



**UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA
DEL ESTADO DE PUEBLA**

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE POSGRADOS, INVESTIGACIÓN
Y CONSULTORÍA

MAESTRÍA EN VIVIENDA

*“EL AGUA Y LOS METALES PESADOS EN LA VIVIENDA DEL ESTADO
DE TLAXCALA”*

TRABAJO PRÁCTICO PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN VIVIENDA

PRESENTA

ALEJANDRO SÁNCHEZ SANTACRUZ

DIRECTORA DEL TRABAJO

DRA. MARÍA PÍA BENÍTEZ DE UNÁNUE

SINODALES

DRA. BEATRIZ PÉREZ ARMENDÁRIZ
MTRO. JOSÉ GABRIEL FERNÁNDEZ SÁNCHEZ

Puebla, Pue., México
Junio de 2016



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

El uso de textos, imágenes, gráficas, 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 de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

"La recompensa no está en el resultado, sino en el esfuerzo realizado bajo la mirada de Dios".

(Gandhi)

DEDICATORIA

Dedico esta Tesis A. DIOS, a mi madre quien me alentado en los momentos más difíciles y aún contra mi voluntad y la de ella, me preciso a ser alguien.

A mi padre por darme la vida.

A mis abuelos por su apoyo moral en todo momento y aliento, a mi tía por estar a mi lado como una segunda madre.

A Thalía mi hermana por ayudarme y apoyarme.

A mi esposa Laura por compartir los buenos y malos instantes de nuestras vidas, por tu amor y las noches de desvelo a mi lado.

A Coco por quedarte todas las noches durante horas en el sillón mirándome y esperando que terminara de escribir para irte a dormir.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. María Pía por su apoyo y comprensión durante mi paso por el programa así como por las facilidades para concluir esta etapa en mi vida.

A la Dra. Beatriz Pérez Armendáriz por su entusiasmo y tiempo para escucharme además por aceptar sin vacilaciones ser mi sinodal.

Al Mtro. José Gabriel Fernández Sánchez por sus sabías palabras en su cátedra que motivaron mi espíritu a seguir adelante a pesar de lo difícil que sea realizar un cambio.

RESUMEN

Nuestro País se enfrenta actualmente a una potencial crisis debido al manejo de nuestros recursos hídricos. Los esquemas de utilización del agua que han prevalecido en nuestras ciudades y hogares, han traído consigo escasez, agotamiento de acuíferos, sequías, contaminación del suelo y del agua, entre otros factores que amenazan la salud humana y ecosistemas. Comprometiendo así la subsistencia de la vida misma.

Es así como el problema del agua presenta múltiples dimensiones. Aun cuando los análisis puedan presentar diversas metodologías, los indicadores de calidad y cantidad de agua seguirán identificando fácilmente el alcance de esta crisis.

Por consiguiente el presente trabajo en función de los indicadores de calidad del agua bajo la norma mexicana de nom-127-ssa1-1994, "salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". Proyecta cuantificar la cantidad de metales pesados (altamente contaminantes y tóxicos para el ser humano) que se genera por las descargas cotidianas de aguas residuales de los desarrollos habitacionales de la entidad.

Por lo anterior, es necesario definir previamente la vivienda de interés social, su situación y la de sus habitantes, las condiciones de políticas y regulaciones a las que está expuesta para comprender el dimensionamiento del problema. Con el fin de promover nuevas formas de saneamiento integral dentro de nuestras viviendas o desarrollos, que garantice el mantenimiento de los ecosistemas y la renovación del recurso hídrico así como diseñar las directrices de trabajo desde un marco conceptual de la vivienda.

ABSTRACT

Our nation is currently facing a potential crisis because the management of water resources. The water utilization schemes that have prevailed in our cities and homes, have brought shortages, depletion of aquifers, droughts, pollution of soil and water, among other factors that threaten human health and ecosystems. Thus compromising the survival of life itself.

This is how the water problem has many dimensions. Although the analysis may present different methodologies, indicators of water quality and quantity will easily identify the extent of this crisis.

Therefore this work in terms of water quality indicators under Mexican rule NOM-127-SSA1-1994, "environmental health, water for human use and consumption-permissible limits of quality and treatments to which water should be submitted for purification. " Projects quantify the amount of (highly polluting and toxic to humans) heavy metals generated by the daily discharge of wastewater from housing developments of the entity.

Therefore, it is necessary to define social housing, their situation and that of its inhabitants, the conditions of policies and regulations to which it is exposed to understand the sizing problem. In order to promote new forms of integral sanitation in our homes or developments, to ensure the maintenance of ecosystems and the renewal of water resources as well as design guidelines work from a conceptual framework housing.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTOS BÁSICOS.....	12
1.1 INTRODUCCIÓN	13
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.3 JUSTIFICACIÓN	17
1.4 HIPÓTESIS	18
1.5 ALCANCES	18
1.6 OBJETIVO	19
CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL	20
2.1 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA VIVIENDA Y EL AGUA	21
2.1.1 Definición de la vivienda.....	21
2.1.2 Clasificación de la vivienda	23
2.1.3 La vivienda de autoconstrucción, los desarrollos inmobiliarios y el recurso hídrico	28
2.1.4 La vivienda social, la población en México y el agua	30
2.2 HISTORIA DEL AGUA Y LA VIVIENDA EN EL ESTADO DE TLAXCALA	36
2.2.1 Agua y vivienda prehispánica en la región.....	36
2.2.3 Agua y vivienda colonial en la región.....	41
2.2.4 Agua y vivienda en las haciendas	44
2.2.5 Agua y vivienda en el Porfiriato	46
2.3 LA VIVIENDA Y SU IMPACTO EN EL ENTORNO, AMBIENTE, AGUA Y SALUD	51
2.3.1 Crecimiento poblacional, la vivienda social y el impacto ambiental	51
2.3.2 El uso y manejo del agua en la región	53
2.3.4 Caracterización de los metales pesados	69
2.3.5 Impacto de los metales pesados en la salud.....	79
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	90
3.1 INTRODUCCIÓN	91
3.2 TIPO DE ESTUDIO UNIVERSO Y MUESTRA	92
3.3 MÉTODO DE RECOPIACIÓN DE DATOS	93
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	95
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PROYECTO DE VIVIENDA ADOSADA	23
FIGURA 2. PROYECTO DE VIVIENDA PAREADA	24
FIGURA 3. NÚMERO DE CRÉDITOS POR TIPO DE SOLUCIÓN	29
FIGURA 4. NÚMERO DE CRÉDITOS POR TIPO DE ADQUISICIÓN.....	29
FIGURA 5. GRÁFICA SERVICIOS Y BIENES EN LAS VIVIENDAS	31
FIGURA 6. GRÁFICA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL.....	32
FIGURA 7. GRÁFICA DE OFERTA Y DEMANDA DE VIVIENDAS	33
FIGURA 8. EQUILIBRIO Y VALOR DEL MERCADO.....	33
FIGURA 9. DIVISIÓN TERRITORIAL DE LOS SEÑORÍOS EN TLAXCALA	36
FIGURA 10. CONJUNTO HABITACIONAL ZACUALA	38
FIGURA 11. CONJUNTO HABITACIONAL YAYAHUALA	39
FIGURA 12. VESTIGIOS DE TRES CHULTUNES Y TRES POZOS OCULTOS EN UNA AGUADA.....	40
FIGURA 13. COLUMNAS EN MITLA.....	42
FIGURA 14. COLUMNAS EN CÓRDOBA (ESPAÑA)	42
FIGURA 15. JAGÜEY EN EL ESTADO DE TLAXCALA	43
FIGURA 16. TIPOLOGÍA DE HACIENDAS	45
FIGURA 17. VIVIENDAS DE TRABAJADORES DE CONFIANZA	45
FIGURA 18. FUENTE DE MÁRMOL EN ROMA	46
FIGURA 19. CLOACA EN LA ANTIGUA ROMA.....	47
FIGURA 20. COLINDANCIA DEL ESTADO DE TLAXCALA	54
FIGURA 21. INTERACCIÓN HIDROGRÁFICA CON LOS ESTADOS VECINOS	54
FIGURA 22. NÚMERO DE HABITANTES EN TLAXCALA	55
FIGURA 23. CUENCAS REGIONALES DE AGUA.....	56
FIGURA 24. VOLÚMENES DE AGUA POR TIPO DE CONCESIÓN.....	57

FIGURA 25. VOLUMENES DE AGUA POR SECTOR.....	58
FIGURA 26. ACTORES EN EL USO Y MANEJO DEL AGUA EN TLAXCALA.....	58
FIGURA 27. DISTRIBUCIÓN DE LOS PARQUES INDUSTRIALES CON RELACIÓN A LOS PRINCIPALES CUERPOS DE AGUA	59
FIGURA 28. DISTRIBUCIÓN DE LA CIUDAD INDUSTRIAL XICOHTENCATL I.....	61
FIGURA 29. GRÁFICO DE COMPARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DEL RECURSO SANITARIO EN APIZACO.....	65
FIGURA 30. GRÁFICO DE COMPARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DEL RECURSO SANITARIO EN YAUHQUEMECAN	65
FIGURA 31. GRÁFICO DE COMPARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE DRENAJE EN TLAXCALA	66
FIGURA 32. GRÁFICO DE COMPARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE DRENAJE EN APIZACO.....	67
FIGURA 33. GRÁFICO DE COMPARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE DRENAJE EN YAUHQUEMECAN.....	68
FIGURA 34. FUENTES DE EXPOSICIÓN A PLOMO	71
FIGURA 35. CICLO DEL MERCURIO	72
FIGURA 36. MERCURIO	73
FIGURA 37. ARSÉNICO	74
FIGURA 38. CADMIO	75
FIGURA 39. CROMO	76
FIGURA 40. NÍQUEL	77
FIGURA 41. ZINC MINERAL	78
FIGURA 42. BARIO	79
FIGURA 43. LOCALISACIÓN DEL SITIO.....	93
FIGURA 44 COMPARACIÓN DE CADMIO CON LÍMITE PERMISIBLE	97
FIGURA 45. COMPARACIÓN DE PLOMO CON LÍMITE PERMISIBLE	98
FIGURA 46. COMPARACIÓN DE MERCURIO CON LÍMITE PERMISIBLE	98
FIGURA 47. COMPARACIÓN DE ARSÉNICO CON LÍMITE PERMISIBLE	99

FIGURA 48. COMPARACIÓN DE COBRE CON LÍMITE PERMISIBLE	99
FIGURA 49. COMPARACIÓN DE BARIOCON LÍMITE PERMISIBLE	100
FIGURA 50. AGUA RESIDUAL PREVIO A ANÁLISIS	101
FIGURA 51. AGUA RESIDUAL REVIO ANÁLISIS	101
FIGURA 52. PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN Y MUESTRA TOMA DE AGUA POTABLE	102
FIGURA 53. AGUA POABLE PREVIO ANALISIS	102

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE VIVIENDA POR COSTOS AHM	25
TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE LA VIVIENDA POR PRECIO PROMEDIO	26
TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DE LAS VIVIENDAS POR TIPO Y CLASE	27
TABLA 4. RIQUEZA POR PAÍS EN AGUA Y HABITANTES	34
TABLA 5. USO PER CÁPITA DEL AGUA EN EL MUNDO	35
TABLA 6. CUADRO HISTÓRICO DEL DESARROLLO DE TLAXCALA.....	37
TABLA 7. POBLACIÓN Y TASA DE CRECIMIENTO	51
TABLA 8. DENSIDAD DE POBLACIÓN POR PAÍS	52
TABLA 9. EMPRESA DE LA CIUDAD INDUSTRIAL CON GIRO QUÍMICA	61
TABLA 10. DISPONIBILIDAD DE AGUA ENTUBADA.....	63
TABLA 11. INDICADORES DE ABASTECIMIENTO	63
TABLA 12. DISPONIBILIDAD DEL RECURSO SANITARIO EN TLAXCALA	64
TABLA 13. DISPONIBILIDAD DEL RECURSO SANITARIO EN APIZACO	64
TABLA 14. DISPONIBILIDAD DEL RECURSO SANITARIO EN YAUHQUEMECAN.....	65
TABLA 15. DISPONIBILIDAD DE DRENAJE	66
TABLA 16. DISPONIBILIDAD DE DRENAJE EN APIZACO Y YAUHQUEMECAN	67
TABLA 17. DATOS ESTIMADOS DE CONTAMINACIÓN MERCURIO	81
TABLA 18. PRINCIPALES SÍNTOMAS POR INGESTA DE MERCURIO	83
TABLA 19. EFECTOS SEGÚN EL NIVEL DE PLOMO EN SANGRE	85
TABLA 20. SÍNTOMAS POR CADMIO EN EL TORRENTE SANGUÍNEO	86
TABLA 21. CANTIDADES PERMITIDAS PARA EXPOSICIÓN DE CADMIO.....	87
TABLA 22. LÍMITE DE EXPOSICIÓN POR PLOMO	88
TABLA 23. RESULTADOS DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN	96
TABLA 24. RESULTADOS DE MUESTRAS DE AGUA POTABLE	96
TABLA 25. LÍMITES PERMISIBLES DE METALES PESADOS EN AGUA.....	97

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTOS BÁSICOS

1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad el crecimiento poblacional en el estado de Tlaxcala, particularmente en los municipios de Yhauquemecan y Apizaco, han dado como resultado la expansión de los desarrollos en vivienda unifamiliares y plurifamiliares; simultáneamente, las políticas públicas de la última década en México, enlazadas a los pronósticos de los próximos veinte años que realizan importantes instituciones gubernamentales en el país, conllevan a la receta perfecta para prolongar el crecimiento de la mancha urbana en amplios sectores del territorio estatal.

Como resultado es alarmante el daño que se espera a los ecosistemas, recursos naturales y fuentes de abastecimiento. De ahí que de manera puntual la presente investigación haga referencia a las actividades antropogenicas que contaminan nuestros recursos naturales, por consiguiente nuestros hogares son focos generadores de desperdicios y productos químicos altamente tóxicos que son arrojados a los sistemas de recolección de desechos urbanos y trasladados a zonas de contención o ríos con escaso o nulo tratamiento.

Avanzando en el análisis los desechos no desaparecen, simplemente son retirados de las zonas que habitamos, lo anterior para nuestra comodidad; no obstante los productos y subproductos de los remanentes en desperdicios, tienden a retornar en los ciclos naturales de vida, en concreto en el ciclo del agua. La importancia radica en que este es el elemento generador de la vida en el planeta y la forma en que la tratamos significa el futuro que nos depara.

Dicho lo anterior, el agua que consumimos en nuestros hogares se ve contaminada por los residuos tóxicos que utilizamos y después desechamos, es así como la presente investigación pretende subrayar que la conducción de residuos por sistemas de drenaje o vertederos no asegura su eliminación de las fuentes de abastecimiento, debido a que se reingresan al ciclo hidrico en algun punto del proceso.

En consecuencia a lo planteado hasta este punto, podemos señalar que el presente trabajo está pensado en cuantificar las concentraciones de los elementos metálicos y metaloides (tóxicos para el ser humano) que se encuentran dentro del ciclo hídrico y de consumo de una vivienda común, con el propósito de observar su rango de concentraciones a la entrada y la salida del sistema. Específicamente, las entradas son las tomas domiciliarias de

agua potable y la salidas las descargas al sistema de alcantarillado. Por lo anteriormente referenciado se tomó una casa muestra, su toma y la salida el sistema de drenaje común.

Con respecto a la metodología de muestreo se realiza en sitio cada bimestre con una duración de ocho meses, las concentraciones se obtienen por medio de un equipo digital capaz de detectar metales pesados disueltos en el agua, así como proporcionar sus valores correspondientes.

El propósito del presente trabajo se ha expresado en los párrafos anteriores y se encuentra limitado a la caracterización de las concentraciones, del mismo modo se abordará someramente la correlación entre los compuestos analizados y las afectaciones a la salud en la región, dando pauta a posibles análisis e investigaciones con un mayor grado de profundidad en el tema.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de la zona metropolitana de Tlaxcala- Apizaco, en los últimos años se ha presentado un acelerado incremento poblacional, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), estima la razón de crecimiento en un 9.52 % (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2012:90).

Simultáneamente a la expansión urbana y escasa planeación, se esperan significativos daños al medio ambiente y la salud humana que podrían desencadenar alarmantes consecuencias para los próximos años, en añadidura, no contar con una regulación del suelo y del control de los desechos arrojados a nuestros sistemas de recolección estos podrían colapsar (Gilbert, A. 1997).

Además una de las mayores afectaciones que sufre el medio ambiente en nuestro país y particularmente en el estado de Tlaxcala es en el recurso hídrico debido a la explotación demográfica, la sobre utilización de las fuentes de abastecimiento locales, al uso y contaminación del recurso hídrico que en algunos casos es casi irreversible la reutilización y saneamiento (Bautista, A.L., Tovar, J.L., Mancilla, O.R., Flores, H.M., Ramírez Ayala., Arteaga, R., Vázquez, M.A., 2015:4).

De manera semejante los sistemas de alcantarillado y drenaje actuales que transportan los residuos a las diversas plantas de saneamiento son insuficientes, además de contar con un pobre proceso de eliminación de los vectores de riesgo (Bautista, A.L. 2015:10). En resumen, la reparación de los efectos nocivos por contaminantes en el agua es escasa o nula, llevando el ingreso de elementos nocivos en el ciclo del consumo humano con potenciales peligros para la salud.

Lo dicho hasta aquí supone un problema de crecimiento poblacional con impacto en la salud humana por la contaminación de los afluentes hídricos y particularmente por la incorporación en el ciclo de consumo humano de elementos altamente tóxicos con los que se contamina el agua previamente por su uso doméstico, industrial o agrícola.

Todas estas observaciones y peligros a la salud pública, las relaciona la Organización Mundial de la Salud (OMS) en los factores de riesgo (Risk Factors), definiendo como agentes

específicamente nocivos todos aquellos metales pesados y metaloides (Organización Mundial de la Salud [OMS] 2014:12).

Dado que diversos productos de uso doméstico o procesos para la transportación del agua involucran estos dos grupos de elementos, se vuelve preocupante y prioritario identificar el estado (concentraciones) en las que los encontramos; al entrar en relación directa con estos conjuntos de elementos existen afectaciones generadas por estos grupos de elementos al entrar en contacto con los seres humanos, algunos autores enlistan dichas afectaciones: malformaciones congénitas, varios tipos de cáncer, depresión del sistema inmunológico, esterilidad y problemas en el comportamiento neurológico, entre otros (Gómez, I. 2003:).

Además el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UPEP) tiene un listado de productos de uso cotidiano que contienen algunos de estos compuestos, desde pinturas, detergentes, baterías, interruptores eléctricos, entre otros (UPEP, 2008:24).

A pesar de las recomendaciones por UPEP y OMS, en nuestro país no se cuenta con disposiciones o recomendaciones oficiales del uso y manejo de esos productos, así como su disposición y tratamiento, de la misma forma los estudios son insuficientes, solo se encontraron trabajos de la región (involucrando metales y metaloides) como los son el de; Múgica, V. Amador., María, A., Torres, M., y Figueroa J.J. (Múgica et al., 2002: 93-100) mostrando interesantes resultados en la incineración del mercurio, sin embargo para afluentes contaminados con metales pesados el trabajo es escaso.

Es por esto que con el propósito de contribuir al estudio y análisis de las concentraciones de los elementos peligrosos (en listados por organizaciones mundiales e investigadores) y su correlación con sus posibles afectaciones a la salud humana, el presente trabajo tiene por objeto delimitar el universo de sustancias tóxicas en la entidad y particularmente en viviendas de interés social, así como muestrear y obtener datos precisos que sean de utilidad para futuras investigaciones, por otra parte los datos recabados podrán ser utilizados en la toma estratégica de decisiones.

En definitiva es primordial para la salud humana conocer los efectos nocivos resultantes de la contaminación en las viviendas y realizar un análisis que delimite aquellos agentes perjudiciales para planificar y mitigar el impacto que se genera en el entorno.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Con base en el planteamiento del problema, se pretende realizar una investigación enfocada a cuantificar las concentraciones de los siguientes metales y metaloides; Arsénico, Bario, Cadmio, Cobre, Mercurio y Plomo. Halladas en los residuos hídricos generados por las casas habitación de un desarrollo inmobiliario (tipo) en la zona adyacente al municipio de Apizaco, es necesario recalcar la necesidad de evaluar estos contaminantes (vertidos diariamente al alcantarillado público) ya que la OMS y otros organismos los asocian directamente como causales de los altos indicadores de enfermedades (OMS., 2014:12.)

Simultáneamente el estudio de estos elementos generará la contribución para otras investigaciones, en primer lugar por medio de definir las posibles fuentes de contaminación y en segundo por conocer aquellos elementos que se encuentren en más altas concentraciones.

En resumen se investiga para definir las concentraciones de los elementos, comparar los niveles de contaminación que genera un desarrollo habitacional (entrada y salida) y por último confrontar los datos obtenidos con investigaciones realizadas, con el objeto de trazar posibles enfermedades asociadas a ellos.

En suma la exploración del trabajo se aborda desde tres enfoques plenamente razonados para su estudio, los cuales son:

- 1.- Punto de vista práctico; es viable ya que la misma propone una estrategia de acción que contribuirá a disminuir la problemática.
- 2.- Punto de vista teórico; esta investigación generará discusión por medio de los datos que se presenten, ya que los resultados forman parte de un problema mayor de contaminación y afectaciones a la salud pública.
- 3.- Punto de vista metodológico; aplicará los procedimientos de cuantificación destinados en la actualidad a los contaminantes a medir.

1.4 HIPÓTESIS

En la medida que se incrementa la mancha urbana se incrementa la contaminación por metales pesados en el agua que las personas consumen en sus viviendas; el ser humano por naturaleza transforma su entorno y su actividad altera de manera transitoria o permanente la región que habita; estas alteraciones en los ecosistemas arrastran problemas de salud, lo anterior genera que dentro de las afectaciones al agua se compromete la salud de los seres humanos, por lo que el uso inconsciente de productos y la creación de viviendas contaminan las fuentes de abastecimiento.

1.4 ALCANCES

El alcance principal de la investigación es determinar la concentración de metales pesados que descarga una unidad habitacional (tipo) al sistema de alcantarillado público municipal; se trata de definir si las concentraciones son perjudiciales para la salud humana, desde un punto de vista descriptivo, dicho de otra manera se explorará la correlación de los metales pesados con las viviendas multifamiliares y su aportación a la polución medio ambiental.

En cuanto al muestreo, cabe señalar una consideración sustancial, el presente trabajo no pretende describir un modelo de re-colección de datos ya que se utilizará el equipo digital *metalyzer* para realizar las mediciones de estos contaminantes en sitio. La aproximación de las mediciones será de 1 a 0.5 partes por billón acorde al fabricante Wagtech Projects (2015), de forma que estaremos dentro del rango de mediciones requeridas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (nom-001-semarnat-1996). Por lo que se refiere a los elementos de estudio, podemos señalar que nos enfocaremos en los siguientes Arsénico, Bario, Cadmio, Cobre, Mercurio y Plomo.

El presente trabajo no tiene como objeto dar modelos de muestro de elementos contaminantes, ni determinar que componente es más nocivo. Tampoco pretender asociar con precisión la mortandad o enfermedades, si no por el contrario se determinará si la suma de estos elementos en nuestras descargas de aguas residuales sobre pasan la norma, además de

correlacionar las enfermedades causadas por estos elementos. En cuanto a los resultados, la expectativa es que los resultados apoyen a otras investigaciones.

1.5 OBJETIVO

Realizar un proceso de análisis cuantitativo de los datos recopilados en sitio, que conduzca al entendimiento del impacto que genera la vivienda, específicamente en residuos peligrosos como lo son los metales pesados y metaloides, además las concentraciones de residuos vertidos al sistema de drenaje municipal “Arsénico, Bario, Cadmio, Cobre, Mercurio y Plomo” Se correlacionarán a los daños que causan en la salud.

Objetivos Específicos

- Establecer un marco teórico sobre la problemática de la vivienda y un marco contextual sobre la contaminación de los afluentes por metales pesados.
- Analizar una vivienda en el municipio de Apizaco por medio de un muestreo, lo anterior tendrá una duración de 8 meses, en la cual se recolectarán 4 muestras del agua a la entrada y a la salida (aguas residuales) de la casa tipo.
- Llevar a cabo la codificación de los contaminantes (metales y metaloides) para su interpretación.
- Generar un documento de referencia, para quienes pretendan ahondar en la problemática del impacto medio ambiental y a la salud humana por el vertido de desechos tóxicos desde nuestros hogares e identificar las posibles fuentes de los vectores de riesgo a la salud. Es decir, indirectamente se comprende la vivienda y los desechos que esta genera.

CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL

2.1 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA VIVIENDA Y EL AGUA

2.1.1 *Definición de la vivienda*

Según la Real Academia Española en 2016 la vivienda puede definirse como aquel espacio que las personas destinamos como un refugio y determina directamente nuestra forma de sociabilizar con el entorno, la vivienda como refugio nos permite regular y controlar las condiciones del exterior para lograr un espacio confortable que nos brinde las circunstancias necesarias para nuestro desarrollo integral; así mismo como cualquier otro edificio cumple con los ambientes adecuados para nuestro desarrollo y protección, sin embargo a diferencia de cualquier otra construcción la casa es el ente social que por naturaleza posibilita ubicar un sitio que da pauta a los procesos grupales sociales y familiares.

Con base en lo anterior el espacio que destinamos para habitar se convierte en un múltiple escenario de actividades que en su conjunto forman al individuo y dan como resultado la sociedad que tenemos hoy.

Por consiguiente lo que llamamos vivienda desde el punto de vista conceptual se convierte en un ente capaz de proveer: protección, higiene, salud y otras condiciones básicas psicológicas y de salud a sus moradores. Y se define cómo el límite mínimo deseable para una vivienda.

Dicho de otra manera, el autor. Lynch, K. (1998: 4) afirma “La ciudad no es sólo un objeto que perciben (y quizás gozan) millones de personas de clases y caracteres sumamente diferentes, sino que es también el producto de muchos constructores que constantemente modifican su estructura porque tienen sus motivos para ello”.

