



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**CONSULTORÍA PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL  
RECURSO HÍDRICO: PROSPECTIVA DEL  
ACUÍFERO TEXCOCO DESDE EL MUNICIPIO DE  
NEZAHUALCÓYOTL, ESTADO DE MÉXICO**

**T E S I N A  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A:**

**LILIANA ELIZABETH ESPARZA DELGADO**



**DIRECTOR DE TESIS:  
BIÓL. JOEL ROMERO CARMONA**

**México D.F. 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.

# ÍNDICE

	<b>Pagina</b>
ÍNDICE .....	1
RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Acuífero Texcoco .....	5
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Disposiciones legales.....	9
2.2 Manejo municipal del agua .....	13
2.2.1 Municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México .....	13
2.2.2 Abastecimiento del Municipio de Nezahualcóyotl (Acuífero Texcoco)...	16
2.3 Diagnóstico de la situación actual del acuífero Texcoco.....	20
2.4 Modelo de negocio CANVAS .....	20
2.4.1 Clientes.....	21
2.4.2 Propuesta de valor.....	21
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	22
OBJETIVOS .....	23
MATERIALES Y MÉTODO.....	24
RESULTADOS.....	25
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	35
CONCLUSIONES.....	38
REFERENCIAS.....	39

## RESUMEN

En la actualidad dentro del territorio mexicano la demanda de agua para uso y consumo humano crece en relación al aumento de la población, por lo que el encontrar nuevas fuentes de abastecimiento se ha vuelto prioridad para los gobiernos municipales, específicamente en el municipio de Nezahualcóyotl.

Se identificó que el municipio de Nezahualcóyotl se encuentra dentro del área del acuífero Texcoco, acuífero clasificado como sobreexplotado por la Comisión Nacional del Agua, por lo que se planteó la creación de una consultoría especializada en el manejo integral de los acuíferos que guíe a los responsables de la extracción y distribución del agua a tomar las acciones necesarias para satisfacer las necesidades hídricas de los habitantes del municipio.

Obteniendo como resultado que para creación de dicha consultoría es necesaria una inversión inicial de \$530, 000. 00 pesos, tomando en cuenta los costos del equipo de oficina, el equipo científico que se utilizara en campo, el equipo de transportación y el recurso humano (personal).

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad dentro del territorio mexicano la demanda de agua para uso y consumo humano crece en relación al aumento de la población, debido a que las fuentes superficiales no son suficientes, por lo que el agua subterránea es extraída a partir de la creación de pozos profundos, ya sean propiedad de los gobiernos municipales, estatales o federales o bien sean concesionados por los mismos a la población. Estas acciones son solo una solución temporal, ya que en la mayoría de los casos los acuíferos del país están sufriendo de una sobreexplotación debido a que la cantidad de agua que se extrae es menor a la recarga que está recibiendo el mismo. También en numerosas ocasiones las zonas en las que se realizan las perforaciones para crear un pozo no son las idóneas y por lo tanto la calidad del agua que se extrae no es la adecuada para el consumo humano; además, actualmente se busca conocer las zonas propicias para la extracción de agua subterránea de calidad.

Con base a la actual problemática de suministro hídrico que aqueja al territorio mexicano, ya sea en estados o bien municipios, es necesaria la incorporación de una consultoría integral que ofrezca la realización de estudios especializados, para así conocer el problema específico al que se enfrentan los acuíferos sobreexplotados y poder dar solución a la escasez e inadecuada del agua a la que se enfrentan los gobiernos.

La problemática de las Consultorías para atender las necesidades de los Estados, Municipios, Ayuntamientos u Organismos que administran aguas nacionales para, que abastezcan el recurso hídrico a los diversos sectores de la población mexicana son principalmente la falta de conciencia al realizar la planeación de proyectos o bien la falta de presupuesto para los mismos. Ello conlleva a que la eficiencia de la Consultoría en el ofrecimiento de sus servicios para la producción de agua a través de los bienes y servicios naturales, ambientales y comunes se vea mermada y su presencia en el mercado internacional sea complicada por los costos que se incrementan cuando se pretende llegar al mercado nacional donde uno de cada seis acuíferos están siendo sobreexplotados, proyectándose que para el año 2045, dos de cada seis acuíferos se encontraran en situación de sobreexplotación. Posiblemente dicha proyección será rebasada por la magnitud del crecimiento exponencial de la población principal consumidora (indirecta) del vital líquido.

Al respecto, el desempeño profesional de la Consultoría especializada en Acuíferos buscará suplir los costos de *outsourcing* de las 2,683 empresas pertenecientes a la rama 2221, de captación tratamiento y suministro del agua en México (clasificación dada por el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte) (Censo económico, 2014). Ante un consumidor de dichos servicios ofertados cuya demanda es cada vez más exigente en cuanto a la protección al ambiente y no solo para satisfacer las necesidades del vital líquido, dicho lo

anterior, esto representa un importante nicho de oportunidad teniendo la posibilidad de suministrar agua en un esquema de conservación de los acuíferos como una forma de ofrecer valor agregado y con ello tener mayor presencia en el mercado nacional e internacional para así dar cumplimiento a la responsabilidad ambiental que corresponde.

El surgimiento de las consultorías en México fue dado en los años treinta cuando las instituciones gubernamentales empezaron a requerir servicios de ingeniería para realizar todo tipo de proyectos, a partir de los años cincuenta, fueron creadas diversas firmas especializadas en trabajos específicos de ingeniería, años después, en la década de los setenta comienza a desarrollarse la consultoría de gestión, siendo a partir de este punto que las consultorías toman fuerza y forma (UNAM, 2010).

Debido al crecimiento de las consultorías en 1985 se creó la Cámara Nacional de Empresas de Consultoría (CNEC), organismo encargado de fomentar la consultoría en México, teniendo como objetivos:

- Representar los interés de la consultoría nacional,
- Impulsar la creación de organismos para el desarrollo de esta actividad,
- Detectar oportunidades de trabajo para sus afiliados,
- Coadyuvar en el desarrollo tecnológico y la infraestructura del país, además de ser el órgano de consulta del Estado.

La CNEC fue creada con la misión de representar a la consultoría mexicana; promoviendo oportunidades de negocio para las consultoría afiliadas, fortaleciendo su competitividad y desarrollo en el ámbito de responsabilidad empresarial (CNEC,2010).

La creciente creación de consultoría especializadas en acuíferos en México en relaciona las del mundo, sus problemáticas y tendencias a futuro, permiten generar un diagnóstico para así presentar una propuesta de valor más allá de lo que ofrecen las consultorías afiliadas cooperativamente a la CNEC, siendo necesario conocer, analizar y hacer propuestas adicionales a las ya ofertadas por dichas consultorías, para que los clientes perciban la innovación de la propuesta de valor presentada por la consultoría especializada en el manejo de acuíferos.

