



**Casa abierta al tiempo**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**  
**UNIDAD IZTAPALAPA**

**Universidad Autónoma Metropolitana**

**División de Ciencias Sociales y Humanidades.**

**Licenciatura en Geografía Humana.**

**(Área: Geografía Ambiental).**

# **Caracterización de la problemática de las aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo.**

**Presenta:**

**Ana Laura Núñez García**

**Director: Dr. Rafael Calderón Contreras**

**Lector: M en C. Ramiro Ríos Gómez**

**Fecha de aprobación  
Septiembre 2015**

## Contenido

1.- Introducción.....	1
1.1.- Objetivo General .....	2
1.2 Objetivos Particulares.....	3
1.3 Organización del contenido de la Investigación: Caracterización de la problemática de las aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo. ....	3
2. Marco Analítico .....	5
2.1 Introducción.....	5
2.2.- Causas y efectos negativos del uso de las aguas residuales. ....	5
2.3 Aguas Residuales .....	6
2.3.1 Tipología y Clasificación.....	7
2.3.2 Uso de las aguas residuales.....	8
2.4 Aguas Residuales y agricultura. ....	9
2.4.1 Efectos negativos en la salud humana por el uso de aguas residuales.....	11
2.4.2 Efectos negativos en la producción agrícola por el uso de aguas residuales. ..	12
2.4.3Efectos negativos en el cambio de uso de suelo por el uso de aguas residuales. ....	14
2.5 Conclusiones.....	16
3. Metodología .....	18
3.1 Introducción.....	18
3.2 El caso de estudio como metodología .....	18
3.2.1 Ixmiquilpan como caso de estudio .....	19
3.3 Análisis Multimétodos.....	22
3.3.1 Datos Cuantitativos.....	22
3.3.2 Datos cualitativos.....	23
3.4 Diseño de cuestionario .....	26
3.5 Conclusiones.....	28
4.- Aguas residuales en Valle del Mezquital.....	29
4.1 Introducción.....	29
4.2.- Breve historia del Valle del Mezquital.....	29
4.2.1.- Problemática de las Aguas Residuales en Valle del Mezquital .....	31
4.3.- Principales enfermedades causadas por el uso de aguas residuales en Ixmiquilpan, Hidalgo. ....	34
4.3.1.- Producción agrícola por uso de aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo ....	36
4.3.2 Cambios de uso de suelo al degradarlo por la irrigación con aguas residuales.	38

4.4.-Conclusiones .....	41
5. El uso de Aguas Residuales en Ixmiquilpan Hidalgo y su Efecto en la Salud Humana	43
5.1 Introducción.....	43
5.2 Efectos en la Salud Humana .....	43
5.2.1 Por uso y consumo directo de aguas residuales .....	44
5.2.2 Problemas de salud por consumo de alimentos regados con aguas residuales. .....	50
5.3. Conclusiones.....	51
6. Efectos en la producción agrícola .....	53
6.1 Introducción.....	53
6.2 Efectos negativos de las aguas residuales en la producción agrícola.....	53
6.2.1. Uso de Aguas Residuales en la Agricultura de Ixmiquilpan.....	56
6.2.2 Cultivos contaminados con metales pesados.....	60
6.3 Conclusiones.....	63
7. Efectos Negativos en el suelo .....	65
7.1 Introducción.....	65
7.2 Efectos negativos de las aguas residuales en el suelo .....	65
7.2.1 Degradación/ Esterilidad del suelo .....	66
7.2.2 Cambio de uso del suelo agrícola a urbano .....	70
7.3. Conclusiones.....	73
8.-Conclusiones .....	74
8.1.- Conclusiones Teóricas .....	75
8.1.2 Principales conclusiones teóricas en la salud humana.....	76
8.1.2 Principales conclusiones teóricas en la producción agrícola .....	77
8.1.3 Principales conclusiones teóricas de los suelos agrícolas.....	78
8.2 Principales conclusiones empíricas .....	78
8.2.1 Introducción .....	78
8.2.2 Principales conclusiones empíricas de los efectos negativos en la salud humana. ....	79
8.2.3 Principales conclusiones empíricas de los efectos negativos en la agricultura. 80	
8.2.4 Principales conclusiones empíricas de los efectos negativos de los suelos agrícolas. ....	81
8.3.- Principales problemas de la Investigación.....	82
8.4.- Investigaciones futuras.....	83
9. –Bibliografía.....	85