Así como se refiere Lynch a la ciudad, las metrópolis que hoy en día conocemos han cambiado y evolucionado de los primeros asentamientos, el principio no es un inicio en las ciudades solamente es un punto de partida para un ciclo de constantes cambios que llevarán a una evolución a lo largo del tiempo, debido a ello, nuestro entorno se ve afectado por nuestro quehacer humano.

Por lo que se refiere a esta labor humana, Lynch, K. (1998:5) expone “Hacer el retrato de una ciudad es el trabajo de una vida y ninguna foto es suficiente, porque la ciudad está cambiando siempre. Todo lo que hay en la ciudad es parte de su historia: su cuerpo físico

de ladrillo, piedra, acero, vidrio, madera, como su sangre vital de hombres y mujeres que viven y respiran. Las calles, los paisajes, la tragedia, la comedia, la pobreza, la riqueza”.

Lo anterior muestra la transformación global de nuestras ciudades que abarcan nuestras viviendas, lugares de trabajo, etc. Como el resultado de los insumos que se requieren para construirlos y de ellos se desprende nuestras creaciones estructurales. Sin embargo estos materiales conllevan a una explotación de nuestros recursos que en la mayoría de los casos son extraídos más allá de nuestras fronteras urbanas y además generan contaminación ambiental, lo que afecta a los ecosistemas y por ende al ser humano.

En conclusión, los seres humanos nos hemos adaptado desde tiempos remotos a una vida en conjunto y en sociedad, ello exige espacios de hábitat personal, que nos proporcionen confort, espacios de refugio y calma; lamentablemente de manera semejante nuestras viviendas que se convierten en urbes que han transformado nuestro entorno para nuestra satisfacción empero esta demanda trae la destrucción y contaminación del Planeta debido a la necesidad de los insumos necesarios para la creación de ellos, los materiales se convierten en desperdicios y en fuentes peligrosas de contaminación que constantemente se encuentran presentes en la vida humana y afectando los ciclos naturales de los elementos, dentro de los cuales uno de los más afectados es el ciclo del agua.

2.1.2 Clasificación de la vivienda

La vivienda como ya se mencionaba es un espacio cerrado que ocupamos como refugio y descanso, sin embargo su clasificación actualmente es muy variada, un ejemplo de los diferentes criterios para su clasificación puede ser su agrupación con otras viviendas como lo son la vivienda unifamiliar, vivienda multifamiliar; la primera se caracteriza por albergar a una sola familia, permitiendo que se desarrollen espacios verdes y se pueden encontrar muchas terminologías para denominar estos espacios como lo son los bungalows, chalets, etc.

De lo anterior algunos autores de forma semejante categorizan este tipo de vivienda de acuerdo a su colindancia: aislada o exenta, pareada y adosada. Las diferencias o características de cada una de ellas se observan en la interrelación que muestran en su exterior o el número de lados colinden con la vía pública. Por ejemplo la vivienda pareada se caracteriza por compartir su parte exterior sin embargo al interior la independencia de su distribución se conserva, de la misma forma la adosada es similar a la anterior con la salvedad que es desarrollada en bloques teniendo otras dos construcciones similares contiguas.

Figura 1. Proyecto de vivienda adosada



Figura 1. Proyecto de vivienda adosada tomada de: Habitissimo.es, (2016). *Proyecto Vivienda Unifamiliar Adosada-Ideas Arquitectos*. Disponible en: <http://proyectos.habitissimo.es/proyecto/vivienda-unifamiliar-adosada-2> [24 Nov. 2015].

Figura 2. Proyecto de vivienda pareada



Figura 2. Proyecto de vivienda pareada. Tomado de Nidoarquitectura.es, (2009). *4 Viviendas Unifamiliares*. Disponible en: <http://www.nidoarquitectura.es/proyectos-nido/viviendas-unifamiliares/52.html> [Accessed 24 Nov. 2014].

Así mismo la vivienda se puede catalogar por el uso de los materiales que se emplean para su construcción como lo son de acero, madera, adobe, hormigón, de materiales mixtos, etc. Algunos de los materiales usados comúnmente es el adobe y la madera mismas que componen las técnicas más antiguas empleadas para la construcción; en México el adobe permitió las edificaciones más antiguas como en capítulos posteriores se observará (vivienda prehispánica) que generó los espacios que hoy en día denominamos como arquitectura tradicional.

Los anteriores conceptos de clasificación de la vivienda suponen diferentes tipologías de vivienda, mismos que seguirán (seguramente) ampliándose conforme el desarrollo de la vivienda en el mundo, ejemplo de lo anterior es la más reciente catalogación de vivienda prefabricada (sus componentes son contruidos lejos de su lugar de emplazamiento) o como en México utilizamos el término “unidad habitacional” para definir espacios de conjuntos de edificaciones o departamentos emplazados en un espacio (reducido) y contar con una arquitectura homogénea, además de estar contruidos de manera masiva o en serie.

Como resultado de lo anterior en nuestro país se emplea el término “Vivienda Social” misma que alude a las unidades habitacionales, es substancial remarcar que para su

edificación se utiliza fachadas y distribuciones homogéneas, al mismo tiempo interviene el estado (construcción y manejo financiero) en estos inmuebles, lo anterior lo realiza con la finalidad de poder promover la vivienda digna a personas que normalmente no puede adquirir una casa por sus condiciones económicas, facilitando así el acceso a la misma. En resumen los conjuntos habitacionales con las características descritas comportan a la clasificación “Vivienda Social” que alberga todo el universo de conjuntos en el territorio nacional.

Por otro lado la sociedad en conjunto con los organismos generadores para la regulación de costos facilitan el objeto de valuación hipotecaria, en los años recientes a través de la Asociación Hipotecaria Mexicana (AHM) han permitido la homologación de los tipos de vivienda de acuerdo a su valor, lo anterior fue publicado por la misma AHM (Realstrategy.com, 2010); la AHM clasifica en seis grandes tipos de viviendas agrupándolas en cuatro categorías: la primera categoría la denomina interés social y abarca todos aquellos hogares con un costo prácticamente de 0 pesos hasta 610 mil 949 pesos. Las subsecuentes categorías contemplan un solo tipo de vivienda y un rango de costos (véase Tabla 1) y son nombradas; media, residencial y residencial plus.

Tabla 1
Clasificación de vivienda por costos AHM

Nombre Categoría	Costo Mínimo (Moneda Nacional Mexicana)	Costo Máximo (Moneda Nacional Mexicana)
Económica	0	\$ 205,977
Popular	\$ 205,977	\$349,114
Tradicional	\$349,114	\$610,949
Media	\$610,949	\$1,309,176
Residencial	\$1,309,176	\$2,618,352
Residencial Plus	\$2,618,352	Superior a \$2,618,352

Nota: adaptado de Realestrategy.com, (2010). *Tendrá sector vivienda en México clasificación homologada: AHM | REAL ESTRATEGY*. [En línea] Disponible en: <http://realestrategy.com/?p=4186> la “Asociación Hipotecaria Mexicana”.

Lo anterior representa una forma de clasificar la vivienda por su valor económico, sin embargo una mejor clasificación por precio se muestra en el código de edificación de vivienda de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI, 2010:55), misma que incluye la superficie construida, precio en salario mínimo y número de cuartos, información que se muestra en la tabla 2 para su análisis:

Tabla 2
Clasificación de la vivienda por precio promedio

Promedios	Económica	Popular	Tradicional	Media	Residencial	Residencial Plus
Superficie construida	30 m2	42.5m2	62.5 m2	97.5 m2	145 m2	255 m2
Veces Salario Mínimo Mensual de CDMX	Hasta 118	De 118.1 a 200	De 200.1 a 350	De 350.1 a 750	De 750.1 a 1,500	Mayor de 1,500
Número de Cuartos	Baño, Cocina, Área de usos múltiples	Baño, cocina, Estancia – comedor, de 1 a 2 recámaras	Baño, Cocina, Estancia – comedor, de 2 a 3 recámaras	Baño ½ baño Cocina Sala Comedor De 2 a 3 recámaras Cuarto de servicio	De 3 a 5 baños Cocina Sala Comedor De 3 a 4 recámaras Cuarto de Servicio Sala familiar	De 3 a 5 baños Cocina Sala Comedor De 3 a más recámaras De 1 a 2 cuartos de servicios Sala familiar

Nota: adaptado de “Comisión Nacional de Vivienda”.

La clasificación de AHM se amplía e incluye la superficie de construcción. Por último una clasificación utilizada en menor proporción es por la forma de construcción, misma que se clasifica en dos grandes rubros: desarrolladores privados o autoconstrucción. La primera hace referencia a edificaciones de vivienda realizadas por un encargado o responsable de la ejecución del proyecto diferente al propietario, además existe una sub-clasificación con base a tres categorías; encargo a profesionistas, realizado por propietario y mediante asociaciones. La segunda como su nombre lo indica es directamente efectuada por el poseedor del inmueble.

Por último el INEGI tipifica la vivienda de acuerdo a sus características de clase y tipo, con la finalidad de conocer la forma que los diferentes sectores se comportan, por ejemplo el delimitar la vivienda demuestra la demanda de personas que desean tener una vivienda nueva o aquellos que desean mejorar la que actualmente tienen.

Tabla 3
Características de las viviendas por tipo y clase

	1990	2000	2005	2010
Total	16,197,802	21,954,733	24,719,029	28,614,991
Vivienda particular	16,183,310	21,942,535	24,706,956	28,607,568
Casa	13,524,324	18,734,206	20,800,870	25,932,350
independiente y local no construido para habitación				
Departamento en edificio y vivienda o cuarto en vecindad	2,202,354	2,110,281	2,919,004	2,020,229
Cuarto en la azotea	37,574	29,495	26,648	16,505
Vivienda móvil	9,046	6,667	7,575	9,327
Refugio	11,736	3,576	2,419	2,201
No especificada	398,276	1,058,310	950,440	626,956
Vivienda colectiva	14,492	12,198	12,073	7,423

Nota: Características de las viviendas por tipo y clase (1990 a 2010) tomado de PROFECO referenciado por (INEGI, 2012 párr. 15).

Es así como en la tabla anterior observamos de acuerdo a los censos poblacionales de los últimos años, el INEGI ha catalogado y muestra en su clasificación de vivienda de forma práctica el crecimiento de los diferentes sectores de vivienda en el país, prácticamente con un crecimiento de 12, 417,189 viviendas en los últimos veinte años.

En resumen la clasificación de la vivienda es compleja y se determina directamente por el uso que se le dará, el nombre que recibe el conjunto de hogares, casas o viviendas seguramente seguirá transformándose, sin embargo para el presente estudio utilizaremos los

términos de autoconstrucción, vivienda tipo, desarrollos inmobiliarios y vivienda social para el análisis de nuestro estudio.

2.1.3 La vivienda de autoconstrucción, los desarrollos inmobiliarios y el recurso hídrico

En muchas formas, las ciudades de nuestro país resultan muy similares, en ellas observamos desigualdades sociales, suburbios en los cuales es difícil diferenciar entre los cinturones de miseria y zonas residenciales, así mismo se encuentran lujosas viviendas, unidades habitacionales y otras de autoconstrucción en un mismo entorno.

Por lo anterior contamos con la vivienda de autoconstrucción coexistiendo al lado lujosos desarrollos inmobiliarios, lo que vuelve compleja la interacción no sólo de las personas sino también de los servicios y particularmente el agua.

Para comprender las dimensiones de la problemática que se presenta actualmente en materia del agua es necesario comprender, en un inicio, el rezago habitacional con el que se cuenta, por lo anterior la Sociedad Hipotecaria Federal ([CIDOC] 2012:1) estima que la demanda de hogares será de 1, 159,480 de los cuales el 5.6 % contarán con una solución de vivienda por medio de un crédito, dando así un total de 615,109 nuevas viviendas de adquisición y 100,748 viviendas de autoconstrucción por medio de un crédito registradas, misma que requerirán de los servicios básicos (agua, drenaje, electricidad, combustible).

Por otra parte la SHF en el mismo documento manifiesta que del 100 % de créditos para el 2015, se estima que el 56.8 % lo absorberá el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) y el 6.1 % Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y de Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (FOVISSSTE) con un total de 430,000 casas en algún desarrollo nuevo, esto generará el gasto excesivo del agua por la naturaleza del proceso constructivo en sí mismo (la cantidad de agua empleada varía y es complejo ya que tiende a fluctuar de acuerdo a las zonas, condiciones climáticas, entre otros aspectos).

Es así como la vivienda social constituye el 70 % del mercado de nuevos hogares y el 37 % del total de créditos, siendo así que los estudios, modelos y acciones para la disminución o mitigación de los aspectos adversos a nuestro ecosistema deben ir enfocados a

este sector. En cambio la autoconstrucción se estima en 100,748 créditos siendo esta parte del mercado el 8.68% véase figura tres y cuatro.

Figura 3. Número de créditos por tipo de solución

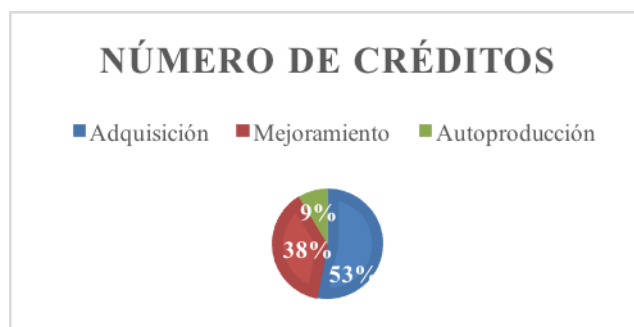


Figura 3. Gráfico de elaboración propia y dispuesto a los objetivos de la presente investigación (SHF, 2015).

Figura 4. Número de créditos por tipo de adquisición

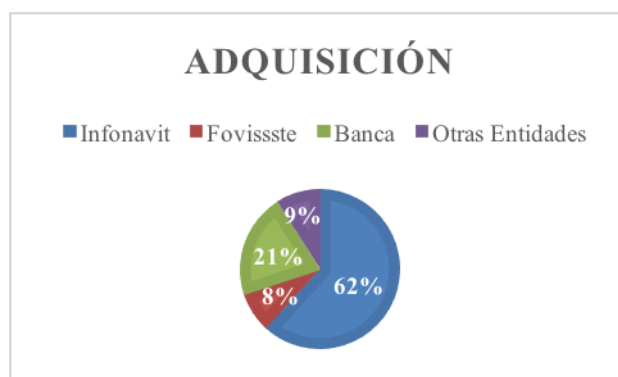


Figura 4. Número de créditos por tipo de adquisición, gráfico de elaboración propia y dispuesto a los objetivos de la presente investigación (SHF, 2015).

Para comprender mejor el dimensionamiento del problema, algunas organizaciones como el centro virtual de información del agua por medio de su portal informan que el promedio de consumo diario del vital líquido por persona es de 360 litros, además que el 46 % del total de agua potable es usado en el hogar, lo que representa 15 m³/s de generación de aguas residuales, consumo de 15 m³/s en casas habitación y en promedio tan sólo 3 m³/s de tratamiento de aguas residuales existentes, por lo que tendrían que incrementar a estos datos 430, 000 nuevas viviendas y 100,748 de autoconstrucción del año 2015 y así sucesivamente de los próximos años.

En conclusión, no es suficiente con el abastecimiento a los hogares, si no por el contrario debe tomarse conciencia del impacto de los residuos en los mantos subterráneos, ríos, lagos, suelo, entre otros. En este contexto es responsabilidad de cada persona, constructor y desarrollador de proyectos urbanos garantizar el menor impacto a las fuentes acuíferas y fomentar el reabastecimiento de los mantos acuíferos en las obras civiles, con base en lo anterior deben existir propuestas de captación y almacenamiento de agua de lluvia y de reciclamiento de aguas residuales, por ejemplo, que las casas habitación cuenten con excusados secos, filtros de reciclaje de aguas jabonosas y cisternas de barro, etc.

2.1.4 La vivienda social, la población en México y el agua

La población en México está integrada por personas de características diversas, grupos étnicos, historia, costumbres, tradiciones y relaciones sociales diversas, sin embargo comparten un mismo territorio y necesidades, una de ellas es la vivienda, misma que se encuentra legislada dentro de nuestra constitución de 1917, en su artículo 4º, fracción sexta, como un derecho fundamental e inalienable de contar con espacio para habitar digno y decoroso, así mismo la ley está obligada a establecer los mecanismos y apoyos para esta meta.

Por otra parte el mismo artículo en la fracción cuarta establece como derecho a un medio ambiente sano para el desarrollo y de igual forma el Estado debe garantizar el cumplimiento del mismo, subsecuentemente en la fracción quinta se debe contar con saneamiento del agua, acceso y disposición, en términos aceptables y salubres.

La población en nuestro país más allá de sus diferencias comparte una base normativa en cuanto al derecho de vivienda digna que cuente con un entorno sano y acceso al recurso hídrico en óptimas condiciones. Sin embargo la población en algunos puntos dista mucho de esto. Véase figura 5.

Figura 5. Gráfica servicios y bienes en las viviendas



Figura 5. Gráfica servicios y bienes en las viviendas. Fuente: Elaboración propia datos (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2015.)

Con base en lo anterior podemos decir que en ciudades con más de 50 mil habitantes la cobertura de servicio de agua potable es casi cercana al 100 % y de alcantarillado al 94%, sin embargo en zonas rurales los índices alcanzan para el primer caso apenas el 60% y el 25 % para el segundo punto, de la misma forma se estima una pérdida cercana al 40% en fugas de agua. En nuestro país, más de la mitad del agua se consume en menos de cien ciudades presentándose una marcada diferencia entre zonas rurales y urbanas.

Por una parte la población tiene derecho a la vivienda, sin embargo como ya se había señalado en el capítulo anterior la demanda en 2015 será de 1'159,480 (SHF, 2015:1-3), con un incremento en el rezago del 9.9 %. La población mexicana se encuentra dentro de los veinte países más poblados en el mundo (INEGI, 2015:1). Y el crecimiento poblacional marca un ritmo acelerado, (Véase figura 6), lo anterior se conjunta a una mala administración de las áreas silvestres y forestales, lo anterior se observa en el calentamiento global y la contaminación de ríos y mares con aguas residuales, desechos industriales, hecho que afecta directamente los ecosistemas matando la fauna silvestre y afectando a las personas más vulnerables.

Figura 6. Gráfica de crecimiento poblacional

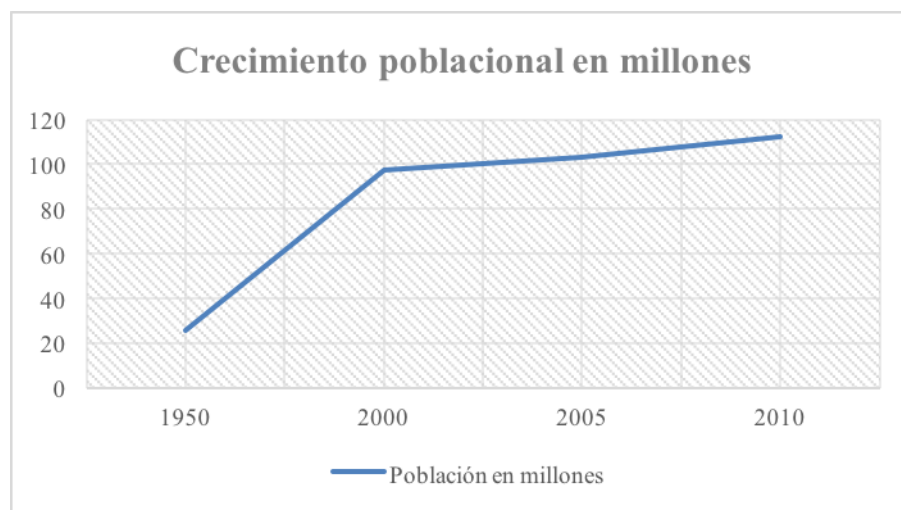


Figura 6. Gráfica de crecimiento poblacional. Fuente: Elaboración propia datos. (INEGI 2015).

Gracias a este crecimiento poblacional y al bajo ingreso de los habitantes, ya que 50.6 millones de mexicanos no les alcanza sus ingresos para cubrir las necesidades básicas entre ellas vivienda de acuerdo al Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, 2015:3), genera que un grupo limitado sea capaz de adquirir una casa, y aquellos que lo logran se hacen en su mayoría una vivienda de interés social. Por tanto El Consejo Nacional de Población (CONAPO) establece que dicho sector contaba con aproximadamente más de 2,600 desarrolladores inmobiliarios en el 2004, elementos que aportan el 80 % del total de hipotecas “financiamientos. Véase figura siete y ocho.

Figura 7. Gráfica de oferta y demanda de viviendas

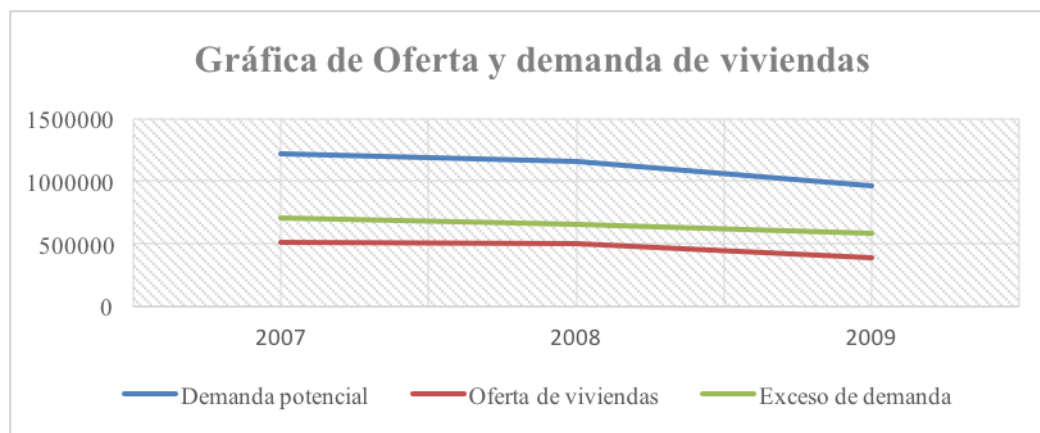


Figura 7. Gráfica de oferta y demanda de viviendas. Fuente: elaboración propia datos (INEGI, 2015).

Figura 8. Equilibrio y valor del mercado

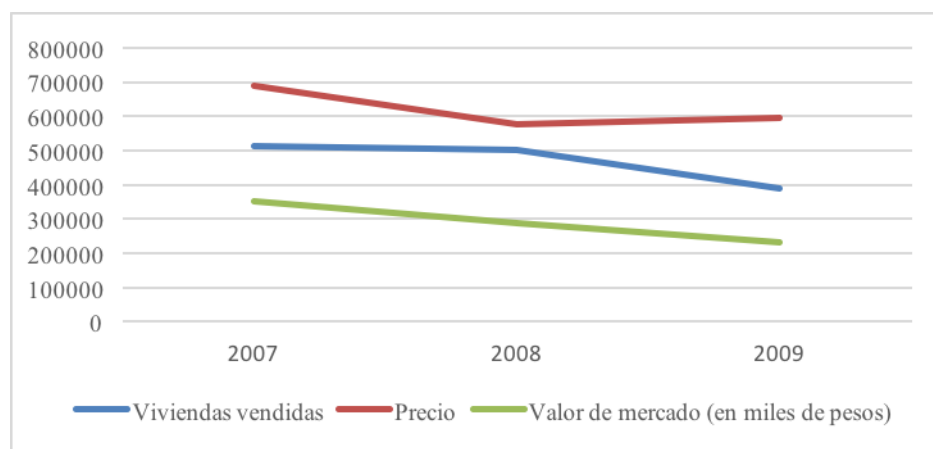


Figura 8. Equilibrio y valor del mercado. Fuente: elaboración propia datos (CONAPO, 2015).

En las figuras anteriores observamos que las cantidades de demanda potencial a pesar de disminuir traen consigo un marcado índice de rezago y comporta lo que se habla en muchos países, la necesidad de controlar la población, se cree que las proporciones de demanda de recursos y espacio excederán las capacidades del planeta y de los ecosistemas, es así como podemos identificar con los datos anteriores dos variables fundamentales como

agentes de alto impacto; el consumo de recursos y la producción de desperdicios y contaminantes.

La primera trae consigo que al existir en nuestro país una fuerte demanda de vivienda y crecimiento poblacional, se continuará demandando mayores recursos para la edificación, mantenimiento y abastecimiento a las casas relacionado con lo anterior los datos presentados en un inicio de drenaje y abastecimiento podrían cambiar drásticamente en los próximos años, generando en nuestro país la insuficiencia de los recursos hídricos, por ello el estado en el que se encuentra actualmente México en relación con la riqueza y demanda actual de agua podrá verse afectada longitudinalmente, presentada para su análisis en la tabla cuatro.

Tabla 4
Riqueza por país en agua y habitantes

Demanda de agua en m³/hab.	Muy Pobres < 500	Pobres 500 a 2000	Suficiente Abastecimiento 2000 a 10000	Ricos 10000 a 100000
Muy débil < 100	Malta Singapur			Zaire
Débil 100 a 500	Libia Israel	Argelia Polonia	China África del Sur	Suecia Indonesia
Moderado 100 a 500	Arabia Saudita	Marruecos	Francia México G. Bretaña	Yugoslavia
Fuerte 1000 a 2000		Bélgica	España	Rusia Argentina
Muy fuerte >2000		Egipto Yemen del Sur Río Grande Colorado (EU)	Irán Estados Unidos	Irak

Nota: modificado de Fuente: (Tortolero, A, 2006:131).

El consumo nacional no supera los mil litros por habitante, sin embargo la mayor cantidad de agua que utilizamos es destinada para la agricultura, situando en segundo lugar a los usos que podemos destinar para el hogar (véase tabla 5). Es por ello que el crecimiento y el rezago en vivienda y en particular los créditos de vivienda (vivienda social) son tan significativos para prever que de no mitigarse su impacto se verá afectado el ecosistema y la misma economía.

Por lo anterior algunos autores sustentan como Tortolero afirma que aquellas economías que superan el 20% de consumo del agua del recurso renovable, el abasto y los servicios comienzan a tener un peso significativo en la economía del país, e incluso cuando el consumo es superior al 5% se habla de problemas locales y sectoriales en el abasto.