El 5 de diciembre del 2001, fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el “Acuerdo por el que se establece y da a conocer al público en general la denominación única de los acuíferos reconocidos en el territorio de los Estados Unidos Mexicanos, por la comisión nacional del agua, y la homologación de los nombres de los acuíferos que fueron utilizados para la emisión de los títulos de concesión, asignación o permisos otorgados por este órgano desconcentrado”. En este documento se definen los nombre de los 653 acuíferos que integran el recurso hídrico en el país.

Por otro lado a partir de la década de los setenta, ha aumentado de manera significativa la sobreexplotación de los acuíferos dentro del país y al 31 de

diciembre de 2010 existían 101 acuíferos explotados (CONAGUA, 2010).

El uso intensivo de los acuíferos en forma exponencial y continua, ha tomado un rápido ritmo a la par del crecimiento que ha presentado la población en los últimos años hasta llegar a un total de 112, 336, 538 habitantes (INEGI, 2010).

### **1.1 Acuífero Texcoco**

El acuífero Texcoco tiene un área de 939.04 km<sup>2</sup>, dentro del área del acuífero se encuentran porciones territoriales de 12 municipios del Estado de México: Papalotla (100%), Chiconcuac (100%), Chimalhuacán (100%), Chicoloapan (100%), Texcoco (100%), Atenco (85%), La Paz (75%), Chiautla (70%), Tepetlaoxtoc (60%), Ixtapaluca (60%), Nezahualcóyotl (35%) y Tezoyuca (10%).

Dentro del acuífero se encuentran 552 aprovechamientos de los cuales 529 son pozos, 18 manantiales y 5 norias, extrayéndose un total de 183.0274 hm<sup>3</sup>/año, más de lo concesionado por CONAGUA, con un excedente total de -23.59 hm<sup>3</sup>/año (Escobar, 2010).

Con la creciente demanda del vital líquido y la sobreexplotación que está teniendo el acuífero Texcoco, es necesaria la incorporación de una consultoría que ofrezca dentro de sus servicios subsanar los problemas ocasionados por dicha situación, específicamente dentro del Municipio de Nezahualcóyotl del cual una parte se encuentra dentro del área que abarca la poligonal del acuífero Texcoco. El municipio de Nezahualcóyotl cuenta con cinco pozos de abastecimiento de agua

potable (ODAPAS, 2015), extraída del acuífero Texcoco los cuales son esenciales para el abastecimiento de agua potable a diferentes colonias dentro del municipio.

La necesidad de contratar los servicios de una consultoría especializada en el manejo integral de los acuíferos en el Municipio de Nezahualcóyotl, surge de la creciente demanda del servicio de agua potable dentro del municipio, atribuida principalmente al crecimiento poblacional y comercial que se ha dado de forma exponencial año con año dentro del municipio. Situación por la que el gobierno municipal debe contratar los servicios de una consultoría especializada en la realización de estudios integrales que permitan conocer el estado del acuífero del cual se está obteniendo el agua subterránea con la que es abastecida la población que demanda dicho recurso, además que esta misma cuente con la experiencia y el personal especializado en la realización de estudios geohidrológicos para así tener la certeza de que la perforación de futuros pozos será realizada en los lugares adecuados para obtener gastos esperados (litros por segundo) y una alta calidad del agua para poder abastecer a la población sin necesidad de agregar algún sistema extra para mejorar las condiciones del agua subterránea extraída

## MARCO TEÓRICO

Los acuíferos son formaciones geológicas subterráneas capaces de captar, contener y transmitir agua en grandes cantidades y de forma continua, compuestos generalmente por capas de grava, arena o aluvión, aunque también en rocas fracturadas pueden formar un acuífero (De la Lanza, 1999).

Los acuíferos más importantes en el país se encuentran localizados en el Eje Neovolcánico Transversal; sin embargo también son explotados acuíferos ubicados en zonas áridas, en general los acuíferos suministran aproximadamente el 75% del volumen de agua utilizado en las ciudades, satisfaciendo en su gran mayoría la demanda.

Los recursos hídricos ubicados en cuencas y acuíferos de los ecosistemas, son base para el sustento de la sociedad, tanto para satisfacer la necesidad biológica de consumo como para su uso en las situaciones cotidianas de la vida, además de ser necesaria también para el desarrollo de actividades económicas.

En México el manejo del agua es uno de los problemas ambientales y de recursos más urgentes. El territorio del país es de 1, 964, 375 km<sup>2</sup> y consta de una población de 112, 336, 538 habitantes (INEGI, 2010), el rápido crecimiento de la población ha resultado en el incremento de la demanda del vital líquido.

El país ha tenido logros en el sector hídrico, incluyendo un sistema legal detallado, una autoridad nacional del agua, el funcionamiento de un sistema de derechos de agua. Sin embargo, enfrenta problemas de sostenibilidad, eficiencia económica y equidad. Algunas de estas situaciones son: a) la sobreexplotación creciente y continua de los recursos hídricos, teniendo un efecto significativo en la disponibilidad de dicho recurso; b) precios desvirtuados, subsidios y/u otros incentivos en el uso del agua y para la promoción de sectores relacionados y c) leyes, regulaciones, políticas e inversiones que crean condiciones para el uso no sostenible de agua, teniendo como resultado una asignación no equitativa de los recursos fiscales (Guerrero, 2012).

En la actualidad un alto porcentaje de la población que presenta un crecimiento acelerado está concentrada en la zona norte y centro del país, adjudicado a estas zonas el 90% de la agricultura de riego y 75% de la actividad industrial. Con el incremento consecuente de la demanda de recurso de agua, con acuerdos institucionales inadecuados y debido a que los precios del agua no reflejan la escasez del recurso, el país enfrenta una crisis en cuestión del recurso hídrico, incluyéndose la sobreexplotación de 101 de los 653 acuíferos, definiéndose dentro de esta categoría en función de la relación extracción/recarga (CONAGUA, 2010).

En consecuencia, a la explotación desmedida y no consciente del recurso agua, la situación administrativa de los 101 acuíferos antes mencionados ha cambiado, teniendo zonas con prohibición de libre alumbramiento o bien vedadas, impidiendo

que se otorguen nuevas concesiones para no realizar perforaciones de pozos y así no extraer más agua subterránea de la ya concesionada.

La Comisión Nacional del Agua es la máxima autoridad con relación a las aguas nacionales, sin embargo no es el único organismo regulador del recurso hídrico, existen también comisiones estatales que se encargan de la administración del agua perteneciente a su territorio, teniendo internamente organismos operadores municipales como lo indica la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos, artículo 115 fracción III.

## **2.1 Disposiciones legales**

Las primeras disposiciones legales en materia de agua fueron expedidas por el Congreso de la Unión, entre las que se encuentran:

**a. Ley sobre Irrigación con Aguas Federales (1926)**

“ARTICULO 1. De conformidad con lo dispuesto por el párrafo tercero del artículo 27 constitucional, la propiedad agrícola privada y los derechos de los usuarios de aguas de jurisdicción federal, quedarán sujetos a las modalidades que la presente ley establece para la construcción de obras de irrigación y pago de las mismas, así como para la conservación de ellas y la mejor distribución de las aguas aprovechables”.

