legal o ilegal en cursos de agua.	Agentes patógenos, metales, compuestos orgánicos.
Zonas urbanas Residenciales Comerciales Industriales	Escorrentía urbana procedente de tejados, calles, lugares de estacionamiento, etc., que da lugar a la sobrecarga de los centros de depuración que reciben aguas de la red de alcantarillado, o escorrentía contaminada que se envía directamente a las aguas receptoras; las industrias y empresas locales a veces descargan sus desechos en los drenes para aguas torrenciales y canalones de las calles; limpieza de las calles; la aplicación de sal en las carreteras contribuye a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.	Fertilizantes, grasas y aceites, materias fecales y agentes patógenos, contaminantes orgánicos (por ejemplo, HAP ² y BCP ³), metales pesados, plaguicidas, nutrientes, sedimentos, sales, DBO, DQO ⁴ , etc.
Sistemas de alcantarillado rural	Sobrecarga y perturbación de los sistemas técnicos, lo que da lugar a escorrentía superficial y/o infiltración directa en las aguas subterráneas.	Fósforo, nitrógeno, agentes patógenos (materias fecales).
Transporte	Carreteras, ferrocarriles, tuberías, pasillos hidroeléctricos,	Nutrientes, sedimentos,

	etc.	metales, contaminantes orgánicos, plaguicidas (en particular herbicidas)
Extracción de minerales	Escorrentía de las minas y desechos de la mismas, canteras y pozos.	Sedimentos, ácidos, metales, aceites, contaminantes orgánicos, sales (salmuera)
Utilización de la tierra para fines recreativos	Gran variedad de usos de la tierra para fines recreativos - en particular centros de esquí, la navegación y puertos recreativos, lugares de camping, parques, residuos y agua "gris" de la barcas de recreo - son un contaminante de gran importancia, especialmente en pequeños lagos y ríos. Caza (contaminación provocada por el plomo en las aves acuáticas).	Nutrientes, plaguicidas, sedimentos, patógenos, metales pesados.
Eliminación de residuos sólidos	Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por los productos lixiviados y gases. Los desechos peligrosos a veces se eliminan mediante descargas subterráneas.	Nutrientes, metales, patógenos, contaminantes orgánicos.
Dragado	Dispersión de sedimentos contaminados, filtración desde las zonas de confinamiento.	Metales, contaminantes orgánicos.
Eliminación en profundidad	Contaminación de las aguas subterráneas mediante la inyección profunda de desechos líquidos, en particular de salmueras en los yacimientos petrolíferos y desechos industriales líquidos.	Sales, metales pesados, contaminantes orgánicos.
Deposición atmosférica	Transporte de contaminantes a larga distancia y deposición sobre la tierra y superficies acuáticas. Se considera fuente importante de plaguicidas (procedentes de la agricultura, etc.), nutriente, metales, etc., en particular en zonas vírgenes.	Nutrientes, metales, contaminantes orgánicos.
¹ DBO = demanda biológica de oxígeno ² HAP = hidrocarburos aromáticos policíclicos ³ BCP = bifenilos clorados policíclicos ⁴ DQO = demanda química de oxígeno		

En el caso del agua de laguna de Zupitlán se presenta una gran cantidad de partículas suspendidas que le dan una coloración verdosa, lo cual es indicativa de la proliferación de microorganismos acuáticos y por ende de una abundancia de materia orgánica. Se cree que el origen de todo el problema fue un estercolero que funcionó por muchos años en la Hacienda Zupitlán (Ver Figura 14). La desaparición progresiva de peces como carpa (*Cyprinus carpio*) y tilapia (*Oreochromis sp.*) actúa como un indicador de eutrofización en la laguna, lo cual es validado por una elevada turbidez, desarrollo de plantas macrófitas (tular) y abundancia de lodos en gran parte de la periferia de la laguna.



Figura 14. Antiguo estercolero de la Hacienda Zupitlán (actualmente en desuso) donde hace años comenzó la proliferación del tule y el lirio por el enriquecimiento de abono biológico por fuentes no puntuales. (Fuente: Elaboración Propia)

Por otra parte, se ha observado y se tiene información que el lactosuero es una fuente de contaminación no puntual hacia la laguna. Éste, es un líquido residual del proceso de la fabricación de quesos. En la zona existen 70 empresas registradas, las cuales desechan a los canales superficiales la cantidad aproximada de 200 000 litros diarios (Redacción Periódico Ruta, 2010). Este lactosuero corre por los canales que usualmente usan las aguas corrientes y se depositan en la presa El Sabino (ver Figura 15), que se ubica aproximadamente a 1 000 metros de distancia de la laguna y que pudiera trasladar algunas filtraciones subterráneas a la Laguna Zupitlán. Aunque no se puede calcular la cantidad de lactosuero filtrado, puesto que es una fuente no puntual e indirecta, los campesinos dicen padecer sus efectos nocivos.

Según los ejidatarios, el principal efecto dañino del lactosuero es la muerte de peces de la laguna, y el efecto verdoso y el aroma acre en el agua. Sin embargo, la tendencia contaminante ha decrecido en los últimos 5 años y se espera que en el futuro se tenga control completo aguas arriba. Estas medidas han permitido la proliferación de más peces

y la reducción del efecto salitroso de las tierras de cultivo.

La principal causa del abatimiento de las descargas de lactosuero es el reclamo de nueve ejidos que integran a 1 300 ejidatarios que se dedican al cultivo de riego y la pesca. Las autoridades de la Secretaria de Recursos Naturales y Medio Ambiente (SEMARNAT) y Procuraduria para la Protección del Medio Ambiente (PROFEPA) ya han tomado medidas al respecto.

A partir del año 2000 en la Laguna Zupitlán se han realizado infinidad de estudios limnológicos; muchos de éstos admiten que existe una fuerte cantidad de nutrientes en las aguas del vaso, asociada a suelo agrícola.



Figura 15. Corriente de lactosuero rumbo a presa Sabino. (Fuente: Adaptada de http://www.ultra.com.mx/noticias/archivos/timthumb.php?src=http://www.ultra.com.mx/noticias/imagenes/notas/por-cuestiones-tecnicas--se-detiene-proyecto-de-planta-para-lactosuero_3e716.jpg&h=345).

Como ejemplo se menciona el realizado en el año 2008 por personal del Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales de la UAEH (Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo), el Instituto de Geología de la UNAM y Facultad de Química de la UNAM (Ávila Ortiz, Cruz Sánchez, & Salcedo Luna, 2008) donde establecieron la calidad en función a

su uso.

Como agua de riego es aceptable, salvo su baja salinidad y su elevada concentración de Cd (cadmio). De acuerdo a los límites recomendados para la protección de la vida acuática, se observa contaminación inorgánica, cuyas concentraciones afectan la sobrevivencia de los peces.

Entre las conclusiones del estudio anteriormente mencionado está la siguiente: “De acuerdo a los análisis fisicoquímicos del agua de la Laguna de Zupitlán, se ha establecido que su calidad como agua de riego es aceptable, sin embargo, su baja salinidad debe ser corregida con la adición de algún fertilizante inorgánico, posiblemente yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), el cual puede contribuir a la conservación de la estructura del suelo y reduce el riesgo de infiltración. La concentración de Cd supera los límites establecidos por la NOM-052-SEMARNAT-2005 y puede constituir un riesgo de toxicidad para los cultivos de la región. Desde el punto de vista de la conservación de la vida acuática, se considera que la Laguna de Zupitlán presenta contaminación inorgánica, donde las concentraciones de NH_3 , Cu, Ag, Cd y Pb son superiores a los valores del límite recomendado para la sobrevivencia de los peces, lo que afecta sensiblemente su reproducción y desarrollo.” (Ávila Ortiz, Cruz Sánchez, & Salcedo Luna, 2008). Las tablas 5 y 6 indican los resultados que respaldan la conclusión.

En cuanto al estado trófico del almacenamiento, el mismo personal obtuvo el EPI-D (Eutrophication and/or Pollution Index –Diatom based) un índice integrado y ponderado de eutrofización y/o contaminación basado en la sensibilidad de las diatomeas a las condiciones ambientales; materia orgánica, nutrientes y sales minerales disueltas en el agua, particularmente de los cloruros (que representan un factor preponderante en la contaminación acuática). El EPI-D permite establecer la calidad del cuerpo hídrico respecto de la contaminación orgánica e inorgánica, con base en la abundancia de especies. Debido a sus implicaciones ecológicas, este índice es ampliamente utilizado en la mayoría de los países de Europa y Estados Unidos Dell 'Uomo, 1996 , considera la tolerancia de la especie a la contaminación orgánica, inorgánica y al grado trófico del cuerpo hídrico. Su valor va de cero (para una especie que indica un ambiente de óptima calidad) a cuatro (para una especie que indica un cuerpo hídrico completamente degradado). Para establecer la calidad del ambiente acuático se dispone de una

clasificación basada en los valores del EPI-D en una escala de 0 a 4 utilizada particularmente en Italia.

Los resultados obtenidos fueron que las principales diatomeas, o algas unicelulares, identificadas tanto en el agua como en los sedimentos de la laguna de Zupitlán corresponden a *Nitzschia* sp.; *Surirella* sp., *Aulacoseirasp.*, *Asterionella* sp. y *Stephanodiscus* sp. La mayoría de las especies identificadas son características de aguas dulces con temperaturas cercanas a la ambiente (20 °C), tolerantes a condiciones alcalinas y salinidades relativamente bajas, donde la *Nitzschia* sp. y *Stephanodiscus* sp. Las especies más tolerantes a elevadas salinidades y ambientes eutróficos. Además, se han observado diatomeas como *Pseudo nitzschia* sp.; *Cymbella* sp., *Synedra* sp., *Denticulopsis* sp., *Eupodiscus* sp. y *Eunotia* sp., cuya abundancia relativa es muy baja. Otros microorganismos abundantes en el ambiente acuático corresponden a dinoflagelados, ciliados y amibas.

Entre las conclusiones del estudio de Identificación de Bioindicadores en la Laguna Zupitlán, Municipio de Acatlán, Hgo., México realizado en el 2009, está la siguiente: “La presencia de los diversos microorganismos está asociada a una gran disponibilidad de materia orgánica en el ambiente acuático, cuya naturaleza puede ser de origen antropogénico, derivado de las actividades agrícolas y ganaderas realizadas en la periferia de la laguna, donde la lixiviación y esorrentía gradual de residuos orgánicos permiten su acumulación en la columna de agua y posteriormente en los sedimentos, los cuales actúan en etapas posteriores como fuentes de materia orgánica en un ciclo dinámico que afecta la calidad del cuerpo hídrico”, (Cruz Sánchez, Ávila Ortiz , & Salinas Tellez, 2009).

Según el estudio mencionado anteriormente el ambiente acuático descrito favorece el crecimiento explosivo de algas (Ver Figura 16), que es una de las principales consecuencias de la sobreproducción de fitoplancton por el aumento de DBO (Demanda bioquímica de oxígeno), uno de los parámetros más ampliamente utilizados; es una medida de la cantidad de oxígeno usado por poblaciones microbianas del agua en respuesta a la introducción de material orgánico degradable (Malina, 1996).

La materia orgánica se alimenta por las bacterias aeróbicas que requieren oxígeno, en este proceso la materia es degradada y oxidada (Mitchell et al. 1991).

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos y de salinidad para la Laguna de Zupitlán, evaluados durante. Fuente: (Ávila Ortiz, Cruz Sánchez, & Salcedo Luna, 2008)

PARÁMETROS	M	J	S	D	LAR*
FISICOS					
pH	8.62	8.54	9.52	7.10	6.5 - 8.4
Conductividad Eléctrica, CE (dS/m) a 25 °C	0.193	0.191	0.194	0.254	<0.75
Temperatura (°C)	15	17	16	14	SR
ANIONES					
Carbonatos, CO ₃ ²⁻ (meq/L)	1.058	0.800	1.006	ND	<1.0
Bicarbonatos, HCO ₃ ⁻ (meq/L)	0.756	0.960	0.503	1.942	<1.5
Cloruros, Cl ⁻ (meq/L)	0.220	1.050	0.737	0.569	<4.0
Sulfatos, SO ₄ ²⁻ (meq/L)	0.082	0.240	0.164	0.129	<3.0
Fosfatos, PO ₄ ²⁻ (meq/L)	0.012	0.052	0.003	ND	SR
Nitratos, NO ₃ ⁻ (meq/L)	0.007	0.004	0.003	0.006	SR
CATIONES					
Calcio, Ca ²⁺ (meq/L)	0.573	0.704	0.739	0.628	<5.0
Magnesio, Mg ²⁺ (meq/L)	0.536	0.435	0.614	0.822	<4.0
Sodio, Na ⁺ (meq/L)	0.535	0.578	0.539	0.639	<3.0
Potasio, K ⁺ (meq/L)	0.148	0.302	0.168	0.206	<1.0
INDICES DE CALIDAD					
Sólidos Totales Disueltos, STD (mg/L)	121	125	120	177.5	SR
Salinidad Efectiva, SE (meq/L)	0.712	0.919	0.717	0.878	<3.0
Relación de adsorción de sodio, RAS	0.718	0.766	0.655	0.750	<3.0
RAS ajustado	0.637	0.839	0.512	0.801	SR
Contenido de sodio residual, CSR (meq/L)	0.705	0.621	0.156	0.492	<1.25
Porcentaje de sodio posible, PSP	75.140	62.894	75.174	72.779	<50%
OTROS					
Alcalinidad total, dureza (meq/L)	6.53	7.44	1.95	4.64	SR

*LAR, Limite para agua de riego (Ayers y Westcot, 1987; Richards, 1980); ND, no determinado; SR, sin referencia.

Marzo M, junio J, Septiembre S y Diciembre D de 200 .

Tabla 6. Elementos presentes en el agua de la Laguna de Zupitlán. Fuente: (Ávila Ortiz, Cruz Sánchez, & Salcedo Luna, 2008)

Elemento	M	J	S	D
Al	0.165	0.846	0.367	ND
Si	21.3	22.7	23.2	20.1
Fe	ND	0.076	0.176	ND
Co	0.632	0.635	0.588	0.438
Cu	0.538 (0.045)*	0.713 (0.051)*	0.494 (0.013)*	0.513 (0.029)*
Zn	0.127	ND	ND	ND
Ag	0.365 (0.024)*	0.367 (0.031)*	0.580 (0.003)*	0.553 (0.014)*
Cd	0.476 (0.006)*	0.453 (0.007)*	0.411 (0.002)*	0.188 (0.0045)*
Pb	1.86 (0.152)*	1.98 (0.175)*	1.82 (0.042)*	1.68 (0.107)*

ND no detectado. *Límites recomendados para protección de la vida acuática (EPA, 2009).

Marzo M, junio J, Septiembre S y Diciembre D de 200 .

Esto provoca cambios en la vida acuática, pues mucho del oxígeno disuelto (OD) libre se consume por la bacteria aeróbica, robando a otros organismos acuáticos el oxígeno necesario para vivir, así organismos más tolerantes a niveles bajos de OD pueden aparecer y volverse más numerosos, como la carpa, la larva jején y lombrices de drenaje (Mitchell et al. 1991).