Considerando que en nuestro país el porcentaje de utilización lo señala de igual manera Tortolero (2006:130), en un 15 %, (véase tabla 5) es factor determinante para todos el planificar el crecimiento. Además si comparamos el consumo por habitante que tiene nuestro país con otros observamos que el uso per cápita del recurso se encuentra en un alto rango, sin embargo México al ocupar un territorio de más de dos millones de kilómetros cuadrados y más de 110 millones de habitantes presenta una marcada desproporción del mismo, ya que la gente que vive en la zona norte (desierto) lo hace un una tasa de abastecimiento muy por debajo a la que cuenta alguien en el sur (selva húmeda).

Tabla 5
Uso per cápita del agua en el mundo

Uso per cápita del agua en el mundo					
País	Uso per cápita m³/año	Abastecimiento (%)	Industria (%)	Regadío (%)	Usos/recursos (%)
Egipto	1202	7	5	88	97
Canadá	1752	11	80	8	1
España	1174	12	26	62	41
Estados Unidos	2162	12	46	42	19
México	901	6	8	86	15

Nota: modificado Fuente: Tortolero, A, 2006:133).

Por consiguiente, los datos presentados nos indican que en los próximos años continuara la demanda de vivienda, lo anterior aunado al rezago en el sector generará un ambiente perfecto para las inversiones en este fragmento de mercado, sin embargo de no contar con programas de desarrollo que contemple los recursos que se requieren para proveer un bienestar a sus habitantes y los desechos que ellos generarán, las afectaciones al medio ambiente, organismos y los propios ocupantes (personas) sufrirán el efecto del deterioro en la salud y en la economía de la región o el país.

2.2 HISTORIA DEL AGUA Y LA VIVIENDA EN EL ESTADO DE TLAXCALA

2.2.1 Agua y vivienda prehispánica en la región

De acuerdo con el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. ([INAFED], 2015: párr.1). En el estado los primeros pobladores datan de más de 12000 años de antigüedad, pobladores que eran nómadas. Sin embargo no fue sino hasta el siglo XVI, cuando se fundó la ciudad de Tlaxcala.

Algunos especialistas en la materia aseguran que los pueblos tlaxcalatecas son provenientes Chimostoc (lugar de las siete cuevas) arribando a Poyoauhtlan en el año de 1208, región comprendida hoy en día entre Texcoco y Chimalhuacán. A pesar de arribar a esta zona no fue sino hasta el año de 1380, cuando llegaron al poblado de Tepectipac donde fundaron la primera ciudad mejor conocida en la región como el *primer señorío*. (INAFED, (2015), párr. 2 – 5). Véase figura 9.

Figura 9. División territorial de los señoríos en Tlaxcala

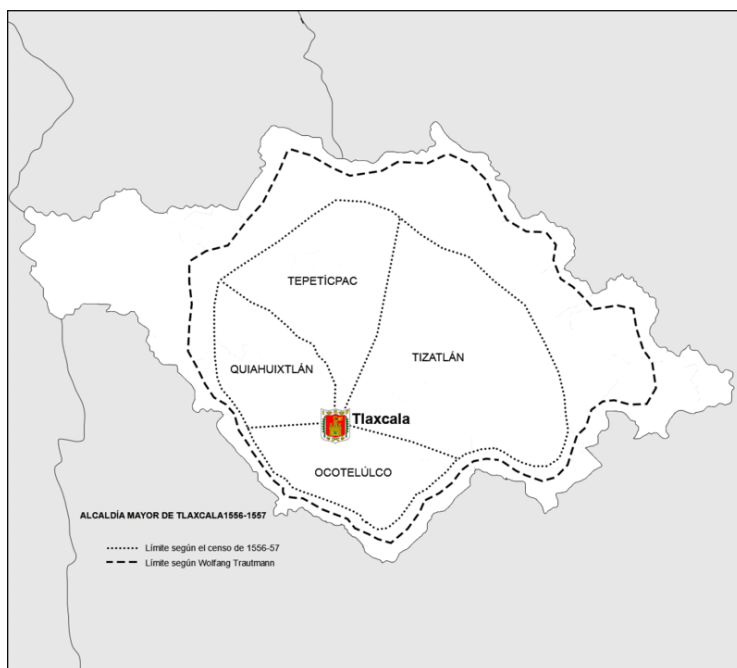


Figura 9. División territorial de los señoríos en Tlaxcala, que muestra la división territorial para el año de 1540. Malinche, J. (2014).

La expansión de los pueblos tlaxcaltecas dio como origen otras tres ciudades estado más, Ocotelulco, Tizatlán y Quiahuixtlán. Conformando así los 4 señoríos, región en la que se desarrolló el comercio y la población; lo que ahora conocemos como el estado de Tlaxcala. El crecimiento y desarrollo de los pueblos tlaxcaltecas dio como origen una serie de guerras, contra los pueblos aztecas y sus aliados los huexotzincas y cholultecas.

Retomando la creación de las ciudades estados el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) establece siete fases o etapas de desarrollo en la historia de la región, población y vivienda. (Museo de Arte Popular Asociación de Amigos [MAP], (2015), párr. 2-8).véase tabla 6.

Tabla 6
Cuadro histórico del desarrollo de Tlaxcala

Etapas	Características
Primera	Se establece Tzompantepec (1,600 al 1,200 a.c.), se aprecian algunas formas de cerámica y vestigios de caza y trabajos agrícolas. No existe vivienda formal, los moradores se refugian en cuevas y cavernas.
Segunda	Se establece Tlatempa (1,200 al 800 a.c.), se encuentran terrazas de cultivo con canales para controlar el agua pluvial, presencia de sacerdotes y religión, plataformas ceremoniales, cerámicas y temascales.
Tercera	Se establece Texoloc (800 al 300 a.c.), se estima una población de 1,200 habitantes, con estructuras ceremoniales y pirámides, con una sociedad más compleja, conformada por sacerdotes, artesanos, agricultores y comerciantes. Hay ya figurillas de deidades como Huehuateotl, el dios del fuego o de Tlaloc, dios de la lluvia y se desarrollaba el trabajo de textiles con fibra de maguey.
Cuarta	Se establece Tezoquipan (400 al 100 a.c.), esta es la fase más importante del desarrollo cultural de esa área. Aquí hay ya <i>desarrollo arquitectónico y urbanista: calles, plazas, juegos de pelota, centros ceremoniales</i> . La religión ya es institucionalizada con una organización social basada en el poder del sacerdote. La producción agrícola aumenta y empieza el intercambio.
Quinta	Se establece Tenanyecac, (100 a.c. al 650 d.c.), periodo de estancamiento en la zona Tlaxcalteca debido a invasiones de otros grupos menos avanzados y por el crecimiento de Teotihuacan y Cholula, que hicieron que la población se desplazara a esas regiones, <i>disminuyendo la construcción</i> , el comercio y el intercambio.
Sexta	Se establece Texcalac (650 al 1100 d.c.), se consolida la era de los señoríos tlaxcaltecas.
Séptima	Se establece Tlaxcala (1,100 al 1,521 d.c.), se estima una población de 165,000 habitantes en 1,500 km ² de superficie. Se cuenta con 4 señoríos, cada uno de estos señoríos tenía pequeños

reinos, con un “palacio”, su propio templo y sus propios mercados. Aunque cada señor tenía su residencia local, existía un lugar de reunión en Tlaxcala donde se discutían diversos asuntos relativos a los territorios dominados en conjunto por los cuatro señoríos. No había un tlatoani o jefe supremo como en otros reinos, sino un consejo de señores.

Nota: Elaboración propia datos (Museo de Arte Popular Asociación de Amigos [MAP], (2015), párr. 4-10).

En resumen los pueblos ocupantes la región del ahora estado de Tlaxcala, se originaron desde el año 1600 a.c. hasta 1521 d.c. Tiempo que permitió la fundación de las primeras ciudades estado en nuestro país; se conformaron las primeras formas de cohabitar en un territorio.

La vivienda de esas épocas evoluciono desde las cavernas y cuevas hasta los templos y recintos de los jerarcas, altamente estilizados en su arquitectura y con una noción holística en su concepción. Sin embargo el común de la población vivía en conjuntos residenciales entre el año 200 a 400 d.C., con disposiciones y construcciones que contaban con un patrón definido, simultáneamente se encontraban las viviendas rodeadas por un muro externo delimitando las mismas, patios (no techados para el aprovechamiento de la iluminación) que servían como sistemas de recolección de agua y de drenaje o receptores de desechos y espacios para recintos ceremoniales individuales (López y Manzanilla, 2000:151).

Figura 10. Conjunto habitacional Zacuala

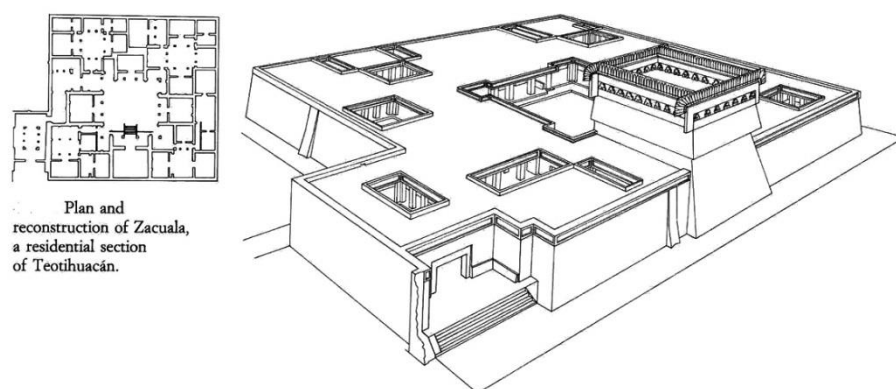


Figura 10. Conjunto habitacional Zacuala que muestra la disposición de la vivienda en los años 200 a 400 d.C (Zacuala, 2011).

Figura 11. Conjunto habitacional Yayahuala

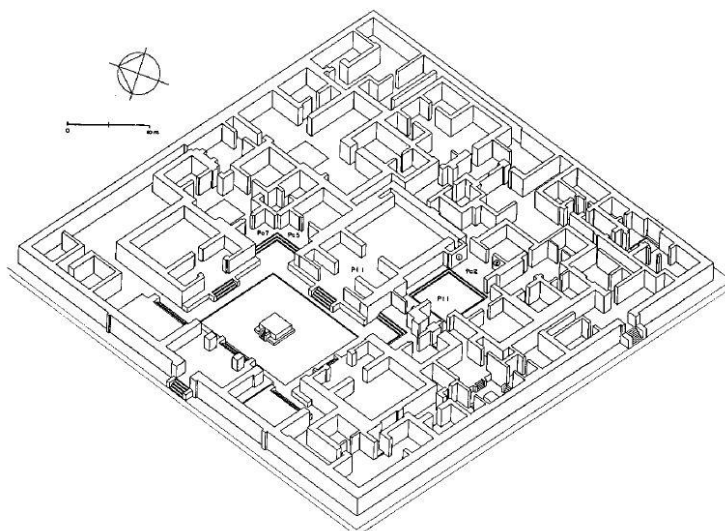


Figura 11. Conjunto habitacional Yayahuala que ejemplifica la disposición de la vivienda en la época prehispánica (Zacuala, 2011).

Simultáneamente López y Manzanilla señalan que al igual que Zacuala se generó otro tipo común de vivienda, este se comprendía por miembros de una sola familia y al igual que el resto de los desarrollos con un patio central, una barda perimetral, accesos controlados y un espacio común de preparación de alimentos, el único sitio del cual se tiene registro con esta disposición se llama Cuanala y está ubicado en la zona de Texcoco, muy cercano a Tlaxcala.

La forma de habitar evolucionó de Zacuala y Cuanala para convertirse en Yayahuala entre los años 100 a.c al año 1 d.c. (véase figura 10 y 11) este elemento de complejidad habitacional se observa en Teotihuacán (Texcoco) a 100 Km de distancia de la ciudad de los señorios y que seguramente marcó un cambio de paradigmas en la arquitectura de la región, ya que dicha estructura contempla monumentos, un centro rodeado por las viviendas y un sistema de drenaje subterráneo (López y Manzanilla, 2000:158-161).

Las viviendas desarrollaron sistemas complejos de recolección de agua y sistemas de saneamiento, ejemplo de lo anterior se observó en los procesos constructivos, el aprovechamiento del agua se realizaba por medio de recolección de la misma por medio de azoteas, zanjias o canales que eran conducidos hasta depósitos realizados con ollas de barro

enterradas (semejantes a cisternas hoy en día) o bien hasta jagüeyes hechos artificialmente. (Véase figura 12). (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2009:10)

Figura 12. Vestigios de tres chultunes y tres pozos ocultos en una Aguada



Figura 12. Vestigios de tres antiguos chultunes y tres pozos ocultos en una Aguada (SEMARNAT. 2009).

Este complejo sistemas de conducción de agua se observa hoy en día en el único sistema aún existente que es el perteneciente al sistema de irrigación de “*baños de Nezahualcóyotl*” que combinaba tres usos particulares, recreación, irrigación y uso doméstico. De igual manera en la región de Tlaxcala uno de los sistemas mayormente socorridos hasta nuestros días es el de jagüeyes, que con uso de depresiones naturales realiza la recolección y almacenamiento del agua. (SEMARNAT, 2009:11)

El sistema de jagüeyes ha permitido, en Tlaxcala principalmente, hasta nuestros días el riego de sembradíos y el uso de agua para consumo humano, implementado por medio de terrazas y por sistemas de ductos o acueductos, para el abastecimiento de los hogares; los jagüeyes son elaborados en terrenos altos, permitiendo así el funcionamiento del sistema por la fuerza de gravedad. (Pérez, J. 2014:92)

En resumen la vivienda en el México Prehispánico y principalmente en la zona del altiplano central observo su evolución desde 1600 a.c. hasta 1500 d.c. Progresando de un sistema simple (refugio) a un complejo sistema de convivencia, estratificación social y sistema familiar, todo ello en enmarcado en un complejo sistema de captación de agua para el uso de la población y drenaje para el manejo de sus residuos.

2.2.3 Agua y vivienda colonial en la región

Con el arribo de los españoles al territorio Mexicano y las primeras incursiones de Hernán Cortés, se dio origen a la Nueva España, etapa de la colonización del territorio del altiplano central principalmente entre los años de 1519 a 1591 (Sánchez, J. Díaz, A. y Ramos, Y. 2014:26).

A su vez este choque cultural contrajo consigo el cambio de perspectiva en la concepción de la organización social y cultural, cambio que sin lugar a dudas transformó el espacio (ciudades, vivienda, orden territorial). Por lo que se refiere a la vivienda, este espacio se modificó con las características que los conquistadores traían consigo, aspecto que contextualizamos en la arquitectura colonial española. Las formas, funcionalidades, técnicas y mano de obra de las dos culturas se mezclaron con tradiciones dando como origen una identidad propia.

La arquitectura gótica, llegando a casi a su fin en el siglo XV en España y comenzado con las influencias barrocas italianas del siglo sucesor en el viejo continente, impregnaron de influencia a las nuevas estructuras que habrían de concebirse en el nuevo territorio de México.

En consecuencia la mezcla cultural dio como resultado tres elementos básicos para cualquier estructura que son: muros, patio y el uso del color. Nuestras sociedades se delimitaban estratégicamente por medio de muros, las viviendas o espacios a habitar y con la colonización se observa esta característica como una fortaleza estratégica de defensa militar, es así como lo refiere Sánchez et al. (2014:36).

De manera análoga el patio central era usado en ambas culturas y las columnas ya eran parte central de las estructuras que rodeaban estos complejos (Véase figura 13 y 14).

Figura 13. Columnas en Mitla



Figura 13. Columnas en Mitla, Año 0 al 200 d.C. (Sánchez, A. 2015).

Figura 14. Columnas en Córdoba (España)



*Figura 14.*Columnas en la universidad nacional de Córdoba (Universidad Nacional de Córdoba, UDC: 2015).

No obstante de tener similitudes culturales, existieron diferencias, los sistemas de drenaje y el suministro de agua, fueron modificados, los conquistadores favorecieron sistemas de acueductos para el riego y vivienda, la localización de centros urbanos en manantiales o cercanos a ríos, trajo consigo el uso de algunos sistemas como los Chultunes y sistemas de captación de agua fluvial.

En el estado de Tlaxcala se favoreció la mezcla cultural emanada de la alianza estratégica que los pobladores tuvieron a la llegada de los conquistadores. Un ejemplo de lo

anterior se observa con el uso de jagüeyes que hasta la actualidad funcionan para sistemas de almacenamiento de agua para uso de vivienda y agrícola (véase figura 15).

Figura 15. Jagüey en el Estado de Tlaxcala



Figura15. Jagüey en el Estado de Tlaxcala, que funciona para sistemas de almacenamiento de agua, con diversos usos (Coordinación General de Información y Relaciones Públicas [CGIRP], 2015).

Retomando la vivienda, la concepción de los espacios se rodeaban de muros gruesos generalmente elaborados de adobe o piedra y en el interior pequeños jardines que permitían el recreo, ventilación e iluminación al interior, en algunas propiedades solía ubicarse alguna fuente en el centro. Similarmente en las fachadas de las casas prevaleció la sencillez de las formas, estas eran decoradas con balcones y herrería, sin mayor uso de otros componentes estéticos.

Simultáneamente a estas nuevas construcciones las viviendas de los grupos indígenas se vieron aisladas de los centros urbanos y confinados a las nuevas construcciones de desarrollo económico que darían pauta a una nueva etapa “Las Haciendas”, es así que los grupos autóctonos de la región tuvieron que edificar sus hogares de forma humilde y generalmente precaria con los materiales de fácil acceso como: adobe, paja y madera para la techumbre.

Como resultado de esta nueva etapa de colonización la vivienda se combinó con lo que se denomina el viejo y nuevo continente (conquistadores denominados del viejo mundo y los grupos de pobladores de la región o grupos indígenas). Esta mezcla dio como resultado un estilo único de sencillez en las fachadas exteriores y una gran mezcla de color para su

decoración, al mismo tiempo la vida dentro de las viviendas se desarrolló en el interior, aspecto favorecido por los jardines centrales y cocinas abiertas.

Así mismo los sistemas sanitarios eran inexistentes prácticamente por lo que se utilizaron letrinas en la parte posterior de las edificaciones, además los residuos que se generaban en la época eran prácticamente orgánicos (no existía un sistema de alcantarillado o conducción de residuos) y para contar con agua para el uso doméstico se tenía que acudir a las fuentes públicas para el abastecimiento, sin embargo estas fuentes al ser construidas a cielo abierto generalmente se encontraban contaminadas (Guerrero, M. 1991:cap. 4. párr. 5) .

2.2.4 Agua y vivienda en las haciendas

Las haciendas o la denominación de las mismas se le atribuyen a las fincas de producción agrícola de gran extensión territorial, igualmente estas construcciones eran rodeadas por viviendas de los trabajadores y moradores de la propia hacienda, creando así un sistema de terratenientes; Jarquin, M, T. (1990:30) nos señala que el estudio de esta forma de vida es esencial para la comprensión del México actual en todas sus aristas.

El perfil de lo que denominamos “Hacienda” vio su origen en la antigua Andalucía, sus principales rasgos característicos en tres grandes componentes de edificaciones, claramente jerarquizados por estrato social y labor; vivienda señorial, conjunto de viviendas de encargados y construcciones agrícolas.

En la primera, se encontraba los dueños y señores de la hacienda, la arquitectura se caracteriza por materiales como el granito y mármol para pisos y muros, conjuntamente se incorporaban a la estructura elementos de tipo arquitectónico como: torres, capillas, portones, balcones y remates. Los sistemas de tuberías y drenaje eran prácticamente inexistentes. Al mismo tiempo la casa señorial en nuestro país se le denominó casco y en cualquiera de las formas como se situara la hacienda (unidad, dispersas o mixtas), se conformaba la parte central de la distribución de las demás edificaciones (véase figura 16).

Figura 16. Tipología de Haciendas



Figura 16. Tipología de Haciendas que ejemplifica la disposición de cada tipo de hacienda, conformada según los intereses de los hacendados (Universidad de Barcelona, 2003).

La segunda sección compuesta por el conjunto de viviendas estaba destinado para los trabajadores permanentes o fijos, estas áreas se encontraban situadas junto a otras obras auxiliares como cocina, caballerizas entre otras, todo ello se desarrolla en torno a un patio principal. Su construcción era generalmente de materiales como ladrillo o adobe y se cubrían las paredes con cal, la vivienda de este tipo de trabajadores gozaba de encontrarse en la misma casa del hacendado, esto le daba el derecho de hacer uso de la casa grande, particularmente cuando el dueño estaba fuera.

Figura 17. Viviendas de trabajadores de confianza



Figura 17. Viviendas de trabajadores de confianza que ejemplifica la estructura arquitectónica de las Haciendas (NRM Comunicaciones, 1998).

Por último las construcciones agrícolas eran habitadas por jornaleros y trabajadores ocasionales, el acceso a la zona generalmente se realizaba por la parte exterior y al igual que las otras dos secciones contaba con un patio central, a diferencia de las dos secciones

anteriores, la habitación de los peones se veía modificada por los requerimientos especiales según las características del proceso productivo.

2.2.5 Agua y vivienda en el Porfiriato

La historia del agua así como su posesión para el uso humano y los asentamientos, es un capítulo colmado de lucha entre diversas tribus y grupos humanos. Es así como Guerrero, M. (1991) asegura que las primeras luchas por este vital líquido se encuentran registradas en libros como la Biblia en la cual Isaac luchó contra habitantes del valle de Gerar por la posesión de pozos y la creación de obras hidráulicas para el suministro de agua en Jerusalén.

Por otra parte el autor señala que posiblemente las principales obras hidráulicas en la antigüedad, que implicaron un gran despliegue de ingeniería y diseño, se dieron en la antigua Roma, como resultado de este desarrollo se obtuvo más de seiscientos kilómetros de acueductos comunicados a la ciudad romana, viviendas, baños públicos y fuentes que servían de abastecimiento de la población en general.

Figura 18. Fuente de mármol en Roma



Figura18. Roma, una fuente antigua del mármol con agua que fluye y SPQR (Dreamstime, 2000).

Además la infraestructura que se creó no fue exclusivamente para el suministro del agua, a la par se generaron obras de drenaje que se extendían por la ciudad como se puede observar en la figura 19.

Figura 19. Cloaca en la antigua Roma

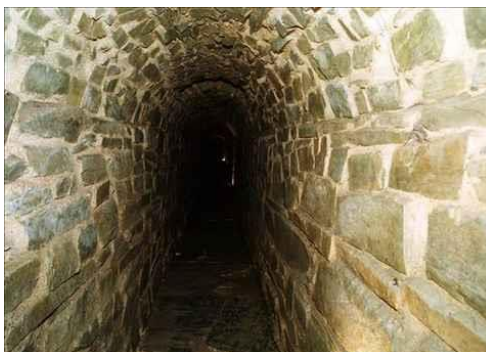


Figura19. Vivienda descubre una cloaca romana en muy buen estado en el subsuelo de un inmueble en Lugo (terra, 2008).

Ahora bien en el México prehispánico se construyeron obras de igual envergadura, un ejemplo de lo anterior es el palacio de Netzahualcóyotl que contaba con sistemas de distribución de agua fría, agua caliente y drenaje (Guerrero, M. 1991:cap. 4. párr. 4).

En las viviendas como ya se había señalado en capítulos anteriores, las obras de construcción incluían complejos sistemas de recolección de agua fluvial y de almacenamiento como lo son los “chultunes” y “jagüeyes” y obras sencillas de desechos o lo que hoy se conoce como alcantarillado y drenaje.

Por otra parte en la colonia el agua fue fundamental para el asentamiento de ciudades y “Haciendas”, el traslado de este vital liquido llevo a las primeras grandes obras como lo son el acueducto de Zempoala con una altura de 38.7 metros y que desembocaba en las primeras cajas de agua en la ciudad. Sin embargo el avance en materia de distribución no fue posible sino hasta el siglo XIX con la mejora tecnológica de las tuberías y sistemas de bombeo (Guerrero, M. 1991:cap. 4. párr. 6)

Es necesario recalcar que la principal dificultad en ese siglo fue el crecimiento poblacional aunado a la expansión de las haciendas, antes de ello se consideraba el agua como un recurso de uso común o dominio público, sin embargo al establecimiento de la colonia fue necesario establecer normas para regular su uso. Dos de las principales normatividades fueron las mercedes y las composiciones.

En el primero la regulación económica y el otorgamiento de las mismas se subdividió en las siguientes: mercedes de aguas urbanas, mercedes de aguas de riego, mercedes de molinos e ingenios y mercedes de manantiales o jagüeyes. En ese momento histórico el rey contaba con absoluta posesión y tenía facultad de hacer uso y heredar las mismas, dentro de las facultades que el monarca poseía jurídicamente se encuentra la asignación a particulares de los usos y explotación de uno o varios bienes (merced), así mismo un bien asignado podía retornar al soberano, si el particular no cumplía con las obligaciones que contraía al aceptar el bien como impuestos, servicios, cargas u obligaciones entre otros (Dougnaç, A. 1998:289-305).

Retomando la importancia del agua en la colonia, las ciudades españolas se construyeron sobre ruinas indígenas, Tortolero, A (2006) menciona que ocurrió en forma mal planificada, ya que los métodos constructivos de los colonizadores no fueron adaptados al suelo y a las regiones donde se encontraban los asentamientos indígenas, lo anterior conlleva a una mala planeación y uso del agua, por ejemplo en la ciudad de Tenochtitlan (Ciudad de México) situada en dos islotes primitivos, el uso de balsas (chinampas) permitió la agricultura y la expansión de la ciudad en el lago, los canales y las construcciones se interrelacionaban en un mismo espacio, permitiendo el comercio, agricultura, pero sobre todo el uso del agua.

Hecho este señalamiento, la colonia fue un punto decisivo en la transformación del uso y control del agua, es el espacio de transición de lo divino (percibir el agua como algo omnipotente o deidad como el dios Tláloc) a un elemento de consumo y patrimonio.

No obstante el fin de la colonia no fue la conclusión del modelo impuesto por la corona española en México, de igual forma Tortolero, A (2006), enuncia que la autoridad encargada de velar por el agua a finales de la colonia, era un regidor, nombrado por el cabildo, a este puesto se le sumaba algunos otros como; los maestros del agua, obrero mayor del agua y los sobrestantes, el primero era nombrado así por sus conocimientos técnicos para la construcción de canales y desagües, el segundo limitaba su trabajo a la coordinación y control del agua en la ciudad y hasta la desaparición de la colonia era nombrado por el virrey, por último los sobrestantes eran asignados o pagados por los trabajos que realizaban de mantenimiento o construcción.