## Índice de Figuras

### Mapas

Mapa. 1. Localización del municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo .....	20
Mapa. 2. Municipios que forman parte de la región conocida como Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo. ....	30
Mapa. 3. tipos o unidades de clima de Hidalgo. ....	32
Mapa. 4. Distritos de riego de Hidalgo. ....	33
Mapa. 5. Tipos de Agricultura que se desarrolla en Hidalgo .....	54
Mapa. 6. Imagen que muestra los tipos de degradación del suelo en el municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo .....	67

### Imágenes

Figura. 1. Cultivo de col en San Nicolás, Municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo. ....	37
Figura. 2 Cultivo de acelga en la cabecera municipal de Ixmiquilpan, Hidalgo. ....	37
Figura. 3 Suelos agrícolas abandonados por salinidad en el municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo. ....	38
Figura. 4 Residuos de grasas y detergentes en los canales, en Ixmiquilpan, Hidalgo. ....	39
Figura. 5 Concentración de detergentes en las aguas residuales de los canales. ....	40
Figura. 6 Manifestación de la contaminación del agua de los canales por residuos sólidos en Ixmiquilpan, Hidalgo. ....	40
Figura. 11 Lavado del rábano en las aguas residuales .....	58
Figura. 12 Las aguas residuales que contienen cantidades de detergentes que afectan la hidrofobisidad del suelo .....	58
Figura. 13 Las aguas residuales mezcladas con aguas del manantial de Maguey Blanco y del Tephe que drenan por el rio-canal que atraviesa la ciudad de Ixmiquilpan. ....	60
Figura. 19 Terreno salinizado abandonado por improductivo, hoy invadido por arvenses tolerantes a la salinidad. ....	68
Figura. 20 Vegetación halófitas que se desarrolla en los suelos degradados por salinidad en el municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo. ....	69

Figura. 21 Evidencia del cambio de uso del suelo de agrícola a pecuario ocasionado por la salinización del suelo debido al riego con aguas residuales de mala calidad. .... 72

## **Gráficos**

Figura. 1 Principales Causas de Muerte en Ixmiquilpan. .... 48

Figura. 2 Principales Causas de Muerte en Ixmiquilpan..... 49

Figura. 3 Producción agrícola bajo riego en el municipio de Ixmiquilpan durante los ciclos de otoño- invierno y primavera–verano del año 2013-SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2013)..... 55

# 1.- Introducción

Durante varios años se han realizado diversos estudios sobre la problemática e impacto de las aguas residuales en el Valle del Mezquital, ubicado en el estado de Hidalgo. Las aguas residuales que irrigan los campos del Valle del Mezquital, provienen del Valle de México, son aguas no tratadas industriales y domésticas. Los agricultores se han visto en la necesidad de usarlas para irrigar sus predios debido al déficit de este recurso natural tanto en cantidad como en calidad.

Las diversas investigaciones que se han realizado sobre el uso de las aguas residuales en el Valle del Mezquital han estado orientadas a generar información respecto a la condición que prevalece en el estado de salud de la población, la agricultura y el cambio de uso de suelos en la región.

La presente investigación, tiene como finalidad hacer un análisis sobre la problemática ambiental que enfrenta el municipio de Ixmiquilpan Hidalgo, ubicado en la región del Valle del Mezquital. La elección de la zona se hizo con base al impacto que las aguas residuales han tenido en los suelos, y en la producción de forrajes y hortalizas.

Las aguas residuales tienen pros y contras para la agricultura. Se han realizado estudios que indican que las aguas residuales contienen diversos nutrientes químicos como: Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, B, P y N entre otros, pero también contienen elementos tóxicos como: Cd, Hg, Pb y As. En el municipio de Ixmiquilpan y en otros municipios que conforman parte del Valle del Mezquital, las aguas residuales que son destinadas a los cultivos, son necesarias para la producción de hortalizas, sin embargo su calidad afecta los suelos, las plantas, animales y al mismo ser humano.