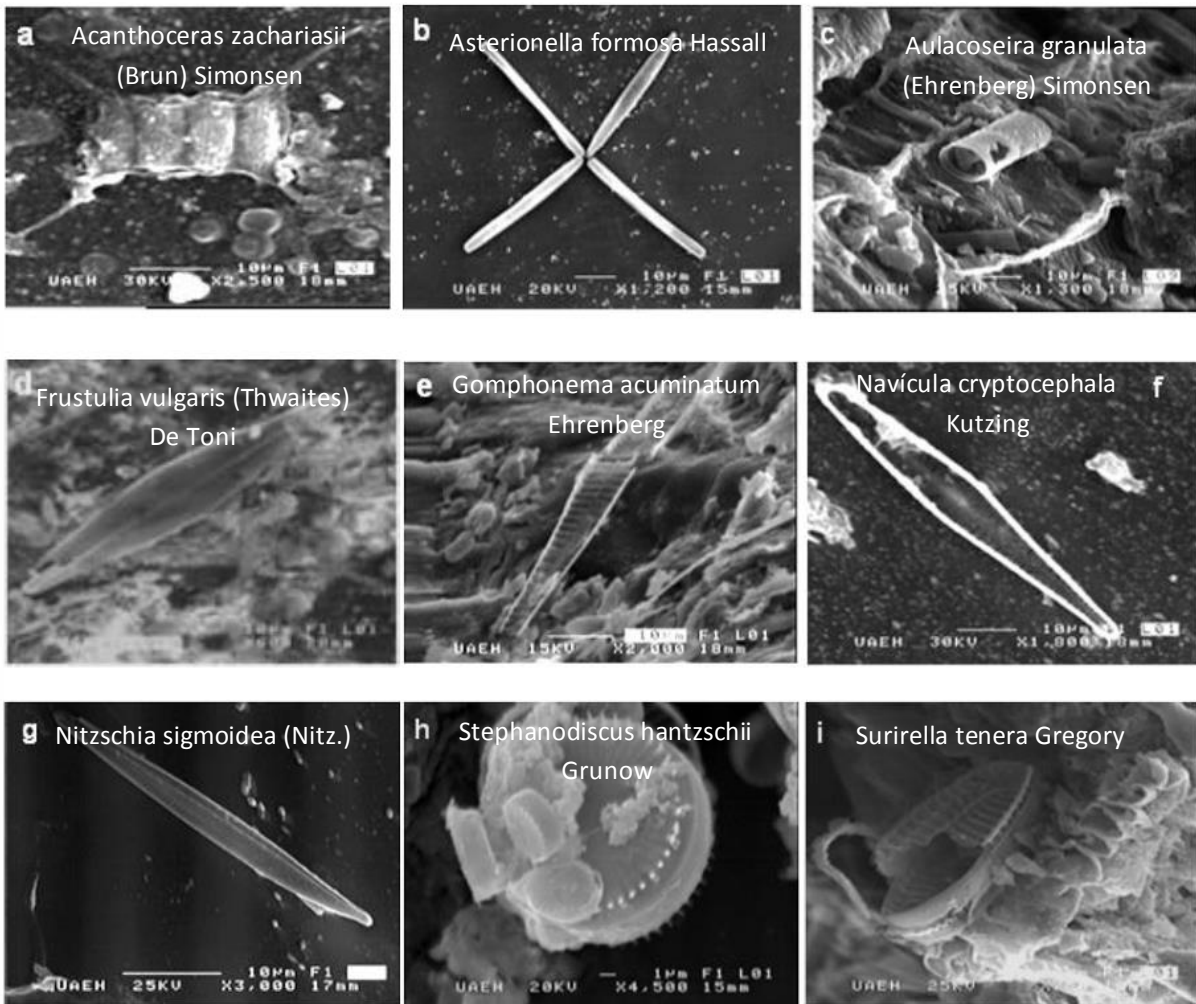


Figura 16. Diatomeas encontradas en la muestra de la laguna. Fuente: Adaptada de (Cruz Sánchez, Ávila Ortiz , & Salinas Tellez, 2009)

La evaluación del índice diatómico de eutrofización y contaminación EPI-D se realizó al considerar únicamente las especies más abundantes, lo que caracterizó *al ambiente acuático de la laguna de Zupitlán* como de pésima calidad. Este resultado es congruente con las características físicas y químicas de la laguna de Zupitlán reportadas en trabajos previos (Cruz Sánchez, Ávila Ortiz , & Salinas Tellez, 2009). La Tabla 7 indica los valores

de parámetros encontrados en las muestras de la Laguna Zupitlán que respaldan las conclusiones del estudio.

La concentración del hierro rebasa el límite máximo permisible de 0.3 miligramos por litro en el Manantial de la localidad de Zupitlán; sin embargo, la concentración reportada no ocasiona problemas a la salud de la población, sólo provoca manchas en la ropa y taponamientos en las tuberías.

III.3.3. Esgurrimientos superficiales

La Laguna Zupitlán es un cuerpo de agua endorreico léntico de régimen perenne, tiene una superficie entre 100 y 110 hectáreas de acuerdo a la época del año; su capacidad aproximada es de 10.8 millones de m³, con una profundidad máxima es de 10 m, aproximadamente. Las principales fuentes de recarga de la laguna son los escurrimientos que se generan por las lluvias y que abarcan parcialmente los municipios de Tulancingo y Acatlán, además de la recarga subterránea que aflora en la parte sur-oeste del cuerpo de agua.

El almacenamiento se localiza prácticamente al centro del Valle, el cual a su vez se encuentra posicionado en la porción oriental del Estado de Hidalgo. El área de escurrimientos que terminan en el vaso abarca parcialmente los municipios de Tulancingo de Bravo y Acatlán (Ver Figura 17).

Las corrientes superficiales en general son intermitentes y de carácter torrencial, no se tienen afluentes constantes ya que el agua superficial del Río Tulancingo es aprovechada a través de la amplia red de canales para uso agrícola. En los últimos 35 años, únicamente se ha introducido agua de este río a la laguna en tres ocasiones, esto ante la rotura del bordo del cauce.

Aproximadamente hasta finales de los años 90, la laguna se utilizaba para recibir los remanentes de la presa El Sabino que a su vez recibe escurrimientos temporales de agua que proviene de las crecientes que se formaban con las lluvias y que bajaban desde un nivel topográfico superior.

Tabla 7. Abundancia relativa de las principales diatomeas presentes en la laguna de Zupitlán en el mes de Junio de 2009. Fuente: Adaptada de (Cruz Sánchez, Ávila Ortiz , & Salinas Tellez, 2009).

Género	Especie	Autor	Acrónimo	a	r	i
<i>Acanthoceras</i>	<i>zachariasii</i>	(Brun) Simonsen	AZAC	2.36	0	0
<i>Asterionella</i>	<i>formosa</i>	Hassall	AFOR	17.45	1	1.2
<i>Aulacoseira</i>	<i>granulata</i>	(Ehrenberg) Simonsen	AUGR	12.26	1	2.0
<i>Frustulia</i>	<i>vulgaris</i>	(Thwaites) De Toni	FVUL	1.89	3	1.5
<i>Gomphonema</i>	<i>acuminatum</i>	Ehrenberg	GACU	0.47	3	1.5
<i>Navicula</i>	<i>cryptocephala</i>	Kutzing	NCRY	1.89	3	2.3
<i>Nitzschia</i>	<i>inconspicua</i>	Grunow	NINC	1.89	3	2.5
<i>Nitzschia</i>	<i>linearis</i>	(Agardh) W. M. Smith	NLIN	3.30	3	2.3
<i>Nitzschia</i>	<i>sigmoidea</i>	(Nitz.) W. M. Smith	NSIO	0.94	3	2.5
<i>Stephanodiscus</i>	<i>hantzschii</i>	Grunow	SHAN	48.11	5	3.0
<i>Surirella</i>	<i>tenera</i>	Gregory	SUTE	9.43	3	1.5
			EPI-D0-4	2.66		
			EPI-D1-20	7.36		
			Clase	IV		

CÁLCULO DEL VOLUMEN MEDIO DE ESCURRIMIENTO.

Para calcular el escurrimiento medio en cuencas pequeñas o áreas de drenaje reducidas, es necesario conocer el valor de la precipitación media, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento, la fórmula a utilizar es la siguiente:

$$Vm = C Pm A \quad (\text{INCA, 2005})$$

Dónde:

Vm : Volumen medio que puede escurrir (m^3)

A : Área de la cuenca (Ha)

C : Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

Pm : Precipitación media (mm)

Para aplicar esta fórmula, es indispensable tener cada uno de los factores que en ella

intervienen: coeficiente de escurrimiento (C), de Tabla 8, área de escurrimiento y precipitación media anual de la zona. (Martinez Ménez, Mario, 2005).

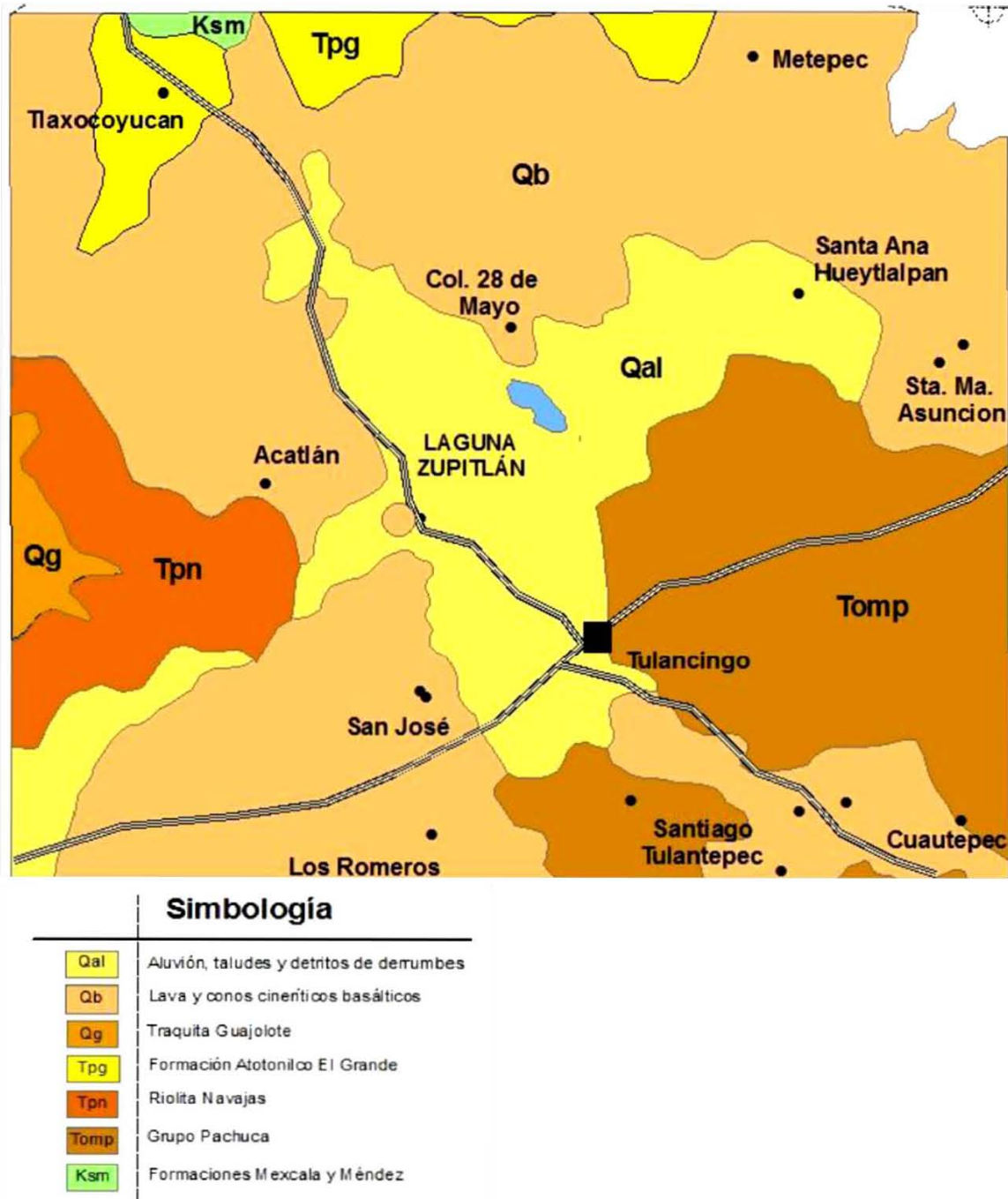


Figura 17. Características geológicas de la región Tulancingo y su relación con la Laguna Zupitlán. Fuente: (Cruz Sánchez, Ávila Ortiz, & Salinas Tellez, 2009)

Tabla 8. Valores del Coeficiente de escurrimiento (C) (Fuente: Adaptada de (INCA, 2005)

USO Y PENDIENTE DEL TERRENO		Textura del suelo		
		Gruesa	Media	Fina
BOSQUE	Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
	Ondulado (6-10% pendiente)	0.25	0.35	0.50
	Escarpado (11-30% pendiente)	0.30	0.50	0.60
PASTIZAL	Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
	Ondulado (6-10% pendiente)	0.16	0.36	0.55
	Escarpado (11-30% pendiente)	0.22	0.42	0.60
CULTIVO	Plano(0-5% pendiente)	0.30	0.50	0.60
	Ondulado (6-10% pendiente)	0.40	0.60	0.70
	Escarpado (11-30% pendiente)	0.52	0.72	0.82

Para determinar el área de escurrimientos hacia la Laguna Zupitlán, se considera un polígono aproximado de 7 km de ancho por 11 km de largo, es decir, 7 000 m por 11 000 m; esta operación arroja un resultado de 77 000 000 m², dividido entre 10 000 m² de una hectárea, el resultado es de 7 700 hectáreas.

Por otra parte el Valle de Tulancingo se caracteriza por conformar una extensa altiplanicie rodeada por sierras volcánicas, con innumerables abanicos y llanuras aluviales; localmente está constituida por un amplio valle intermontano, con elevación media sobre el nivel del mar de 2 150 metros, con una ligera pendiente hacia el norte y de forma burdamente triangular, que se encuentra surcada de sur a norte por el Río Grande de Tulancingo. Sin embargo, en la obtención del Coeficiente de escurrimiento (C), aplicado al caso se considerará una superficie con terrenos cultivados planos y textura de suelo fina, ya que en un porcentaje muy elevado, entre 80 y 90 por ciento, el terreno es de este tipo, por lo que se tiene que:

$$C = 0.60.$$

Asimismo, de acuerdo a los datos climatológicos registrados de 1961 a 2008, en la Estación Tulancingo de 1950 a 2008, regionalmente, la precipitación media anual de la zona del Valle es:

$$P_m = 532.1 \text{ mm};$$

donde el periodo de lluvias comprende los meses de mayo a octubre, mientras que la época de estiaje corresponde al periodo de noviembre y abril.

Al aplicar la ecuación se tiene que:

$$Vm = (0.60)(7\ 700\ \text{Ha})(532.1\ \text{mm})$$

$$Vm = 2\ 458\ 302\ m^3$$

La recarga, por escurrimientos en la Laguna Zupitlán representa alrededor del 12 por ciento de su extracción total en un año, sin embargo, se debe hacer notar que con lluvias intensas se forman grandes corrientes en las faldas de las montañas y ello conlleva al arrastre de una gran cantidad de suelo a su paso.

El contenido de material en suspensión en los cauces y almacenamientos está estrechamente relacionado con los caudales y los aportes de sedimentos arrastrados por los escurrimientos superficiales de las laderas de las cuencas generados durante los períodos de tormentas.

III.4. Aprovechamiento actual.

El aprovechamiento de los cuerpos de agua superficiales como son, presas y lagunas en México, se ha intensificado en los últimos años. En el pasado, el vital líquido rebasaba las necesidades, pero con el paso del tiempo y el incremento de los asentamientos humanos del país y de sus actividades productivas, se demandan cada vez mayores volúmenes, por lo que se hace necesaria la utilización y aprovechamiento, en una forma integral, de presas y lagunas.

La localización geográfica de los recursos hidráulicos es un factor determinante para obtener su beneficio, pues permite que los núcleos de población se sirvan de estos e incrementan sus actividades productivas.

En la actualidad, el uso más importante y que requiere de mayor volumen en el mundo, en México y en la región, es el regadío de tierras de cultivo: la demanda es cada vez mayor. Otros usos que tienen gran relevancia en el desarrollo socioeconómico son: el abastecimiento de agua potable, la pesca comercial, la piscicultura y el turístico, los cuales con el tiempo adquieren su respectiva consideración en el marco de alternativas.

En lo que se refiere al caso de la Laguna Zupitlán, se sabe que cuenta con cinco pequeñas obras de toma, con un gasto aproximado de 0.6 m³/s que es de los más bajos

en los últimos cuarenta años. El volumen anual útil acumulado está en el rango de entre 17 y 18 millones de m³, beneficiándose los poblados de Acatlán, Totoapita, Totoapa el Grande, Encinillos, Alcholoaya, Mixquiapan, Cacaloapan y el Huizache. Los cultivos más socorridos son forrajes, maíz, frijol y cebada. Para los habitantes de estas comunidades la laguna es muy importante, ya que tiene gran influencia en su economía, pues básicamente el sustento lo obtienen a través de la agricultura.

Por otra parte en 1988, se creó una red de abastecimiento de agua hacia los domicilios no distantes más de tres kilómetros de la laguna, para lo cual se utiliza uno de sus múltiples manantiales, en este caso, es el que se encuentra en un extremo sur-oeste de la misma laguna.

Otras formas de aprovechamiento son: abrevadero de ganado lechero, y pesca comercial y deportiva; aunque ha perdido importancia con el transcurso del tiempo y la infestación de las malezas acuáticas. También, debido al efecto del lactosuero que proviene de escurrimientos de la presa El Sabino ésta actividad ha tenido sus complicaciones por la muerte de los peces.

CAPÍTULO IV. SANEAMIENTO DE LA LAGUNA

CAPITULO IV.

SANEAMIENTO DE LA LAGUNA

En esta etapa de la humanidad, el hábitat de nuestro planeta debe cumplir su función original de sustentabilidad de la naturaleza y el hombre debe adaptar otras funciones para la creación de satisfactores sin menosprecio de la misma. Una laguna, además de vaso receptor de agua producto escurrimientos y manantiales para la posterior utilización para el riego agrícola, crianza de peces, hábitat de aves migratorias o para alojamiento de la flora y fauna endémica, se puede utilizar para fines estéticos, deportivos, de esparcimiento y como medio para conservar el ecosistema de la microrregión.

Un embalse natural mal cuidado origina una serie de problemas en cadena que impactan de manera significativa el entorno natural, social, económico y demográfico. Por eso es necesario tener cautela en su conservación. Las algas y el tule proliferan, lo cual no solamente es antiestético para propósitos de turismo o recreación, sino que generalmente también produce mal olor y perturbaciones en el ecosistema acuático natural. Por eso es útil realizar un diagnóstico del deterioro para recuperar el control de las masas de agua sin utilizar químicos que a la larga produzcan efectos nocivos.

Existen diferentes maneras de evitar el crecimiento de la maleza nociva, una es enfocarse al problema de la sobrecarga de nutrientes y la otra plantar especies que reduzcan dichos nutrientes que llegan al agua. Para saber los métodos que se deben aplicar, inicialmente es necesario investigar la razón por la que existen demasiados nutrientes en el agua, después qué se puede hacer para reducirlas y también qué especies serían capaces de atacar el problema consumiéndolos.