La administración del agua mantuvo a los intendentes (antes obreros mayor del agua) facultados para conocer todos los asuntos relacionados a suelo y agua, repartición de estos

bienes, incluso hasta el periodo nacional del establecimiento de la federación, sin embargo durante este espacio de transición, lo que se vio favorecido durante la colonia como modelo de centralización de los recursos (incluido el agua) en donde la Ciudad de México como metrópoli contando con una mayor grado de importancia sobre las colonias, regiones y haciendas, ve trastocada su supremacía con la independencia, los grupos de poder regionales de 1821 a 1880 al no contar con un poder central fuerte, desdican sobre las obras y el uso del agua en sus comunidades.

No fue sino hasta 1888 con la publicación de la ley general de vías la federación que se pretende retomar las facultades de centralización de los recursos hídricos, sin embargo esta medida no fue bien vista por los grupos regionales, mismos que durante este periodo hasta el establecimiento de la federación lucharon por conservar su independencia en esta materia. Es así como a pesar de las normas centralistas, el control sigue siendo de las autoridades locales y estatales (nombradas por el gobierno local y vigilado por la federación para la resolución de conflictos) hasta nuestros días, manteniendo las concesiones hechas siglos anteriores a particulares y territorios.

La creación de los organismos con los que hoy contamos para la vigilancia y soberanía del recurso hídrico vieron su nacimiento durante el porfiriato, en los años de 1876 a 1911, en esta etapa estabilizadora el país vio su crecimiento y desarrollo por medio de los ferrocarriles, que permitieron a su vez el intercambio comercial entre todo el territorio nacional y detonó la industria. Dicho sector vivió la explotación de las corrientes superficiales de agua, mismas que la utilizaban como fuerza motriz y de sus procesos industriales, esta fuente después de su aprovechamiento era retornada a su cauce original contaminada, lo que obligó a las poblaciones a tener que utilizar acueductos que transportaran preferentemente el vital líquido de manantiales.

Durante esta etapa en México se dieron labores de aprovechamiento significativos en las cuencas del valle de México creando así presas que desviaban el líquido aguas arriba de los ríos, para el uso y consumo humano. El principal ejemplo de estas obras las encontramos en la capital, en dónde se centralizó el consumo, mismo que afectó el abastecimiento de las zonas aledañas lo que a largo plazo repercutiría en el consumo de la ciudad.

Por ejemplo Romero, P (1999:137) nos señala lo siguiente: En su recorrido desde los manantiales ubicados en las laderas occidentales de la cuenca a la ciudad, las aguas de Santa Fe y el Desierto de los Leones se veían contaminadas por los desechos de fábricas, molinos, por los restos domésticos y heces fecales, era común que la gente se bañara y lavara su ropa en esas aguas, lo que también las contaminaba. No sólo eso, desvío y consumo de corrientes incidían en dos fenómenos contradictorios: disminución del caudal que llegaba a la ciudad y acrecentamiento de las inundaciones. Acciones como las anteriores generaron descontento en la población, lo que afectó a los pobladores, orillándolos a realizar acciones que impidieran la llegada de las aguas a la ciudad, lo anterior lo realizaban por medio de tomas clandestinas a lo largo de los acueductos y cortes a la red.

Por lo tanto en la Ciudad de México el vital líquido abundaba sin embargo se encontraba contaminado, de igual forma Romero, P (1999:139) nos señala: “la ciudad contaba con 119 fuentes públicas, que enfrentaban problemas sanitarios”, lo que generaría que el agua limpia se convirtiera en un bien muypreciado, por lo que se comerciaba con la dotación del agua a la población y representaba así una fuente de ingreso y de poder a aquél que contase con la concesión.

Finalmente no fue sino hasta 1913 cuando se generaron las primeras obras hidráulicas que se permitiría el uso de agua de buena calidad para la población, esto se logró por medio de la generación de tres redes entubadas que proveían a la ciudad del vital líquido, las anteriores obras fueron producto de Manuel Marroquí, con las obras el nivel de higiene se mejoró notablemente en la capital de la ciudad.

En resumen el Porfiriato vio una creciente centralización del desarrollo en materia de agua y permitió que las localidades continuaran manejando sus recursos hidrológicos (prácticamente sin ninguna modificación a las mercedes impuestas por España). Sin embargo esto no se traduciría en una distribución equitativa y mucho menos atacó el problema de desperdicio, acaparamiento y sobreexplotación.

2.3 LA VIVIENDA Y SU IMPACTO EN EL ENTORNO, AMBIENTE, AGUA Y SALUD

2.3.1 Crecimiento poblacional, la vivienda social y el impacto ambiental

El crecimiento poblacional ha traído consigo serios problemas medio ambientales, uno de ellos es la expansión de la mancha urbana. La dinámica de crecimiento en México se caracterizó por el impulso a la industrialización y la substitución de importaciones, esto acarrió un creciente proceso migratorio de los campos a las ciudades (favorecido por la expansión de los mercados), generando la inserción de un sector social económicamente bajo (CONAPO, 2015:2). De lo anterior nacieron los lotes periféricos que presentan la posibilidad de hacerse de un patrimonio o vivienda de manera legal y accesible a las posibilidades económicas de un nuevo y creciente grupo poblacional (Véase tabla 7).

Tabla 7.
Población y Tasa de crecimiento

Rango	Zonas		Población			Tasa de crecimiento		
			Metropolitanas			medio anual (%)		
			1990	2000	2010	1990- 2000	2000 - 2010	1990 - 2010
Total Nacional			81249645	97483412	112336538	1.9	1.4	1.6
Total zonas metropolitanas	zonas	55	38945034	48739593	57053791	2.3	1.6	1.9
500000 o más hab.	o más	1	15162488	17844829	19371979	1.7	0.8	1.2
1000000 a 4999999 hab.	a	9	11817013	15477171	18808443	2.8	2.0	2.3
500000 a 999999 hab.	a	14	6459151	8615812	10774657	2.9	2.3	2.6
Menos de 500000 hab.	de	31	5506382	6801781	8098712	2.2	1.8	1.9

Nota: Fuente: Pérez, D, E, 2013:117.

Antes de examinar los datos de la tabla anterior es relevante señalar que algunas ciudades reportan en el año 2015 como Guadalajara, Yucatán y el Valle de México crecimientos de 2.6 promedio, superior al revelado en los años anteriores.

Acorde con lo anterior a medida que crecen las ciudades, afectan el equilibrio natural; además la falta de regulación y ordenamiento, en nuestro país, lo que forma una urbanización inapropiada, ejerciendo presión sobre los ecosistemas existentes. Las señales de este deterioro generalmente se observan en la acelerada deforestación y por ende en las cuencas hidrológicas y terrenos, como consecuencia se advierte erosión, deslaves e inundaciones en las zonas bajas de la cuenca.

Al considerar estos fenómenos, podemos deducir que el crecimiento promedio de 1.6% poblacional en general, consolidará la expansión urbana, por ende la periferia de las ciudades migrará hacia las zonas rurales, las personas que se ven prácticamente obligadas a desplazarse a este nuevo sector lo hacen para vivir generalmente en casas unifamiliares.

Similarmente, el proceso citado por lo general presenta dispersión urbana, efecto que afecta negativamente la salud, ambiente, seguridad, contaminación, entre otras, una forma de medir esto es mediante la densidad de población (véase tabla 8).

Tabla 8.
Densidad de Población por país

País	2011	2012	2013	2014
España	94	94	93	93
México	62	63	64	65
Reino Unido	261	263	265	267
Suiza	200	202	205	207

Nota: Elaboración propia Fuente: Banco Mundial 2015.

La dispersión con la que contamos en nuestro país es de 62 habitantes por kilómetro cuadrado, ocasionando que se consuma mayor extensión territorial que otros países. Conjuntando la dispersión, tasa de crecimiento poblacional y opciones de financiamiento las viviendas de interés social (INFONAVIT) continuarán presentando la mejor opción para la población generando un alto impacto ambiental. Tierras de cultivo, ecosistemas serán desplazados en los próximos años. Un ejemplo significativo de lo previo es la lluvia ya que

ella será incapaz de reabastecer los mantos acuíferos. Además la que logré reabastecer de agua el subsuelo, se verá contaminada por metales pesados, gasolina y aceites (entre otros contaminantes), que representan una amenaza a la calidad y cantidad de recursos particularmente hidráulicos en las ciudades de nuestro país.

2.3.2 El uso y manejo del agua en la región

México tiene un gran potencial de desarrollo en sus diversas regiones, para ello es necesario el uso de los recursos naturales con los que cuenta cada región. El manejo de los recursos que cada región utilice para su desarrollo regional es clave para la competitividad y productividad del estado. Igualmente es necesario para generar empleos y mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos.

El desarrollo regional involucra la necesidad de estudiar desde las características geográficas y los insumos naturales con los que se cuenta para planear estratégicamente las responsabilidades hasta los roles en pro del bienestar de la región.

La industrialización trajo consigo en los años de 1960 y 1970 nuevas ideas de desarrollo y planes urbanos es así como lo denota González, D (2008: 11). Con lo anterior es que en los estados de Puebla y Tlaxcala, se han creado lazos ancestrales en lo que se relaciona a la productividad, sobretodo la estrecha relación entre sus economías locales con la instalación de la industria automotriz en 1965.

En el estado de Tlaxcala trajo consigo el uso del agua para la nueva industria en crecimiento, por otra parte los crecimientos económicos promovieron el desarrollo poblacional, en vivienda, desarrollo urbano y diversos sectores económicos.

El resultado de este análisis mostrará la radiografía del recurso hídrico en el tiempo y su evolución hasta nuestros días.

Tlaxcala cuenta con una extensión territorial de 4,060,93 km lo que representa el 0.2% del total del territorio nacional, así mismo se encuentra ubicado en la meseta central, colinda con estados de Puebla, en el sur e Hidalgo en el norte, así como el Estado de México como lo muestra la figura 20.

Figura 20. Colindancia del estado de Tlaxcala

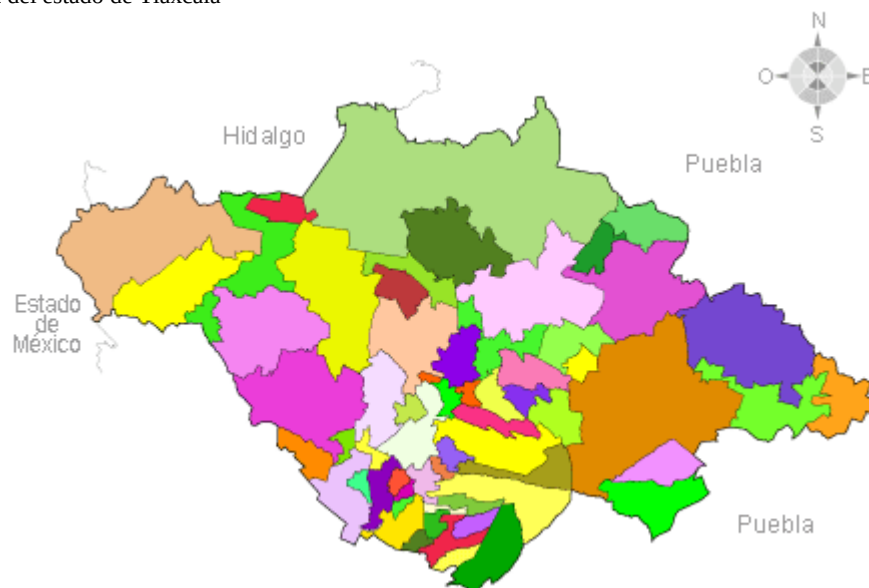


Figura 20. Colindancia del estado de Tlaxcala con los estados de: Puebla, Hidalgo y Estado de México (INEGI, 2010).

Al mismo tiempo la región que comparte con los estados antes mencionados y que se ilustran en la figura anterior, se correlaciona en la disposición del recurso hídrico ya que Tlaxcala comparte 4 cuencas hidrográficas con los territorios vecinos que son: Cuenca Moctezuma al noroeste con el estado de Hidalgo y México, al norte con Hidalgo en dos regiones en la cuenca del río Tecoatlutla y al sur y sureste con Puebla en lo que comprende la mayor sección del estado y pertenece a la cuenca del río Atoyac, en la figura siguiente se puede observar de forma gráfica la interacción del estado con las regiones vecinas.

Figura 21. Interacción hidrográfica con los estados vecinos

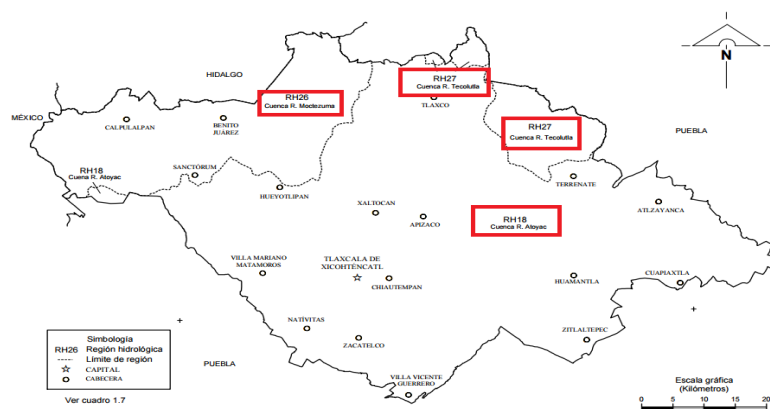


Figura 21. Interacción hidrográfica del estado de Tlaxcala con los estados colindantes (INEGI, 2010).

En relación con lo anterior es transcendental marcar el índice de población con los que se cuenta en el estado y las regiones cercanas ya que esto muestra la cantidad de agua que actualmente se utiliza en la entidad.

Por otra parte Tlaxcala es un estado en desarrollo, en lo últimos años ha tenido una explotación demográfica y demuestra un crecimiento sostenido en más de los últimos cien años lo que enlazado a los cambios económicos en la entidad como previamente se señaló es importante para el manejo del recurso hídrico.

Igualmente es importante señalar que el análisis de las características demográficas de la población ayuda a entender la evolución de las necesidades y contextualiza la creciente necesidad del uso del agua. Por todo lo anterior podemos observar en la figura 22 y datos del INEGI como la población ha tenido un crecimiento sostenido y exponencial en los últimos años, lo que nos trae un mayor uso de los recursos de la región.

Figura 22. Número de habitantes en Tlaxcala

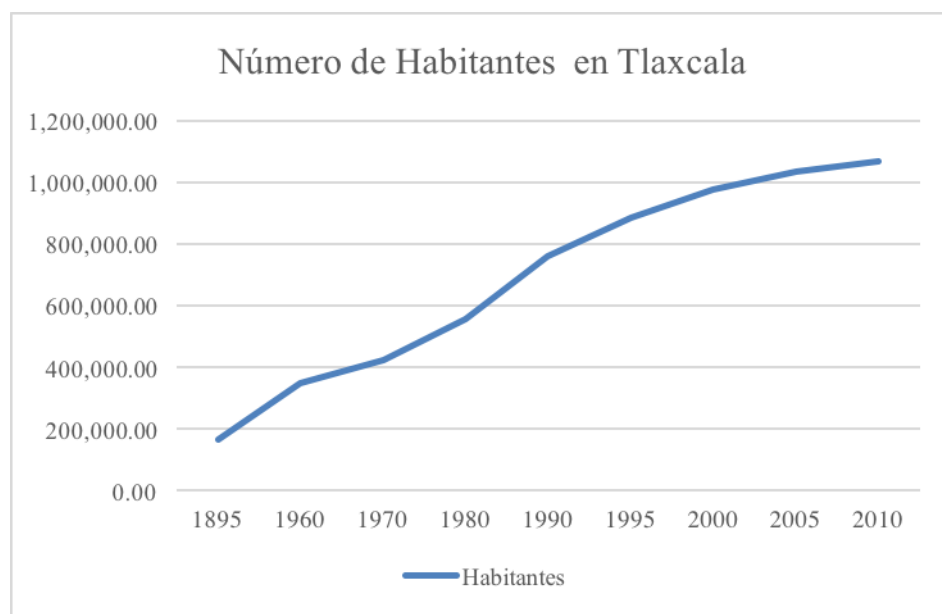


Figura 22. Número de habitantes en Tlaxcala según senso poblacionales (INEGI, 2014).

Simultáneamente al crecimiento poblacional, la economía del estado se centra en el sector terciario, destacando las industrias de servicios. La localización del estado posibilita la cadena de proveeduría a otras industrias situadas en las cercanías del estado. De igual forma en el sector terciario destaca la fabricación de maquinaria y equipos de transporte, seguidos por industria dedicada a fabricación de productos a base de minerales no metálicos y la industria manufacturera, sin embargo en los últimos años la industria de papel y productos de metálica básica (utilizan una gran cantidad de agua en sus proceso) son los que mayor crecimiento han mostrado de acuerdo a Fundación México Estados Unidos para la Ciencia así mismo el crecimiento de este sector se da por una o dos empresas en la entidad (AIT, 2013:27).

Figura 23. Cuencas regionales de agua

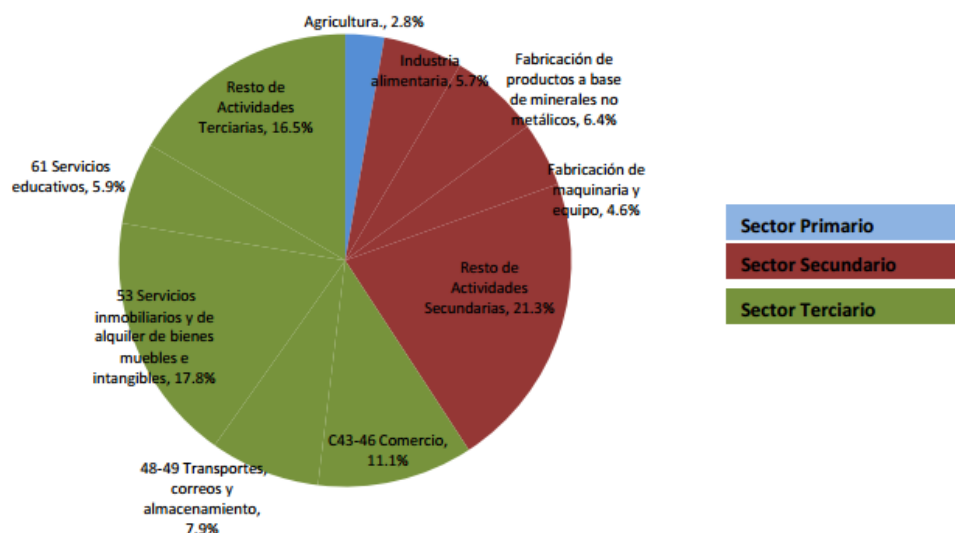


Figura 23. Cuencas regionales de agua tomada de Agenda de Innovación de Tlaxcala Documentos de Trabajo. (2014). CONACYT, 2, p.41.

Como resultado de lo anterior la CONAGUA en su reporte de títulos de concesión de agua para los diferentes usos del recurso hídrico al día 31 de octubre del 2015 exponen los volúmenes de agua por tipo de concesión, así mismo indica que se cuenta con mil ciento noventa y seis diferentes concesiones para el uso de las aguas nacionales, y se observa en la figura siguiente, misma en la cual muestra que la mayor cantidad de agua utilizada en la entidad, por extracción de aguas superficial, se destina para el uso agrícola seguida para los

uso público urbano en tercer lugar, en cuarto lugar la industria y servicios y por último el uso doméstico.

Figura 24. Volúmenes de agua por tipo de concesión

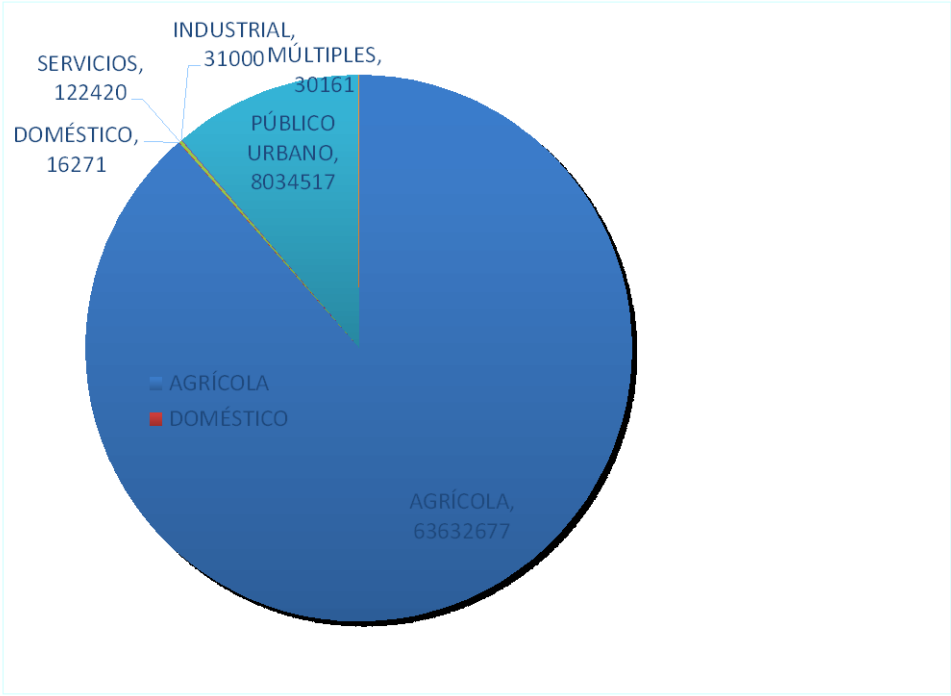


Figura 24. Volúmenes de agua por tipo de concesión que muestra el uso que se le da al agua en la entidad, modificada de CONAGUA, 2016.

Por otra parte el uso del recurso hídrico por extracción de la misma, modifica a algunos de los principales usuarios como es la industria y servicios donde la demanda baja, mientras que la agricultura sigue siendo la principal actividad demandante de agua. La extracción de agua para el abastecimiento de los hogares es menor reduciéndose en doce mil ochocientos ochenta y cinco metros cúbicos por año (véase figura 25).

Figura 25. Vólmenes de agua por sector

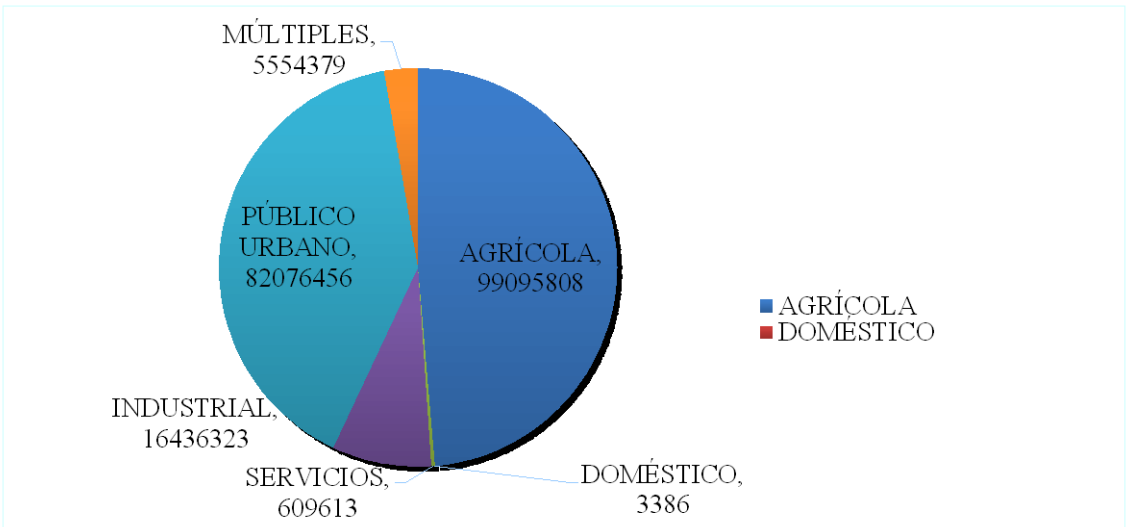


Figura 25. Vólmenes de agua por uso, gráfico de elaboración propia con datos de CONAGUA, 2016.

Se infiere que el suministro de agua en las viviendas proviene en su mayoría de aguas superficiales y en un menor porcentaje de aguas subterráneas. Luego entonces los problemas de salud y contaminación se correlacionarían por el vicio del agua en la superficie.

Figura 26. Actores en el uso y manejo del agua en Tlaxcala

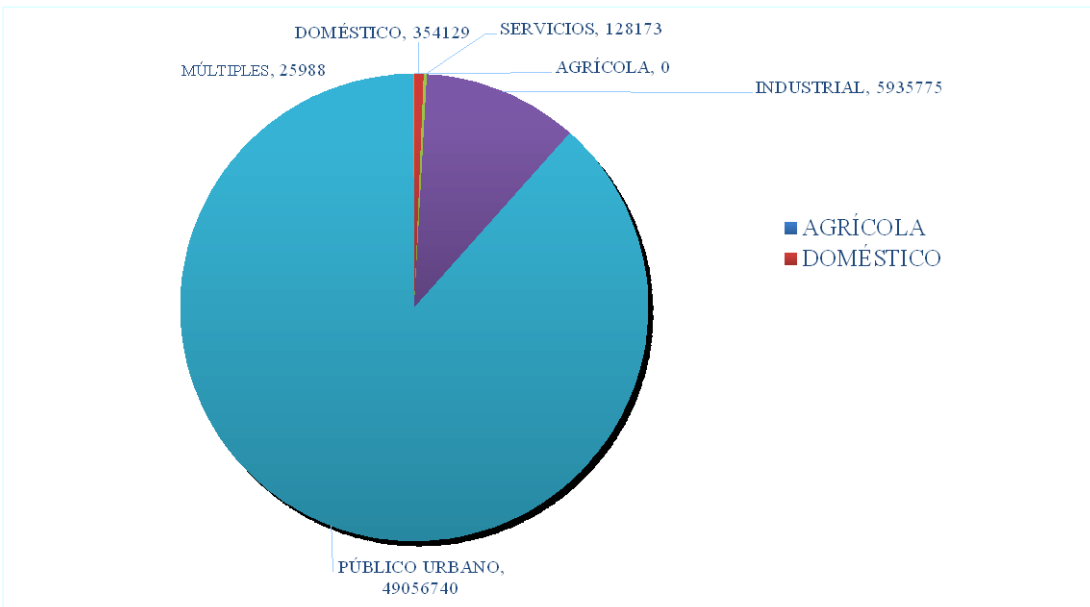


Figura 26. Actores en el uso y manejo del agua, gráfico de elaboración propia con datos de CONAGUA, 2016.