El Valle del Mezquital es una región cuya principal actividad económica es la producción agrícola, en especial cultivos de hortalizas (lechuga, col, coliflor,

espinaca) y forrajeros como trigo, avena y alfalfa entre otros. Estos productos agrícolas tienen un periodo de producción de tres a cinco meses. Las aguas residuales han permitido que en la región del Valle del Mezquital se desarrolle la agricultura, sin embargo han causado problemas ambientales y en la salud humana.

Las aguas residuales provenientes del Valle de México, contienen aguas que no son tratadas las cuales son expulsadas de las industrias y domésticas. Estas aguas las cuales fueron enviadas al estado de Hidalgo ya tienen más de 100 años, que irrigan los campos agrícolas y han favorecido que en la zona del Valle del Mezquital haya desarrollo agrícola. Debido a que el Valle del Mezquital es una zona semiárida, por lo cual no tiene abastecimiento de agua. Las aguas residuales han sido depositadas en presas que estas a su vez son enviadas a través de canales de riego.

Se han hecho diversas investigaciones del Valle del Mezquital debido a la problemática que han generado las aguas residuales. Los problemas que han surgido en el municipio, derivado al uso de las aguas negras, han sido desde enfermedades que les dan a los agricultores y a la gente aledaña a los canales o presas. Las enfermedades que se presentan en el lugar de estudio, van desde enfermedades gastrointestinales, hasta el cólera.

El municipio de Ixmiquilpan Hidalgo fue elegido como zona de trabajo para esta investigación por las siguientes razones: a). La agricultura es la actividad económica principal b). El municipio de Ixmiquilpan tiene los suelos de cultivo altitudinalmente más bajos del Valle del Mezquital y por ende se agudiza el problema de salinización, c). El manto freático está más superficial y trae consigo la contaminación del suelo por las aguas residuales utilizadas para el riego y d). En este municipio aún se cultivan hortalizas bajo riego con aguas residuales.

### **1.1.- Objetivo General**

Conocer cuáles son los efectos negativos del uso de aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo. La pregunta central en esta investigación es:

¿Cuáles son los efectos negativos por el uso de aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo?

Las aguas residuales que irrigan los campos agrícolas de Ixmiquilpan Hidalgo, provienen del Valle de México, y contienen residuos químicos, físicos y biológicos que son contaminantes, muchas de las cuales son peligrosas o no recomendables y su presencia degrada el agua y el suelo agrícola, además de causar efectos negativos en la salud humana.

En el siguiente apartado se hace mención de los objetivos particulares de la investigación.

## **1.2 Objetivos Particulares**

- a. Identificar y explicar los efectos negativos para los recursos naturales que participan en la producción de alimentos por el uso de las aguas residuales en la agricultura en el municipio de Ixmiquilpan Hidalgo
- b. Identificar y explicar los efectos negativos en la salud humana ocasionados por el uso de aguas residuales en el área de estudio.

## **1.3 Organización del contenido de la Investigación: Caracterización de la problemática de las aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo.**

El presente trabajo está estructurado en 8 capítulos; el primero versa sobre la importancia de conocer la problemática que ocasionan las aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo.

En el segundo capítulo se desarrolla el marco analítico, mismo que contiene la información teórica enfocada al tema y a la problemática provocada por las aguas residuales, particularmente los efectos negativos en la salud humana, producción agrícola y en el cambio de uso de suelo.

En el tercer capítulo se presenta la metodología que se empleó en el trabajo de investigación, en la cual se describe la importancia de utilizar el análisis



multimétodos, ya que permite definir la situación desde diferentes tipos de herramientas de investigación.

En el cuarto capítulo se analiza la historia de la problemática de las aguas residuales en la región del Valle del Mezquital.

El quinto capítulo contiene un análisis de la problemática por el uso de aguas residuales y su impacto en la salud humana, se hace un análisis de las herramientas cualitativas aplicadas al trabajo de campo (entrevistas semi-estructuradas), este tipo de análisis se desarrolla en el capítulo seis y siete de la presente investigación.