Si no se realiza un diagnóstico y se aplica el método de control adecuado la tarea pudiera ser extenuante y frustrante. Los tratamientos químicos pueden ser efectivos pero tienen desventajas, ya que la mayoría de ellos se elaboran con una sal de cobre inorgánica como el sulfato de cobre u otros productos relacionados. Los metales pesados son perniciosos para las personas, plantas o los animales. Además los químicos matan los cultivos de algas que haya en el momento de su aplicación, pero cuando estas se descomponen sirven de alimento para la próxima generación.

La erradicación mecánica es tediosa y pocos son los que adquieren el compromiso de continuar con el mantenimiento, ya que es un trabajo arduo y extenuante. Los tratamientos biológicos, cuando hay que lidiar con maleza de este tipo, son el enfoque más seguro y menos agresivo con el medio ambiente. Los tratamientos que implican bacterias son simplemente una versión supercondensada de las cepas bacterianas que se encuentran en una masa de agua prístina y que gracias a su habilidad para forzar la claridad a través de la reducción del fosfato y el nitrato se han convertido en el método más popular y ecológico para la restauración y saneamiento de los lagos (Lembi, 2009).

El método de control será el que garantice de mejor manera el propósito de la Laguna Zupitlán, que es, además de sus funciones naturales, el uso de la margen oriente como centro recreativo.

IV.1. Control de malezas

De acuerdo a los datos del primer inventario nacional de infestación de malezas acuáticas, existen en nuestro país 119 mil hectáreas cubiertas con diferentes variedades de malezas, entre las que destacan el lirio acuático (*eichornia crassipes*) con 38%; la pasilla (*ruppia marítima*) con 29% y el tule (*typha sp*) con 22%. La distribución de estas plantas acuáticas coincide con los estados con mayor densidad de población e industria y en donde la agricultura es intensivamente explotada. Con esto se corrobora que la principal causa de la proliferación de malezas es la disposición directa de aguas residuales municipales e industriales en cuerpos receptores, así como la incorporación de aguas de retorno agrícola en los mismos. Las aguas de desecho contienen altas concentraciones de nitrógeno y fósforo. Se considera que estos nutrientes son los responsables de la elevada productividad de los cuerpos de agua; la hiperfertilización provoca la ruptura del equilibrio ecológico y sus manifestaciones adversas son la desaparición de gran variedad de especies de flora y fauna altamente apreciadas por el ser humano y un desarrollo explosivo de la flora con mayores propiedades de adaptación.

A estas especies vegetales se les han denominado malezas acuáticas, debido a una peculiar agresividad reproductiva determinada por su plasticidad genética, la cual les confiere propiedades de adaptación que les permiten tener una amplia distribución en las aguas dulces de las zonas templadas y tropicales del mundo. Las malezas acuáticas han

sido clasificadas en cuatro distintos tipos, en función de su preferencia de asentamiento:

1. Plantas flotantes (no están enraizadas al fondo).

- lirio acuático (*eichhornia crassipes*)
- lenteja de agua (*lemna spp*)
- lechuga de agua (*pistia spp*) y
- helecho de agua (*salvinia totundifolia*)

2. Plantas sumergidas (se encuentran enraizadas al fondo y su follaje es sumergido).

- hydrilla
- elodea
- potamogeton y
- najas

3. Plantas emergentes (se encuentran enraizadas al fondo y su follaje es emergente).

- Sagitaria y
- alligator

4. Plantas marginales (enraizadas a lo largo de las orillas de los cuerpos de agua).

- tule (*typha spp*)

La proliferación de malezas acuáticas afecta negativamente diversos aspectos de los cuerpos de agua, entre los cuales se consideran como de mayor importancia los ecológicos, económicos y de salud pública. Los impactos más directos son el abatimiento del oxígeno disuelto por la disminución de la superficie de absorción, el azolve por deposición de residuos, lo que reduce la capacidad de almacenamiento de embalses y presas; el incremento de la tasa de evapotranspiración en lagos cubiertos con malezas y la proliferación de insectos y malos olores, sin mencionar aspectos deportivos, recreativos y de transporte que se ven afectados en mayor o menor grado.

En la Laguna Zupitlán la infestación de malezas (Ver Figuras 18 y 19) alcanza niveles alarmantes, ya que un 80% de su superficie está invadida por plantas acuáticas, un 60% tule (*typha sp*), y el 40% es lirio (*eichhornia crassipes*). Todo esto es provocado

principalmente por los escurrimientos de aguas con nutrientes y la descargas de aguas ocupadas en la agricultura y ganadería principalmente.



Figura 18. Vista de maleza acuática lirio y tule en la Laguna Zupitlán. (Fuente Elaboración propia)



Figura 19. Vista desde la raíz de lirio acuático extraído manualmente. . (Fuente Elaboración propia)

Para atacar el problema de malezas acuáticas existen tres principales métodos: control físico, control biológico y control químico, los cuales presentan ventajas y desventajas en lo que se refiere a su aplicación, costo, eficiencia y repercusiones en el medio acuático.

El control físico, puede efectuarse mediante tres diferentes formas: extracción de malezas acuáticas en forma manual, con maquinaria o una combinación de ambas, como se ilustra en la Figura 20 y Figura 21. Las ventajas que presenta el control físico son: mayor oportunidad de aprovechar o disponer adecuadamente de la vegetación cortada o removida, reducción en el daño a la ecología del lugar, disminución en la concentración de elementos contaminantes del agua que han sido acumulados por las plantas acuáticas extraídas, la no-afectación de los usos del agua y además, el control se puede observar a corto y mediano plazo, a diferencia del control biológico, donde los resultados se observan en un periodo mayor. Sin embargo, los costos de inversión son elevados, debido a que prácticamente todo el equipo que se emplea es extranjero.

La aplicación del control biológico implica la introducción de agentes bióticos dentro de un área con vegetación indeseable con la expectativa de que una vez establecido y diseminado el organismo proporcione un control permanente. Este control es relativamente menos costoso, continuo y presenta un mínimo de efectos dañinos, si se efectúa en forma adecuada, para lo cual es necesario hacer estudios del organismo, en laboratorio y en campo, y tener cuidado de que éste no se disperse a otras áreas o se convierta en una plaga que pueda causar desequilibrios en la ecología de la zona problema.

Para el control químico se utilizan compuestos químicos llamados herbicidas, los cuales generalmente se emplean para matar o controlar las plantas indeseables o que crecen en forma desmedida.

La aplicación de dichos compuestos es peligrosa, debido a las repercusiones que ocasionan en los sistemas acuáticos, sobre todo si no se usan las dosis correctas, o no se aplican con la periodicidad recomendada.

El control de las malezas acuáticas a través de los herbicidas es una de las técnicas más discutidas, ya que si bien proporcionan buenos resultados de control cuando se emplean bajo un plan, también presentan un gran riesgo para los humanos, animales, cultivos,

fauna y flora que conforman la ecología vinculada al cuerpo de agua donde son aplicados. En cuanto a costos, el control químico es relativamente más bajo que el control físico.

IV.2. Métodos de control ya utilizados y propuestas de mejora.

A partir de que la Laguna Zupitlán comenzó a reducir sus volúmenes de extracción varios han sido los intentos para terminar con la maleza acuática, pero escasos los resultados positivos, por lo que la proliferación de la misma es alarmante. Así que se hace necesario revisar cada uno de ellos para implementar mejoras que mantengan al embalse limpio y en condiciones de usarlo para los propósitos descritos anteriormente.

A continuación se describen los métodos de control de malezas que se pudieran aplicar en la Laguna Zupitlán o que ya se han aplicado. Además se resumen los datos relevantes sobre su experimentación.

IV.2.1. Control físico

Se ejecutan mediante la utilización de herramientas agrícolas manuales tradicionales como pueden ser, bieldos, guadañas, cuchillos, hoces, etc. En los métodos mecánicos se emplea maquinaria especial equipada y maquinaria habilitada para la extracción. Existen ocasiones en que se utiliza mano de obra y maquinaria para la extracción, es decir, la combinación de los dos antes mencionados.

A. Equipo mecánico

En condiciones favorables las malezas tienen una gran capacidad de reproducción, por otro lado, al cumplir su ciclo vital la planta se depositará en el fondo, donde a través de la descomposición anaerobia, se liberan fosfatos y otros constituyentes propios del tejido vegetal.

Así es como se hace recomendable implementar un programa de recolección periódico de la masa vegetal excedente, misma que se puede realizar con equipos mecánicos de cosecha.



Figura 20. Control de tule mediante manejo mecánico habilitado en la Laguna Zupitlán. . (Fuente Elaboración propia)



Figura 21. Maniobra manual-mecánica usada esporádicamente para la limpieza parcial de la Laguna Zupitlán. . (Fuente Elaboración propia)

El equipo de recolección debe ser seleccionado de acuerdo al volumen de producción y a las posibilidades de aprovechamiento posterior del producto, tal el caso de los usos como agente de mezcla para el composteo, es decir la mezcla de los lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales con fertilizantes naturales y el

aprovechamiento como complemento de dietas agropecuarias. Por otra parte, también en función de los usos potenciales de las malezas removidas se pueden implementar equipos adicionales sobre el recolector, y cuyo producto procesado sea material deshidratado y molido, fácilmente manejable y con posibilidades de utilización inmediata (Ver Figura 22).

Según Joyce, se han realizado pruebas poco exitosas en la producción de alimentos para ganado vacuno y ovino con la masa de las plantas acuáticas debido al alto contenido de humedad y minerales en éstas (sodio, hierro, potasio y calcio). Los niveles que se presentan son de 3 a 100 veces más altos que los hallados en los forrajes tradicionales. Sin embargo, cuando las plantas están parcialmente deshidratadas o ensiladas, son normalmente aceptadas por el ganado. También los animales las ingieren sin problema cuando éstas son utilizadas como suplemento o mezcladas con otros forrajes (Ongley, 1997).

Los equipos comerciales para la cosecha son básicamente de dos tipos:

- Flotantes
- Terrestres

La mayoría de ellos disponen de sistemas de corte ajustable a fin de utilizarse con plantas sumergidas o emergentes. Estos cuentan con cortadores verticales u horizontales de barras de doble quijada y otras variantes. Asimismo, algunos de ellos ofrecen diversos sistemas para el manejo de la cosecha, para depositarla en lanchones anexos, lanzarla hasta la orilla cercana, acumularla a granel, empacarla en la parte posterior de la misma cosechadora o procesarla integralmente, en cuyo caso el esquema de proceso incluye el prensado, molido deshidratado, secado y empaquetado en costales. Por otro lado, se tiene conocimiento de adaptaciones artesanales que han dado buenos resultados en el procesamiento de malezas en el país.

A continuación se describen algunas cosechadoras con las principales características de sus equipos.



Figura 22. Ejemplo de cosechadora flotante (Fuente: Wateremaster)

Aquamarine Harvester Aqua-Trio:

Cosechadora flotante (Ver Figura 23) auto-impulsada mediante motor diesel de 40 HP y paletas; tiene 12 metros de longitud y barras cortadoras frontales para un ancho de corte máximo de 2.44 metros y una profundidad máxima de 1.52 metros. El vegetal cortado lo admite mediante bandas transportadoras de 2.44 metros de ancho, 3.96 metros de longitud y un ángulo de inclinación hasta de 45 grados. El equipo incluye una barcaza transportadora de 9.14 metros de longitud con un transportador-cargador que lleva la maleza desde la cosechadora hasta terreno firme. La capacidad media de operación de estas unidades complementarias es de 2.18 ton/hora.

Equipo Sawfish:

Es un equipo menos costoso que el anterior, este ofrecido por otro fabricante, consiste en un lanchón autoimpulsado con rotor de aspas de 25.4 centímetros. La longitud del equipo flotante es de 7.92 metros y tiene un cortador frontal capaz de cortar maleza hasta de 1.52 metros de profundidad. Cuenta con dispositivo recolector de malezas a un cargador de dos brazos que levanta estas, con capacidad para depositarlas en algún lanchón o en la orilla.



Figura 23. Cosechadora Harvester Aqua-Trio (Fuente Harvester)

Equipo Hyballer:

Es un equipo desarrollado por el mismo fabricante del Sawfish, y es el indicado para la remoción de grandes cantidades de maleza a costos inferiores respecto a los anteriores. Se usan dos cortadores verticales que brindan un ancho de corte de 2.44 metros, elevan el producto mediante un transportador que alimenta a un lanzador centrífugo que manda la maleza a una distancia de 30 metros, en un arco máximo de 12 metros de altura y una tasa de operación de 90 ton/hora.

Cosechadora desarrollada por la SARH:

La SARH a través de los programas de control y aprovechamiento de malezas acuáticas en el lago de Pátzcuaro, desarrolló una cosechadora propia para este medio.

El equipo está montado sobre un lanchón de 2.8 metros de manga y 6.00 metros de eslora, propulsado por un motor de 80 HP y está provisto de un montacargas frontal de 1.5 toneladas de capacidad acoplado con un motor de tractor Fordson de 45 HP. La plataforma del montacargas es de 3.00 por 1.60 metros y puede descender hasta 1.5 metros, deposita la maleza cosechada sobre un lanchón de 12 metros de largo y 4.0 metros de manga, autopropulsado que lleva hasta la orilla el producto obtenido.

Cosechadora flotante:

La cosechadora flotante con mecanismo de captura frontal para recolección de malezas, está fabricada a base de una banda transportadora de malla con cangilones de 3.05

metros de ancho, opera a una capacidad de 29 ton/hora de maleza cosechada, en base a una potencia instalada de equipos de 24 HP.

B. Método mecánico-manual empírico

En 1988, se vivió una prolongada época de sequía en el Valle de Tulancingo, caso que provocó que los niveles de la Laguna Zupitlán disminuyeran alarmantemente y en consecuencia, bajaron también el gasto y la superficie del almacenamiento, ante esto, los beneficiados con las aguas, ya no tan abundantes, se organizaron para solicitar asesoría y financiamiento a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos para tratar de aprovechar las condiciones favorables para efectuar la extracción de maleza, sin embargo los tramites se prolongaron demasiado, y se opta por empezar los trabajos con medios económicos propios e implementaron un método en el cual no se requería demasiada maquinaria y sí mucho de lo que se dispone en el lugar, mano de obra (Figura 24).



Figura 24. Control de maleza con método mecánico-manual (Fuente Elaboración propia)

Se debe tomar en consideración, que para efectuar los trabajos no se realizó planeación

alguna y mucho menos se hicieron estudios preliminares tendientes a optimizar recursos, ya que los beneficiados son en general campesinos sin formación académica y además ignorantes de la existencia de maquinaria especial para estos casos.

Sin embargo, aunque el principio no fue del todo prometedor, con el paso del tiempo se adquirió experiencia y más recientemente el método se ha aplicado con mejores resultados, al grado de que en el año de 2012, de julio a noviembre se limpió alrededor del 60% (Ver Figura 25) de la laguna, pero como en otras ocasiones la escasez de recursos impidió la culminación del trabajo.

El método consiste en mediante herramientas manuales, separar una fracción de tule de aproximadamente 200 metros de largo por 12 de ancho, se ocupan para esto serrotes largos (utilizados para la tala manual de árboles), mismos con los que se elabora un orificio en el extremo corto más próximo a la orilla cercana en el que se introduce un madero de aproximadamente 3 metros de largo y 15 centímetros de diámetro, una vez realizado esto, con un estrobo de 1/2" de diámetro se aseguran ambos extremos del madero, de manera que a la fracción de tule se le pueda mover utiliza también un largo cable de acero de 1/2" atado en un lado al estrobo y en el otro a una draga, misma que se utiliza para arrastrar hasta la orilla próxima el fragmento de tule y depositarlo fuera del agua.

Toda la maniobra se hace aproximadamente en un jornal de 8 horas, con la participación de una cuadrilla de 20 personas en el corte de tule y trabajos de sujeción y una draga Link Belt Modelo LS-98 equipada con un rastrillo de 1 m³ de capacidad. Es decir, el rendimiento en estas condiciones es de 0.24 hectáreas por jornal, lo que significa que para desalojar 55 hectáreas de superficie que ocupa el tule en la Laguna Zupitlán se hacen necesarios 230 jornales, equivalentes a 8 meses de trabajo sin descanso y considerando una eficiencia del 100%. Cabe hacer mención que para el corte de una fracción de tule se ocupan 3 horas, la sujeción y arrastre toma 2.5 horas y la extracción con la máquina, 2.5 horas en promedio.

En la ejecución de los trabajos antes descritos se pueden hacer algunas consideraciones, como son:

- en las cuadrillas que desarrollan los trabajos de corte y sujeción de la fracción de

tule se encuentran ancianos, mujeres y niños, ya que cada beneficiario debe participar con "faenas" de trabajo;

- el manejo de maderos y cable de acero se hace difícil por sus dimensiones, peso y medio en que se trabaja;
- para los trabajos de arrastre y extracción de tule se emplea la draga;
- las dimensiones de la fracción de tule dificultan el arrastre, ya que muchas veces la operación se tiene que repetir hasta tres veces;
- no todas las veces la distancia entre la fracción de tule y la orilla es la más corta;
- durante los trabajos de corte y sujeción la draga se encuentra sin opera, y
- no se toma en cuenta que los trozos de tule son inestables, es decir, están en constante movimiento desplazándose con el viento.