**b. Primera Ley de Aguas de Propiedad Nacional (1929)**

“ARTICULO 22.- La Secretaría suspenderá la tramitación de las

solicitudes hechas para el aprovechamiento de aguas de propiedad nacional, cuando de los estudios verificados por la misma, haya llegado a la conclusión de que se encuentren agotados los recursos de la corriente. Esta suspensión se hará por acuerdo especial de la Secretaría, publicado en el Diario Oficial”.

**c. Segunda Ley de Aguas de Propiedad Nacional (1934)**

“ARTICULO 95.- Los datos de exploración, estudios, planos, proyectos y en general todos los documentos de carácter técnico y económico que obtenga o forme el solicitante, que esté autorizado para tramitar una solicitud de concesión para fuerza motriz, en zonas reservadas, quedarán a favor de la Nación”.

**d. Ley Federal de Aguas (1972)**

“ARTICULO 1º.- A fin de realizar una distribución equitativa de los recursos hidráulicos y cuidar de su conservación, la presente ley reglamenta las disposiciones, en materia de aguas, de los párrafos quinto y sexto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y tiene por objeto regular la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas propiedad de la Nación, incluidas aquellas del subsuelo libremente alumbradas mediante obras artificiales, para que se reglamente su extracción, utilización y veda, conforme lo exija el interés público”.

**e. Ley de Aguas Nacionales (1992)**

“ARTICULO 1o.- La presente ley es reglamentaria del artículo 27 de la

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable”.

**f. Reforma a la Ley de Aguas Nacionales (2004)**

“ARTÍCULO 6. Compete al Ejecutivo Federal: I. Reglamentar por cuenca hidrológica y acuífero, el control de la extracción así como la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales del subsuelo, inclusive las que hayan sido libremente alumbradas, y las superficiales, en los términos del Título Quinto de la presente Ley; y expedir los decretos para el establecimiento, modificación o supresión de zonas reglamentadas que requieren un manejo específico para garantizar la sustentabilidad hidrológica o cuando se comprometa la sustentabilidad de los ecosistemas vitales en áreas determinadas en acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas”.

Estas leyes en sus inicios estuvieron enfocadas hacia los organismos encargados del manejo del recurso hídrico, además del cobro por el aprovechamiento del recurso, iniciando con los primeros esbozos de la toma de acciones para evitar así la sobreexplotación del agua en años posteriores, promoviendo también la realización de estudios técnicos realizados por particulares para la obtención de

concesiones, dejando para otro momento el objetivo de la regulación de la explotación, así como el uso y aprovechamiento del recurso hídrico.

Otros ordenamientos jurídicos relevantes son la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la Ley de Contribución de Mejoras por Obras públicas Federales de Infraestructura Hidráulica y 31 leyes estatales en Materia de Agua Potable y Alcantarillado.

Particularmente el Estado de México cuenta con la **Ley de Agua para el Estado de México y Municipios**.

“Sección quinta de los municipios del Estado de México Artículo 33.- Los municipios, en los términos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México, prestarán los servicios a que se refiere la presente Ley, promoviendo las acciones necesarias para lograr su autosuficiencia técnica y financiera en esta materia. Corresponde a los municipios otorgar las Concesiones relativas a las aguas de jurisdicción municipal”.

## **2.2 Manejo municipal del agua**

### **2.2.1 Municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México**

El municipio de Nezahualcóyotl se ubica geográficamente en las coordenadas 98° 57'57" Longitud Oeste y 19° 04' 17" Latitud Norte a una altitud de 2,232 msnm, tiene un extensión territorial de 63.74 km<sup>2</sup>, colinda al norte con el Municipio de Ecatepec de Morelos, al sur con el Distrito Federal y La Paz, al este con los municipios de Texcoco y Chimalhuacán.

Para el año 2010 la población total del municipio fue de 1, 110, 565 habitantes, lo que representa un 7.3% de la población del Estado de México, que habitan un total de 280,513 viviendas, de las cuales 277,831 cuentan con el servicio de agua y 278,378 disponen de drenaje. El municipio cuenta con 1,152 escuelas de educación básica y media superior y 45 unidades médicas (INEGI, 2010).

En la Tabla 1.1 se observa el aumento de la población dentro del municipio en relación a la población del Estado de México, desde el año de 1985 hasta el 2010.

**Tabla 1.1 Población del Municipio Nezahualcóyotl, Estado de México en relación a la del Estado de México.**

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN MUNICIPAL (Habitantes)</b>	<b>POBLACIÓN ESTADO DE MÉXICO (Habitantes)</b>	<b>FUENTE</b>
1895		842 873	Censos y conteos de población de 1895 a 2005
1900		934 463	Ibidem
1910		989 510	Idem
1921		884 617	Idem
1930		990 112	Idem
1940		1 146 034	Idem
1950	5 990	1 392 623	García y Gutiérrez (1999)
1954	40 000		Gutiérrez (2011)
1960	80 000	1 897 851	Gutiérrez (2011)
1970	610 000	3 833 185	García y Gutiérrez (Ibidem)
1980	1 400 000	7 564 335	Idem
1990	1 256 115	9 815 795	Idem
1995	1 233 868	11 707 964	I Censo Nacional de Población y Vivienda 1995, INEGI
2000	1 225 972	13 096 686	XII Censo General de Población y Vivienda 2000, INEGI (Plan de Desarrollo Municipal 2009-2012)
2005	1 140 528	14 007 495	II Censo Nacional de Población y Vivienda 2005, INEGI (Plan de Desarrollo Municipal (2009-2012)
2010	1 110 565	15 175 862	INEGI

Sobre la base de los datos anteriores, se obtiene la siguiente proyección que se realizó con el programa MATLAB, haciendo una correlación por mínimos cuadrados:

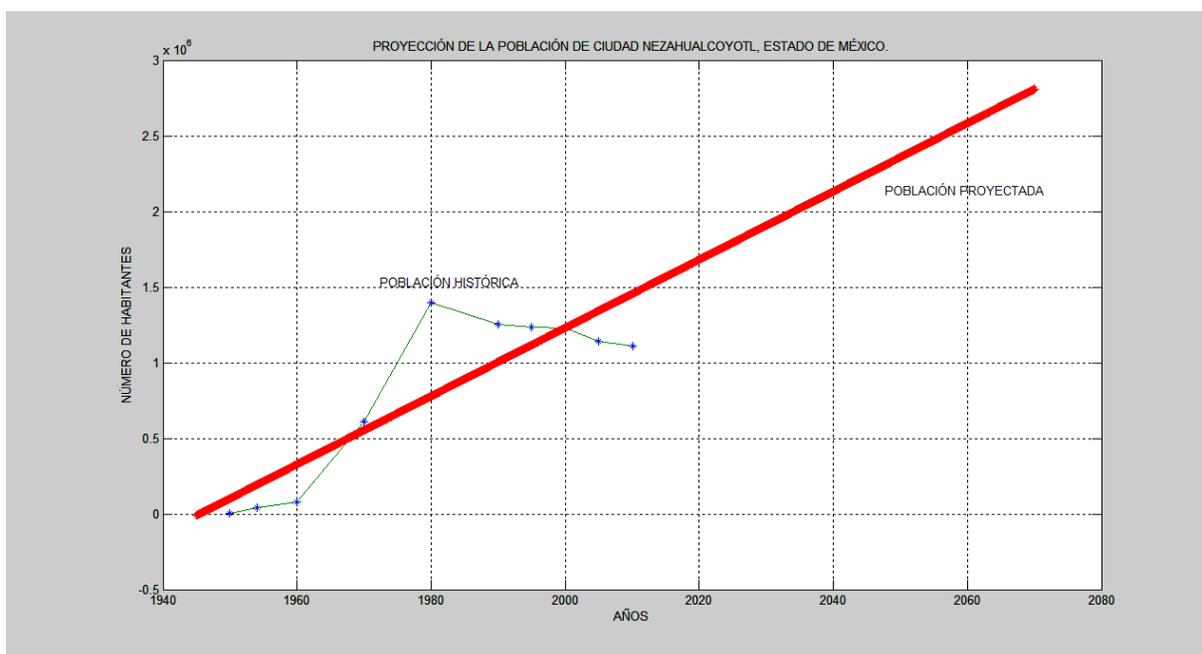


Figura 1.1. El futuro poblacional estimado del Municipio Nezahualcóyotl (Altamirano, 2014).

Dentro del Municipio de Nezahualcóyotl, el organismo operador del agua se denomina: Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS), que tiene las atribuciones y facultades que le confiere el marco legal del agua, en apego a lo dispuesto en su Decreto de Creación, número 201 publicado en el Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de México el día 26 de marzo de 1993 (ODAPAS, 2014).

El aumento gradual de la población ha obligado al Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento a perforar dentro del territorio municipal ocho pozos además de comprar agua a fuentes externas federales o estatales para así abastecer a la población. El municipio se encuentra dentro del área de dos acuíferos: el Texcoco y el denominado Zona Metropolitana de la Cd. de México, de los cuales es extraída el agua subterránea para así abastecer al municipio, el cual cuenta con ocho pozos perforados de los cuales cinco se encuentran dentro del área del acuífero Texcoco, por lo que el presente documento se enfocará específicamente en este acuífero.

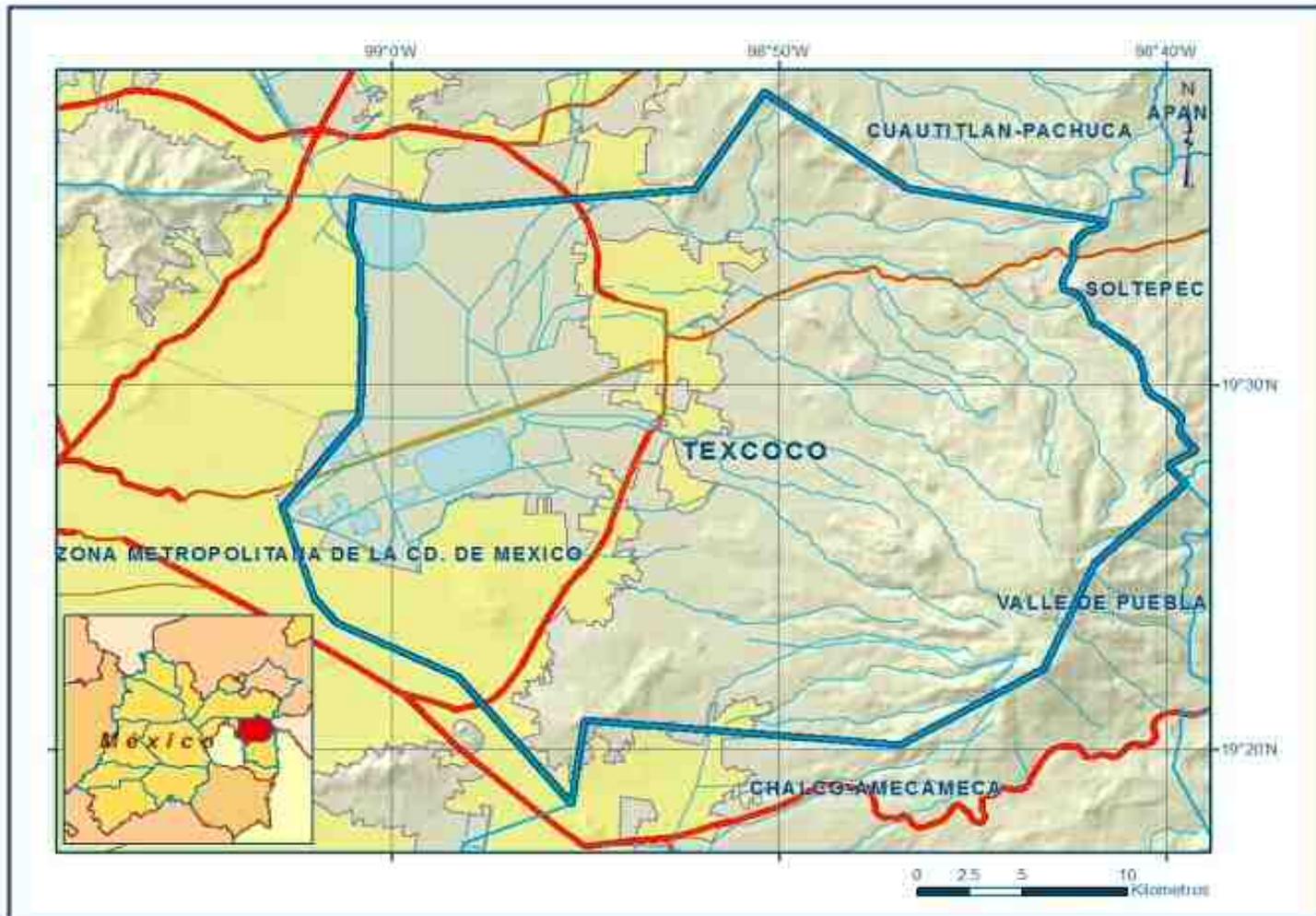
La actual problemática que aqueja al acuífero Texcoco y a los municipios que se abastecen del mismo es necesaria la incorporación de una consultoría integral que ofrezca la realización de estudios especializados para así conocer el problema específico al que se enfrenta en acuífero Texcoco y poder dar solución a los problemas de escasez y mala calidad del agua a los que se enfrenta el municipio.

## **2.2.2 Abastecimiento del Municipio de Nezahualcóyotl (Acuífero Texcoco)**

### **2.2.2.1 Localización del acuífero Texcoco**

El acuífero Texcoco está ubicado en la porción oriental de la cuenca del Valle de México, cubriendo parte del Estado de México; dentro del área del acuífero se encuentran en su totalidad seis municipios y de forma parcial cinco municipios del

Estado de México, en los que se asienta una población total de 2, 846, 559 habitantes (CCVM,2010).