El capítulo sexto es un análisis de los efectos negativos del uso de aguas residuales en la agricultura, explica cómo estas aguas afectan la calidad y rendimiento de los cultivos hortícolas que se practican de la región.

El capítulo séptimo contiene un análisis de los efectos negativos en el suelo producidos por el uso de aguas residuales para el riego.

Finalmente, el octavo capítulo, contiene las conclusiones del trabajo de investigación, además se indican algunos aspectos teóricos, empíricos y recomendaciones para futuras investigaciones.

Por lo tanto esta introducción nos abre un panorama que permite al lector conocer la forma en que se estructura el trabajo de investigación.

## **2. Marco Analítico**

### **2.1 Introducción**

La utilización de aguas residuales para el riego agrícola, ha sido una alternativa debido a la escasez de agua de primer uso en el mundo y especialmente en zonas áridas y semiáridas, tanto en países industrializados, como en aquellos en desarrollo. El uso de las aguas residuales de mala calidad o no tratadas, representa un peligro para la agricultura y para la salud humana. En el suelo, provoca su degradación y con ello un cambio de uso de este recurso natural debido a la contaminación.

En este capítulo se analizan las principales posturas teóricas que permiten entender mejor los efectos negativos de las aguas residuales. Además el presente capítulo, busca explicar a detalle los conceptos que se utilizaran para el análisis empírico de la información en campo.

El capítulo se divide en cuatro secciones: en la primera se aborda el tema en general sobre la definición de las aguas residuales, misma que da referencia a todo el marco analítico de la investigación. En la segunda parte se hace una relación entre aguas residuales y agricultura y aborda los diferentes efectos negativos que conlleva el uso de aguas residuales en la agricultura y como redundan en efectos negativos de la salud humana, en la producción agrícola y en el cambio de uso de suelo.

Y por último se realizan las conclusiones de este capítulo, que resalta la importancia de la utilización de definiciones que se utilizan en la investigación.

### **2.2.- Causas y efectos negativos del uso de las aguas residuales.**

La presente investigación tiene como finalidad investigar el objetivo principal del tema de estudio, el cual es conocer ¿cuáles son los efectos negativos del uso de

aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo? Esta pregunta hace referencia del porque las aguas residuales que irrigan los campos del Valle del Mezquital, Están provocando efectos negativos en esta región y cuáles son esos efectos negativos.

Partiendo de la pregunta del objetivo principal, ¿Cuáles son los efectos negativos por el uso de aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo? Y su vinculación con los objetivos particulares que persiguen identificar de manera específica cuáles son estos efectos negativos en la salud humana, suelo y alimentos de origen vegetal y animal, el cumplimiento cabal de estos últimos permitirá dar respuesta clara y concisa al planteamiento central de esta investigación.

## **2.3 Aguas Residuales**

En este apartado se definen las aguas residuales, sus usos y tipología, y también se hace mención del tipo y uso de aguas residuales a la cual se va enfocar la investigación.

Las aguas residuales se componen de aguas municipales e industriales, por lo tanto, contienen una variedad de contaminantes, entre ellos se encuentran agentes patógenos, detergentes y metales pesados, que pueden dañar el ambiente y la salud humana y animal. Las aguas residuales, sin embargo, se utilizan para el riego en regiones con escasez de este recurso natural en diferentes partes del mundo (Van der Hoek, 2004).

El término aguas residuales, se utiliza para caracterizar diferentes cualidades, que van de aguas residuales crudas, hasta las diluidas generadas a partir de diversas actividades urbanas. Estas actividades van desde uso doméstico, comercial, industrial, agua de lluvia y las corrientes de agua urbana, aguas residuales tratadas, las aguas residuales recuperadas, lodos y biosólidos fecales (Saravanan, *et al.*, 2011).