Para corregir las fallas antes descritas en la extracción de malezas por el método mecánico-manual, se propone lo siguiente:

- El personal que ha de trabajar en el corte y sujeción de maleza deben ser personas físicamente aptas;
- el manejo de maderos y cable de acero se puede evitar en gran medida al tratar de aprovechar en lo posible la acción del viento que tiende a trasladar a las fracciones de tule hacia alguna orilla;
- en caso de que sea necesario el arrastre de tule por medios mecánicos, este trabajo se puede ejecutar con otro tipo de máquina, por ejemplo un tractor agrícola;
- para que la draga no este inactiva por falta de tramo, el corte de las fracciones de tule se puede hacer con la anticipación necesaria requerida;
- los frentes de trabajo deben ser los necesarios para tratar de aprovechar las épocas de viento y no retardar la total extracción;
- disponer de los medios necesarios y suficientes, para terminar totalmente con las malezas, ya que si no se hace así, como se mencionó antes, la capacidad de reproducción es tal que en poco tiempo la cantidad de vegetación se recupera, y
- en consecuencia, se puede fácilmente ver que el rendimiento se triplica, ya que en lugar de aprovechar la draga solo 2.5 horas en la extracción se pueden aprovechar las 8 horas, por lo tanto los 230 jornales se reducen a 77, y con una eficiencia del 80% aumentan a 96 jornales, es decir 3.2 meses, y si aparte se tiene otro frente de

trabajo, la extracción de 55 hectáreas de malezas se logra en 1.6 meses.



Figura 25. Limpieza parcial mediante método mecánico-manual. (Fuente: Elaboración propia)

IV.2.2. Control Biológico.

Así como existen diversas formas de ataque físico a las malezas, existen también métodos biológicos, y éstos son los que incluyen procedimientos donde se utilizan organismos vivos que se alimentan de la propia maleza y por ello la controlan. Sin embargo para aplicar estos métodos es importante primero establecer los principales beneficios que se espera obtener y valorar cada uno de ellos, y en segundo lugar, estimar la relación beneficio-costos para un resultado óptimo en estos procesos.

El control biológico, puede efectuarse mediante la utilización de peces, insectos, bacterias, etc., cuya fuente de alimentación sea la planta en cuestión. En México se han estudiado los que a continuación se describen:

A. Carpa herbívora blanca:

Durante los años sesentas, con la intención de que controlara las poblaciones de lirio, se introdujo en los canales de Xochimilco la carpa herbívora o pez blanco,; esto no dio los

resultados esperados, ya que la calidad del agua no permitió la reproducción y desarrollo adecuado del pez. La temperatura del agua y su nivel de contaminación fueron los principales obstáculos para que el proyecto llegara a su término.

Después, en el centro de estudios rinológicos, se llevaron a cabo diferentes experimentos para valorar el efecto de la carpa en poblaciones de lirio acuático, estos estudios han sido llevados a corta escala, ensayos en los que se han utilizado estanques, recipientes de concreto, de fibra de vidrio y peceras de cristal.

Primero se hicieron pruebas para establecer las preferencias de alimentación de la carpa (Ver Figura 26). Se detectó que la carpa se puede considerar un consumidor primario desde que alcanza la talla de 10 centímetros; sin embargo, de las siete especies de maleza que se experimentaron; hydrilla verticillata, potamogeton, eichornia crassipes y lemna sp. El lirio fue, precisamente la última planta preferida por el pez para alimentarse.



Figura 26. Campesinos sembrando carpa en la Laguna Zupitlán. (Fuente: <http://agendahidalguense.com/2012/05/14/entregan-mas-de-145-mil-crias-de-carpa-en-comunicadades-de-acatlan/>)

A. Patos:

Posteriormente, en 1975, se pensó que el problema podría ser resuelto con patos. Estos consumirían las semillas de las plantas, para ello se introdujeron varios especímenes, con

la idea de que sirvieran también como fuente de alimento para los campesinos de la región. Sin embargo, la población se dedicó a la cacería de las aves, sin darles oportunidad de reproducirse y sin evaluar su eficiencia para el control de la maleza

B. Manatíes:

Para 1976, se pretendió utilizar manatíes para dar solución a la proliferación de malezas. El Estado de Chiapas donó cuatro parejas para utilizarlas en Xochimilco, Valsequillo, Chapala y Pátzcuaro. Infortunadamente, se carecía de bases técnicas suficientes y las parejas de animales perecieron.

C. Escarabajo moteado:

También en el centro de estudios rinológicos se realizaron estudios sobre la introducción del escarabajo moteado (Ver Figura 27) como control de la maleza, debido a que se conoce como parásito de esta y que como consecuencia inhibe su crecimiento.

Se determinó la existencia de tres insectos parásitos de la maleza: el escarabajo, otro circulionico y una palomilla. Los resultados obtenidos no fueron lo suficientemente convincentes ya que su alimentación no era a base precisamente de las malezas existentes.



Figura 27. Escarabajo moteado, usado en el control de maleza de laguna. (Fuente: <http://pirman.es/wp-content/uploads/2013/01/escarabajo-tortuga-moteado-deloyala-guttata-2.jpg>)

IV.2.3. Control químico.

En cuanto a los diferentes métodos para el control químico, podemos decir que resultan eficientes cuando se aplican en forma periódica, pero también representan gran riesgo.

En 1902 se hicieron las primeras aplicaciones de sustancias químicas para el control de malezas acuáticas, se utilizó el arsenito de sodio sobre el lirio acuático, técnica que fue abandonada más tarde debido a la alta toxicidad de este químico. A mediados de la década de los cuarentas se encontró una sustancia que tenía efectos hormonales sobre ciertas plantas, que provoca trastornos en el funcionamiento normal de las células con su consiguiente muerte. En el año de 1948, se iniciaron las operaciones a gran escala para el uso de dicho químico, llamado 2,4-D, el cual aún sigue aplicándose con cierto éxito.

Trabajos recientes han demostrado que algunos herbicidas presentan efectos cancerígenos potenciales sobre los animales de sangre caliente; entre estas sustancias se encuentran los compuestos de aminotriazola (tshey-shluter). Otros herbicidas como, los hidrocarburos clorinados, resultan no biodegradables, acumulativos y altamente tóxicos a los peces y animales de sangre caliente.

Las investigaciones de los efectos de los herbicidas a largo plazo, han demostrado aspectos adversos sobre los peces. Shulz (1971) observó una reducción importante de RNA en carpas sometidas a concentraciones subletales (25 PPM) de dalapón, en un periodo de 28 días; el mismo investigador (1969) ya había detectado en carpas expuestas a 0.1 PPM de 2,4-D, durante una prueba de 35 días, lesiones en las células nerviosas de la médula espinal y en el cerebro. También; Shulz (1972), observó cambios degenerativos en los riñones y lesiones inflamatorias en el endocardio de las carpas de un estanque tratado con diurion.

Algunos trabajos polacos han puntualizado que 50 PPM de 2,4-d retardan la eclosión de los huevecillos de los peces, causa cambios morfológicos, bajas tasas de crecimiento y finalmente mortandad en masa (Kamler, 1974).

Un punto sobre el cual todos los técnicos e investigadores están de acuerdo, es que los productos químicos, cuando son aplicados con periodicidad, ofrecen un control más prolongado que los métodos mecánicos. Además de que pueden ser aplicados a lugares inaccesibles a las máquinas, involucra menor labor física y por lo tanto, menores costos,

pero a su vez mayor riesgo ecológico.

A continuación se describen los dos tipos de vegetales que afectan las aguas de la Laguna Zupitlán, así como los tratamientos químicos recomendados. De éstos se mencionan sus características físicas, químicas y biológicas, así como su forma de actuar, toxicidad y degradación.

A. Lirio acuático:

(*Eichornia crassipes*) Familia Pontederiaceae.

Descripción:

Las plantas maduras presentan raíces, rizomas, estolones, hojas, inflorescencia y frutos. El lirio puede vivir lo mismo en agua o enraizado en el suelo; la forma acuática posee peciolo vesiculosos a manera de flotadores de tejido esponjoso y en forma ovalada con abundantes estomas en el haz y en el envés. En la base de la roseta que forman los peciolo se encuentra un tallo corto que se prolonga bajo el agua por un rizoma, el cual en las plantas adultas alcanza hasta 8 centímetros. El lirio muestra por lo general variaciones muy grandes en el tamaño, que va desde pocos centímetros hasta cerca de un metro de altura.

Las masas de lirio son grandes asociaciones de plantas de diferentes tamaños, generalmente las chicas rodean a las mayores. Las flores están dispuestas en espiga y pueden variar del casi blanco hasta el azul malva con un término de desarrollo de 24 horas. Su fruto es muy sensible a las heladas, por lo cual en determinados sitios la planta no fructifica. Su principal forma de reproducción es por medio vegetativo.

Hábitat:

El lirio acuático crece en una gran variedad de tipos de agua y por lo general los mayores crecimientos de esta planta los encontramos en las aguas tranquilas de las regiones tropicales y subtropicales. Esta planta es bastante susceptible a los impactos repetidos del agua en riberas rocosas y en escarpadas y a la demolidora acción del oleaje violento, razón por la cual los ríos solo contienen en lugares de remanso.

Tratamientos recomendados.

- *Herbicida: 2,4-D (Sal dimetilamina)*

Tasa De Aplicación: 4.5 kg/ha de ingrediente activo

Observaciones: Atomizarlo sobre el follaje.

- *Herbicida: 2,4-D (Ester iso-octilítico)*

Tasa De Aplicación: 4.5 kg/ha de ingrediente activo

Observaciones: Atomizarlo sobre el follaje y usar agua o aceite.

- *Herbicida: Diquat*

Tasa De Aplicación: 0.6-0.85 kg/ha de ingrediente activo. Usar mayores dosis en caso de infestaciones agudas o plantas viejas, sin alcanzar concentraciones mayores de 0.01 PPM en peso.

Observaciones: Atomizarlo sobre el follaje (preferir el diquat sobre el 2,4-D si existe el peligro del esparcimiento del herbicida fuera del área de tratamiento).

- *Herbicida: 2,4-D (Amina soluble en aceite)*

Tasa De Aplicación: 2.25-4.5 kg/ha de ingrediente activo.

Observaciones: Atomizar con un sistema que tenga un mínimo de peligro en esparcimiento.

B. Tule:

(*Tipha* spp) Familia Typhaceae.

Descripción:

Es una maleza ribereña que avanza hasta una profundidad de 1.20 metros y son cuatro las especies que se encuentran con mayor frecuencia: tule domingenses, tule latifolia, tule glauca y tule augustifolia.

Es un tipo de planta perenne, alta y erecta, con tallos separados; la flor tiene forma de espiga cilíndrica de 15 a 50 centímetros de largo, cuya parte inferior densa y de color café es el pistilo y la parte superior son los estambres. La distancia entre el pistilo y el estambre

sirve como base para diferenciar especies. El largo total de la hoja puede alcanzar 3.7 metros y el ancho mayor que se encuentra, es la parte inferior y mide arriba de 5 centímetros. Las raíces penetran bastante en el suelo.

Hábitat:

Lo encontramos comúnmente en aguas poco profundas y en suelos húmedos, tanto de aguas dulces como de salobres.

Tratamientos recomendados:

Herbicida: Dalapón

Tasa De Aplicación: 17 kg/ha de ingrediente activo

Observaciones: Atomizarlo sobre el follaje.

Herbicida: Dalapón + aceite para herbicidas

Tasa de Aplicación: 11kg/ha + 19 lt/ha

Observaciones: Atomizarlo sobre el follaje.

Herbicida: Amitrole-T

Tasa de aplicación: 4.5 a 6.7 kg/ha

Observaciones: Atomizarlo sobre el follaje, nunca sobre la superficie del agua.

Para lograr un control exitoso de las malezas acuáticas por el método químico, los principales pasos a seguir, son: seleccionar el herbicida correcto y usar la técnica conveniente de acuerdo al químico que se deseé aplicar. La aplicación de la mayoría de los herbicidas debe realizarse en la primavera, o sea, en el tiempo que las plantas están en su etapa juvenil y su tasa de crecimiento es la máxima, de esta forma la penetración y translocación del herbicida llega a un máximo, antes de que la planta alcance su madurez. Sin embargo, en los climas tropicales y subtropicales, el crecimiento de las plantas no es necesariamente estacional. Por otra parte, existen varios tipos de tratamientos de acuerdo a la extensión contaminada y necesidades de los usuarios, y son:

- tratamiento parcial

- tratamiento total
- tratamiento en el fondo
- sistema invertido o "bivertido" y
- aplicación de detergentes

Una vez descritos los diferentes métodos con los cuales se pueden atacar a las malezas acuáticas, y con un pequeño análisis de las condiciones en que se encuentra ahora la laguna y de algunos antecedentes que se tienen, se puede comentar lo siguiente:

La aplicación de algún químico sería riesgosa, ya que como se menciona en temas anteriores recientemente se implementó un sistema de abastecimiento de agua hacia los domicilios cercanos y además con los resultados obtenidos en ocasiones anteriores en que se han aplicado herbicidas, poca credibilidad existe en la gente, respecto a ese tipo de productos.

Respecto a la implementación de un método biológico, debido a que el saneamiento en la laguna es urgente, se ve difícil por el tiempo que se llevan los estudios y los mismos resultados a largo plazo que arrojan este tipo de métodos.

Por lo tanto, lo más factible de aplicar, es algún método físico, y en especial, el que se ha usado pero ahora sí, hasta concluir el tratamiento.

IV.3. Retiro, manejo y usos del producto de saneamiento.

De los posibles usos que brindan el lirio acuático y otras malezas, destacan su aprovechamiento como agentes de mezcla en procesos de composteo de lodos de tratamiento, aplicación directa como mejorador de suelos y complemento alimenticio de dietas agropecuarias. La mayoría de estas aplicaciones requiere ya sea del molido, prensado y/o deshidratación de las malezas y es común encontrar equipos flotantes integrales así como procesadores terrestres.

El lirio y el tule en particular son plantas de fibras duras que ofrecen mayor dificultad de molido o maceración que otras malezas. De acuerdo a la finalidad asignada al producto, el molido puede ser más o menos fino, ofreciéndose molinos de martillo y desmenuzadores con altos consumos de energía.

El lirio acuático y el tule tienen un contenido de humedad entre 90 y 95% similar al que contienen en términos generales otras malezas. La remoción de estos altos contenidos de agua se lleva a cabo en tres etapas:

- cribado para remoción superficial de agua;
- prensado para extracción de jugos internos y
- deshidratado en cilindros secadores a al aire libre

Una descripción de los sistemas de procesamiento sería similar a la mencionada en la parte de cosechadoras, pero referente a la maleza. A continuación se mencionan los detalles más relevantes de los procesos:

a) La división de control de malezas de la comisión de aguas de pesca y recreación de florida, E.U.A., implementó un sistema acuático de cosecha y procesamiento integral de lirio y tule llamado procesador móvil.

El equipo incluye un cortador de aspas verticales que pasa el producto desmenuzado a una prensa helicoidal que alimenta al sistema de secado. El cortador de aspas opera a 500 r.p.m., la prensa es de 12 pulgadas de diámetro exterior, 5 pulgadas en el tubo interior de la alimentación y 11 pulgadas en la descarga y está accionada por un motor de 45 HP, que hace girar el rodillo a 87 r.p.m. El quemador utiliza gas LP, tiene 6 pulgadas de longitud, opera a una tasa de 400,000 btu/h y eleva la temperatura del aire hasta 260 grados centígrados.

b) En la Universidad de Florida (1965) se experimentó un equipo de corte y procesamiento integral para el lirio acuático. El sistema consta de una cosechadora de 3 metros de ancho y aspas horizontales para una capacidad de corte de hasta 20 ton/h, ayudada con un bote que acumula el lirio en la sección de entrada.

Tanto la cosechadora como la prensa son móviles (terrestres) y alimentan al sistema de secado fijo, mediante remolques. La prensa es de dos pasos y opera a 38 r.p.m. con una capacidad de manejo de 1.53 a 2.63 ton/h de lirio húmedo.

El deshidratador fijo tiene una capacidad de evaporación de 2.63 ton/h produce 431 kg/h de lirio seco. La temperatura de salida del aire es de 343 grados centígrados y requiere de 3,084 a 3,524 btu/kg de agua evaporada.

c) También en el Estado de Florida, E.U.A., se adaptó una planta procesadora de cítricos y se empleó para el procesamiento de hidriya, mediante un tornillo transportador con ciertas ventajas en el corte, prensado y deshidratado; incorporándose a la hidriya suspensiones de cal y posteriormente mezclándose en un molino de martillos para asegurar una reacción completa con la pectina.

Después del molino, el material pasa a un tornillo transportador denominado tornillo reactor que termina en una prensa helicoidal que remueve el 80% del agua en base a una demanda de potencia de 18.4 hp-h/ton de agua removida de lirio y 9 hp-h/ton de agua removida en el caso de la hidriya.

La prensa alimenta al secador donde se remueve el 98% del agua remanente, a una tasa de 22kg/h, con una eficiencia térmica del 7% en el consumo de combustible.

Vale la pena mencionar que el producto de cualquiera de los procesamientos anteriores, de acuerdo a innumerables publicaciones, ha resultado excelente como complemento alimenticios para el ganado, ya sea fresco, deshidratado o ensilado; además resulta apto para borregos, cerdos, vacas, aves y otras especies.