En la figura 26 observamos, de acuerdo con CONAGUA, que la mayor cantidad de aguas residuales es efectuada por el sistema público urbano, que incluye a las lluvias recolectadas, el segundo usuario con mayor contaminación es la industria y en tercer lugar la vivienda. Los datos anteriores definen claramente a los actores en el uso, manejo y contaminación del agua en la localidad.

Análizando la región, es importante situar a los tres agentes con mayor contaminación y uso del agua, industria, doméstico y público urbano.

Para el primer caso la entidad registra siete parques industriales; Ciudad industrial Xicohténcatl I, Ciudad Industrial Xicohténcatl II, Ciudad industrial Xicohténcatl III, Desarrollo Industrial Ex Hacienda San Martín, Parque Industrial de Oriente, Desarrollo Industrial Zitlaltepec SMP, Puerto Interior de Tlaxcala. Mismos que se ubican estratégicamente en las principales corrientes y cuerpos de agua.

Figura 27. Distribución de los parques industriales con relación a los principales cuerpos de agua

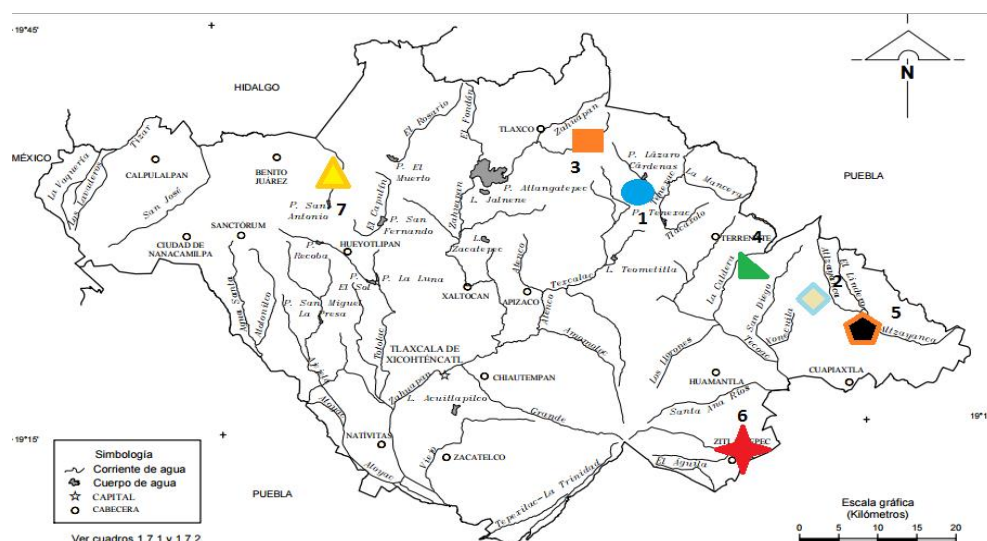


Figura 27. Distribución de los parques industriales en el estado de Tlaxcala, con relación al recurso hídrico, elaboración propia con base en INEGI, 2007.

En la anterior figura se observa la distribución de los parques industriales con relación a los principales cuerpos de agua en el estado, para nuestro caso de estudio el principal cuerpo de agua a tomar es el proveniente del parque industrial 1, Ciudad industrial Xicohtécatl I, y es el principal agente de residuos de agua a las corrientes superficiales de la región del municipio de Apizaco y Yahuquemecan,

El parque industrial previamente señalado ocupa una superficie total de 345.25 hectareas, de las cuales solamente 35.61 no se encuentran urbanizadas, el parque cuenta con una descarga 0.5 l/seg/ha, por otra parte las principales actividades industriales localizadas en el parque son:

1. **EMPRESAS MICRO:** textil, químicos y alimentos; metalmecánica, plásticos y minerales no metálicos.
2. **EMPRESAS PEQUEÑAS:** textil, productos metálicos, químicos, auto-partes, madera; metal básico, químico, minerales no metálicos, textil y metal básico.
3. **EMPRESAS MEDIANAS:** textil, minerales no metálicos, metal mecánica, auto-partes, papel y celulosa; autopartes, electrónica, papel y celulosa.
4. **EMPRESAS GRANDES:** textil, productos metálicos, auto-partes, electrónica, plásticos, fibra de vidrio y productos eléctricos.

Lo anterior denota una gran actividad de empresas químicas y de productos metálicos que desechan sustancias de la misma índole a los sistemas de aguas residuales. Para ilustrar de una forma objetiva podemos observar en las siguientes tablas y en la siguiente figura las principales industrias del ramo químico así como su localización:

Tabla 9
Empresa de la ciudad Industrial con giro química

Nombre	Dow agrosiences mexicana, s.a. de c.v.
Producto	Herbicidas e insecticidas agroquímicos
Nombre	Dow química mexicana, s.a. de c.v.
Producto	Poliuretano
Nombre	Fibras para el aseo, s.a. de c.v.
Producto	Fibras abrasivas para el lavado de trastes
Nombre	Laboratorios agro enzimas, s.a. de c.v.
Producto	Fito regulador de crecimiento vegetal, agroquímicos
Nombre	Química san José, s.a. de c.v.
Producto	Productos químicos

Nota: adaptado de: Contactopyme.gob.mx, (n.d.). *Dirección General de Promoción Industrial*. [En línea] Disponible en: <http://www.contactopyme.gob.mx/parques/empresa.asp?ID=119> [10 Jan. 2016].

Figura 28. Distribución de la Ciudad Industrial Xicohtencatl I

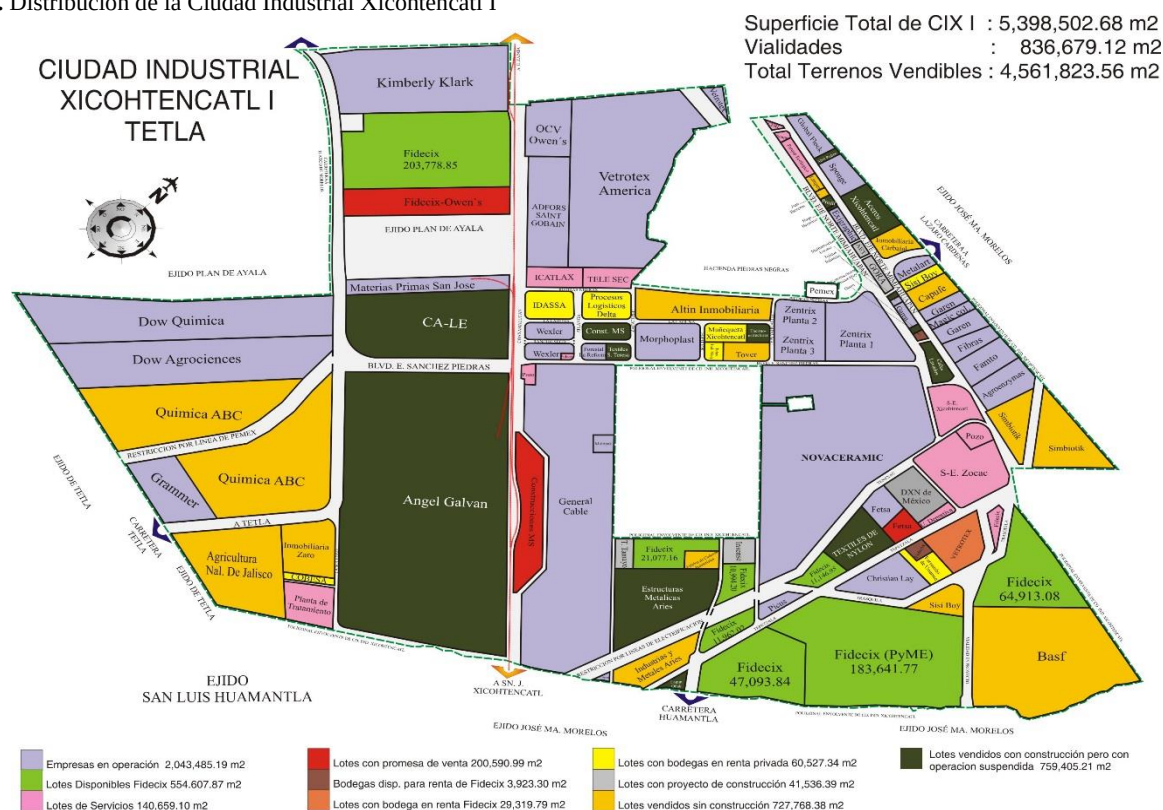


Figura 28. Distribución de la Ciudad Industrial Xicohtencatl I (Fidecix.com, 2014).

La Comisión Estatal del Agua de Tlaxcala (CEAT) no muestra los datos referentes a metales pesados y otras sustancias dañinas en sus monitores de agua, por ejemplo en su portal de internet www.ceat.gob.mx la CEAT muestra los análisis del año 2014 y exclusivamente la Demanda Química de Oxígeno y Demanda Biológica de Oxígeno (básicamente miden las bacterias existentes en el agua) así como grasas.

En resumen la industria que afecta directamente la región de análisis es la localizada en la ciudad industrial Xicohtécatl I ya que los hogares reciben en su mayoría aguas superficiales para la red de agua potable, por otro lado no se encontró evidencia en el momento del estudio de un correcto manejo de las aguas residuales de las industrias así como el seguimiento en metales pesados y otras sustancias por parte de la CEAT.

Con respecto al uso del agua y residuos particularmente en el área doméstica, de acuerdo a datos INEGI en la entidad se repartían hasta el año 2011 cuatrocientas setenta y seis diferentes fuentes de abastecimiento para todo el estado, con lo anterior se abastecen doscientas cincuenta y nueve mil seiscientos veinte viviendas, ello representa un nivel de abastecimiento del 95.3% y se abastece servicios como el suministro eléctrico al 98.5 % y de manera significativa doscientas sesenta y ocho mil seiscientos ochenta y una viviendas cuentan con drenaje lo que es el 94.2 % del total del parque industrial existente en el año 2010. (INEGI,2008:100) , por otra parte el INEGI en el II Censo de Población y Vivienda para el estado de Tlaxcala (INEGI, 2008:103) establece que en promedio cada hogar cuenta con 4.4 ocupantes, superior a la media nacional de 4.0; de igual manera las viviendas particulares representan el 89.2 % y los municipios de Tlaxcala y Apizaco que son los más habitados, el primero con veinte mil quinientos cuarenta y siete viviendas y el segundo con diecisiete mil ochocientos veintinueve hogares, (Yauhquemecan parte de la zona de estudio cuenta con dos mil trescientas setenta y cuatro), de igual forma el 91.4 % población en Apizaco cuenta con agua entubada al interior de ellas y proveniente de la red de suministro público, el 97.9 % de los habitantes del municipio cuentan con servicio público de drenaje (véase tabla 10), por otro lado la tasa de crecimiento del parque viviendas ha sido de 3.2%.

Tabla 10.
Disponibilidad de agua entubada

Año	Total	De la red pública dentro de la	De la red pública fuera de la	De llave pública o hidrante	No dispone de agua entubada	No especifica do
1990	137 135	45.8	42.0	2.5	9.2	0.4
1995	171 662	35.5	59.5	0.3	4.6	0.1
2000	193 288	47.0	43.2	4.6	4.0	1.1
2005	231 095	61.2	34.6	0.4	3.1	0.7

Nota: modificado de INEGI (2008:159).

La tabla anterior muestra que a pesar del crecimiento del número de viviendas en forma recíproca ha disminuido el número que no dispone de agua. Al mismo tiempo las conexiones a la red pública crecieron de manera significativa de un 45.8% a un 61.2%.

Por otra parte la zona de estudio, como previamente se señaló, se encuentra ubicada en los límites territoriales del municipio de Apizaco y Yauhquemecan, por lo que los indicadores de abastecimiento por tipo de forma de disponibilidad se indican en la siguiente tabla.

Tabla 11
Indicadores de abastecimiento

Año	Total	De la red pública dentro de la vivienda	De la red pública fuera de la vivienda pero dentro del terreno	De llave pública o hidrante	No dispone de agua entubada	No especificado
Apizaco	17 507	91.4	7.6	0.1	0.8	0.2
Yauhquemecan	6 570	82.2	12.8	NS	1.4	3.5

Nota: elaboración propia con datos de INEGI 2008:161.

Esto indica que en la región la mayor cantidad de casas obtienen su agua de la red pública ya sea dentro o fuera de sus hogares, la contaminación del suministro de esta red afecta prácticamente al 100% de los habitantes en estas comunidades.

Por otra parte, algo semejante ocurre con otros indicadores substanciales de las viviendas. El agua se suministra para el uso dentro de los hogares para limpieza, alimentación entre otros. Algunas organizaciones aseguran que el inodoro es uno de los lugares donde más agua se consume ya que para su función se emplea de 3 lts hasta 10 lts por descarga. En las viviendas en el estado de Tlaxcala el INEGI estima un promedio de 4.4 habitantes por hogar y contamos con una población en la región de 24 077 en la zona de estudio, se infiere que al día se descargan a la red de 317,816 lts hasta 1, 059, 388 lts con los datos previamente señalados. Sin embargo esta deducción no es del todo correcta ya que no toda la población cuenta con las mismas condiciones. Para poder contar con una mejor aproximación podemos observar los siguientes datos.

Tabla 12
Disponibilidad del recurso sanitario en Tlaxcala

Tlaxcala		Disponibilidad de sanitario		
Año	Total	Dispone	No dispone	No especificado
1990	137135	60.3	39.3	0.4
2000	193288	88.3	11.0	0.6
2005	231095	92.2	7.1	0.7

Nota: elaboración propia con datos de INEGI 2008:161.

Tabla 13
Disponibilidad del recurso sanitario en Apizaco

Apizaco		Disponibilidad de sanitario		
Año	Total	Dispone	No dispone	No especificado
1990	10 648	84.1	15.5	0.4
2000	15 299	96.6	2.9	0.5
2005	17 507	97.9	1.9	0.2

Nota: elaboración propia con datos de INEGI 2008:161.

Figura 29. Gráfico de comparación de Disponibilidad del recurso sanitario en Apizaco

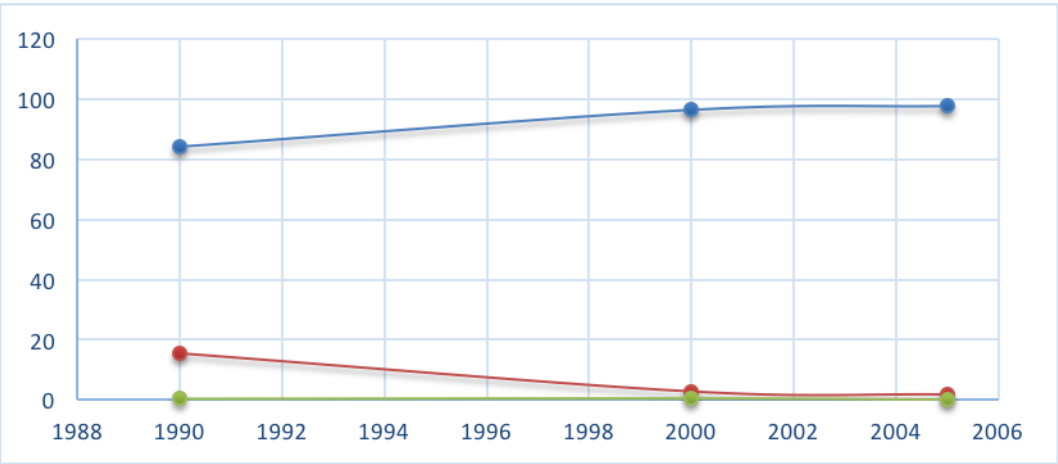


Figura 29. Elaboración propia con datos de INEGI 2008:161.

Tabla 14
Disponibilidad del recurso sanitario en Yauhquemecan

Yauhquemecan		Disponibilidad de sanitario		
Año	Total	Dispone	No dispone	No especificado
1990	2 372	50.2	49.4	0.4
2000	6 446	93.6	4.4	0.5
2005	6 570	93.1	4.4	2.5

Nota: Elaboración propia con datos de INEGI 2008:161.

Figura 30. Gráfico de comparación de disponibilidad del recurso sanitario en Yauhquemecan

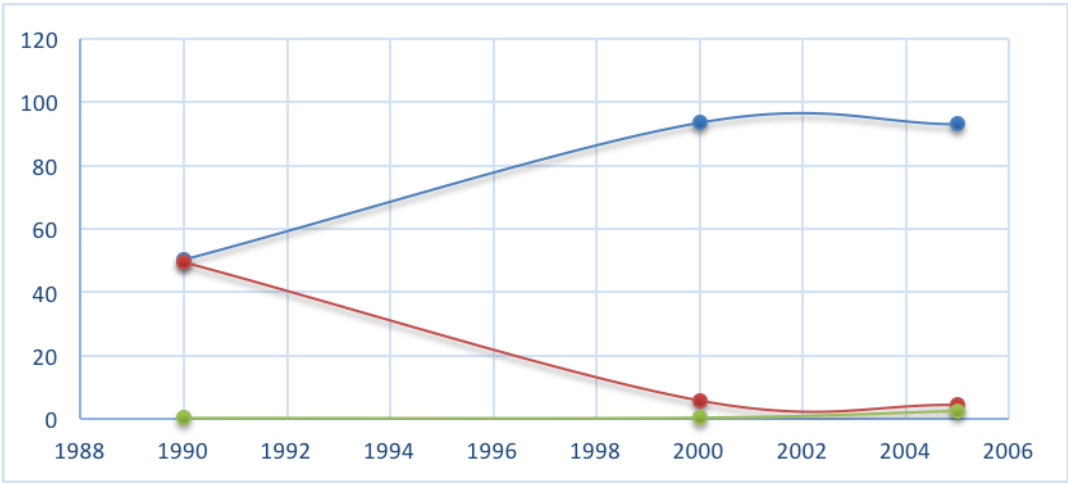


Figura 30. Elaboración propia con datos de INEGI 2008:161.

Con los datos anteriores deducimos que en la región 23,259.36 hogares cuentan con sanitarios, las descargas al sistema de drenaje entre 307,023 lts hasta 1, 023,411 lts. De igual forma la disposición de drenaje en la región es alto y se encuentra superior al 90% esto nos indica una importante medida de desarrollo en la entidad mejor ejemplificado en la siguiente tabla.

Tabla 15
Disponibilidad de drenaje

Tlaxca		Disponibilidad de drenaje		
Año	Total	Dispone	No Dispone	No especificado
1990	137135	57.9	40.6	1.6
1995	171662	75.9	24.0	0.1
2000	193288	82.2	17.1	0.7
2005	231095	90	8.8	0.8

Nota: Elaboración propia con datos de INEGI 2008:161.

Figura 31. Gráfico de comparación de disponibilidad de drenaje en Tlaxcala

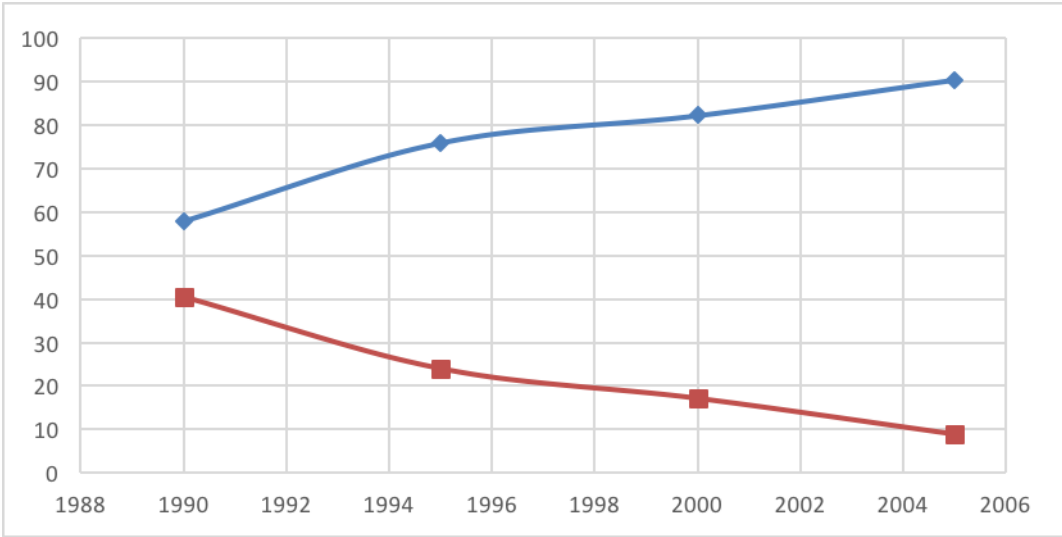


Figura 31. Elaboración propia con datos de INEGI 2008:161.

Tabla 16
Disponibilidad de drenaje en Apizaco y Yauhquemecan

Apizaco		Disponibilidad de drenaje		
Año	Total	Dispone	No Dispone	No especificado
1990	10648	84.9	14.3	0.8
1995	13761	95	4.9	0.1
2000	15299	94.3	5.1	0.6
2005	17507	98.1	1.7	0.2
Yauhquemecan		Disponibilidad de drenaje		
Año	Total	Dispone	No Dispone	No especificado
1990	2372	44.1	52.9	3.0
1995	3456	47.3	52.7	0.1
2000	4659	81.8	17.8	0.5
2005	6570	92.8	4.4	2.8

Nota: Elaboración propia con datos de INEGI 2008:161.

Figura 32. Gráfico de comparación de disponibilidad de drenaje en Apizaco

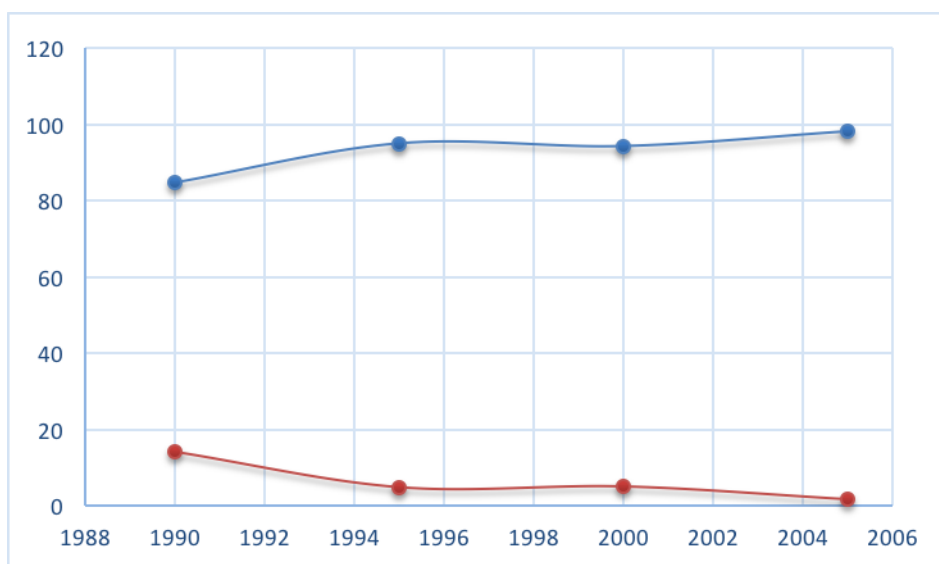


Figura 32. Elaboración propia con datos de INEGI 2008:161.

Figura 33. Gráfico de comparación de disponibilidad de drenaje en Yauhquemecan

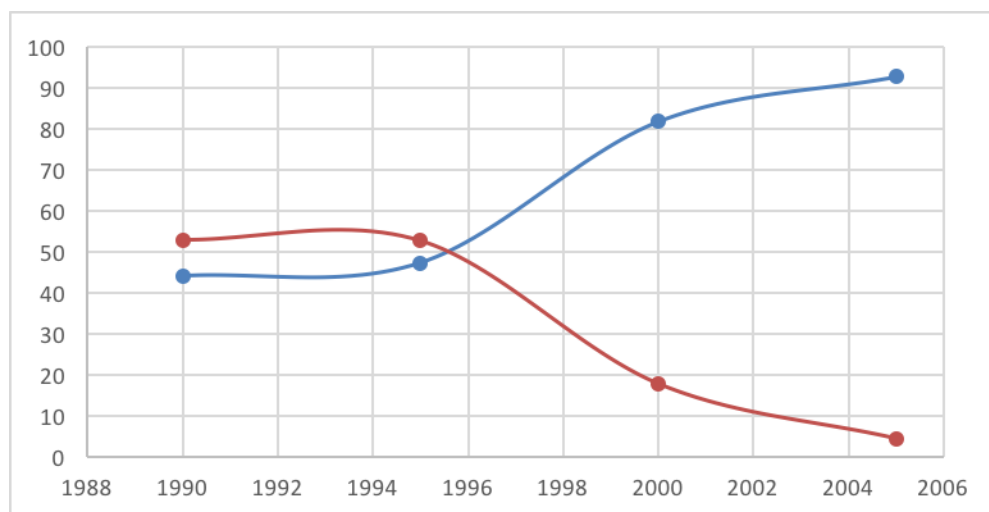


Figura 33. Elaboración propia con datos de INEGI 2008:161.

Es necesario recalcar que el crecimiento poblacional de los últimos años no ha afectado el suministro ya que a pesar de prácticamente incrementarse en más de 11 mil viviendas entre las dos entidades la disposición ha disminuido hasta el 1.7% y 4.4 % respectivamente, lo que supone que el suministro es vital para los habitantes ya que de estos sistemas obtienen el agua para su uso diario y cualquier afectación o contaminación del mismo afectaría a más del 90% de la población.

Con respecto al último punto de gasto del agua, uso de servicios de carácter público, se define como: La utilización de agua para el riego de áreas verdes, de propiedad estatal y municipal y para el abastecimiento de las instalaciones que presten servicios públicos, no permite identificar claramente el destino del agua.