1.2 Localización del acuífero Texcoco (CONAGUA, 2014)

El acuífero Texcoco fue definido con la clave 1507 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea (SIGMAS) de la CONAGUA, se ubica entre los paralelos 19° 18' y 19° 38' de latitud norte y los meridianos 98° 39' y 99° 03' de longitud oeste, con un área de 934 km<sup>2</sup>. Limita al norte con el acuífero Cuautitlán-Pachuca, al este con el acuífero Soltepec, al sureste con el acuífero Chalco-Amecameca y al oeste con el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

### **2.3 Diagnóstico de la situación actual del acuífero Texcoco.**

Para evaluar la situación en que se encuentra el acuífero Texcoco es necesaria la realización de los siguientes estudios de:

- Evaluación hidrogeológica del acuífero
- Modelación hidrogeoquímica
- Red de monitoreo piezométrico
- Censo de aprovechamientos
- Disponibilidad del agua subterránea
- Plan de Manejo de acuíferos
- Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos
- Gestión del agua subterránea
- Evaluación y gestión de recursos
- Modelación de comportamiento hidrológico en cuencas

Para la realización de dichos estudios es necesaria la incorporación de consultorías especializadas en la realización de dichos estudios que manejen sistemas de información geográfica y teledetección, diseño y generación de bases de datos, cartografía automatizada y programación numérica.

### **2.4 Modelo de negocio CANVAS**

El modelo de negocio CANVAS es muy utilizado caracterizado por su emprendimiento, innovación y estrategia. Desde sus perspectivas todos los

elementos o bloques son importantes dentro del modelo de negocio, pero básicamente se dividen en cuatro áreas importantes que son: la propuesta de valor, los clientes y los recursos clave (Wiñaikapak, 2014).

#### **2.4.1 Clientes**

Los principales clientes para una consultoría dedicada específicamente a analizar la situación general de un acuífero son: i) El gobierno Federal, ii) el gobierno estatal y iii) los gobiernos municipales o delegacionales.

#### **2.4.2 Propuesta de valor**

Se ofrecen servicios integrales de diagnóstico y solución a las problemáticas observadas en las áreas de estudio (acuíferos), sin requerir subcontratación de servicios externos.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la demanda de agua por parte de la población crece gradualmente a medida que esta aumenta, por lo que las fuentes de agua ya existentes en el municipio de Nezahualcóyotl no son suficientes para abastecer a sus habitantes, por lo que es necesario realizar las acciones necesarias para así dotar a cada hogar de agua apta para uso y consumo humano.

El territorio ocupado por el municipio de Nezahualcóyotl se encuentra dentro del área del acuífero Texcoco, por lo que el agua extraída en los pozos pertenecientes al municipio pertenece a las reservas del mismo. Es de suma importancia la realización de estudios técnicos referentes a la situación actual de sobreexplotación del acuífero debido a que es una de las principales fuentes de agua potable para la población del municipio de Nezahualcóyotl.

Los estudios realizados al acuífero han sido de gran importancia para conocer a fondo el acuífero Texcoco, sin embargo no se ha realizado un estudio integral en el que además de estudiar el comportamiento del acuífero, la piezometría y balances de disponibilidad, integre las características geológicas del medio y las físico-químicas del agua, o bien la datación del agua por medio de la concentración de isótopos presentes en el agua subterránea.

No solo es necesaria la elaboración de estudios técnicos que sustenten la clasificación de sobreexplotación del acuífero sino, es necesaria la incorporación de una consultoría integral en el manejo de acuíferos, que asesore a los gobiernos municipales para resolver la problemática de la escasez de agua y dirija los proyectos de perforación de pozos para que la realización de las obras de ingeniería hidráulica representen beneficios en lugar de reflejarse en pérdidas económicas para los gobiernos.

## OBJETIVOS

### **Objetivo general:**

Esbozar el enfoque de conservación del acuífero Texcoco que permita seguir utilizando el agua bajo el los lineamientos de la política pública del Estado mexicano.

### **Objetivos particulares:**

- Deducir de forma exploratoria las condicionantes que interrelacionan para plantear el Manejo Integral del Recurso Hídrico en el Acuífero Texcoco.
- Integrar una propuesta de valor con base a ciertos elementos del Modelo de Negocios CANVAS, que satisfaga algunas de las necesidades de los tomadores de decisiones y clientes del agua

# MATERIALES Y MÉTODO

## Materiales

- Artículos científicos
- Artículos especializados en el manejo del acuífero Texcoco
- Artículos publicados por la CONAGUA en relación al acuífero Texcoco
- Información pública del ODAPAS Nezahualcóyotl
- Libros especializados en hidrología subterránea
- Libros especializados de modelos de negocios

## Método

Se realizará una revisión sistemática de la información física y digital recolectada para obtener así un análisis crítico de la misma, para la realización de la tesina incluyendo las siguientes etapas:

- i. Recopilación de la Información
- ii. Análisis de la información
- iii. Integración de la información.

## RESULTADOS

En relación a la información analizada se obtuvieron los siguientes resultados:

- a. El Municipio de Nezahualcóyotl cuenta con ocho pozos de extracción de agua subterránea de los cuales cinco de ellos se encuentran en el área del acuífero Texcoco, en la tabla 1.2 se observan los nombres de estos pozos y su gasto en litros por segundo. En la figura 1.3 se observan la ubicación espacial de los pozos del municipio de Nezahualcóyotl con respecto al acuífero Texcoco.

Tabla 1.2. Volumen de extracción de los pozos del Municipio de Nezahualcóyotl.

No	Pozo	Caudal (lps)	Volumen por día (lps)	volumen por mes (lps)
1	Pozo 3	89	7,689,600	230,688,000
2	Pozo 4	91	7,862,400	235,872,000
3	Pozo 5	90	7,776,000	233,280,000
4	Pozo 7	134	11,578	347,328
5	Pozo 8	70	6,048,000	181,440,000
6	Pozo 303	119	10,281,600	308,448,000
7	Pozo 329	76	6,566,400	196,992,000
8	Pozo 330	80	6,912,000	207,360,000
	<b>TOTAL:</b>	<b>749</b>	<b>53,147,578</b>	<b>1,594,427,328</b>