CAPÍTULO V. CENTRO DE RECREACIÓN

CAPÍTULO V.

CENTRO DE RECREACIÓN.

V.1. Localización

El centro de recreativo "Zupitlán" se desarrollaría en el ejido San Dionisio, perteneciente al Municipio de Acatlán y por sus características y cualidades tiene el potencial para ser uno de los más atractivos del estado.

Se dispone de una superficie de 15 hectáreas donde sería posible ubicar un hotel, embarcadero para lanchas motorizadas, así como multitud de elementos de diversión y actividades recreativas.

Las primeras instalaciones en construir serían aquellas que proporcionan los servicios básicos de un balneario, como son albercas, estanques, chapoteadero, juegos infantiles y cabañas para alojamiento, además de espacios adecuados para expender alimentos y bebidas regionales.

Los edificios, y en general las construcciones, deben ser acordes con el estilo típico del lugar, en relación arquitectónica del paisaje de la naturaleza y medio ambiente.

Por otra parte, se puede pensar que, en lo relativo a actividades acuáticas, recreativas y deportivas, existe la oportunidad de desarrollar un concepto único en la región geográfica de los estados del centro, ya que la extensión de la laguna lo permite perfectamente. Asimismo, la proximidad del casco de la ex-Hacienda Zupitlán permite considerar actividades hípcas y de charrería, propias del estado de Hidalgo.

Las fuentes primarias de demanda del centro recreativo serían Tulancingo, cabecera municipal, Pachuca Capital de Estado y el Distrito Federal, además una demanda significativa vendría de ciudades cercanas de otros Estados como Tlaxcala, Puebla y Estado de México.

La competencia directa para el centro serían los balnearios existentes, entre estos El Tejocotal y San Miguel Regla, el primero aproximadamente a una distancia de 60 kilómetros y el segundo a 30 kilómetros.

V.2. Antecedentes.

Diversas razones son las que dan origen a la idea de elaborar una propuesta para establecer un centro de recreo en la Laguna Zupitlán:

- Existen antecedentes que indican el intentó de organizar una zona rústica de entretenimiento, basado en las prácticas que se realizaban anteriormente: la cacería, la pesca y los paseos en lancha, por ejemplo; sin embargo no se logró el éxito, en gran medida porque no se aplicaron los recursos suficientes y mucho menos técnicas adecuadas para diversificar la oferta de actividades recreativas y explotar de forma integral el atractivo turístico del lugar, con infraestructura que cumpliera con funciones de aspecto recreativo;
- la población manifiesta la necesidad y el deseo de contar con un centro recreativo accesible, que atienda la demanda local, sin que esto signifique que las condiciones del centro no sean aptas para recibir vacacionistas de otros lugares. Actualmente el balneario más cercano se encuentra a 30 km. de distancia, y el desplazarse representa costos, y además en ciertas épocas existe el riesgo de encontrarse con la saturación de público que se tiene en esos lugares y
- la elaboración del presente trabajo sustenta la inquietud que ha tenido más de una gente al tratar de obtener apoyo financiero y técnico para la ejecución de un proyecto.

Dadas las razones más importantes, se presenta la propuesta que tiene por objeto ser una opción adicional de aprovechamiento a las que ya se tienen tradicionalmente y que se conjuguen con el objetivo de preservar la laguna sin maleza acuática.

El plan propone una serie de etapas en las que se deberá desarrollar el proyecto. En la etapa inicial se contemplaría la instalación de los servicios básicos como oficinas administrativas, locales de mantenimiento y aquellos que representen bajo costo de construcción. Además de lo anterior, que generen el ingreso necesario para ampliar y complementar las instalaciones paulatinamente.

A la postre, se pretendería lograr una empresa que aporte ingresos a los vecinos, coadyuve a la derrama económica del municipio y fomente el turismo, aprovechando de forma óptima los recursos naturales de interés de la laguna, como lo son: el esparcimiento ecoturista, la pesca y la práctica de deportes acuáticos.

V.3. Aspectos de mercado.

El Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR), ofrece la siguiente definición de balneario: Centros localizados a no más de 150 km., de las áreas metropolitanas, concebidos para satisfacer necesidades de vacacionistas, familiares, así como de grupos de jóvenes que se desplazan a estos lugares y regresan el mismo día. Es decir, que en la mayoría de los casos no pasan la noche en ese lugar, sin dejar de considerar otros segmentos.

De acuerdo a la definición anterior, en el caso de Zupitlán, los centros poblacionales que podrían recurrir a utilizar los servicios del centro recreativo propuesto serían los que se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Distancias de centros de población a zona de proyecto. (Fuente: Elaboración propia con base a medidas en Gogle Earth)

NOMBRE DE LA POBLACIÓN	DISTANCIA (km)
Tulancingo Hgo.	10
Pachuca Hgo.	40
Zacatlán Pue.	120
Cd. Sahagún Hgo.	30
Huasca Hgo.	25
México D.F.	120
Santiago Hgo.	15
Cuatepec Hgo.	20
Calpulalpan Tlax.	40
Tepeapulco Hgo.	18

Adicionalmente a los mostrados en la Tabla 9, se tiene como mercado potencial permanente los poblados de tamaño medio pertenecientes a los municipios de Tulancingo, Acatlán y ejidos vecinos. Debido a que algunas poblaciones a no más de 150 kilómetros cuentan con balnearios propios, por ejemplo, Ajacuba Hidalgo y Huauchinango Puebla, etc., no se consideran como un mercado potencial.

V.3.1. Comportamiento de la oferta:

El Estado de Hidalgo pertenece a la Zona Turística No. 2, junto con los Estados de Oaxaca, Tlaxcala, Veracruz y Puebla. La infraestructura turística que existe en dicha zona es muy variable y con grandes diferencias entre cada Estado, por ejemplo, en el Estado de Hidalgo no existe gran variedad de atractivos turísticos distribuidos en seis corredores turísticos denominados oficialmente corredor de la montaña, corredor de balnearios, corredor tolteca, corredor de los cuatro elementos, corredor de haciendas, corredor de la sierra y huasteca, pero también podemos mencionar algunos lugares como Los Prismas Basálticos de San Miguel Regla y la zona boscosa del Mineral del Chico o Ajacuba en el Valle del Mezquital en donde existen balnearios de aguas termales, sin embargo o son distantes o insuficientes, por lo que muchos vacacionistas locales se dirigen a otros estados, principalmente a las playas de Veracruz, en donde existe infraestructura desarrollada, y con esto se pierde el mercado turístico de la zona ya que no se cuenta con estos servicios.

En el marco de la promoción turística oficial de los seis corredores, el centro recreativo de Zupitlán estaría en el de los cuatro elementos, por sus características, cercanía o afinidad.

V.3.2. Comportamiento de la demanda:

Según estadísticas de la Secretaría de Turismo, los balnearios existentes en el país son ocupados casi en su totalidad por el turismo nacional, ya que los turistas extranjeros se dirigen principalmente a las Playas de México.

La actividad Turística en el Estado de Hidalgo, observa un creciente desarrollo desde 1980, registrándose un aumento total de alrededor de 800,000 turistas al año, de esta cifra el 90.5 % son nacionales y el 9.5 % extranjeros.

Se realizaron inspecciones oculares y encuestas en tres balnearios de los próximos a Tulancingo para observar el comportamiento de la demanda, se llegó a la conclusión por demás evidente, que los balnearios existentes en la región son insuficientes para atender la creciente demanda del servicio, pues sobre todo en días festivos, fines de semana y temporadas de vacaciones se llenan al grado de volverse disfuncionales.

Demanda-oferta

Las tendencias crecientes de afluencia turística nacional a balnearios, hace necesaria la creación de otros centros recreativos, ya que en la actualidad la oferta de estos es menor a la demanda. A pesar de que no se cuentan con datos estadísticos, es un hecho el abarrotamiento de los existentes.

Es importante señalar que la zona urbana de Pachuca, capital del Estado y Tulancingo, la segunda ciudad más importante del estado, debido a su cercanía relativa con el Distrito Federal, tiene un índice de crecimiento exponencial superior al promedio, por lo que en los próximos años existirá mucha población buscando esparcimiento cercano y diferente a las otras opciones de la órbita turística.

Es pertinente aclarar que se necesita un estudio de mercado formal para establecer las pautas económicas y financieras para definición del producto, análisis de la demanda, distribución geográfica del mercado de consumo, proyección de la demanda, análisis de la oferta, proyección de la oferta, análisis de precios, determinación del costo promedio y proyección de precios.

V.4. Conceptos de ingeniería básica de diseño.

V.4.1. Conceptos de diseño.

Sí bien para las instalaciones turísticas no existe a la fecha requisitos mínimos establecidos por la Secretaría de Turismo, en esta misma se hacen una serie de consideraciones para obtener la superficie adecuada en las diferentes instalaciones de un balneario, las áreas que se proponen, están fundamentadas en análisis de proyectos arquitectónicos realizados por FONATUR, que ofrecen los estándares mínimos de confort y espacio para proyectos como el propuesto (FONATUR, 2006). Sin embargo, la secretaria de salud del Estado de Hidalgo desde el año de 2008 implementó unas normas para establecimientos, como el propuesto en el presente trabajo, que es la Norma Técnica Sanitaria para Balnearios, Parque Acuáticos y Establecimientos que cuenten con Alberca (Gobierno Hidalgo, 2008), por lo que en la construcción de instalaciones deberán hacerse todas la consideraciones necesarias al respecto.

El rango máximo de los espacios ha sido calculado al tomar como base promedios de áreas funcionales de otras instalaciones similares que han sido analizadas y financiadas

por FONATUR, se estima que son suficientemente representativas como para proporcionarlas como máximas. La Tabla 10 indica el rango de superficie por persona.

Tabla 10. Rango de áreas para locales turísticos. (Elaboración propia con base a datos SECTUR)

Concepto	Rango de superficie por persona	
	Mínimas	Máximas
Alberca	1.38	1.59
Local comercial	0.03	0.03
Baños y vestidores	0.59	0.67
Control de acceso	0.01	0.01

Con base en la información anterior se pueden obtener las extensiones parciales y totales del centro, acorde al número de visitantes esperados, al tomar como base adicional el horario de trabajo de los balnearios de la región que laboran de las 10 h. a las 18 h., es decir, 8 horas como mínimo al día, y que en un centro recreativo se da una circulación de personas en las áreas de recreación. Se puede llegar a un cuadro con las dimensiones y áreas de las instalaciones propuestas. La tabla 11 indica la superficie por servicio,

Tabla 11. Superficie de servicios propuestos. (Elaboración propia con base a datos SECTUR)

SUPERFICIE POR SERVICIO		
Servicio	Dimensiones	Área m ²
Alberca	25.00m x 12.50m	312.50
Palapa	23.00m x 8.00m	184.00
Vestidores con regaderas	8.80m x 6.20 m	54.56
Sanitarios	7.00m x 6.00m	42.00
Caseta y oficina de acceso	3.00m x 3.60m	10.80

De acuerdo a lo anterior la capacidad por instalación se puede ver en la Tabla 12.

La superficie a utilizar para las instalaciones sería la menos accidentada, ocupa un área neta de 1,200 m² y se puede habilitar el resto como área verde. La práctica de la natación

será uno de los principales atractivos en el centro recreativo por lo que adicionalmente a la construcción de la alberca tendrán que habilitarse piscinas o estanques en donde puedan bañarse las personas que así lo deseen, sin olvidar que el objetivo inicial es atender alrededor de 2 000 personas al día.

Tabla 12. Capacidad de instalación por servicio. (Elaboración propia con base a datos SECTUR)

CAPACIDAD DE INSTALACIÓN POR SERVICIO		
Tipo de servicio	Capacidad	
	No. de personas/h	No. personas/día
Alberca	210	1680
Palapa	Variable	Variable
Vestidores con regaderas	185	1480
Sanitarios	Variable	Variable
Caseta y oficina de acceso	Variable	Variable

V.4.2. Localización de proyecto.

Analizando el entorno de la Laguna Zupitlán desde el punto de vista técnico y económico se propone como área del proyecto la ribera poniente del cuerpo de agua. Es una superficie de 15 ha en la que actualmente se practica el cultivo. La ventaja de esta opción es que presenta la mayor planicie del entorno, existen varios caminos de acceso y tiene accesibilidad a la energía eléctrica por una red de distribución de 23 kV.

La margen poniente de la laguna es la que presenta mayor invasión de maleza acuática y a la vez es la más abandonada en los trabajos de saneamiento. Esta es una oportunidad de mejora para sanear el área y mantenerla siempre libre de maleza en aras de mantener en centro recreativo siempre disponible para los visitantes que aportarían una derrama económica considerable para el sustento de las familias de ejidatarios.

Como se observa en las figuras 28 y 29, el área que se propone para el proyecto es plana y presenta una ligera pendiente hacia la laguna, esto de alguna manera favorece la circulación de escurrimientos naturales de agua hacia la laguna, por lo que presenta ventajas en el proyecto de instalaciones.

En la Figura 30 se muestra un croquis que indica la superficie que ocuparía el centro recreativo.



Figura 28. Vista parcial de la margen de la laguna que es el lugar de proyecto. (Fuente: Elaboración propia.)



Figura 29. Panorámica del área de proyecto. (Fuente: Adaptación de Google Earth)

V.5. Distribución de instalaciones

El centro de recreo "Zupitlán" sería localizado en el costado poniente de la laguna del mismo nombre. En la Figura 30 se ilustra la disposición de la zona del centro recreativo con respecto al cuerpo de agua donde actualmente son tierras de cultivo. El área que comprende el proyecto es de aproximadamente 15 hectáreas y pretende poseer un hotel, embarcadero, caballerizas, circuitos empedrados, así como variados componentes comerciales, de estancia y de entretenimiento. Actualmente, como muestra la Figura 31, existen algunas instalaciones que intentan dar algunos servicios desorganizados.

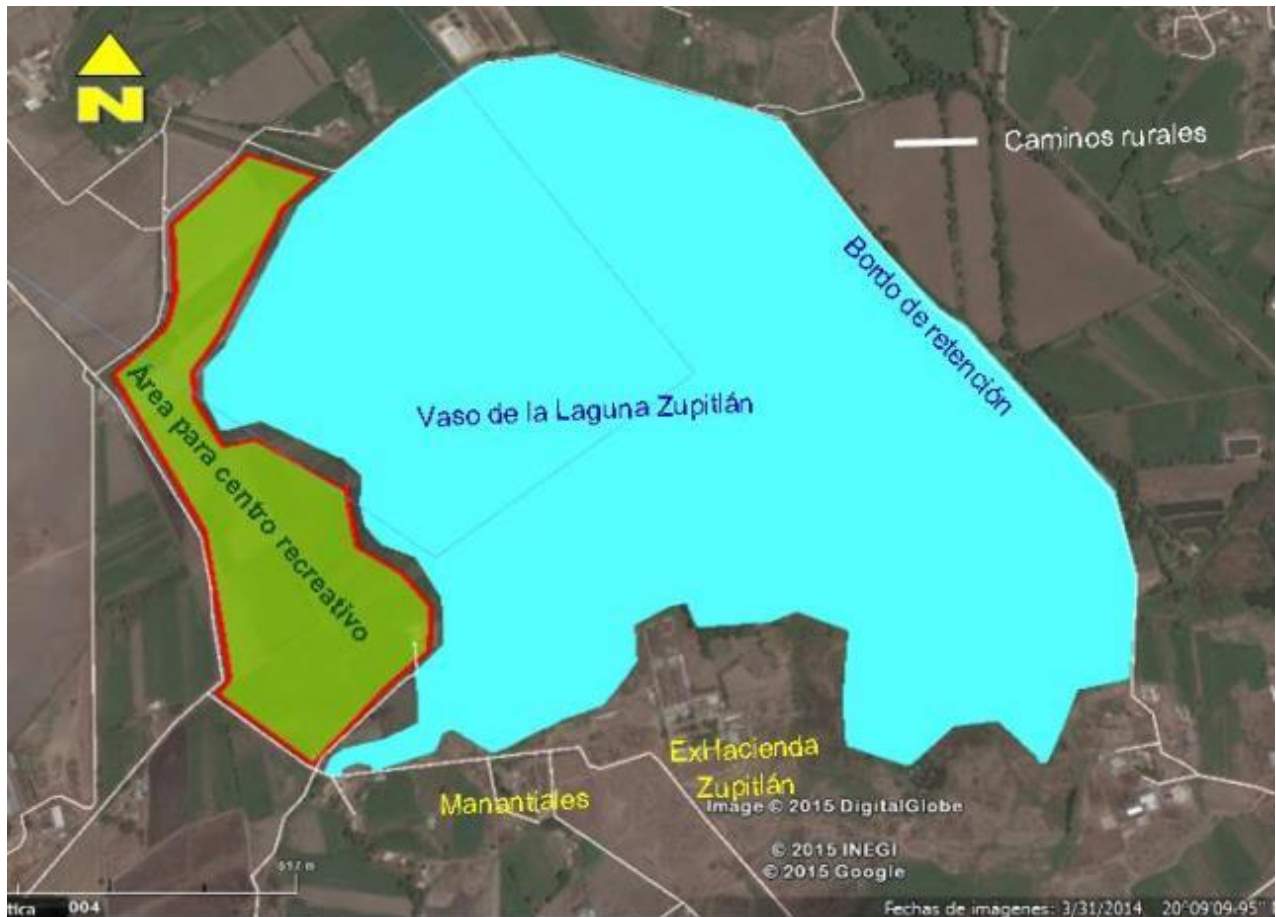


Figura 30. Localización del Centro Recreativo en la ribera poniente. (Fuente: Elaboración propia con base a Google Earth)



Figura 31. Instalaciones rústicas para brindar servicios a visitantes en la actualidad. (Fuente: Elaboración propia.