En conclusión el uso del agua en la entidad se utiliza en: área agrícola, industrial, servicios públicos y doméstico. En la entidad existe una distribución prácticamente homogénea como lo muestran los datos de abastecimiento y drenaje de INEGI, algo muy particular de la entidad con el resto del país, sin embargo esto podría cambiar por una demanda excesiva que supere la cantidad de oferta en la entidad.

Dado que el consumo y residuos de la misma obedecen a nuestras actividades previamente descritas, lo anterior nos lleva a que el optimizar nuestros procesos y

concientización social repercutirá en el consumo de menor cantidad de agua y por ello menores residuos a tratar. En cuanto este último punto, residuos, la industria química y agrícola es lo que más contamina con un importante impacto con herbicidas e insecticidas agroquímicos, lo que puede ocasionar serios problemas a la salud en más del 90 % de la población de llegar a contaminar los afluentes que suministran el agua, que en su mayoría provienen como previamente se identificó de fuentes superficiales, ello con lleva a atender los problemas que los seres humanos ocasionamos en los ecosistemas, suministro y desecho de residuos en la entidad.

2.3.4 Caracterización de los metales pesados

Para entender los metales pesados es necesario describirlos, por ello para conocerlos mejor se realizarán las siguientes aseveraciones; los metales pesados son miembros de un grupo de elementos de la tabla periódica, son materiales constituidos por átomos de la misma clase, contienen en su forma más simple tanto protones y neutrones en su centro que los delimita de una categoría con respecto a otros, además cuentan con características físicas únicas que ocasionan que no se puedan descomponer por reacciones químicas en otros subproductos o elementos más simples, por otra parte algunos autores definen a los metales pesados a todo aquel elemento cuyo peso específico es mayor que 5 g cm^{-3} ó que cuenta con un número atómico superior a 20 (Barceló y Poschenrieder, 1992: 345).

Como resultado de lo anterior los elementos que cuentan con las características anteriores y forman parte del grupo metálico y metaloide son agrupados en el término “Metales Pesados”, además de señalar que son por lo general asociados a potencial toxicidad o ecotoxicidad (la ecotoxicidad estudia el destino y efectos de los contaminantes en los ecosistemas). Sin embargo algunos autores como J. Duffus en 2009 indican que la terminología de “metales pesados” no cuenta con una definición clara y la palabra es mal empleada o se abusa de su uso, ya que los metales en su estado puro no cuenta con las mismas propiedades tóxicas que aquellos que pasan por procesos industriales, sin embargo la legislaciones ambientales utilizan el expresión para agrupar contaminantes de esta índole por lo que es correcto su empleo.

Dichos elementos pueden ser encontrados de manera común en ecosistemas, sin contar con una afectación clara al ambiente. Su forma más común es en minerales y son extraídos en todo el mundo por sus propiedades fisicoquímicas para la elaboración de otros productos o subproductos para el ser humano. En cuanto a su toxicidad, como previamente se mencionó, es producto de procesos o materiales resultantes de actividades de los seres humanos como lo son residuos de combustibles y basura no orgánica.

Por lo que se refiere a su grado de toxicidad los elementos más conocidos son el Arsénico, Bario, Cadmio, Cobre, Mercurio y Plomo. Por otra parte a pesar de estar en la lista algunos de ellos, son esenciales para los organismos vivos para su correcto funcionamiento orgánico, claros ejemplos son el cobre y zinc. Por otro lado otros suelen ser demasiado dañinos como el mercurio y el plomo, lo anterior se debe a que no es necesario en las funciones orgánicas de los seres vivos, al ser introducido a una entidad viva éste se acumule en órganos y tejido generando así con el tiempo enfermedades.

En la actualidad uno de los importantes en abundancia es el plomo, ya que ese fue utilizado ampliamente para en la construcción (plomería), hoy en día las cañerías han sido sustituidas con plástico, la presencia de plomo en edificios anteriores a 1970 (Arqhys.com, 2014) es muy alta ya que se estima que no fue hasta este momento en la historia que se comienza con la sustitución de ambos materiales, la principal afectación por la presencia de plomo en tuberías se debe al desprendimiento de partículas en el agua que son arrastradas por la corriente de agua de los ductos que llevan al interior y uso dentro de la vivienda. Otra importante fuente de exposición para las personas dentro de las viviendas es la pintura, desde la que se encuentra en las paredes hasta aquella que se utiliza en los utensilios de cocina.

De manera semejante al plomo se le dan otros usos como cubiertas para cables, fabricación de frituras por medio de silicatos, vidrios y cerámicas, insecticidas lo anterior de acuerdo a Agencia para sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR; 2014:2-5), por lo que es de uso común en los hogares, el mayor problema de los elementos anteriores es el bajo porcentaje de eliminación del cuerpo humano, por lo que sus efectos son acumulativos (al no poder ser metabolizados por el organismo).

Figura 34. Fuentes de exposición a Plomo

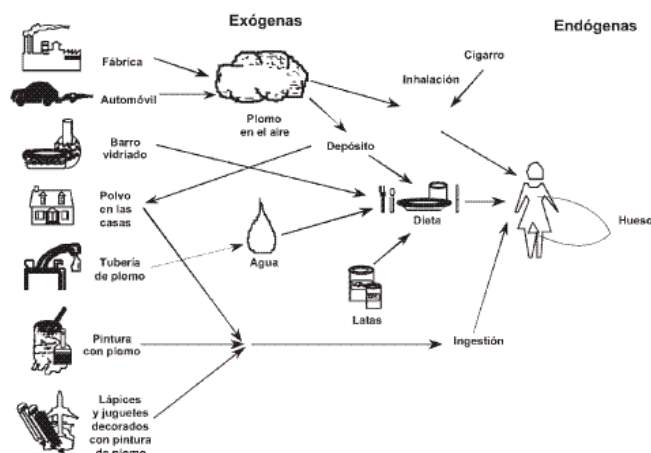


Figura 34. Fuentes de exposición a Plomo, que muestra las principales vías en las que dicho elemento llega al organismo, tomado de: Romieu, I. (n.d). *Uso de los datos de plumbemia para evaluar y prevenir el envenenamiento infantil por plomo en Latinoamérica*. Salud Pública Méx 2003; Vol. 45(sup 2):244-251.

Otro elemento altamente tóxico es el mercurio, de acuerdo a la RAE en 2016 es un metal poco abundante en la corteza de la tierra, además es altamente tóxico. Por otra parte es altamente usado en fabricación de plaguicidas, espejos. Por su alto peligro hoy en día los usos industriales y comerciales son restringidos, organizaciones como OMS establecen límites específicos para que una persona está expuesta a este material así como normas para la emisión en el medio ambiente. Otra fuente que se estima es muy alta para los seres humanos son los pescados y mariscos, lo anterior se debe a que al estar inmersos en agua, se convierten en receptáculo de diferentes derivados del mercurio como etímercurio y metilmercurio, elemento que se adhiere en las grasas y tejido muscular, que después es consumido por un ser humano incrementando la concentración de este elemento y deteriorando la salud. (Chapra, 1997).

Simultáneamente todas estas observaciones se relacionan con la contaminación del agua por mercurio, alguna de las fuentes de contaminación del agua comienza por el suelo por medio de la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, con la finalidad de incrementar la producción agrícola, que son filtrados al subsuelo por el agua de riego o lluvia en los terrenos de cultivo, otra parte es absorbido por los microorganismo y lombrices. En el caso de las filtraciones el agua transporta los elementos por medio del ciclo hídrico donde el hombre irrumpe para tomar el agua que abastecerá sus hogares y se ve expuesto a la contaminación.

Además los vegetales que son regados con aguas contaminadas absorben los metales pesados en sus células y desde ellos al incorporarse a la cadena trófica al ser humano. (J.Ramos 2012: 20).

Figura 35. Ciclo del Mercurio

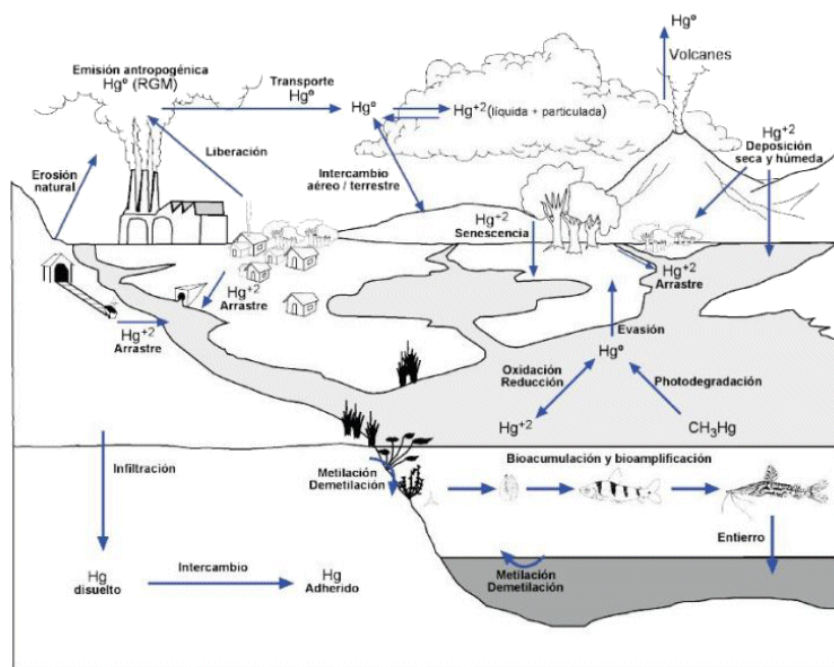


Figura 35. En la figura se puede observar el ciclo de mercurio en relación al recurso hídrico, tomado de: Harris et al. Citado en Molina, C., Gibon, F., Sánchez, Y., Achá, D., Benefice, E. and Guimaraes, J. (1995). Implicancia ambiental del mercurio en ecosistemas acuáticos de la Amazonía: Situación en Bolivia. *Revista Virtual REDESMA*, [en línea] p.25. Disponible en: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1995-10782010000300005&script=sci_arttext.

Por último y de acuerdo con la figura superior podemos observar el ciclo del mercurio y como este contamina el entorno; otro agente contaminante muy importante es la acción volcánica, fallas en la corteza terrestre, algunos autores como Molina et al. En 1995 estiman que las emisiones a la atmósfera son de aproximadamente 3000 toneladas al año y tienen un tiempo de residencia aproximada de un año, sin embargo otros autores estiman que solo el 20 % del total del mercurio ingresa en los cuerpos de aguas.

Lo dicho hasta aquí supone que la mayoría de los efectos dependen de la dosis que es ingerida o introducida al organismo, los efectos que se pueden producir desde inapreciables,, toxico o letales, rara vez se relacionan con la dosis ya que es complejo su seguimiento y

rastreo, dado que los factores como edad, tamaño, peso lugar de residencia entre otros pueden afectar significativamente los efectos en cada individuo (hogar).

Figura 36. Mercurio



Figura 36. Mercurio en estado sólido tomado de Mineral-s.com, (2016). *MERCURIO NATIVO*. [Online] Disponible en: <http://www.mineral-s.com/mercurio-nativo.html>.

El arsénico, es un elemento que se comporta como un metal sin embargo se encuentra definido dentro de la tabla periódica como metaloide, este elemento se puede encontrar en prácticamente cualquier estado de la materia, sin embargo es extraño encontrarlo de forma sólida en la naturaleza. Por otra parte algunos historiadores y científicos creen que se descubrió en el año 1250, sin embargo sus usos y nombres provienen desde la antigua Grecia, misma cultura que le da el nombre de “arsenikon” por su color amarillo asociado a sexo masculino y característica que da el nombre de “arsen” o varonil. El arsénico es altamente tóxico sin embargo es empleado hasta nuestros días en medicamentos, como componente de semiconductores, combustibles, pesticidas, fuegos pirotécnicos, veneno, cigarros, colorante y herbicidas.

Su existencia en nuestro planeta es muy común, ya que se encuentra tanto en la atmósfera como en el suelo y es llevado al medio ambiente de forma natural por emisiones volcánicas y actividades biológicas de los seres vivos del planeta.

Simultáneamente a su disposición en la tierra, se estima que en la actualidad el 70% de consumo va dirigido a la preservación de la madera (tratamientos para el cuidado y eliminación de insectos). En cuanto a su daño en el agua se conoce en la actualidad uno de los

casos más importantes por contaminación de pozos de agua y afluentes subterráneos, caso Bangladés, que de acuerdo a la FAO en 2006 esto afectará a más de 30 millones de personas, ahora bien en el reporte de FAO la OMS estima que el elemento se encuentra de forma natural en el subsuelo sin embargo este contamina el agua de los mantos subterráneos, recurso que es bombeado para satisfacer las necesidades de la población así como de cultivos, lo último se cree que incrementa aún más el riesgo a la salud humana ya que aumenta las posibles concentraciones en los humanos por encontrarse en los alimentos que son regados con esta agua. Por otro lado se estima que el 95% de las aguas extraídas va directamente para el uso de riego en campos de cultivo, mientras que el 5% restante es directamente usado para las viviendas. El arsénico concentrado es tan alto que cada año son depositadas en el suelo alrededor de mil toneladas de este material. La OMS en el mismo artículo señala que algunas de las formas más comunes de contaminación del agua se debe a que se encuentra de forma natural en suelos minerales y por corrientes de polvo que arrastran material hasta cuerpos de agua (ya sea por proceso natural de sedimentación o por escorrentía, ocasionando que la contaminación por esta sustancia sea muy común aunada a las actividades humanas de minería.

Figura 37. Arsénico



Figura 37. Arsénico, figura tomada de: Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, (2016). *ATSDR - La toxicidad del arsénico (CSEM) - ¿Qué es el arsénico?* [Online] Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/que_es_el.html [1 Nov. 2015].

El cadmio, uno de los metales más tóxicos, se estima que su toxicidad es cercana a la del mercurio, además es poco común en el planeta. Este elemento se encuentra principalmente enlazado al zinc por lo que todos los procesos antropogénicos relacionados con el zinc

producen o desprenden cadmio, actualmente se estima que más de tres cuartas partes de la producción mundial se emplea para la producción de baterías, la otra parte se utiliza en productos que van desde semiconductores, plásticos como el PVC, pinturas, acrílico, cigarrillos, entre otras.

La exposición de los seres humanos a este elemento se da principalmente por la ingesta de alimentos o agua contaminada, y la contaminación de los afluentes se genera por la industria que vierte veinticinco mil toneladas cada año al ambiente, de la cual la mitad es liberada en ríos por la disposición de rocas que fueron extraídas para el aprovechamiento de otros minerales como el zinc, plomo, fosfato o cobre. Uno de los mayores riesgos es la bioacumulación en plantas y vegetales lo que incrementa de manera exponencial las concentraciones de este elemento en el organismo a pesar de no ser tan alta en el entorno. Por otra parte en las viviendas la contaminación por cadmio se presenta por las soldaduras que se utilizan en las tuberías de cobre, que utilizan este compuesto, al viajar el agua por estas redes van erosionando estos materiales produciendo así el desprendimiento de soldaduras con cadmio. De igual forma la OMS estima que solamente del 1 % al 5 % del total de cadmio ingerido es transportado (absorbido) en el torrente sanguíneo.

Figura 38. Cadmio



Figura 38. Cadmio, figura tomada de: Energiahoy.com, (2015). Cadmio daña al páncreas; provoca insulina no funcional. Energía Hoy. [Online] Disponible en: <http://www.energiahoy.com/site/cadmio-dana-al-pancreas-provoca-insulina-no-funcional/> [14 Feb. 2016].

El cromo, es un elemento esencial para la vida humana sin embargo su ingesta en altas concentraciones es toxico, sus efectos en la salud humana son diversos desde incrementar la insulina, metabolismo de los lípidos entre otros, aún la OMS discrepa sobre sus funciones y beneficios. Actualmente su empleo es en pinturas, aditivo en aceros, aleaciones metálicas, su utilización prácticamente está limitada a la industria metalúrgica, por otro lado la contaminación de los ríos con este material se da principalmente por los residuos de la industria previamente señalada en ríos y lagos. De igual forma la OMS cree que el incremento en la ingesta o exposición con este metal puede traer serias consecuencias a la salud desde problemas renales (necrosis hepática y renal).

Figura 39. Cromo



Figura 39. Cromo tomado de: Indigo Hierbas, (2015). *El Cromo*. [Imagen] Disponible en: <http://indigohierbas.es/el-cromo-y-sus-beneficios/> [14 Nov. 2015].

El níquel es un elemento principal en el metabolismo microbiano, sus características fisicoquímicas son: buen conductor de electricidad y su ductilidad así como su disponibilidad en nuestro planeta lo convierte en un material muy empleado. La industria en la actualidad lo empleo en numerosas aleaciones que van desde artículos de joyería hasta imanes, en contraste con su abundancia y su empleo los vapores derivados de los procesos industriales la OMS considera que son altamente cancerigenitos así como joyería chapada con este metal, de igual manera la contaminación de cuerpos de agua se da por estos vapores que al ser desprendidos por los procesos antropogénicos son adheridos de forma involuntaria al ciclo del agua y al consumo humano.

Figura 40. Níquel



Figura 40. Níquel imagen tomada de: Gobierno Bolivariano de Venezuela, (2013). *Níquel*. [Imagen] Disponible en: <http://www.correodelorinoco.gob.ve/energia/gobierno-venezolano-asume-actividades-explotacion-niquel-aragua-y-miranda/> [6 Oct. 2015].

Zinc, es otro de los elementos abundantes en nuestro planeta, algunos estiman que su utilización data de 30 a.c. principalmente en piezas de latón, por otra parte el Zinc es un elemento básico para la vida humana y animal, este elemento se encuentra en muchas funciones enzimáticas así como en la síntesis del ADN, de igual forma se estima que el cuerpo humano alberga 40 mg por cada kg de peso de nuestro cuerpo, su exceso en nuestro cuerpo puede presentar problemas en las funciones inmunológicas y daño en los riñones. En relación con su producción nuestro país es el séptimo mayor productor de este elemento con 0.63 millones de toneladas en un año (United States Geological Survey (USGS), 2012), el elemento contamina nuestros hogares por medio del agua cuando es absorbido por plantas que son regadas con este material y al beber agua que contenga el mismo. Su inserción en los cuerpos de agua se da por medio de los residuos que se desprenden en los procesos industriales (baterías y proceso de galvanizado).

Figura 41. Zinc mineral



Figura 41. Zinc mineral tomado de: Latiza, (2013). *Asociación Latinoamericana de Zinc - LATIZA*. Disponible en: <http://www.latiza.com/pagina.php?pag=5&prin=2> [14 Nov. 2015].

El bario, es un elemento metálico su forma mineral común es la barita, su principal uso es la pirotecnia y como recubrimiento de conductores eléctricos, de igual forma en menor cantidad es utilizado en pinturas y venenos. Otro rasgo del bario es su facilidad de oxidación lo que lo lleva a reaccionar muy fácilmente en el ambiente, en la naturaleza existen dos formas básicas de este elemento que es el sulfato de bario y el carbonato de bario ambos en forma mineral en el subsuelo, además es trascendental señalar que este elemento de forma natural no se mezcla fácilmente con el agua lo que ocasiona por lo regular una baja concentración.

Lo anterior no quiere decir que las concentraciones de este elemento sean bajas sino que las aguas contaminadas por este elemento son originadas por sitios de desechos. Al igual que los otros elementos el ingreso de estos elementos es por ingesta o por respiración principalmente la ATSDR en 2014 estima que el bario es eliminado de forma natural del cuerpo por medio de la orina y heces, sin embargo una cantidad de él se deposita en huesos y dientes, se prevé que su ingestión prolongada causa daño en riñones, pérdida de peso y pulmones.

Figura 42. Bario



Figura 42. Bario elemento imagen tomada de: Mineropar.pr.gov.br, (2016). *Geologia na Escola/ Mostruario /Serviço Geológico do Paraná/Mineropar.* Available at: <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=99> [1 Oct. 2015].

En resumen la contaminación del agua por metales pesados es preocupante para la salud humana, las actividades antropogénicas han generado la contaminación de los afluentes y cuerpos de agua del planeta, por medio del ciclo natural del agua esta contaminación no sólo es regional sino mundial y desconoce fronteras o límites, por ello es trascendental la mitigación y estudio de estos elementos.

2.3.5 Impacto de los metales pesados en la salud

Los metales pesados se encuentran de forma natural en la tierra, ellos se pueden volver en contaminantes en la forma que las actividades antropogénicas alteran su distribución natural. Para ser más específicos el deterioro por metales pesados ocurre durante la extracción y procesamiento de materiales minerales o por su liberación en emisiones y afluentes, todo ello ocasiona contaminación del suelo, agua y organismos vivos.

Como se afirmó previamente los efectos son perjudiciales sin embargo cada elemento contiene aspectos particulares en sus mecanismos de acción y acumulación dentro del cuerpo humano y no todos han sido estudiados a fondo, sin embargo se puede afirmar que todos

comparten particularidades: el daño celular y acumulación en riñones, ocasionando así problemas renales.

Los efectos con respecto al medio ambiente son graves, particularmente hablando de agua, ello se debe a que el agua es esencial para toda la vida en el planeta y la contaminación de este vital líquido ocasiona de manera directa un daño en la salud de cualquier especie viva además de contaminar el suelo y aire, la mayor problemática de este perjudicial escenario de contaminación por metales pesados en todo el ambiente es que este tipo de afectación pasa desapercibida para la mayoría de nosotros además de que sus mayores efectos dañinos en la salud humana son similares a otras enfermedades.

Otro problema a la salud de los metales pesados es la no eliminación sin embargo algunos se logran eliminar en muy bajas cantidades, generando que el daño sea gradual por la acumulación en el organismo, aunado a este efecto la acumulación no es equitativa si no se realiza en ciertos órganos y tejidos.

En el caso particular del agua, se encuentra envenenada con estos elementos, lo que hace complicado tomar medidas de control o medidas sanitarias, ya que la gente hace uso del agua para todas las necesidades básicas, consumo, bañarse, etc. Por consiguiente las acciones deben estar enfocadas a controlar las fuentes de contaminación y prevenir su diseminación en el medio ambiente. No obstante todo lo anterior el enfoque a aquellos ríos o lagos ya contaminados deben presentarse medidas de bio remediación.

En resumen las alteraciones a nuestra salud son importantes debido a la contaminación de estos elementos, por ello a continuación indagaremos en cada uno de los elementos de nuestra investigación, su presencia en el agua así como los daños a la salud que la OMS estima o prevé.

Actualmente la OMS en su quinto foro de seguridad química en el año 2006 emitió en su documento rector los efectos de no cuidar el ambiente y particularmente los metales pesados. Por otro lado se subrayó que los problemas de salud asociados con el cadmio, plomo y mercurio son bastante conocidos por la comunidad científica. (FISQ, 2006) sin embargo el estudio y daños de otros elementos en esta categoría aún son desestimados.

Para comenzar con el análisis partiremos del mercurio, la utilización de este elemento en la industria a través de los años es usual, muchas compañías han generado productos desde

termómetros hasta partes automotrices y aeroespaciales, aun cuando estos productos no representan un riesgo para la salud en sus diversas formas, si resulta una amenaza grave cuando este se diluye en el agua o en el aire por los mismos procesos industriales que dieron pauta en su primera instancia a sus productos finales, debemos agregar que las principales industrias contaminantes o que utilizan este producto para sus procesos son las plantas químicas y fabricas metalúrgicas.

Tabla 17
Datos estimados de contaminación mercurio

Categoría de fuente	Consumo estimado de mercurio a nivel mundial, en toneladas métricas	Emisiones atmosféricas estimadas de mercurio a nivel mundial, en toneladas métricas
MAPE de oro	806	350
Fabricación de monómero	770770	00
Plantas de cloro-álcali	492	60
Baterías	370	20
Amalgama dental	362	26
Instrumentos de medición y control	350	33
Alumbrado	135	13
Instrumentos eléctricos	200	26
Otros	313	29
Total	3,798	557

Nota: tabla de elaboración propia con datos de IPEN. (2016). Introducción a la Contaminación por Mercurio para las ONG, Vol. 1.

Además debemos mencionar que la población más vulnerable de acuerdo a la OMS son las mujeres en gestación y niños, un rasgo particular de este elemento es que se encuentra actualmente en altas concentraciones en peces y particularmente en los más grandes depredadores como ballenas, atún y tiburones. De ahí que una de las principales fuentes de contaminación por mercurio sea la ingesta o la exposición a niveles altos de este elemento en el agua que bebemos.

La forma más común de actuar en el ser humano, después de la ingesta y exposición, es la de actuar como una neurotóxica interfiriendo con el sistema nervioso central, una vez contaminado con altas dosis de este elemento puede ocasionar lesiones cerebrales, parálisis, estados delirantes y habla incoherente. Ejemplo de lo anterior se presentó en la comunidad de

Minamata, Japón, lugar que por tener uno de los primeros casos de intoxicación por mercurio dio el nombre a una rara enfermedad “enfermedad de minamata” esta enfermedad incluye síntomas como alteraciones sensoriales, deterioro de los sentidos (oído, vista), ataxia y parálisis, así como la muerte; se estima que la contaminación ocasiono más de mil muertes directas en seres humanos así como más de 400 casos de problemas neurológicos todos asociados a la ingesta de mariscos y agua con altas concentraciones de mercurio dicho suceso se sucitó a causa de los desechos de una fábrica que vertía sus contaminantes al afluente del río “minamata”, no sólo las personas se vieron afectadas por esta contaminación sino también los animales que vivían en la región.

Otro riesgo preocupante de la contaminación por mercurio se da en mujeres embarazadas, ya que este puede fácilmente transmitirse de la placenta al feto, además existe el riesgo de que el bebé pueda acumular concentraciones más altas que la misma madre y presentar riesgos de enfermedades previamente mencionadas.

El mercurio se puede encontrar en tres diferentes formas; mercurio elemental, mercurio inorgánico y mercurio orgánico. El primero es conocido por su estado líquido y su color plata, además es todo aquel que está en bombillas de luz fluorescente, amalgamas dentales, termómetros y otros equipos médicos, el segundo es el mercurio inorgánico en pilas, laboratorios, desinfectantes y medicamentos, por último el mercurio orgánico se presenta en desinfectantes vapores de combustión y peces. Sus daños al organismo de manera análoga a su forma varían por ejemplo; el mercurio elemental se considera prácticamente inofensivo, esto se da a su alta densidad lo que evita que pueda ser absorbido no obstante no deja de ser dañino si por circunstancias llega a ser inhalado y entra en los pulmones, genera daños como: vómitos, dificultad respiratoria, encías inflamadas. Hay que mencionar además que una larga exposición respiratoria en esta forma puede traer a largo plazo daño cerebral.