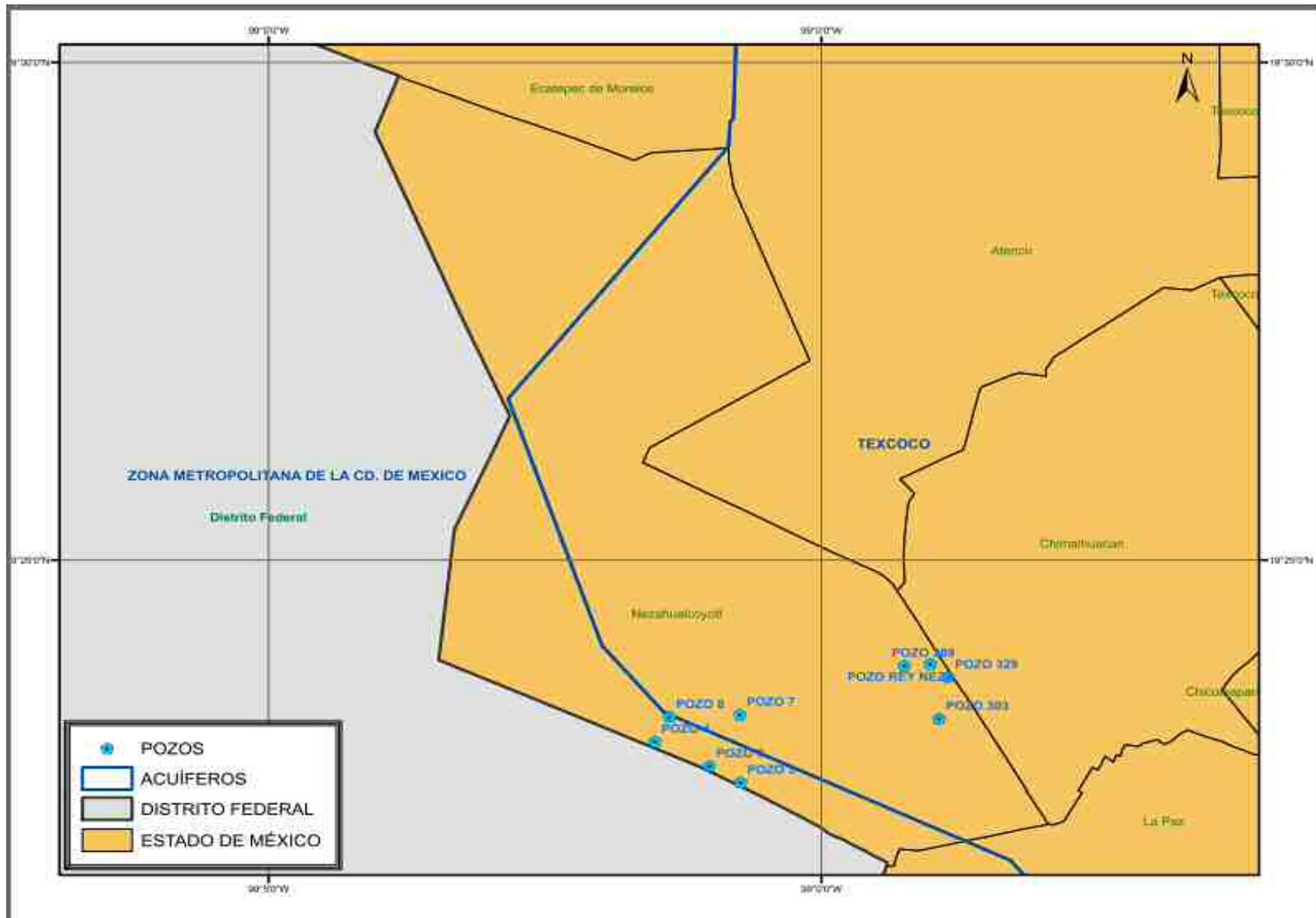


Figura 1.3 Ubicación espacial del Municipio de Nezhualcóyotl dentro del acuífero Texcoco

- b. A demás de la extracción de agua por medio de pozos dentro del Municipio se realiza la compra de agua a fuentes federales o bien estatales lo cual representa la mayor parte del agua que abastece al municipio.

Tabla 1.3. Volumen en litros por segundo de fuentes externas que abastecen al Municipio de Nezahualcóyotl.

No. de fuentes de abastecimiento externas	Volumen total de lps al día	Volumen total de lps al mes
9	204,001,978	612,059,328

- c. Se determino que el acuífero Texcoco ha sido estudiado en varias ocasiones siendo diferente el objetivo del estudio en cada uno de ellos en la Tabla 1. 4 se muestran las consultorías que anteriormente han estudiado el acuífero Texcoco.

Tabla 1.4. Estudios anteriores realizados en el área del acuífero Texcoco

<b>AÑO</b>	<b>CONSULTORÍA</b>	<b>OBJETIVO DEL ESTUDIO</b>
1996	Lesser y Asociados S.A. de C.V.	Diseño de redes de monitoreo de los acuíferos de los Valles de Pachuca-Tizayuca, Texcoco, Chalco-Ameca y la Ciudad de México, en el Valle de México.
1997	Ingeniería Geológica Computarizada, S.A. de C.V.	Estudio de Simulación hidrodinámica y diseño óptimo de la red de observación de los acuíferos de Texcoco y Atlacomulco-Ixtlahuaca.
1997	Lesser y Asociados S.A. de C.V.	Actualización de mediciones piezométricas de los acuíferos activos en 1996 en el Valle de México.
1997	Consultores S.A. de C.V.	Diagnostico de la región XIII Valle de México
2006	Proyectos, Estudios y Servicios, S.A. de C.V.	Estudio de modelación para determinar el comportamiento del acuífero Texcoco.
2007	IMTA	Modernización de las redes de monitoreo piezométrico y de calidad del agua de los acuíferos de la zona metropolitana de la Ciudad de México, Texcoco, Chalco-Ameca y Cuautitlán-Pachuca.
2009	Grupo Dan Servicios de Ingeniería y Construcciones, S.A. de C.V.	Procesamiento de información de niveles piezométricos de la cuenca del Valle de México.
2010	UACH	Estudio técnico para elaborar el reglamento de uso del agua del acuífero

- d. El acuífero Texcoco se encuentra dentro de los acuíferos sobreexplotados en el país según los reportes de la Comisión Nacional del Agua. En la tabla 1.5 se observan los acuíferos declarados como sobreexplotados.

Tabla 1.5. Acuíferos sobreexplotados, 2010. (CONAGUA, 2010)