V.5.1. Etapa inicial

La etapa inicial del centro vacacional "Zupitlán" serían las instalaciones básicas, como son:

- alberca triple circular con una profundidad de 1.00 m a 1.20 m totalmente equipada
- caseta para el equipo de la alberca
- palapa con comedor y expendio de bebidas y comida.
- local comercial
- cabañas de uno y dos cuartos
- áreas verdes
- juegos infantiles
- sanitarios
- regaderas y vestidores

- vialidad con circuitos que den acceso a todas las instalaciones
- cercado perimetral del terreno y
- caseta para control de entrada

Las instalaciones mencionadas tendrán una capacidad de servicio para 2 000 personas al día como mínimo, en esta primera etapa (en los días con mayor afluencia de vacacionistas).

Para fines de estudio y diseño se harán agrupamientos de instalaciones de acuerdo a su tipo o especialidad:

V.5.2. Accesos y circulaciones

En la actualidad el camino que conduce a la laguna es de terracería, por lo que se deberán acondicionar por lo menos 500 metros antes de la entrada, todo planeado para visitantes que llegan con o sin auto, de manera que exista una sensación de comodidad antes de ingresar a las instalaciones. La vista a la llegada tendrá que ser agradable, el perímetro del camino de acceso deberá tener una banqueta con al menos 2.00 metros de ancho en la entrada y no menos de 1.50 metros en todo lo demás. Se deberá contar con un área de estacionamiento para al menos 100 automóviles y 5 autobuses de 41 pasajeros. A partir de la caseta de entrada y del estacionamiento deberán preverse vialidades hacia todos y cada uno de los puntos del centro recreativo, las cuales se elaborarán con base en adopasto y de ser posible con follaje o arbustos de no más de 60 cm de altura a los lados.

V.5.3. Áreas de estancia (Cabañas)

En la primera etapa se tendrán cuartos en edificios tipo "cabaña", habiéndolas de una y dos habitaciones. Las cabañas deben tener una orientación tal que permita la vista a la laguna directamente o a través de otras instalaciones.

El diseño de las cabañas debe incluir un patio techado y la facilidad de que a través de pasillos se puedan comunicar dos de estos edificios, pero de manera que no pierdan su individualidad y no se neutralice la sensación de privacidad y exclusividad.

Dado que es difícil encontrar en la región centros recreativos que hayan sido diseñados

para ofrecer servicios de buena calidad, existe oportunidad única para esto, cada esfuerzo debe ser hecho para crear recamaras, baños y espacios públicos que no solo tengan calidad, sino también con características únicas.

En general, las construcciones tendrán una cimentación a base de piedra braza (abundante en la zona), los muros de preferencia se elaborarán a base de tabique rojo recocido con un acabado martelinado y barnizado, en algunos casos se podrá emplear adobe con juntas rejueleadas, la cubierta será losa de concreto a dos o tres aguas con un acabado en teja de la región.

Las recamaras por lo menos deberán tener 5 metros de largo no menos de 4 metros de ancho, los pisos se fabricaran de concreto terminados en cerámica talavera, en los muros inicialmente se tendrá un aplanado acabado pulido, pero se deben considerar a futuro lambrines de madera. Las ventanas deberán ser amplias fabricadas a base de madera con cristales transparentes y persianas deslizables, en todos los casos se contará con un solo baño completo por cabaña, con regadera normal y de mano, separación del área con un cancel operable a mano, inodoro y lavabo por separado con todos los accesorios en material porcelanizado. Además, se deberá tener una buena iluminación, salidas eléctricas para contactos y grandes espejos, el acabado en pisos y muros deberá ser de azulejo con pintura de esmalte en el techo.

La sala o estancia deberá ser lo más comfortable posible, la amplitud será una de sus características (6 m de largo y 4 metros de ancho), piso acabado en cerámica talavera y aplanado pulido con pintura vinílica en muros, se tendrán que incluir muebles de descanso y accesorios para disposición y manejo de aparatos electrónicos.

Cada cabaña tendrá un patio cubierto en donde se colocará un asador, implementos para hacer comida campirana, mesa y sillas. Se deberá considerar servicio de internet en todo lugar. La Figura 32 muestra un ejemplo de cabaña para estos propósitos.

V.5.4. Alimentos al público y Áreas de bebidas

Los servicios de comida y bebida, así como locales comerciales, recepción, administración, mantenimiento, seguridad y sanitarios se tendrán inicialmente en un edificio central, el cual tendrá todas las posibilidades de crecer en las etapas

subsecuentes sin problema alguno.

Todas las áreas de comida y bebida deberán tener las máximas ventajas de localización y clima, se deberá dar una buena calidad en alimentos y bebidas, desde un simple café o agua fresca hasta los desayunos, almuerzos, comidas y cenas.

Las áreas seleccionadas dentro del edificio para servicio de restaurante se orientarán hacia la laguna.

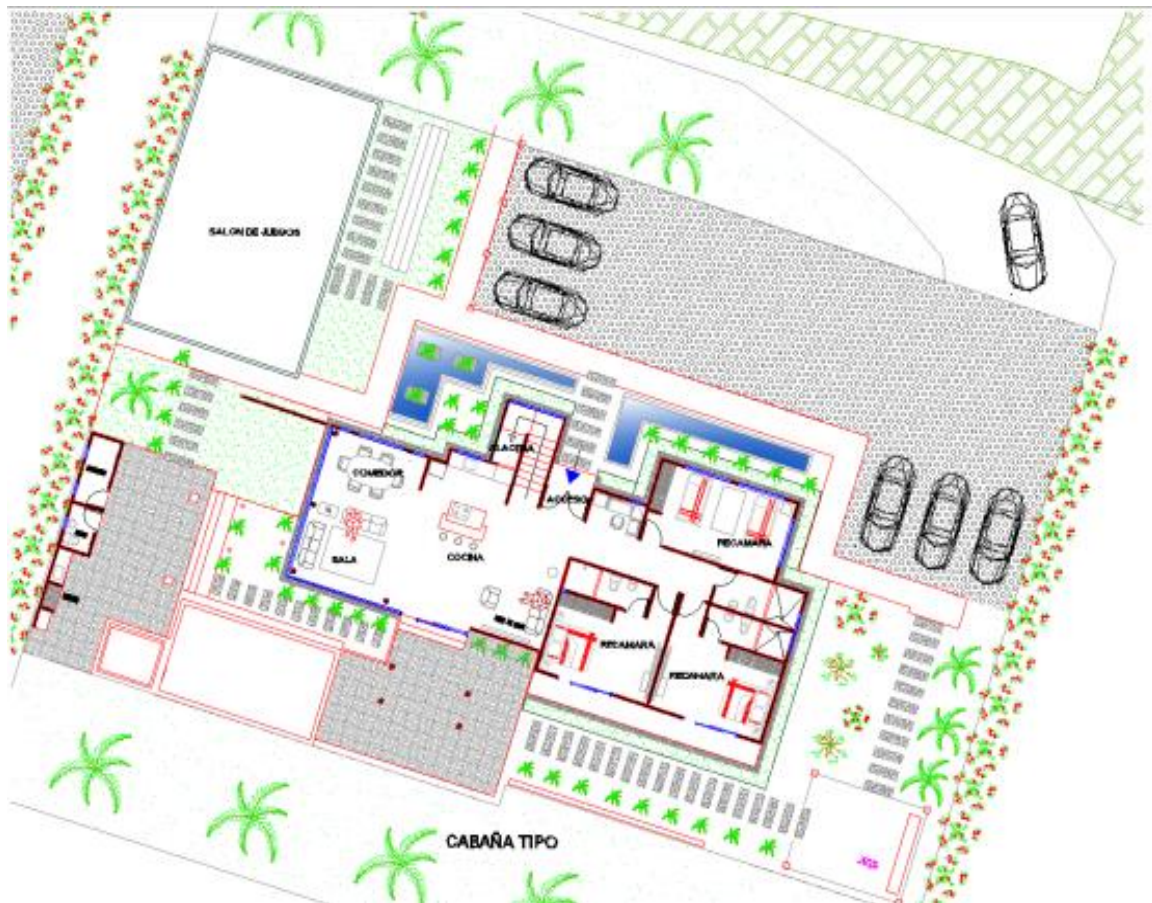


Figura 32. Ejemplo de cabaña campestre (Fuente: Adaptada de Bibliocad.com)

V.5.5. Instalaciones para locales comerciales

Como ya se mencionó en líneas anteriores las áreas para locales comerciales se ubicarán en el edificio central para ofrecer productos como regalos, souvenirs y artículos de sol, ropa y curiosidades.

V.5.6. Instalaciones de actividades recreativas

Alberca y chapoteaderos

Una alberca y un chapoteadero son básicos para el buen funcionamiento de un balneario, por lo que se debe poner atención especial en el diseño y construcción de éstas instalaciones.



Figura 33. Palapas de alberca. (Fuente: SECTUR)

Para cualquier tipo de alberca que se desee construir, antes de iniciar el proyecto arquitectónico se deben estudiar y resolver, de la mejor manera posible, la localización y la orientación adecuadas, después de que se resuelven los problemas anteriores, se necesita conocer la forma y las dimensiones que tendrá la alberca, puesto que las hay redondas, ovaladas, arriñonadas y de algunas otras formas caprichosas. Sin embargo para el efecto de la propuesta se considera una alberca triple circular, con un círculo central y dos laterales de 7 m de diámetro con palapas rústicas periféricas. Los círculos deberán ser empalmados tal como se indica en la Figura 33.

Para evitar riesgos y contagios en infantes, se deberá construir un chapoteadero cuyas dimensiones equivalgan al 20% del área total de la alberca y con profundidad de 40 a 60 cm.

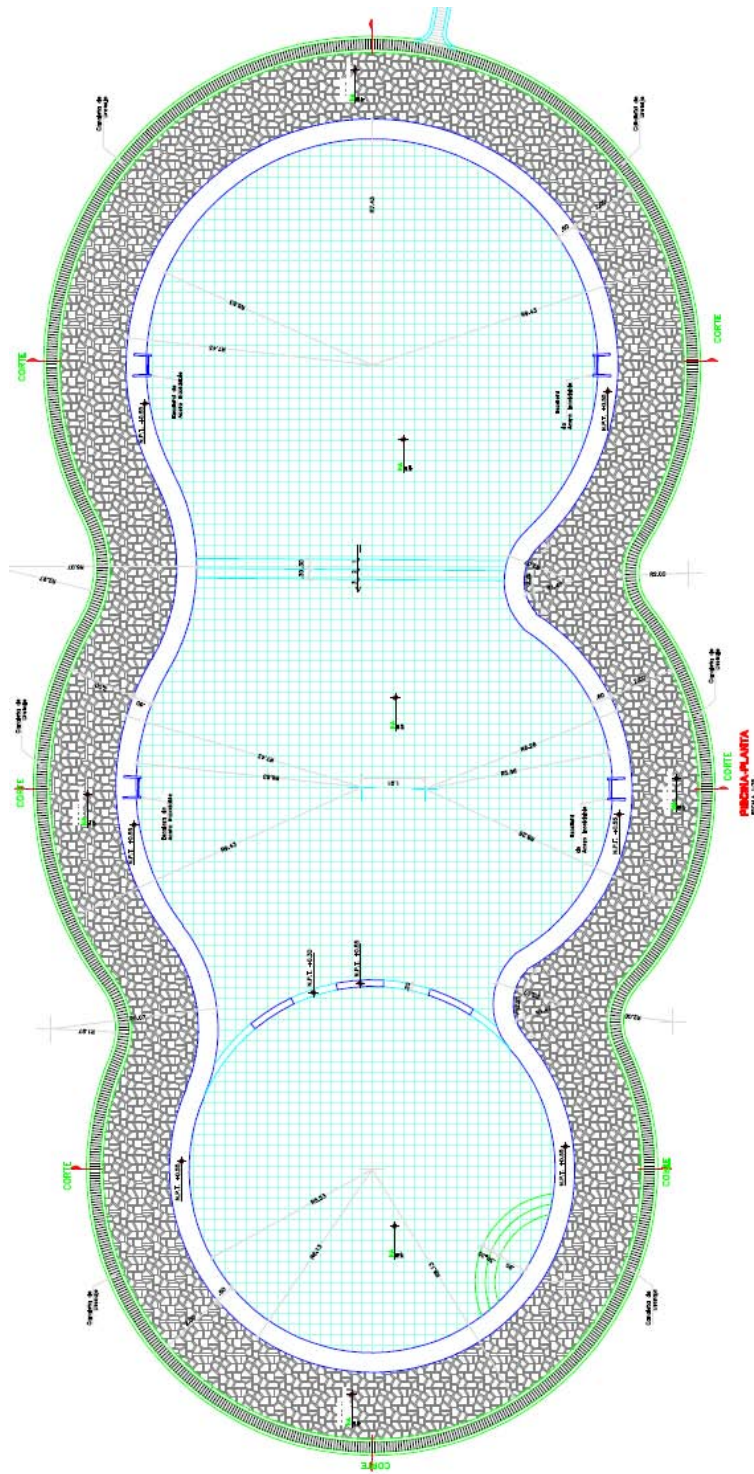


Figura 34. Propuesta de alberca de círculos empalmados. (Fuente: Adaptada de Bibliocad.com)

Con base en estudios García del Valle y Villagrán, 1993 para calcular la capacidad de las albercas, se establece que una persona necesita 1.20 m². Se sabe que del total de las

personas que acuden a estos sitios únicamente una tercera parte (33%) está dentro de la alberca, ya que el resto puede estar realizando otro tipo de actividades. De acuerdo a esto se han obtenido los siguientes datos:

Si se considera que la alberca funcione 9 horas diarias, tiempo durante el cual da servicio al triple de personas de su capacidad máxima, se obtiene.

El último dato nos indica que en temporada alta se requerirían 3 albercas las cuales se pueden ir construyendo en la medida que la demanda se incrementa con el tiempo. Es importante mencionar que en el caso de Zupitlán no será necesario un sistema de purificación, ya que se tendrá una circulación constante de agua de la laguna a la alberca y de la alberca a los conductos que llevan el agua a los terrenos de cultivo.

Pesca

Con el saneamiento de la laguna se podrá disponer de grandes siembras de peces que pueden cultivarse en la misma laguna o en estanques piscícolas. En el caso de la pesca se considera necesario formular una reglamentación que considere buenas prácticas de pesca para el adecuado desarrollo de la fauna acuática.

Los ejidatarios tienen un gran potencial para la crianza de peces en piletas de agua corriente. Esta práctica ya es común en los lugares donde se cuenta con manantiales y se aprovecha la gravedad para hacer circular el agua y oxigenar los contenedores. La idea es que el pescado de las piletas sea consumido en los lugares de preparación de alimentos en el interior del centro recreativo. Un atractivo adicional es que el producto a consumir sea seleccionado por el cliente.

La ventaja para la crianza de peces en las piletas piscícolas es que estas son abastecidas por manantiales y, dadas las características de calidad del agua, no se considera tratamiento alguno. Por otro lado, se dispone de pendientes donde por gravedad el agua puede fluir de un lado a otro y así oxigenar el líquido por medio de golpe de agua como se hace en instalaciones de Tezontepec y San Miguel Regla.

En cuanto a la pesca deportiva se deberán disponer de espacios en la periferia de la laguna dentro del centro recreativo. En las tiendas se puede tener equipo disponible para renta o venta de caña, carrete, señuelos, anzuelos, gorras, cubetas, etc. Esta actividad

requiere de mucha paciencia, además los lugares elegidos deberán ser los que proporcionen calma y relajamiento a los visitantes como las orillas donde existan árboles y aguas serenas.



Figura 35. Pesca deportiva de trucha arcoíris en San Miguel Regla (Fuente: Dondepescar.com)

Paseos en lancha

Los paseos en lancha, pueden involucrar equipo manual o motorizado. Para el primero no habría restricciones porque no representan peligro en su manejo o desplazamiento, para las de motor se deberá seleccionar una parte de la laguna, la cual deberá estar alejada de las instalaciones, esto con el fin de evitar daños a a terceros.

La NOM-09-TUR-2002 (DOF, 2003) indica los requisitos para el ejercicio de esta actividad, tanto de la responsabilidad de los prestadores del servicio como de seguridad de los usuarios.

Para el mejor manejo de los paseos en lancha, en la zona central de la ribera de la laguna, se deberá considerar un embarcadero como el que se indica como ejemplo en la Figura 36, compuesta de un andador de la longitud requerida y de 2 m de ancho, y dos palapas, una al inicio y otra al final. El andador deberá ser construido de pilotes de madera o concreto y tablonces de madera (Ver Figura 37).