En cuanto al mercurio inorgánico es altamente tóxico para los seres humanos, su ingesta presenta síntomas dañinos de forma automática como lo son; ardor en garganta y estómago así como diarrea y vómito con sangrado. Conviene subrayar que de presentarse su ingreso en el torrente sanguíneo ataca directamente a los riñones y el cerebro presentando daño cerebral, insuficiencia renal y hasta la muerte.

Por último el mercurio orgánico para causar un daño en la salud humana debe presentar largos periodos de exposición y sus efectos de igual forma pueden presentarse después de mucho tiempo como endurecimiento de la piel, ceguera, problemas de memoria, daños renales, convulsiones y la muerte. Al mercurio orgánico comúnmente se le conoce como metilmercurio

Para resumir los daños al organismo por el mercurio podemos observar la siguiente tabla con sus principales síntomas.

Tabla 18
Principales síntomas por ingesta de mercurio

Forma	Principales fuentes de contacto	Síntomas o enfermedades
Mercurio Elemental	Termómetros de vidrio	Sabor metálico
	Interruptores eléctricos	Vómitos
	Bombillas de luz fluorescente	Dificultad respiratoria
	Obturaciones dentales	Tos fuerte
	Algunos equipos médicos	Encías inflamadas y sangrantes
	Agua contaminada	
Mercurio inorgánico	Pilas	Ardor en el estómago y en la garganta.
	Laboratorios de química	
	Algunos desinfectantes	Diarrea y vómitos con sangre.
	Medicamentos de la cultura popular	
	Mineral cinabrio rojo	
	Agua contaminada	
Mercurio orgánico	desinfectantes (antisépticos)	Entumecimiento o dolor en ciertas partes de la piel.
	viejos, como mercurocromo rojo (merbromin)	Estremecimiento o temblor incontrolable.
	Vapores de la combustión del carbón convertidas en mercurio orgánico por ciertos organismos	Incapacidad para caminar bien. Ceguera y visión doble.
	Peces que hayan ingerido una forma de mercurio orgánico	Problemas con la memoria.
	llamado metilmercurio	Convulsiones y muerte (con grandes exposiciones).
	Agua contaminada	

Nota: en la tabla se observan los principales síntomas relacionados con la ingesta de Mercurio fuente: Bird TD. Dementia. En: Fauci AS, Harrison TR, eds. *Harrison's Principles of Internal Medicine*. 17th ed. New York, NY: McGraw Hill; 2008: capítulo 365.

Por último la OMS advierte que el consumir 30 gr de pescado al día triplica el riesgo de muerte por ataque cardíaco o problemas cardiovasculares. De igual forma los efectos en el sistema inmunológico son alarmantes por la exposición; pruebas con animales han demostrado que la exposición prenatal produce efectos a largo plazo produciendo susceptibilidad a enfermedades infecciosas y autoinmunes. Por último se encontró que existen asociaciones importantes entre el mercurio y la leucemia aguda así como tumores renales y daños cromosómicos y reducción en un 79% en tasas de embarazo.

De manera semejante al mercurio el plomo es un metal pesado al que estamos expuestos de manera constante ya sea por respirar el humo de la combustión de algunos hidrocarburos, por beber o comer algún alimento contaminado o por la misma exposición que encontramos dentro de nuestras casas como la pintura de paredes; la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos de América citado por Jacob, L. En 2016 estima que más de 3 millones de personas se encuentran en riesgo por exposición al plomo y que aún hoy uno de los mayores envenenamientos por este elemento se da en la casa y particularmente en todas aquellas que fueron pintadas antes de 1978 o cuentan con muebles de esa época, sin embargo en nuestro país no se cuenta con esas estimaciones. Por otra parte, en la actualidad las personas creen tener sus hogares libres de plomo pero las tuberías de agua elaboradas con cobre que dicen ser más seguras para el suministro de agua potable se ve contaminada por plomo, lo anterior se debe a que este dañino elemento se encuentra en las soldaduras y en los grifos.

Aunque al inicio el envenenamiento con plomo puede no presentar síntomas, longitudinalmente causa estragos, algunos de los daños más severos por este envenenamiento se presenta principalmente en cerebro, sangre, riñones y el sistema reproductivo. Los síntomas en las etapas tempranas de envenenamiento son; dolores de cabeza, fatiga, malestar estomacal, insomnio, irritabilidad, sabor metálico, pérdida o falta de apetito, problemas en el sistema reproductivo. Mientras que en etapas más avanzadas los síntomas son; problema de memoria, problema en riñones, náuseas, estreñimiento, dolores musculares y debilidad. Como se puede observar los síntomas son muy parecidos a otras enfermedades por lo que su diagnóstico no es fácil de deducir, generalmente las primeras etapas de envenenamiento ascienden en su gravedad hasta la muerte.

A lo anterior se le debe sumar que la respuesta física a los metales de cada individuo es diferente complicando más el diagnostico, sin embargo la ATSDR estima los efectos de acuerdo al nivel de plomo en la sangre véase tabla 18.

Tabla 19
Efectos según el nivel de plomo en sangre

Efectos	Nivel de Plomo en la Sangre (mcg/dl)
Daños severos al cerebro (encefalopatía).	100
Dolores de cabeza, problemas de concentración y de memoria, dificultades con el sueño, cambios de carácter repentinos.	60 – 70
Anemia.	60
Dolor de estómago, estreñimiento, diarrea, falta o pérdida de apetito.	50 – 70
Problemas en el sistema nervioso; reducción de glóbulos rojos.	50
Problemas en el sistema reproductivo en los hombres; daños en el riñón.	40
Los reflejos se vuelven lentos.	30
Efectos dañinos al feto; presión arterial alta.	10. 15

Nota: en la tabla se muestran los principales síntomas de los diferentes niveles de Plomo en sangre modificado de: Abadin, H., Ashisawa, A., Stevens, Y. Y Lladós, F. (2007). Toxicological Profile for Lead. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*. Disponible en: <https://www.citethisforme.com/es/cite/journal/autocite>.

Como podemos observar los daños van desde cantidades muy bajas hasta cantidades más altas y es importante recalcar que el envenenamiento por plomo puede desencadenar en la muerte.

Otro serio problema del plomo es que es resistente a la corrosión, cuando este elemento es expuesto al aire o al agua se crea una pequeña capa que protege al resto del metal de la corrosión esto se relaciona con su difícil descomposición, además en un metal pesado muy utilizado en baterías, principalmente de autos, y cables eléctricos para evitar su corrosión.

El panorama es desalentador, sin embargo este escenario ha sido producto de las actividades humanas en el ambiente ya que se estima que los niveles de plomo en el entorno ha aumentado más de mil veces en los últimos tres siglos, teniendo particularmente su mayor índice en los años de 1950 y 2000.

Por último es importante señalar que el envenenamiento por plomo en personas adultas puede ser reversible, siempre y cuando sea en un grado leve, sin embargo es de peligro en

niños ya que en ellos hasta los niveles más bajos de plomo impactan en su desarrollo intelectual generando problemas de aprendizaje o discapacidad intelectual.

Cadmio, este elemento como previamente se había descrito se encuentra en la naturaleza de forma natural, sin embargo siempre se encuentra acompañado o combinado con otros elementos como el cloruro, azufre, etc. Su extracción se da en la actualidad derivada de la explotación de otros elementos como el zinc, plomo y cobre, que son los que principalmente se buscan y derivan en extraer al cadmio como residuo secundario.

El problema que representa el cadmio para la salud humana se halla en su naturaleza que limita, igual que el plomo, la corrosión. Lo anterior aunado a su baja degradación en el ambiente lo que genera que sea muy fácil la contaminación por este elemento, ya que puede estar viajando en partículas antes de depositarse en la tierra o agua.

Con base en lo anterior es posible decir que la contaminación por cadmio se da principalmente por las actividades de minería que buscan extraer otros elementos, sin embargo otro tipo de actividades antropogénicas se suman para elevar la contaminación por este elemento como lo son el uso de cadmio en baterías, pigmentos y revestimientos de metales y plásticos con el fin de limitar la corrosión.

Tabla 20
Síntomas por Cadmio en el torrente sanguíneo

Forma	Principales fuentes	Síntomas o enfermedades
Cadmio	Subproducto de la minería, fundición, y refinación del zinc, y en menor grado de la del plomo y cobre. En promedio se recuperan unos 3 kg de cadmio por tonelada de zinc	Problemas en las agallas y riñones. Pobre mineralización de los huesos. Anemia. Crecimiento retardado. Anormalidades del desarrollo y comportamiento. Cáncer Enfisemas pulmonares

Nota: en la tabla se muestran los principales síntomas de los diferentes niveles de Plomo en sangre modificado de: Abadin, H., Ashisawa, A., Stevens, Y. Y Lladós, F. (2007). Toxicological Profile for Lead. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*. Disponible en: <https://www.citethisforme.com/es/cite/journal/autocite>.

El cadmio en la salud afecta principalmente a los pulmones y riñones, causando en los casos de menor exposición irritaciones graves de estómago, vómito y diarrea y en los casos más severos por una larga exposición daño en riñones (enfermedades renales) y daño a pulmones. Así mismo el departamento de salud y servicios humanos (DHHS) por sus siglas en inglés en sus principales informes aseguran que es un elemento carcinogénico.

Aunado a lo anterior la DHHS indica que los niños se encuentran en mayor riesgo de contaminación por cadmio ya que ellos absorben este elemento de una forma mayor a la de un adulto, además de presentar problemas de aprendizaje.

Dentro del agua la EPA, FDA y OSHA han establecidos criterios claros para la exposición (ingesta) de cadmio por una persona para no ser letal o enfermar su tabla comparativa es la siguiente:

Tabla 21
Cantidades permitidas para exposición de cadmio

Fuente de contaminación	Cantidad Permitida
Agua Potable	La EPA ha establecido que la exposición a concentraciones de cadmio de 0.04 mg/L en el agua potable por hasta 10 días no causará efectos adversos en un niño.
	La EPA ha establecido que la exposición de por vida a concentraciones de cadmio de hasta 0.005 mg/L no causará efectos adversos.
Productos de Consumo	La FDA ha determinado que los niveles de cadmio en el agua en botella no deben exceder 0.005 mg/L.
El aire del Trabajo	La OSHA ha establecido un límite de exposición legal de 5 µg/m ³ de cadmio como promedio durante una jornada diaria de 8 horas.

Nota: elaboración propia con datos de Resumen de Salud Pública Cadmio. (1999). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*, 19. CAS#: 1306-19-0 Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.pdf [7 enero 2016]

El bario, de acuerdo con la ATSDR en 1999 es un metal de color blanco – plateado y que se encuentra en la naturaleza en muchos compuestos, de los cuales existen dos formas muy comunes el sulfato de bario y el carbonato de bario, estas dos formas son las más comunes en su estado natural, sin embargo por la intervención humana existen otros componentes del bario como el cloruro de bario, nitrato de bario e hidróxido de bario. Es importante señalar que el bario generalmente no se encuentra disuelto en el agua, de hecho su

comportamiento químico genera que no se mezcle y aquella cantidad que si lo hace por su modificación se disuelve prácticamente en el vital líquido, por ello la ATSDR señala que cuando el agua se encuentra contaminada por bario se debe a la contaminación en sitios de desechos.

El bario es un compuesto que tiene muchos usos importantes como lo son: su utilización en las industrias de gas y de petróleo para la perforación de pozos, en ladrillos, baldosas, vidrio, así como veneno para insectos y ratas, en la industria del papel, como sellador y más importante aún para el refinamiento de azúcares y aceites vegetales.

A pesar de su uso en muchas de nuestras actividades el bario aún no está catalogado como cancerígeno y sus efectos en la salud son poco estudiados o limitados, la ATSDR en su boletín CAS # 7440 -39 – 3 describió que actualmente el bario no se disuelve como el sulfato de bario y es perjudicial, así mismo las afectaciones en niños o adultos no están establecidas ni sus posibles daños. Los únicos datos o recomendaciones por el gobierno federal de EUA y por la norma Mexicana determinan como límite de exposición la siguiente tabla.

Tabla 22
Límite de exposición por plomo

Agencia	Límite
EPA	límite de 2.0 miligramos de bario por litro de agua potable (2.0 mg/L ó 2.0 ppm)
OSHA	límite de exposición permisible (PEL) de 0.5 miligramos de compuestos solubles de bario por metro cúbico de aire en el trabajo (0.5 mg/m ³) durante una jornada diaria de 8 horas, 40 horas semanales.
OSHA	límite de OSHA para polvos de sulfato de bario en el aire del trabajo es de 1.5 mg/m ³ y 5 mg/m ³ para la fracción respirable
NIOSH	Límite de exposición 0.5 mg/m ³ para los compuestos solubles de bario.
NMX-AA-051-SCFI-2001	0.7 mg/l

Nota: tabla de elaboración propia con datos de *Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)* Bario y compuestos de bario. (2007). Bario y compuestos de bario, (CAS # 7440-39-3), p.2.

En resumen, lamentablemente en nuestro país los estudios y análisis de casos por estos elementos son escasos, los daños y consecuencias que ellos pueden causar en los mexicanos no han sido estudiados y sus niveles en el medio ambiente aún son desconocidos en muchas regiones, aun cuando hoy en día contamos con la base de datos de defunciones por tipo de enfermedad y región es complejo el ligar o contar con el verdadero factor atribuible a los metales pesados y más aún a un tipo en particular. Por otra parte podemos observar en los cuatro casos anteriores que en efecto el plomo, mercurio y cadmio han sido altamente estudiados, contrario al resto de los metales pesados, sin embargo podemos deducir por el comportamiento de ellos que las afectaciones serían muy similares en la salud del resto de ellos como problemas renales y de aprendizaje, así como su directa correlación como agentes cancerígenos.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLOGÍCO

3.1 INTRODUCCIÓN

En la presente investigación nos enfocaremos al análisis del ser humano- agua-vivienda. El agua contiene particularidades, químicas, bacteriológicas, temperatura, entre otras, sin embargo esto es afirmativo para condiciones de una fuente (pozo o suministro de agua para el abastecimiento), no obstante el recurso hídrico constituye parte de un sistema mayor. Con base en la premisa anterior muestrear y determinar las cantidades de metales pesados, permitirá identificar las concentraciones que un desarrollo multifamiliar aporta al sistema de alcantarillado municipal.

Para el muestreo, análisis y preservación de las muestras de agua, se utilizaron recipientes de polietileno y procedimientos de lavado por medio ácido nítrico diluido en el laboratorio, evitando toda contaminación accidental. Se realizó el muestreo en sitio (registro), en cuatro diferentes ocasiones (la temporalidad fue bimestral, comenzando con el mes de febrero) con la finalidad de observar el comportamiento en las diferentes estaciones climáticas. Una vez obtenida la muestra en *sitio* el contenido se hará pasar por una membrana celulosa de 0.45 mm a un vaso de precipitado previamente preparado (procedimiento anterior) al igual que el recipiente para eliminar residuos finos que podrán tener las aguas. Con el procedimiento anterior se procedió a introducir la sonda del equipo *Metalyser*, que cuenta con tres electrodos que permiten medir temperatura y metales pesados en proporciones de hasta 1 ppb.

Los elementos seleccionados son: Arsénico, Bario, Cadmio, Cobre, Mercurio y Plomo. Los metales seleccionados son considerados de mayor interés por la alta toxicidad bajo la normatividad vigente. Relativa a la calidad de agua destinadas para uso o consumo humano. Los datos recolectados se cotejan con los límites permisibles de la misma norma para su análisis.

3.2 TIPO DE ESTUDIO UNIVERSO Y MUESTRA

La investigación del presente trabajo es de campo, dentro de la cual se encuentra el estudio de caso para la obtención de información directamente de la fuente. Para ello se han medido datos en la entrada del agua a la vivienda (llave de agua potable) además de las salidas (descarga residual a drenaje) véase figura 40 que muestra el mapa de la zona que será objeto de la presente investigación.

Lo anterior exige realizar controles para evitar la contaminación de las muestras durante su recolección y transporte a laboratorio. De igual forma para ello se requiere de la ayuda de un especialista en el manejo del equipo e interpretación de los datos. Por otra parte al ser un estudio de la vivienda la investigación se abordará desde esta perspectiva, pero también se tomará un enfoque en salud y desarrollo.

Así mismo la falta de referentes en el tema de investigación en la región obliga al estudio documental de otros casos y literatura de otros países para aprovechar los aportes de información actualizada y contenida en otros medios de referencia.

Por otra parte aún cuando existe una gran cantidad y diversidad de tipologías de vivienda para el presente estudio se utilizará un desarrollo inmobiliario de INFONAVIT, ya que este representa más del 70 % de la vivienda existente en nuestro país. Además que la región ubicada entre los municipios de Apizaco y Yahuquemecan es una de las zonas con mayor crecimiento de este tipo de vivienda en los últimos años en el estado de Tlaxcala. Figura 43.

[illegible]

El estudio ha definido cuatro muestreos para las diferentes fechas de estiaje y así observó si existe algún comportamiento diferente con las concentraciones dependiendo el clima.

Para obtener la información deseada sobre el tema de estudio la presente investigación tiene como base cuatro muestreos en sitio que posteriormente fueron analizados en laboratorio, para ello se adquirieron como previamente se señaló dos muestras (entradas y salidas) por cada bimestre comenzando en el mes de febrero. Así mismo se analizó la información referente a los metales pesados descartando otros indicadores como Demanda Biológica de Oxígeno o Demanda Química de Oxígeno en el agua (sin embargo para referencia y otras investigaciones se adjuntarán los resultados obtenidos), las muestras una vez recolectadas directamente de la fuente se transportarán el mismo día al laboratorio ubicado a 24.7 kilómetros de distancia del sitio en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Tlaxco. Véase tabla 22. En donde se procederá a su análisis por expertos en el campo para determinar los niveles de metales pesados así como otros indicadores generales del agua.

Una vez realizados los análisis se procederá a presentar una tabla de seguimiento de los datos obtenidos durante los cuatro muestreos, además esta tabla contendrá los límites permisibles establecidos por la normatividad vigente.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 RESULTADOS

Los datos obtenidos de la metodología anterior arrojaron altas concentraciones de bario como se muestra en la tabla dos, de la misma forma algunos elementos se encontraron cercanos a los límites permisibles por las normas mexicanas.

Tabla 23
Resultados de Muestras de Aguas Residuales

PARÁMETROS (mg/l)	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
Cadmio	0.004	0.005	0.01	0.003
Plomo	0.033	0.016	0.025	0.005
Mercurio	0.008	0.0028	0.001	0.0005
Arsénico	0.005	0.005	0.005	0.005
Cobre	0.250	0.0203	0.0163	0.0200
Bario	0.70	0.70	0.70	0.70

Nota: datos obtenidos por medio de la medición del equipo así como por la utilización de la metodología previamente referida.

Por otra parte los resultados obtenidos del sistema de agua potable son consistentes con las de salida, se observan mediciones similares a las de las descargas. Ver tabla tres.

Tabla 24.
Resultados de Muestras de Agua Potable

PARÁMETROS (mg/l)	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
Cadmio	0.003	0.005	0.01	0.003
Plomo	0.023	0.010	0.020	0.005
Mercurio	0.008	0.0028	0.001	0.0005
Arsénico	0.005	0.005	0.005	0.005
Cobre	0.200	0.0200	0.0160	0.0190
Bario	0.70	0.70	0.70	0.70

Nota: datos obtenidos por medio de la medición del equipo así como por la utilización de la metodología previamente referida

Es importante señalar que en comparación con los límites permisibles por la norma oficial mexicana nom-127-ssa1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", los elementos se encuentran por debajo de la norma a excepción del bario, elemento metaloide

utilizado en varios productos y procesos industriales. Se muestra límites permisibles para los elementos en la tabla cuatro, lo anterior para su análisis y comparación.

Tabla 25
Límites Permisibles de Metales Pesados en Agua

PARÁMETROS (mg/l)	RESULTADOS
Cadmio	0.005
Plomo	0.025
Mercurio	0.001
Arsénico	0.05
Cobre	2
Bario	0.70

Nota: datos obtenidos (Secretaría de Salud , 2015) Límites permisibles por la norma oficial mexicana nom-127-ssa1-1994

Figura 44 Comparación de Cadmio con límite permisible

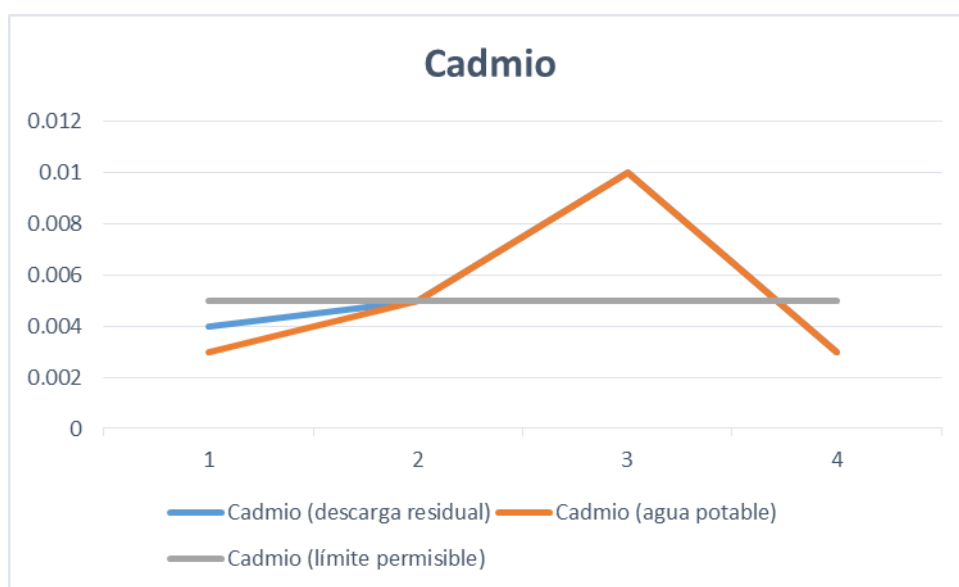


Figura44. Datos obtenidos de los resultados de la tabla 23 y 24, límite obtenido (Secretaría de Salud , 2015) Límites permisibles por la norma oficial mexicana nom-127-ssa1-1994

Figura 45. Comparación de Plomo con límite permisible

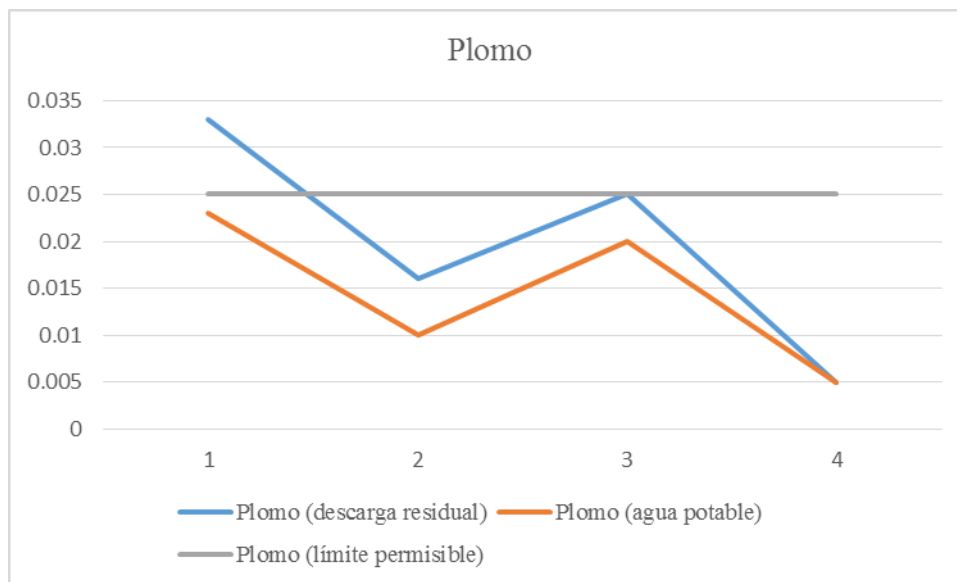


Figura45. Datos obtenidos de los resultados de la tabla 23 y 24, límite obtenido (Secretaría de Salud , 2015) Límites permisibles por la norma oficial mexicana nom-127-ssa1-1994

Figura 46. Comparación de Mercurio con límite permisible

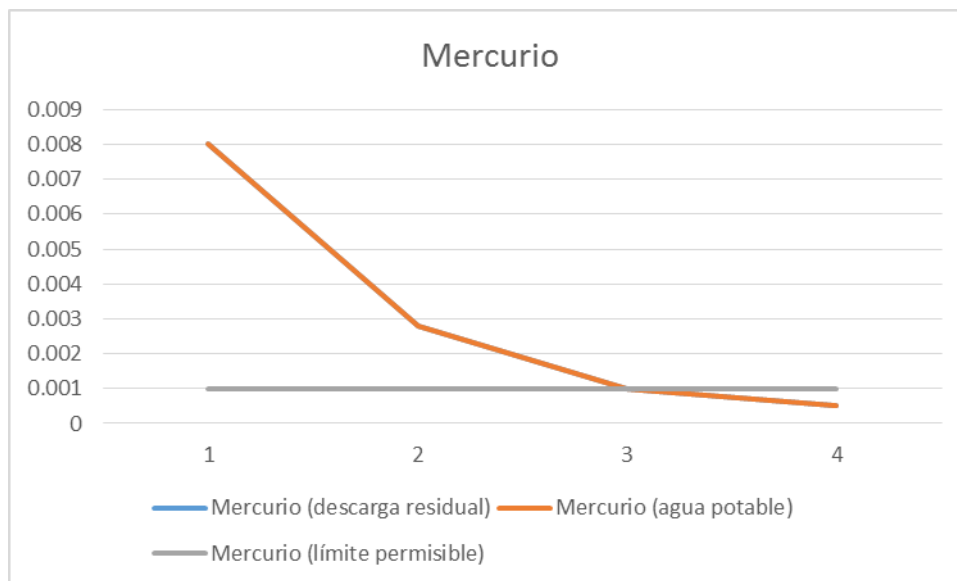


Figura46. Datos obtenidos de los resultados de la tabla 23 y 24, límite obtenido (Secretaría de Salud , 2015) Límites permisibles por la norma oficial mexicana nom-127-ssa1-1994