Acuíferos continentales sobreexplotados, 2010					
Clave	Nombre	Estado	Clave	Nombre	Estado
101	Valle De Aguascalientes	Aguascalientes	1118	Salvatierra-Acámbaro	Guanajuato
102	Valle De Chicalote	Aguascalientes	1119	Irapuato-Valle	Guanajuato
103	El Llano	Aguascalientes	1120	Pánjamo-Abasolo	Guanajuato
105	Valle De Calvillo	Aguascalientes	1121	Lago de Cuitzeo	Guanajuato
208	Ojos Negros	Baja California	1122	Ciénaga Prieta-Moroleon	Guanajuato
210	Valle De Mexicali	Baja California	1402	Toluquilla	Jalisco
212	Maneadero	Baja California	1408	La Barca	Jalisco
217	San Rafael	Baja California	1422	Encarnación	Jalisco
218	San Telmo	Baja California	1501	Valle De Toluca	México
221	San Quintín	Baja California	1502	Ixtahuaca-Atzacmulco	México
246	San Simón	Baja California	1506	Chalco-Amacameca	México
306	Santo Domingo	Baja California Sur	1507	Texcoco	México
310	Meltilín Albañez	Baja California Sur	1508	Cuautitlán-Pachuca	México
323	Los Planes	Baja California Sur	1605	Pastor Ortiz-La Piedad	Michoacán
324	La Paz	Baja California Sur	1609	Enseñas-Yurecuaro	Michoacán
326	Alfredo V. Bonfil	Baja California Sur	1704	Tepalcingo-Axochiapan	Morelos
509	La Paila	Coahuila	1908	Campo Mina	Nuevo León
511	Región Manzanera-Zapaliname	Coahuila	1916	Navidad-Potosí-Raíces	Nuevo León
523	Prinicipal-Región Lagunera	Coahuila	2101	Valle De Tecamachalco	Puebla
525	Las Delicias	Coahuila	2201	Valle De Querétaro	Querétaro
614	Valle De Ixtlahuacán	Colima	2202	Valle De Amazcala	Querétaro
801	Ascensión	Chihuahua	2203	Valle De San Juan Del Rio	Querétaro
803	Baja Batocora	Chihuahua	2204	Valle De Buenavista	Querétaro
804	Buenaventura	Chihuahua	2402	El Barril	San Luis Potosí
805	Cuauhtémoc	Chihuahua	2403	Salinas De Hidalgo	San Luis Potosí
807	El Sauz-Endhillas	Chihuahua	2408	Villa De Arista	San Luis Potosí
812	Palomas-Guadalupe Victoria	Chihuahua	2411	San Luis Potosí	San Luis Potosí
819	Laguna La Vieja	Chihuahua	2412	Jaral De Berrios-Villa De Reyes	San Luis Potosí
821	Flores Magón-Villa Ahumada	Chihuahua	2413	Matheusla-Hulcacha	San Luis Potosí
830	Chihuahua-Sacramento	Chihuahua	2601	Valle De San Luis Rio Colorado	Sonora
831	Medqui-Delicias	Chihuahua	2603	Sonoyta-Puerto Peñasco	Sonora
832	Jimenez-Camargo	Chihuahua	2605	Caborca	Sonora
833	Valle De Juárez	Chihuahua	2606	Los Chirrones	Sonora
847	Los Juncos	Chihuahua	2609	Busani	Sonora
848	Laguna de Palomas	Chihuahua	2619	Costa De Hermosillo	Sonora
901	Zona Metropolitana De La Cd. De México	Distrito Federal	2621	Mesa Del Serí-La Victoria	Sonora
1001	Valle De Santiagoillo	Durango	2624	Rio Sonora	Sonora
1003	Valle Del Guadiana	Durango	2626	Rio Zanjón	Sonora
1022	Villa Juárez	Durango	2635	Valle De Guaymas	Sonora
1023	Caballos	Durango	3210	Benito Juárez	Zacatecas
1024	Oriente Aguanaval	Durango	3211	Villanueva	Zacatecas
1026	Vicente Suarez	Durango	3212	Ojocaliente	Zacatecas
1104	Laguna Seca	Guanajuato	3214	Aguanaval	Zacatecas
1106	Dr. Mora-San Jose De Iturbide	Guanajuato	3223	Guadalupe De Las Corrientes	Zacatecas
1108	Cuenca Alta Del Rio Laja	Guanajuato	3224	Puerto Madero	Zacatecas
1110	Silao-Romita	Guanajuato	3225	Calera	Zacatecas
1113	Valle De León	Guanajuato	3226	Chupaderos	Zacatecas
1114	Rio turbio	Guanajuato	3228	La Blanca	Zacatecas
1115	Valle De Cetaya	Guanajuato	3229	Loreto	Zacatecas
1116	Valle De La Cueva	Guanajuato	--	--	--
1117	Valle De Acámbaro	Guanajuato	--	--	--

#### **e. Disponibilidad media anual del agua subterránea (DAS)**

La Disponibilidad media anual del agua subterránea constituye el volumen medio anual disponible del acuífero, que se tendrá derecho a explotar, usar o aprovechar, adicional a la extracción ya concesionada, sin poner en peligro a los ecosistemas.

Al calcularse la disponibilidad media anual del acuífero Texcoco se obtuvo un valor de - 111, 775, 911 m<sup>3</sup>/año, resultado que indica que no existe un volumen disponible de agua para que se otorguen nuevas concesiones, ya que este volumen está siendo extraído del almacenamiento no renovable del acuífero (CONAGUA, 2014).

En las tablas 1.6 y 173 se observan los resultados de los balances anuales realizados al acuífero Texcoco mostrando la creciente sobreexplotación que este está sufriendo

Tabla 1.6. Condición del Acuífero Texcoco (DOF: 20 abril 2015)

**DLXXI REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO"**

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
ESTADO DE MÉXICO							
1507	TEXCOCO	145.1	10.4	246.475911	183.1	0.000000	-111.775911

Tabla 1.7. Condición del Acuífero Texcoco (DOF: 20 diciembre 2014)

**DLXXI REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA "AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO"**

CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
		CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
ESTADO DE MÉXICO							
1507	TEXCOCO	161.0	10.4	246.057911	184.2	0.0000	-95.457911

Dónde:

**R:** recarga media anual;

**DNCOM:** descarga natural comprometida;

**VCAS:** volumen concesionado de agua subterránea;

**VEXTET:** volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos;

**DAS:** disponibilidad media anual de agua subterránea.

Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" y "4" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000.

- f. Se determinó que para la aplicación de una consultoría integral en el manejo de acuífero era necesaria una inversión inicial de 530,000.00 pesos mexicanos, tomando en cuenta los costos de los recursos clave requeridos para iniciar la operación de la consultoría ambiental, en la tabla 1.8 se muestran los costos por cada rubro.

### **Recursos clave**

#### ***Personal***

- M. en Ing. Ambiental (1)
- Ing. Geólogo (1)
- Ing. en Recursos Naturales Renovables (1)
- Biólogo (1)
- Ing. Agro-hidráulico (1)

### **Equipo técnico y científico**

#### **Equipo de cómputo**

- PC escritorio: 4 equipos
- PC portátil: 1 equipos
- PloterDeskjet: 1 Equipos
- Impresora láser color: 1 equipos
- Impresora láser B/N 1 equipos

### Equipo científico

- GPS navegador 1 equipos
- conductímetro 1 equipos
- medidor de O.D. 1 equipos
- Estación total 1 equipos
- Estación GPS RTK 1 equipo
- Alcalinidad en campo 1 equipos
- Equipo de eh en campo 1 equipos

### Equipo de transporte

Pick up 2

Tabla 1.8. Monto inicial para el funcionamiento de una consultoría especializada en manejo integral de acuíferos.

Recursos clave	Monto inicial	Observaciones
PERSONAL	30,000.00	Mensual
EQUIPO DE OFICINA	200,000	----
EQUIPO CIENTIFICO (CAMPO)	50,000.00	----
TRANSPORTE	250,000.00	----
<b>TOTAL:</b>	<b>530,000.00</b>	

- g. Fue determinado también que dentro del Organismo Descentralizado de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, las obras realizadas en cuanto a perforación y equipamiento de pozos son sometidas a licitación para así

elegir a la empresa constructora que realizara el proyecto en base al desarrollo de la propuesta técnica y económica, esta última con un presupuesto base desconocido para las empresas licitantes, siendo la ganadora la que más se aproxime a dicho presupuesto base.