Figura 36. Noción de embarcadero para la Laguna Zupitlán (Fuente: Islasmujeres.com)

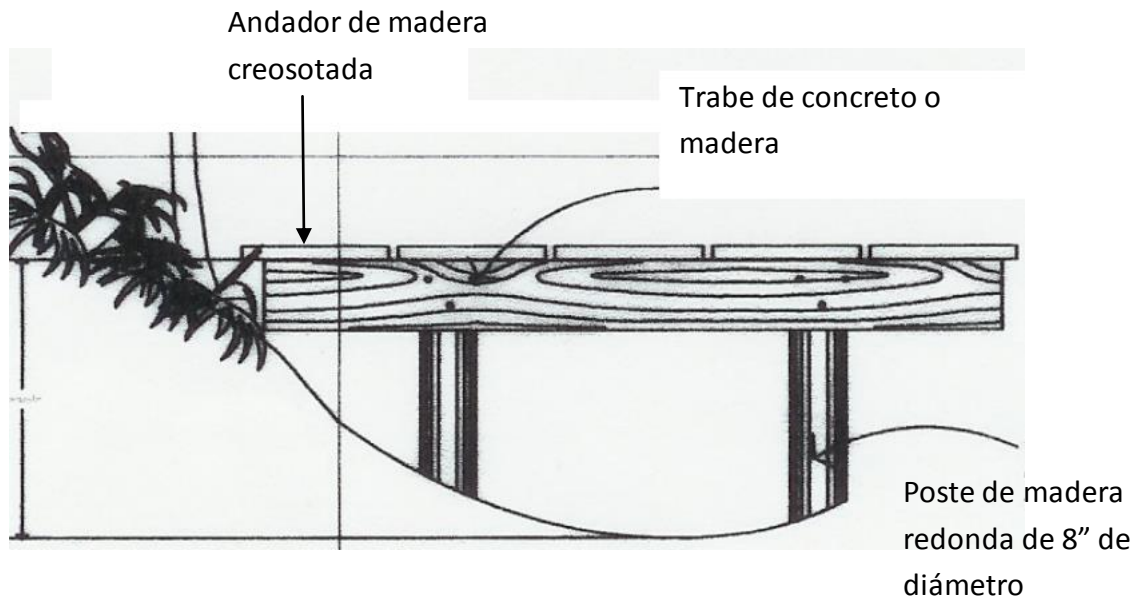


Figura 37. Detalle constructivo del andador del embarcadero. (Fuente: : Adaptada de Bibliocad.com)

Gotcha

EL gotcha es una actividad recreativa que en la actualidad ha tomado mucha fuerza y popularidad. Consiste en la práctica de la persecución, el asalto y la supervivencia entre diferentes equipos, los cuales se eliminan con disparos de pequeñas cápsulas de pintura. Es un juego de simulación de perseguidos y perseguidores al mismo tiempo. Al final, los participantes terminan extenuados y relajados. Sin embargo se sugiere poner mucha atención a la escasa normatividad que existe en cuanto a la disposición de los desechos y el uso de las armas de juego. Actualmente las disposiciones para regular esta práctica son nulas, pero a futuro la autoridad puede habilitar un marco regulatorio.



Figura 38. El Gotcha es un juego que aprovecha los escenarios naturales. (Fuente: SECTUR)

Paseos a caballo:

Los paseos a caballo o cabalgatas (Figura 39) generalmente se concesionan a personas que poseen los animales. Se debe establecer una reglamentación para asegurar la responsabilidad del concesionario y la seguridad para los usuarios, tanto en la limpieza y salvaguarda de todas las instalaciones.



Figura 39. Paseos a caballo por concesión (Fuente: SECTUR)

Canchas multifuncionales

En un centro recreativo, las actividades deportivas son práctica común para muchos de los visitantes, por lo que el proyecto debe contemplar canchas de usos múltiples como el básquetbol, fútbol rápido y tenis, para lo cual se deberían implementar instalaciones adecuadas. La figura 40 indica un ejemplo.

Actividades para niños

La diversión de los niños, es una de las partes esenciales de un espacio de recreación. La preferencia por los juegos infantiles clásicos es notable, por lo que deberán instalarse los necesarios para cubrir la demanda cumpliendo con las condiciones para la seguridad de los pequeños usuarios.

- *Carrusel*

Es un aparato (Figura 41) que consiste en una banca de madera de 25 cm de ancho, en forma poligonal, casi siempre de 6 lados, lleva un barandal hacia el centro. La banca queda a 50 cm de altura y está embalada con una barra central fija a un banco de concreto. Se mueve por el propio impulso de los niños. Se deben instalar dos o tres aparatos de estos.

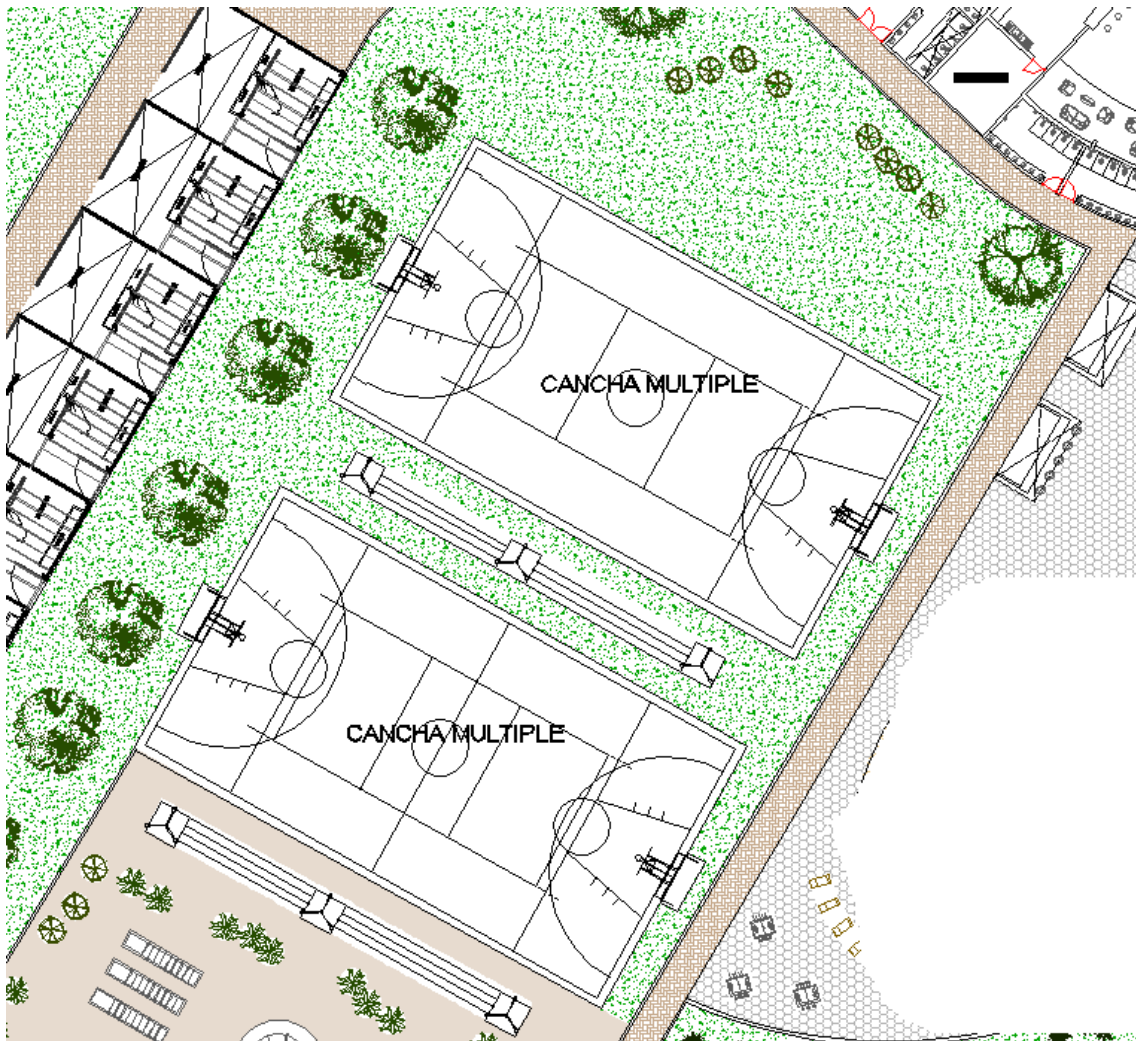


Figura 40. Ejemplo de canchas múltiples. (Fuente: Adaptada de Bibliocad.com)

- *Columpios, resbaladilla y palancas.*

Los columpios, la resbaladilla y la palanca (o sube y baja) son juegos de manufactura elemental y que más utilizan los niños, por lo que deberán instalarse en el mismo espacio (Figura 42).

- *Escalera horizontal*

Una escalera horizontal (Ver Figura 43) consta de cuatro tubos principales verticales de 3" de diámetro, unidos por medio de codos a dos tubos horizontales de 2" de diámetro. Los horizontales son los que forman la escalera propiamente dicha; por lo tanto, en ellos se sueldan los travesaños, que son tubos de 45 cm de largo por 1.5 de diámetro, a 36 o 39 cm de distancia uno del otro. La escalera tiene de 2.15 a 2.35 m de largo por 4.75 a 4.95

de largo.



Figura 41. Carrusel infantil rústico (Fuente SECTUR)



Figura 42. Juegos infantiles rústicos. (Fuente: <http://www.maderplast.com/>)

Tobogán

El tobogán o resbaladera (Figura 44) consta de dos partes: la escalera por la cual suben para poder deslizarse por la resbaladera y esta última, que es una superficie plana, inclinada y muy lisa, de 50 cm de ancho, con barandal por ambos lados de 10 a 15 cm de alto. El tobogán infantil forma parte de los elementos de la alberca, y estaría ubicado en la sección para niños.



Figura 43. Juegos infantiles rústicos: Escalera horizontal (Fuente: <http://www.maderplast.com/>)



Figura 44. Tobogán Rústico (Fuente: Rancho El Riego).

Servicios

- Baños, vestidores y sanitarios

En la etapa inicial se deberán contemplar los servicios básicos como son las oficinas, núcleo de baños y vestidores, sanitarios y tiendas en el mismo edificio.

Recepción, administración, mantenimiento y seguridad

En el mismo edificio central se deberán asignar áreas para las oficinas de recepción y administración, mantenimiento y seguridad. La Figura 45 ilustra un ejemplo.

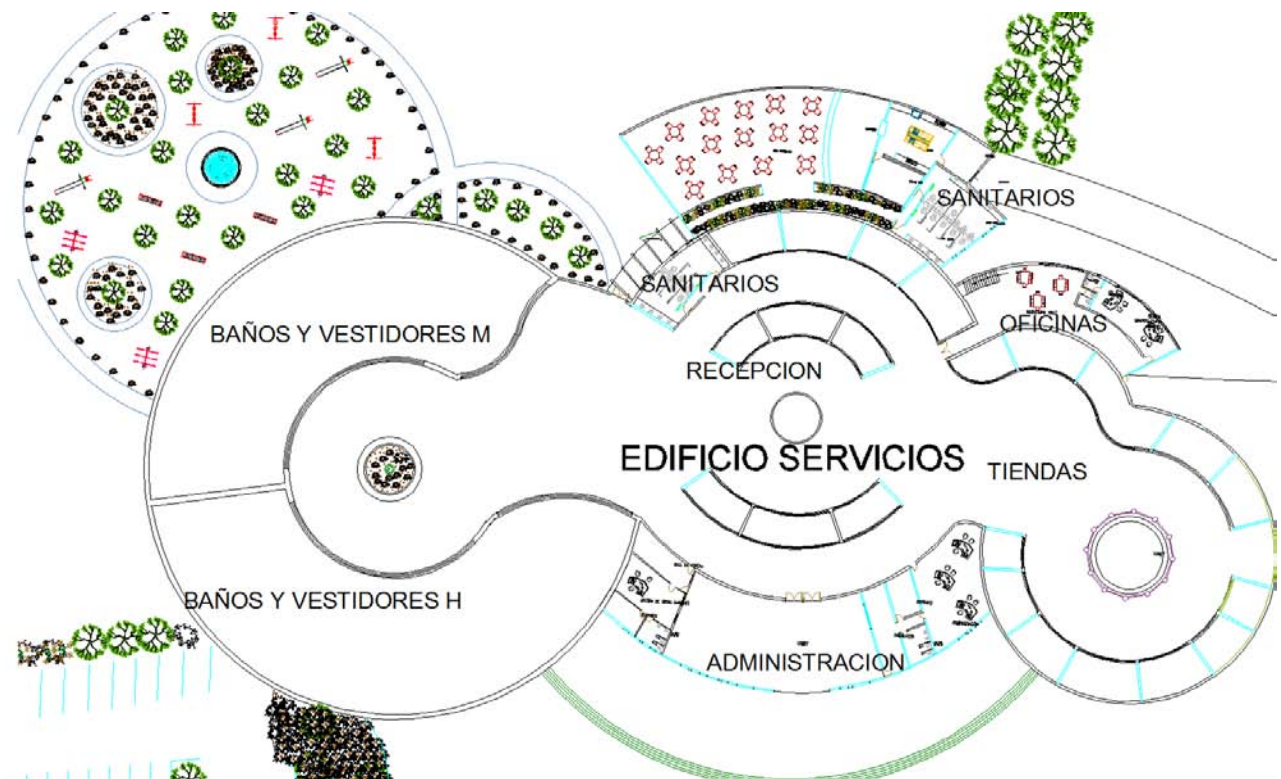


Figura 45. Ejemplo de edificio central de Administración y servicios. (Fuente: Adaptada de Bibliocad.com)

V.5.7. Ecoturismo

A instancias de la Organización de las Naciones Unidas, en Octubre de 1984 se reunió por primera vez la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (World Commission on Environment and Development) para establecer una agenda global para el cambio (A global agenda for change). La Comisión partió de la convicción de que es posible para la

humanidad construir un futuro más próspero, más justo y más seguro. Con ese enfoque optimista publicó en abril de 1987 su informe denominado "Nuestro Futuro Común" (Our Common Future). El informe plantea la posibilidad de obtener un crecimiento económico basado en políticas de sostenibilidad y expansión de la base de recursos ambientales (ONU, 1987).

El ecoturismo es un concepto que nace como resultado de la integración del desarrollo sustentable y el turismo, a partir del informe referenciado en el párrafo anterior. Para evitar efectos nocivos y aprovechar al máximo los beneficios potenciales, se requiere de un enfoque más efectivo y ambientalmente responsable del turismo en áreas naturales. A este nuevo enfoque se le conoce universalmente como "turismo ecológico" o "ecoturismo". La UICN (La Unión Mundial para la Naturaleza) define al ecoturismo como "aquella modalidad turística ambientalmente responsable consistente en viajar o visitar áreas naturales, relativamente sin disturbar, con el fin de disfrutar, apreciar y estudiar los atractivos naturales (paisaje, flora y fauna silvestres) de dichas áreas, así como cualquier manifestación cultural (del presente y del pasado) que puedan encontrarse ahí, a través de un proceso que promueve la conservación, tiene bajo impacto ambiental y cultural y propicia un involucramiento activo y socioeconómico benéfico de las poblaciones locales". (Ceballos-Lascurain, 1996).

Para que una actividad sea considerada como ecoturismo debe cumplir (SECTUR , 2011) las siguientes características:

- tener bajo impacto sobre los recursos de las áreas naturales protegidas;
- involucrar a los actores (individuales, comunidades, ecoturistas, operadores turísticos e instituciones gubernamentales) en las fases de planificación, desarrollo, implementación y monitoreo;
- respetar las culturas y tradiciones locales;
- generar ingresos sostenibles y equitativos para las comunidades locales y para tantos actores participantes como sea posible, incluidos los operadores turísticos privados;
- generar ingresos para la conservación de las áreas protegidas, y
- educar a todos los actores involucrados acerca de su papel en la conservación.

Bajo la perspectiva anterior, la Laguna Zupitlán es un lugar con alto potencial para la práctica del ecoturismo y debería ser inscrita en el Programa de Turismo y Ecoturismo Rural de SECTUR y Secretaría de Turismo del Estado de Hidalgo, para lo cual se deberán consultar las guías de operación que regulan este tipo de actividad.

Actualmente existen diferentes programas de ecoturismo que tienen repercusión amplia y que se podrían aplicar al centro recreativo Laguna Zupitlán, tal como: carreras con obstáculos naturales, campamentos, competencia de kayaks en aguas lentas, cabalgatas a caballo, ciclismo en rutas rústicos, vuelo en globo, paseo en lancha.

CAPÍTULO VI. DIBUJOS PRELIMINARES

VI. DIBUJOS PRELIMINARES.

Los planos realizados en este trabajo solamente cumplen el objetivo de ilustrar arreglos preliminares. La realización formal del proyecto ejecutivo no forma parte del tema, pero para aportar una idea de la configuración del centro recreativo se realizaron los siguientes dibujos.

Plano general de la Laguna Zupitlán (Figura 46):

Indica la situación actual en cuanto al arreglo de conjunto de la Laguna Zupitlán y su periferia. Se indican los espacios actuales y su uso, ya sea como caserío, tierra de cultivo, bordo de la Laguna, manantiales, etc. También se indica el área donde se propone la realización del proyecto de Centro Recreativo Laguna Zupitlán.

La razón de proponer la superficie que ocupa la margen oriente de la laguna, es que es la más amplia, continua y plana, además que los lugareños ya han visualizado ese sitio para un parque recreativo y colaborarían de mejor manera en ceder esos terrenos para propósitos del centro recreativo.