Figura 47. Comparación de Arsénico con límite permisible

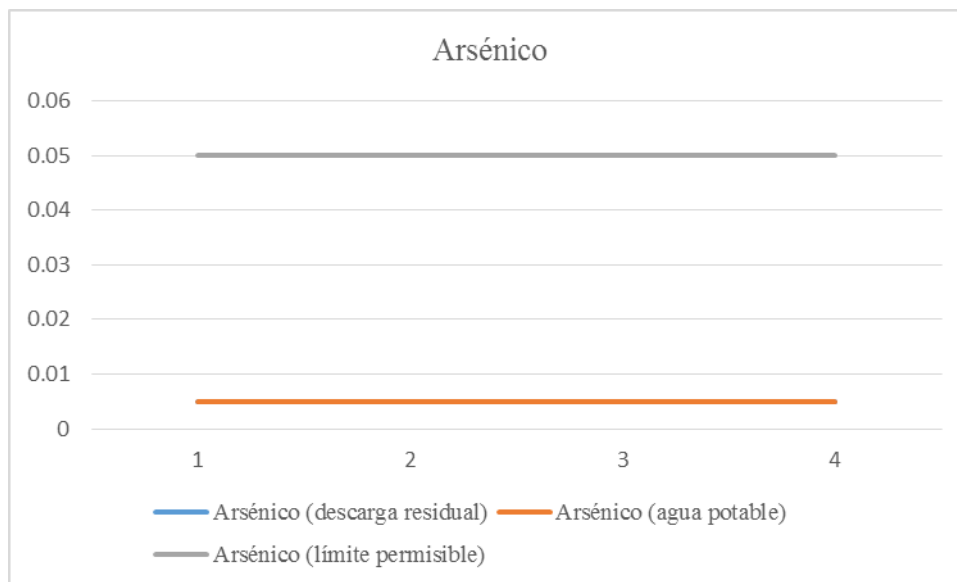


Figura47. Datos obtenidos de los resultados de la tabla 23 y 24, límite obtenido (Secretaría de Salud , 2015) Límites permisibles por la norma oficial mexicana nom-127-ssa1-1994

Figura 48. Comparación de Cobre con límite permisible

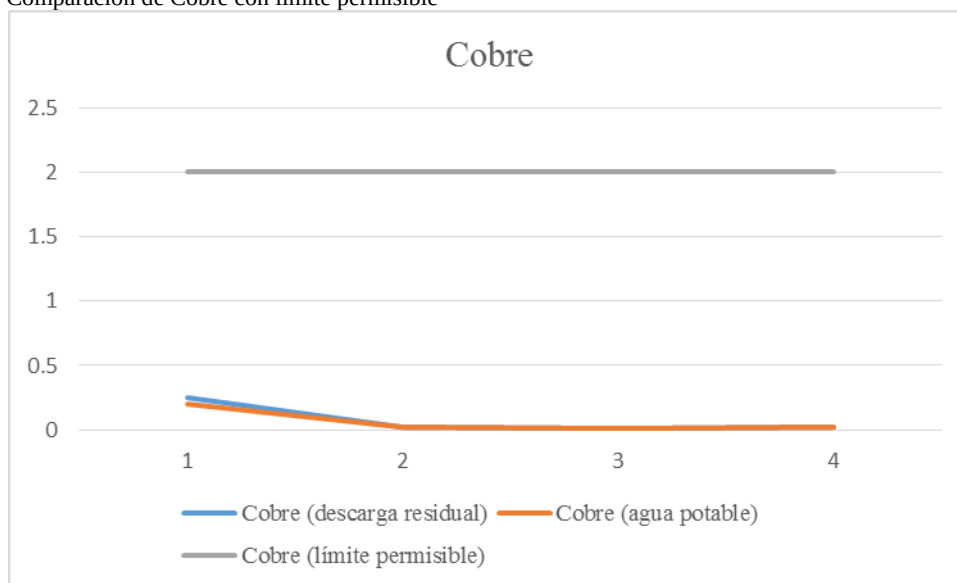


Figura48. Datos obtenidos de los resultados de la tabla 23 y 24, límite obtenido (Secretaría de Salud , 2015) Límites permisibles por la norma oficial mexicana nom-127-ssa1-1994

Figura 49. Comparación de Bariocon límite permisible

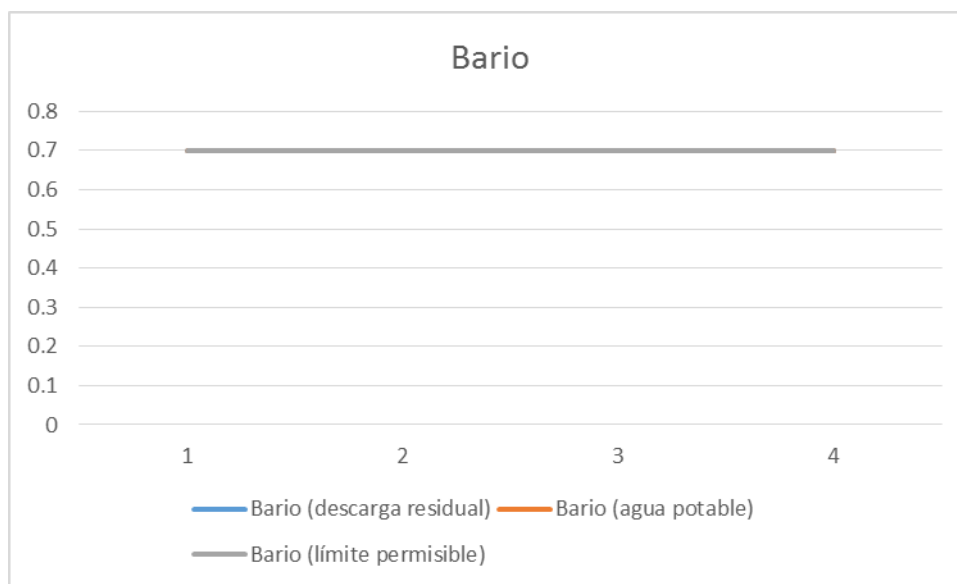


Figura49. Datos obtenidos de los resultados de la tabla 23 y 24, límite obtenido (Secretaría de Salud , 2015) Límites permisibles por la norma oficial mexicana nom-127-ssa1-1994

Este trabajo se analizó el agua que se suministra y desecha en una vivienda de un desarrollo inmobiliario común a los que se encuentran en la región (ver figura), los principales resultados de este trabajo nos marcan la presencia de metales pesados en el agua que consumen los habitantes de la zona de estudio, particularmente en el bario y mercurio, elemento que se encuentra a lo largo de los muestreos en el límite permisible por la norma mexicana o superior a ella. Además, tenemos que mencionar que de acuerdo a la Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR: 4) la contaminación por este elemento solamente puede provenir de un sitio de desechos que contamine el agua, lo anterior se da por la naturaleza de este elemento que impide que existan altas concentraciones de forma natural en el agua.

Figura 50. Agua residual previo a análisis

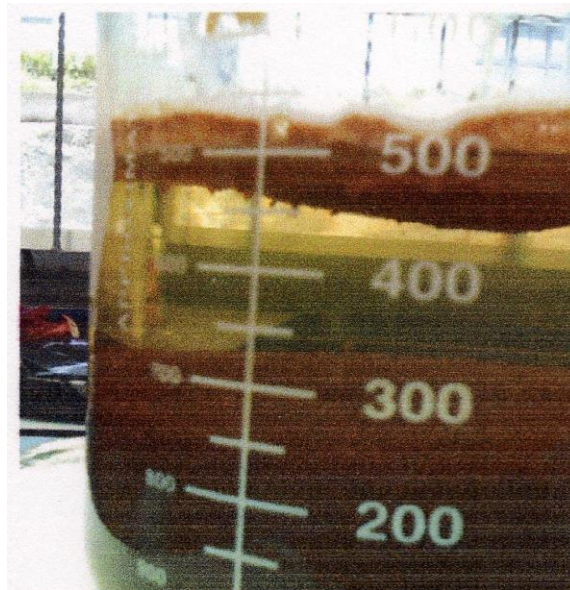


Figura 50. Agua residual, se observa sedimentación y separación de la amteria orgánica, elaboración propia.

Figura 51. Agua residual revio análisis

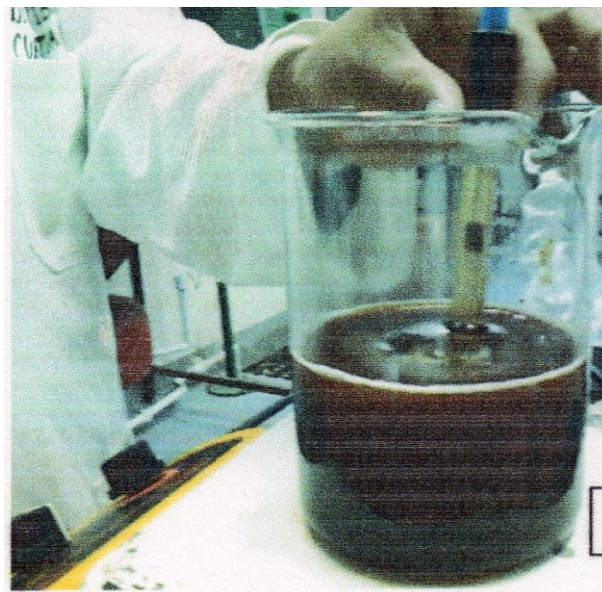


Figura 51. Agua residual, elaboración propia.

Figura 52. Preparación de solución y muestra toma de agua potable



Figura 52. Agua potable, elaboración propia.

Figura 53. Agua potable previo analisis



Figura 53. Agua potable, elaboración propia.

Finalmente, por medio de las imágenes anteriores comprobamos (análisis) los resultados señalados líneas arriba, es decir, se encontrarón concentraciones sueperiores a la norma mexicana para descargas residuales y agua potable.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES

En el presente apartado se presentan las principales conclusiones de la investigación realizada así como los aspectos en contaminación por metales pesados en los que se indagaron durante la elaboración del presente trabajo de investigación.

Este trabajo analizó el agua que se suministra y desecha una vivienda (tipo) de un desarrollo inmobiliario común a los que se encuentran en el territorio nacional, así mismo se describen las características y los daños a la salud que ocasionan la contaminación por metales pesados. Adicionalmente, se indagó en la historia de la vivienda en el territorio estudiado, lo anterior para facilitar el entendimiento de la vivienda y el agua en nuestra actualidad.

Los principales resultados marcaron la presencia de metales pesados en el agua que consumen los habitantes de la región, particularmente en relación al bario, elemento que se encuentra a lo largo de los muestreos en el límite permisible por la norma mexicana. Además, cabe mencionar que de acuerdo a la ATSDR la contaminación por este elemento solamente puede provenir de un sitio de desechos que contamine el agua, lo anterior se da por la naturaleza de este elemento que impide que existan altas concentraciones de forma natural en el agua.

Aunado a lo anterior y a los capítulos antecesores, podemos inferir que las empresas establecidas en el estado particularmente relacionadas con la industria química y que se ubican aguas arriba del afluente que suministran agua a la vivienda, están contaminado ya sea por descargas directas a ríos y lagos o por desechos mal manejados.

Otro aspecto importante mencionar es que las viviendas en la zona se abastecen principalmente de agua superficial esto también nos muestra que la contaminación puede estar siendo ocasionada como previamente se mencionó por descargas directas a los afluentes.

Por otra parte es importante mencionar que el sector de desarrollo inmobiliario en la zona seguirá creciendo así como los sectores empresariales que han marcado un clúster automotriz en esta zona, lo anterior agravará probablemente los problemas de contaminación por sus residuos si no son tratados y un mayor número de personas se verán afectadas por enfermedades en riñones, pulmones y posiblemente cáncer, así como problemas de aprendizaje (en niños).

Por otra parte es importante el estudio y análisis de casos en enfermedades actualmente en el estado para lograr la correlación correcta entre los elementos “*metales pesados*” y los problemas a la salud pública actual.

Cabe destacar que los problemas de contaminación en el agua a través de la historia desde los sistemas de acueductos y la mortandad que ello ha desencadenado hasta nuestros días tienen una relación directa con los elementos químicos dañinos en el agua, por lo cual se sugiere que para el cuidado del ambiente y particularmente para el bien de la población en la región, el control y manejo de residuos de elementos químicos como el bario, ya que de no controlarse podrán desencadenar serios riesgos a la salud pública.

A partir de los análisis realizados durante los diferentes meses que integran el presente trabajo, la conclusión se enfoca al hecho de que la contaminación del agua por metales pesados en Tlaxcala y particularmente en la región de estudio es un escenario presente y alarmante, así que aunado al crecimiento tanto poblacional como industrial generará importantes problemas a resolver en el corto y largo plazo. Es primordial la implementación de políticas públicas para la contención de desechos y tratamiento de aguas residuales que son descargadas directamente a los afluentes con los que la población se abastece de agua.

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abadin, H., Ashisawa, A., Stevens, Y. Y Lladós, F. (2007). Toxicological Profile for Lead. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*. Disponible en: <https://www.citethisforme.com/es/cite/journal/autocite>.
2. Academia.edu, (2016). *Implicancia ambiental del mercurio en ecosistemas acuáticos de la Amazonía: Situación en Bolivia*. [en línea] Disponible en: http://www.academia.edu/20199914/Implicancia_ambiental_del_mercurio_en_ecosistemas_acu%C3%A1ticos_de_la_Amazon%C3%ADa_Situaci%C3%B3n_en_Bolivia [24 Feb. 2016].
3. Agenda de Innovación de Tlaxcala. (2013). México: CONACYT, p.27.
4. (Comisión Estatal de Agua de Tlaxcala, 2016).
5. Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR). (2014). Plomo (Lead). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades División de Toxicología y Medicina Ambiental*. [En línea] Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts13.html.
6. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)* Bario y compuestos de bario. (2007). Bario y compuestos de bario, (CAS # 7440-39-3), p.2.
7. Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, (2016). *ATSDR - La toxicidad del arsénico (CSEM) - ¿Qué es el arsénico?* [en línea] Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/que_es_el.html [1 Nov. 2015].
8. *Atsdr.cdc.gov*, (2014). *ATSDR - Resumen de Salud Pública: Bario (Barium)*. [en línea] Disponible: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs24.html [3 Dec. 2015].
9. *Arqhys.com*. (2014). *Materiales de tubería*. [en línea] Disponible en: <http://www.arqhys.com/articulos/tuberia-materiales.html> [6 Oct. 2015].

10. ASALE, R. (2016). *Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario*. [en línea] Diccionario de la lengua española. Disponible en: <http://dle.rae.es/?w=mercurio&origen=REDLE> [1 Jan. 2016].
11. Banco Mundial. (2015), Densidad de Población, Elaboración Propia, [Datos]. Recuperado de: <http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.POP.DNST>.
12. Bautista, A.L., Tovar, J.L., Mancilla, O.R., Flores, H.M., Ramírez Ayala., Arteaga, R., Vázquez, M.A. (2015). *Calidad microbiológica del agua obtenida por condensación de la atmósfera en Tlaxcala, Hidalgo y ciudad de México*. México: Revista Internacional de Contaminación Ambiental.
13. Barceló, J. and Poschenrieder, C. (1992). *Respuesta de las Plantas a la Contaminación por Metales Pesados*. Laboratorio de Fisiología Vegetal Facultad de Ciencias Universidad Autónoma de Barcelona, p.345.
14. Bird TD. Dementia. En: Fauci AS, Harrison TR, eds. *Harrison's Principles of Internal Medicine*. 17th ed. New York, NY: McGraw Hill; 2008: capítulo 365.
15. Centro de Investigación y Documentación de la Casa. (2012). *Estado Actual de la Vivienda en México 2012*. México D.F: Centro de Investigación y Documentación de la Casa A.C.
16. Chapra, S. (1997). *Surface water-quality modeling*. New York: McGraw-Hill.
17. Código de Edificación de Vivienda. (2010). CONAVI, México: Gobierno Federal (2ºed.).
18. Comisión Estatal de Agua de Tlaxcala, (2014). *Una Página*. [en línea] Disponible en: <http://www.ceat.gob.mx> [23 Feb. 2016].

19. CONAGUA. (2016). *Estado de Tlaxcala Títulos y Volúmenes de Aguas Nacionales y Bienes Inherentes por Uso de Agua*. [en línea] Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/tlx.pdf> [6 enero 2016].
20. Contactopyme.gob.mx, (n.d.). *Dirección General de Promoción Industrial*. [En línea] Disponible en: <http://www.contactopyme.gob.mx/parques/empresa.asp?ID=119> [15 Feb. 2016].
21. Coordinación General de Información y Relaciones Públicas [CGIRP], (2015). Jagüey actual en el estado, [Fotografía]. Recuperado de: http://comunicacion.tlaxcala.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=4143:trabajo-interinstitucional-del-gobierno-del-estado-beneficia-a-17-mil-campesinos&catid=42:boletines.
22. Dreamstime (2000). Roma, una fuente antigua del mármol con agua que fluye y SPQR, [Imagen]. Recuperado de: <http://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-roma-una-fuente-antigua-del-m%C3%A1rmol-con-agua-que-fluye-y-spqr-image41681520>.
23. Dougnac, A. (1998) Manual de historia del derecho indio. México: McGrawHill.
24. Duffus, J. (2009). *"Heavy metals" a meaningless term?* (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, p.74.
25. Energiahoy.com, (2015). *Cadmio daña al páncreas; provoca insulina no funcional*. *Energía Hoy*. [online] Disponible en: <http://www.energiayahoy.com/site/cadmio-dana-al-pancreas-provoca-insulina-no-funcional/> [14 Feb. 2016].
26. Fao.org, (2006). *Enfoques: Amenaza de arsénico en Bangladesh*. [en línea] Disponible en: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0605sp1.htm> [5 Dic. 2015].

27. Fidecix.com, (2014). *Fideicomiso de la Ciudad Industrial de Xicotencatl*. [en línea] Disponible en: <http://www.fidecix.com> [1 enero 2016].
28. Foro Intergubernamental de Seguridad Química. (2006). *Metales pesados: ¿necesidad de más acciones globales? Informe de evento paralelo de Suiza 23 de septiembre de 2006*. INTERGOVERNMENTAL FORUM ON CHEMICAL SAFETY.
29. Gilbert, A. (1997). *La Ciudad Latinoamericana*. Londres: Siglo Veintiuno.
30. Gobierno Bolivariano de Venezuela, (2013). *Níquel*. [imagen] Disponible en: <http://www.correodelorinoco.gob.ve/energia/gobierno-venezolano-asume-actividades-explotacion-niquel-aragua-y-miranda/> [6 Oct. 2015].
31. Gómez, I. (2003). *Saneamiento Ambiental*. San José de Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
32. Google Maps, (2016). *Mapa de región Yauhquemecan*. [imagen] Disponible en: <https://www.google.com.mx/maps/@19.4171621,-98.1591192,15z> [8 enero 2016].
33. Guerrero, M. (1991). *El Agua*. Fondo de Cultura Económica, recuperado de: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/102/html/sec_7.html. (1991:cap. 4. párr. 5).
34. Indigo Hierbas, (2015). *El Cromo*. [imagen] Disponible en: <http://indigohierbas.es/el-cromo-y-sus-beneficios/> [14 Nov. 2015].
35. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (n.d.). *Banco de informacion INEGI- Producción*. [en línea] Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biinegi/?e=29&m=0&ind=1003000027> [23 Feb. 2016].

36. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2007). Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México escala 1:250000. México INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250000 serie II.
37. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2005). Perfil Sociodemográfico de Tlaxcala. p.103.
38. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2012). Perspectiva Estadística Tlaxcala Diciembre 2012. México.
39. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (2015). Tlaxcala. [en línea] Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM29tlaxcala/historia.html> [23 Feb. 2016].
40. IPEN. (2016). Introducción a la Contaminación por Mercurio para las ONG, Vol. 1.
41. Jacob, L. (2016). *Intoxicación con plomo: MedlinePlus enciclopedia médica*. [online] Nlm.nih.gov. Available at: <https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002473.htm> [Accessed 24 Feb. 2016].
42. Latiza, (2013). *Asociación Latinoamericana de Zinc - LATIZA*. Disponible en: <http://www.latiza.com/pagina.php?pag=5&prin=2> [14 Nov. 2015].
43. López, L y Manzanilla, L. (2000) Historia antigua de México. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
44. Lynche, K. (1998). La imagen de la ciudad. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

45. Malinche. J. (2014). Alcaldía mayor de Tlaxcala [Mapa]. [en línea] Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Ciudad_novohispana_de_Tlaxcala#/media/File:ALCALD%C3%8DA-MAYOR-DE-TLAXCALA1556-1557.gif.
46. Mineral-s.com, (2016). *MERCURIO NATIVO*. [en línea] Disponible en: <http://www.mineral-s.com/mercurio-nativo.html>.
47. Mineropar.pr.gov.br, (2016). *Geologia na Escola/ Mostruario /Servico Geológico do Paraná/Mineropar*. Available at: <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=99> [1 Oct. 2015].
48. Molina, C., Gibon, F., Sánchez, Y., Achá, D., Benefice, E. and Guimaraes, J. (1995). Implicancia ambiental del mercurio en ecosistemas acuáticos de la Amazonía: Situación en Bolivia. *Revista Virtual REDESMA*, [en línea] p.25. Disponible en: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1995-10782010000300005&script=sci_arttext.
49. Múgica, V. Amador., María, A., Torres, M., y Figueroa J.J.2002. *Mercurio y metales tóxicos en cenizas provenientes de proceso de combustión e incineración*. México: UNAM Rev. Int. Contam. Ambient, 19(2), p.93-100.
50. Museo de Arte Popular Asociación de Amigos (2015). Tlaxcala. un tesoro en la historia prehispánica. [en línea] Disponible en: <http://www.amigosmap.org.mx/2014/03/04/tlaxcala-un-tesoro-en-la-historia-prehispanica/>.
51. NRM Comunicaciones (1998). Haciendas de Tlaxcala, [Imagen]. Recuperado de: <http://www.radiomil.com.mx/radiomil/galeria/haciendas-de-tlaxcala>.

52. Organización Mundial de la Salud. (2014). Estadísticas Sanitarias Mundiales, Una mina de información sobre la salud mundial. Switzerland: WHO Document Production Services, Geneva, Switzerland.
53. Pérez, D, E. (2013) *Las Zonas Metropolitanas de México, Estructuración Urbana, Gobierno y Gobernanza*. Universidad Autónoma Metropolitana.
54. Pérez, J. (2014). *Agricultura de Terrazas en Tlaxcala. México*. Secretaria de Educación Pública y Gobierno del Estado de Tlaxcala.
55. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2008). El Mercurio y la industria. Ginebra: Programa de Naciones Unidas.
56. Ramos, J. (2012). *Estudio de la Contaminación por Metales Pesados y otros Procesos de Degradación Química en los Suelos de Invernadero del Poniente Almeriense*. Doctorado. Universidad de Almería.
57. Realestrategy.com, (2010). *Tendrá sector vivienda en México clasificación homologada: AHM | REAL STRATEGY*. [en línea] Disponible en: <http://realestrategy.com/?p=4186> [7 Oct. 2015].
58. Resumen de Salud Pública Cadmio. (1999). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*, 19. CAS#: 1306-19-0 Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.pdf [7 enero 2016].
59. Romero, P. (1998). Aguas en la Ciudad de México Durante el Profiriato. México: UAM Xochimilco.
60. Romieu, I. (n.d). *Uso de los datos de plumbemia para evaluar y prevenir el envenenamiento infantil por plomo en Latinoamerica*. Salud Pública Méx 2003; Vol. 45(sup 2):244-251.

61. Sánchez, A. (2015). Columnas Mitla [Fotografía]. No publicado.
62. Sánchez, J. Díaz, A. y Ramos, Y. (2014). Los colonizadores Tlaxcaltecas. México: Gobierno del Estado de Tlaxcala, Fideicomiso Colegio de Historia de Tlaxcala.
63. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2009). Semblanza Histórica del Agua en México. [en línea] Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-28SemblanzaHist%C3%B3ricaM%C3%A9xico.pdf>.
64. SEMARNAT. (2009). Vestigios de tres antiguos chultunes y tres pozos ocultos en una
65. Aguada [Imagen]. [en línea] Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-28SemblanzaHist%C3%B3ricaM%C3%A9xico.pdf>.
66. Sociedad Hipotecaria Federal. (2015). Tlaxcala. [en línea] Disponible en: <http://www.shf.gob.mx/estadisticas/EstudiosVivienda/Documents/demanda%202015.pdf>.
67. Tortolero, A. (2006) El Agua y su Historia. México: Siglo XXI editores.
68. Terra (2008). Vivienda descubre una cloaca romana en muy buen estado en el subsuelo de un inmueble en Lugo, [Imagen]. [en línea] Disponible en: <http://noticias.terra.es/2008/genteycultura/0811/actualidad/vivienda-descubre-una-cloaca-romana-en-muy-buen-estado-en-el-subsuelo-de-un-inmueble-en-lugo.aspx>.
69. United States Geological Survey (USGS). (2012). ZINC. 1st ed. Estados Unidos: Mineral Commodity Summaries.

70. Universidad de Barcelona. (2003). Tipología de Haciendas, [Planos]. [en línea] Recuperado y Modificado de: [http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-146\(054\).htm](http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-146(054).htm).
71. Universidad Nacional de Córdoba, UDC: 2015, columnas del palacio de Carlos V, [Fotografía]. [en línea] Disponible en: <http://www.unc.edu/~hdefays/courses/span330/arte/renacimiento.html>.
72. Wagtech Projects. (2015). Metalyser Portable HM1000. [en línea] Disponible en: <http://www.wagtechprojects.com/products/Metalyser-Portable-HM1000.html>.
73. Zacuala. (2011). Conjunto habitacional [Imagen]. [en línea] Disponible en: http://zacualahabitacional.blogspot.mx/2011_05_01_archive.html.