- h.** Cabe destacar que para la realización de perforaciones de pozos no se realizan estudios previos para conocer las características del lugar en el que se pretende realizar el pozo, desconociendo así la profundidad de perforación, la calidad del suelo en el que se desea realizar la obra y de igual forma la calidad del agua al desconocer el tipo de interacción agua subterránea-roca dada en el sitio elegido.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- a. Dada la situación actual a la que se enfrenta el país específicamente en la situación de sobreexplotación creciente de los acuíferos, es necesaria la toma de acciones rigurosas y cambio de leyes en cuando al manejo de las aguas subterráneas para que así por medio de los gobiernos estatales o bien municipales se tome conciencia de la grave situación a la que se enfrentara el país y por consiguiente su población al no tomar medidas urgentes correctivas o bien precautorias sobre el manejo del recurso hídrico.
  
- b. Con base a la información analizada se determinó que la extracción realizada dentro del municipio de Nezahualcóyotl por medio de los pozos propios no es la suficiente para el abastecimiento de la población total de municipio por lo que ha sido necesaria la compra de agua a fuentes externas lo cual representa un aumento en los costos de operación, para satisfacer la demanda de agua a la población, además de que el municipio toma acciones adicionales para poder abastecer dicha necesidad del vital líquido tal como la realización del tratamiento de aguas residuales provenientes del cárcamo Chimalhuacán, ubicado en la Av. Chimalhuacán esquina con la Av. 7 dentro de los límites del Municipio de Nezahualcóyotl y el Distrito Federal, para así suministrar agua a todos los camellones y áreas verdes dentro del municipio ya sea por medio de una red de

abastecimiento o pipas exclusivas para el transporte de agua tratada evitando así destinar el agua potable a dichas acciones.

- c. Con base en la estrategia de elección realizada durante los procesos de licitación para la adjudicación de obras enfocadas a la perforación de pozos se sugiere transparentar los procesos para que así el presupuesto base no sea el principal indicador dentro de dichos procesos, ya que debiera ser el principal indicador la propuesta técnica para la realización de las obras. Además de que es de suma importancia la realización de estudios técnicos previos a la perforación de pozos por lo que será importante someter también a licitación la realización de dichos estudios técnicos especializados entre las diferentes consultoría especializadas en el manejo integral de dicho recurso natural, dado que al realizar las obras sin previa información técnica se ponen en riesgo inversiones de millones de pesos ya que se corre el riesgo de que las obras terminen siendo inservibles debido al desconocimiento de las características geológicas y físico-químicas del medio en él se pretende realizar la obra.
- d. Con relación a los costos de operación iniciales de la consultoría es necesario tener en cuenta que es una suma de dinero considerable, misma que es proporcional al costo de realización de los estudios técnicos necesarios para conocer las características de los acuíferos y para poder realizar perforaciones para así extraer el agua que estos contienen, además

de que estos son necesarios para conocer la situación en la que se encuentra el acuífero para así tomar acciones necesarias ya sean preventivas o correctivas.

## CONCLUSIONES

Se concluyo que:

- a) Es de suma importancia la toma de medidas necesarias para la conservación del acuífero Texcoco, para así continuar utilizando el agua subterránea extraída del mismo, apegándose a los lineamientos políticos existentes enfocados a la conservación de los acuíferos del territorio mexicano.
- b) Es necesario el trabajo conjunto entre la consultoría especializada en el manejo integral de acuíferos y el gobierno municipal de Nezahualcóyotl para la toma de decisiones, específicamente en la realización de obras destinadas a la explotación del acuífero Texcoco para así hacer un adecuado uso de los recursos destinados a las obras de infraestructura hidráulica del municipio.
- c) Finalmente si bien, es significativo el monto inicial de inversión para comenzar los trabajos de la consultoría, es también proporcional a los montos destinados a la construcción de infraestructura presupuestados por los gobiernos, ya sean federales, estatales o municipales.

## REFERENCIAS

Camara Nacional de Empresas de Consultoría, (2015), Misión y visión.  
[http://cnec.org.mx/?page\\_id=92](http://cnec.org.mx/?page_id=92)

Comisión Nacional del Agua, (2010). Sobreexplotación de los acuíferos.  
<http://www.conagua.gob.mx/atlas/ciclo21.html>

Comisión Nacional del Agua, (2010). Tabla de acuíferos continentales sobreexplotados. <http://www.conagua.gob.mx/atlas/ciclo21.html>

Comisión Nacional del Agua, (2010), Proyecto de reglamento del uso del agua del acuífero de Texcoco. <http://cuencavalledemexico.com/wp-content/uploads/2011/02/GEO-72-Reglamento-Acu%C3%ADfero-Textcoco.pdf>

Comisión Nacional del Agua, (2014). Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Texcoco (1507), Estado de México.  
[http://www.conagua.gob.mx/Conagua07/Aguasubterranea/pdf/DR\\_1507.pdf](http://www.conagua.gob.mx/Conagua07/Aguasubterranea/pdf/DR_1507.pdf)

Consejo de la Cuenca del Valle de México, (2010). *Disponibilidad del agua*. <http://cuencavalledemexico.com/informacion/cuenca-del-valle-de-mexico/situacion-del-recurso-hidrico-2/disponibilidad/>

De la Lanza, E. G., Cáceres, M. C., Adame, M.S. y Hernández, P.S. (), Diccionario de hidrología y ciencias afines. México: Plaza y Valdez Editores.

Diario Oficial de la Federación, (2001). *Nombramiento Oficial de los acuíferos*. [http://dof.gob.mx/nota\\_to\\_imagen\\_fs.php?codnota=756719&fecha=05/12/2001&cod\\_diario=28884](http://dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=756719&fecha=05/12/2001&cod_diario=28884)

Escobar, B. S. (2010). *Análisis de la Sobre-explotación del acuífero de texcoco*. Tesis de doctorado no publicada, Colegio de Postgraduados, Texcoco, México.

Guerrero, H.R., Yúnez, N.A. y M, A.J. (2008) El agua México: Consecuencias de las políticas de intervención en el sector. México: Fondo de Cultura Económica

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (2010). *Extensión territorial de México*. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/Movil/MexicoCifras/mexicoCifras.aspx?em=15058&i=e>

Jaime, A. (2004) Manejo del agua en México, Propuesta para su administración descentralizada. México: Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Reynolds, V.J. (2002) Manejo integrado de aguas subterráneas, Chile: UNED.

Secretaría de Desarrollo Social, (2010), *Población Nacional*.  
<http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=150580001>

Sterner, T. (2007) Instrumentos de política económica para el manejo del ambiente y los recursos naturales, Washington, EUA: Editorama.

Universidad Nacional Autónoma de México, (2010), México.  
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/71/A5.pdf?sequence=5>

Wiñaikapak Jerez (2014) Aplicación del modelo canvas para el relanzamiento de una empresa textil, Quito, Ecuador: Universidad de San Francisco Quito.