Bosquejo preliminar de Arreglo de Conjunto centro recreativo (Figura 47):

Se indica las zonas de recreación que se propone para el centro recreativo y que se describen en el Capítulo V. Este dibujo sirve únicamente para propósito de bosquejo preliminar y para darse una idea de la factibilidad del proyecto. En su momento, se deberá realizar todos estudios tanto técnicos como económicos y financieros que demuestren su viabilidad y la ingeniería básica y de detalle que determine el proyecto ejecutivo para la construcción de edificios y montaje de instalaciones.

Desde el punto de vista de la disponibilidad de energía eléctrica, cabe mencionar que existe una red de distribución eléctrica de media tensión en 23 KV, que atraviesa la zona de proyecto. Esto facilitaría en gran medida la acometida para los servicios que requieran corriente eléctrica.

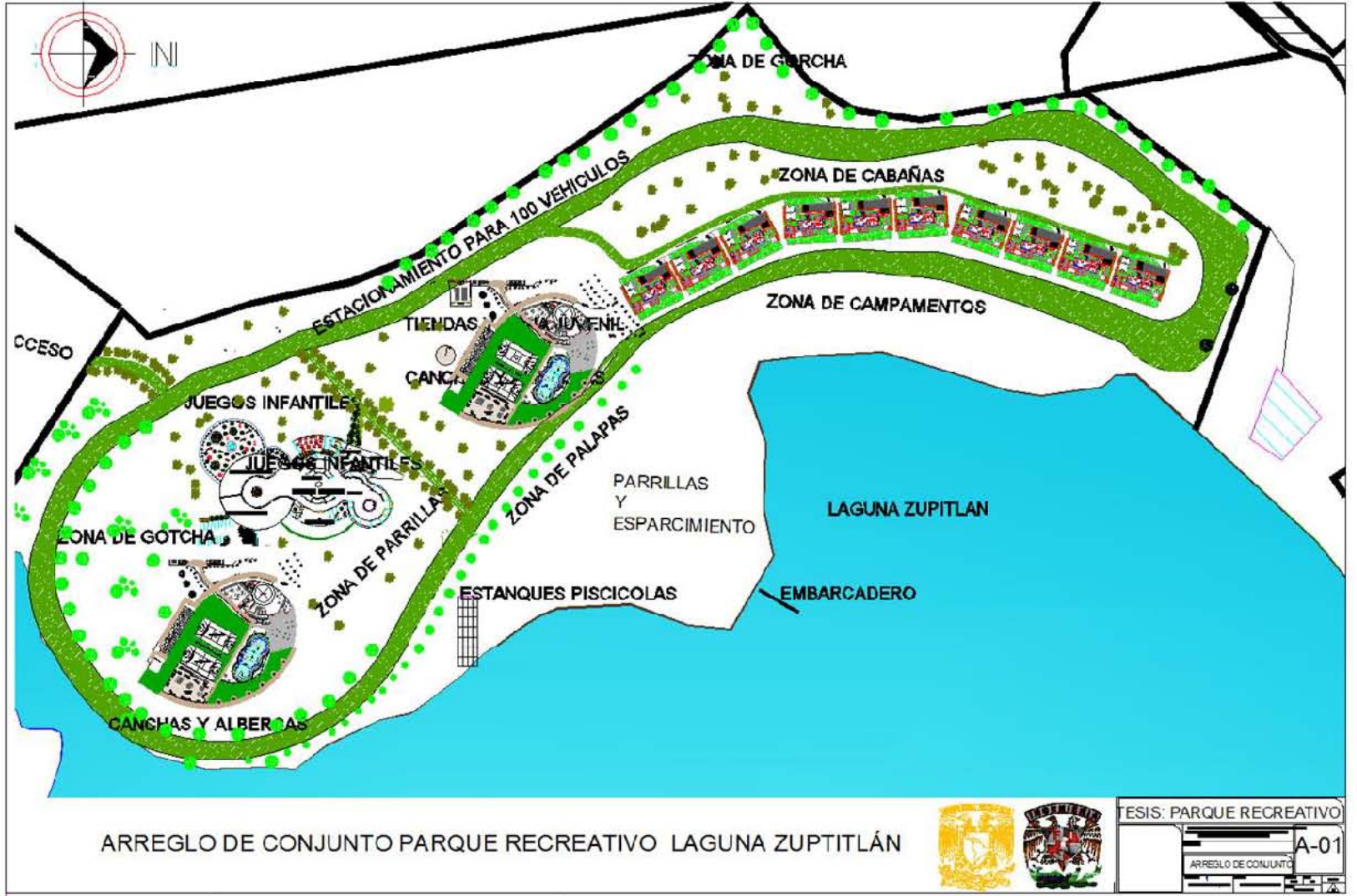


Figura 47. Arreglo preliminar de Conjunto de Centro Recreativo. (Fuente: Elaboración propia)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Laguna Zupitlán tiene un potencial enorme. Independientemente de que la maleza invade el cuerpo de agua y es posible su control eficaz, no tiene más problemas. La lejanía de los centros de población altamente expansivos es una virtud que la mantiene casi virgen pero no por mucho tiempo. Paulatinamente los ejidos aledaños a la misma van perdiendo el uso agrícola y los asentamientos o pequeños latifundios donde instalan pequeñas factorías cada vez están más cercanos. Esto hace que sea indispensable elaborar un programa de conservación ecológica, tanto del cuerpo de agua prístina como de la flora y fauna endémica.

Si como se plantea en este trabajo, por un lado se realiza un saneamiento permanente y efectivo, y, el otro instala un centro recreativo con enfoque sustentable y ecoturístico, se cumpliría con la preservación de la fuente para beneficios en cuanto a los aprovechamientos agrícolas, piscícola, forrajes, agua potable y por añadidura ecoturístico, que los mismos pobladores actuales pueden conservar.

La extracción de agua de la Laguna Zupitlán es aproximadamente 25 millones de metros cúbicos de agua al año, aun cuando la recarga media anual por escurrimientos está limitada a 2.5 millones de metros cúbicos anuales. El proceso cíclico del fenómeno carga-descarga ha contribuido en los últimos 60 años a una fuerte acumulación de azolve. Es evidente que, el material de azolve no solo es suelo erosionado, es acompañado de cantidades importantes de abonos naturales y químicos usados en el cultivo de las grandes extensiones de forraje para la alimentación de ganado.

Los lagos o lagunas, sufren un proceso de envejecimiento que transforma el lago en pantano y éste en suelo debido a la acumulación de sedimento originado naturalmente o por actividades humanas y en algunos casos por ambas. La acumulación de sedimento rico en nutrientes de forma natural, la cual puede durar milenios, se le llama eutroficación, pero cuando se da también por intervención humana acelerando el cambio en décadas, al proceso se denomina eutroficación cultivada (Vázquez González & César Valdés , 2000).

Los factores que contribuyen a la eutroficación son las aguas residuales, desechos industriales y escurrimientos derivados de actividades agrícolas, lo que “origina rápida y excesiva producción de malezas acuáticas y algas, cuya descomposición al morir produce

un decremento en el contenido de oxígeno disuelto que causa la muerte de los peces, y las actividades recreativas municipales, industriales y agrícolas disminuyen debido al decremento en la calidad y cantidad del agua almacenada” (Vázquez González & César Valdés , 2000).

Lo anterior se sabe, por la presencia de los diversos microorganismos asociados a una gran disponibilidad de materia orgánica en el ambiente acuático, cuya naturaleza es seguramente de origen antropogénico, es decir materiales derivados de las actividades humanas; agrícolas y ganaderas realizadas en la periferia de la laguna, donde la lixiviación y esorrentía gradual de residuos orgánicos permiten su acumulación en la columna de agua y posteriormente en los sedimentos, los cuales actúan en etapas posteriores como fuentes de materia orgánica en un ciclo dinámico que afecta la calidad del cuerpo hídrico.

Es por ello urgente que se realicen las actividades necesarias que permitan controlar las infestaciones de tule y lirio acuático de la laguna. Los principales interesados en tener un almacenamiento sano son todos los que de ello obtienen algún beneficio, sean los que utilicen el agua para regadío, sean los que todavía sobreviven de la poca pesca o los que visualizan un aprovechamiento como centro de recreo.

Se tienen documentados los buenos resultados que se han obtenido con el método para el retiro de vegetación manual mecánico empleado en la Laguna Zupitlán. La superficie y el viento, son condiciones favorables que contribuyen, en buena medida, a que los trabajos de corte y traslado de las porciones de tule y lirio por medio de mano de obra se realicen con celeridad y una vez estos se encuentren al alcance del equipo mecánico, sean transportados hasta tierra firme para su deshidratación y posterior disposición.

La aplicación de un método químico podría repercutir negativamente en las especies acuáticas y en la vida silvestre asociada al entorno de la laguna, además de afectar los aprovechamientos planteados en este trabajo, por lo que se debería tener prudencia en su empleo.

Es de suma importancia hacer un programa efectivo y permanente de saneamiento en la laguna, cuya su elaboración y ejecución, tendría que ser con apoyo de las autoridades competentes. Adicionalmente, para prevenir que los escurrimientos lleguen a la laguna, se debería solicitar que se retomara la construcción de represas aguas arriba, la

reforestación de la superficie de escurrimiento y el encausamiento de las avenidas de agua de lluvia hasta el río Tulancingo.

Asimismo, antes de todo, se tendrá que aplicar la legislación vigente, en tal caso la Ley de Aguas Nacionales, para sancionar todo tipo de abuso o mal uso que se le dé al vaso o a sus aguas, para disminuir toda clase de daño artificial a la laguna.

En cuanto al centro recreativo se sugiere que sea de carácter ecoturístico y que la mayoría de elementos accesorios de juegos infantiles, cabañas, palapas, asaderos y embarcaderos tengan elementos constructivos rústicos campestres. De esa manera, se cumplirá con los principios señalados en los objetivos de este trabajo que son la sustentabilidad del proyecto y la protección al medio ambiente. Además, el proyecto concebido de esa manera, tendrá las mayores posibilidades de recibir apoyos institucionales para su ejecución, desarrollo y mantenimiento.

Este trabajo contiene las bases sobre las cuales se debe realizar un proyecto de inversión formal, el cual debe considerar un estudio de mercado, un estudio técnico, un análisis económico y financiero y complementarlo con el proyecto ejecutivo, que debe contener los planos y especificaciones de arquitectura, ingeniería civil e instalaciones.

Por último vale la pena mencionar, que con la implementación del centro de recreo, se obtendrían recursos económicos susceptibles de aplicarse al mantenimiento del sitio, y se tendría un almacenamiento sano y controlado, se generarían empleos que mucha falta hacen en esta época y se contaría, con una opción de recreación en Tulancingo Hidalgo.

BIBLIOGRAFÍA Y MESOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA:

- Ávila Ortiz, A., Cruz Sánchez, M., & Salcedo Luna, C. (2008). *Índices de Calidad del Agua de la Laguna de Zupitlán, Municipio de Acatlán, Hgo.* Tulancingo, Hgo.
- Ceballos-Lascurain, H. (1996). *Tourism, ecotourism, and protected areas.* IUCN – The World Conservation Union.
- CNA. (2009). *ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA SUBTERRÁNEA ACUÍFERO (1315) HUASCA-ZOQUITAL.* México, D.F.: http://www.conagua.gob.mx/Conagua07/Aguasubterranea/pdf/DR_1315.pdf.
- Cruz Sánchez, M., Ávila Ortiz, A., & Salinas Tellez, P. (2009). *Identificación de bioindicadores en la Laguna De Zupitlán.* Pachuca: UAEH.
- Custodio, E., & Llamas, M. R. (1976). *Hidrología Subterránea.* México: Omega.
- DOF. (2003). <http://dof.gob.mx>.
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=690916&fecha=26/09/2003: DOF.
- DOF. (2013, octubre 22). <http://dof.gob.mx>. Retrieved julio 18, 2015, from http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5320583
- FONATUR. (2006). <http://www.cdi.gob.mx>. Retrieved 2015, from http://www.cdi.gob.mx/ecoturismo/docs/norma_ecoturismo_nmx-aa-133-scfi-2006.pdf
- García del Valle y Villagrán, G. 1993. México : Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gobierno Hidalgo. (2008). <http://intranet.e-hidalgo.gob.mx>. Retrieved 2015, from http://intranet.e-hidalgo.gob.mx/NormatecaE/Archivos/NORMA_TECNICA_BALNEARIOS09.pdf
- INCA, S. (2005). <http://www.sagarpa.gob.mx/>. Retrieved julio 21, 2015, from <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/24/02.pdf>

- INEGI. (2014). *Anuario Estadístico y Geográfico de Hidalgo 2013*. México, D.F.: Instituto Nacional de Geografía e Historia.
- Lembi, C. A. (2009). *Aquatic Plant Management*. West Lafayette: Purdue University .
- López Ramos, E. 1993 . *Geología General y de México*. México: Trillas.
- Mario Martínez Ménez. (2005). <http://www.sagarpa.gob.mx/>. Retrieved julio 15, 2015, from <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/7/05estim-scurrim.pdf>
- Martinez Ménez, Mario. (2005). <http://www.sagarpa.gob.mx/>. Retrieved Julio 15, 2015, from <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/24/02.pdf>
- Mendoza Garza, M. d. (s.f.). *Posgrado UNAM*. Retrieved julio 17, 2015, from <http://www.posgrado.unam.mx/>: <http://www.posgrado.unam.mx/filosofia/publica/08mendozamendoza.pdf>
- Ongley, E. (1997). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*. Canada: FAO, ONU.
- ONU. (1987). <http://www.un.org>. Nueva York.
- Redacción Periódico Ruta. (2010, noviembre 9). Exigen poner fin a la contaminación por lactosuero y descargas sanitarias. *Ruta*, p. http://www.periodicoruta.com/noticia.php?seccion=municipios&no_noti=392.
- SECTUR . (2011). www.sectur.gob.mx. Retrieved 2015, from www.sectur.gob.mx/wp-content/uploads/2014/.../Evaluacion_Materia.pdf
- SMN-CNA. (2011). <http://smn.cna.gob.mx/>. Retrieved 2010, from http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=185:hidalgo&catid=14:normales-por-estacion
- Stanley E., M. (2006). *ntroducción a la química ambiental*. México, D.F.: Reverte-UNAM.

Vázquez González, A. B., & César Valdés , E. (2000). *Impacto Ambiental y Manejo de Residuos Municipales*. México, D.F.: Publicaciones de la facultad de Ingeniería, UNAM.

MESOGRAFÍA:

CNA. (2009). *ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA SUBTERRÁNEA ACUÍFERO (1315) HUASCA-ZOQUITAL*. México, D.F.: http://www.conagua.gob.mx/Conagua07/Aguasubterranea/pdf/DR_1315.pdf.

DOF. (2003). <http://dof.gob.mx>.
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=690916&fecha=26/09/2003: DOF.

DOF. (2013, octubre 22). <http://dof.gob.mx>. Retrieved julio 18, 2015, from http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5320583

FONATUR. (2006). <http://www.cdi.gob.mx>. Retrieved 2015, from http://www.cdi.gob.mx/ecoturismo/docs/norma_ecoturismo_nmx-aa-133-scfi-2006.pdf

Gobierno Hidalgo. (2008). <http://intranet.e-hidalgo.gob.mx>. Retrieved 2015, from http://intranet.e-hidalgo.gob.mx/NormatecaE/Archivos/NORMA_TECNICA_BALNEARIOS09.pdf

INCA, S. (2005). <http://www.sagarpa.gob.mx/>. Retrieved julio 21, 2015, from <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Des>

arrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/24/02.pdf

INEGI. (2014). *Anuario Estadístico y Geográfico de Hidalgo 2013*. México, D.F.: Instituto Nacional de Geografía e Historia.

Mario Martínez Ménez. (2005). <http://www.sagarpa.gob.mx/>. Retrieved julio 15, 2015, from <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/7/05estim-scurrim.pdf>

Martinez Ménez, Mario. (2005). <http://www.sagarpa.gob.mx/>. Retrieved Julio 15, 2015, from <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/24/02.pdf>

Mendoza Garza, M. d. (s.f.). *Posgrado UNAM*. Retrieved julio 17, 2015, from <http://www.posgrado.unam.mx/>: <http://www.posgrado.unam.mx/filosofia/publica/08mendozamendoza.pdf>

ONU. (1987). <http://www.un.org>. Nueva York.

Redacción Periódico Ruta. (2010, noviembre 9). Exigen poner fin a la contaminación por lactosuero y descargas sanitarias. *Ruta*, p. http://www.periodicoruta.com/noticia.php?seccion=municipios&no_noti=392.

SECTUR . (2011). www.sectur.gob.mx. Retrieved 2015, from www.sectur.gob.mx/wp-content/uploads/2014/.../Evaluacion_Materia.pdf

SMN-CNA. (2011). <http://smn.cna.gob.mx/>. Retrieved 2010, from http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=185:hidalgo&catid=14:normales-por-estacion

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Escuela: Facultad de Ingeniería

Carrera: Ingeniería Civil

Título tesis:

“SANEAMIENTO DE LA LAGUNA ZUPITLÁN Y SU ADECUACIÓN COMO CENTRO RECREATIVO”.

Aspirante: Carlos Morales García

Director:

M en I. Cristian Emmanuel González Reyes

Agosto, 2015