Normalmente las aguas residuales domésticas y municipales se componen de 99% de agua y 0,1% suspensiones coloidales, sólidos disueltos orgánicos y compuestos inorgánicos, incluidos los macronutrientes tales como el nitrógeno, fósforo, potasio, así como micronutrientes como hierro, cobre, zinc y boro entre otros (WHO, 2006). Además las aguas residuales industriales tienen materiales disueltos como productos químicos diversos y agentes patógenos (Assano, *et al.*, 1985).

Estos materiales y composición que tienen las aguas residuales, han contribuido a la generalización ecológica y problemas de salud en los alrededores de las ciudades. Pero la exposición diaria al agua contaminada y en especial las aguas residuales, conlleva diferentes problemas, al establecer contacto con la piel, durante la inhalación, consumo directo de las aguas o al comer las verduras crudas producidas con estas aguas (Srinivasan y Reddy, 2009).

Las aguas residuales contienen microbios y sustancias químicas que son un riesgo para la salud humana y el medio ambiente (Abu-Ashour y Lee, 2000). Ya que provocan enfermedades como el cólera y tifoidea entre muchas otras.

A continuación se mencionan las tipologías, clasificación y usos que se le da a las aguas residuales.

### **2.3.1 Tipología y Clasificación.**

Existen diferentes tipos y clasificaciones de las aguas residuales, dependiendo su proveniencia de lugar y son tres: las aguas negras, pasan a aguas residuales y son las provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. También las aguas grises pasan a aguas residuales y provienen de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, que aportan sólidos suspendidos, fosfatos, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros. Estos dos tipos de agua residual se clasifican en aguas residuales municipales.

Y por último las aguas negras industriales, se le llama así a la mezcla de las aguas negras de una industria en combinación con las aguas residuales de sus descargas. Los contaminantes provenientes de la descarga están en función del proceso industrial, y tienen la mayoría de ellos efectos nocivos a la salud si no existe un control de la descarga. Estas se clasifican en aguas residuales industriales y existen las aguas residuales industriales que son tratadas y las no tratadas (Van der Hoek, 2004).

Los problemas que conllevan cada tipo de aguas residuales, depende de su composición cualitativa y cuantitativa, así, las aguas negras y grises, contienen helmintos, sustancias coloidales, materia orgánica entre otras y las aguas negras industriales contienen químicos diversos y metales pesados casi siempre perjudiciales. Estas aguas son descargadas por medio de drenajes que se unen en diferentes sistemas de almacenamiento como túneles, canales, cuerpos acuáticos, alcantarillado, por ejemplo. Cuando estas aguas residuales no tratadas provienen de aguas municipales e industriales y se utilizan en la agricultura, producen efectos negativos como desbalances nutrimentales, deficiencias nutrimentales, trastornos fisiológicos, cambios en el metabolismo, entre otras tanto en los cultivos como en la salud de las personas que las utilizan.

En el siguiente apartado se mencionan los usos que se le da a las aguas residuales.

### **2.3.2 Uso de las aguas residuales**

El uso que se le da a las aguas residuales puede ser: un uso directo de agua no tratada, un uso directo de las aguas residuales tratadas y por último el uso indirecto de las aguas residuales. Estas se diferencian en la forma en que son aplicadas a la tierra a partir de un sistema de alcantarillado de aguas residuales u otro transporte como un canal de agua de riego, se les conoce generalmente como utilización directa de las aguas residuales sin tratar. Y el otro es el uso directo de las aguas residuales tratadas en donde existe un control sobre el

trasporte de estas aguas desde el punto de descarga hasta una planta de tratamiento y hay una zona controlada en la que se utilizan para el riego. El uso indirecto de las aguas residuales ocurre cuando las aguas residuales municipales e industriales están sin tratamiento y no hay un seguimiento del curso del agua, por lo cual están sin un sistema de alcantarillado o canal (Asano, 1998).

En el caso de estudio, se investigará el uso directo de agua no tratada y el uso indirecto de agua residuales, ya que tienen una vinculación y son este tipo de usos de agua residual, los que más perjudican la agricultura. Ya que no existen medidas de control para su uso en el riego agrícola.

En la siguiente sección se menciona los aspectos teóricos más relevantes entre aguas residuales y agricultura.

#### **2.4 Aguas Residuales y agricultura.**

A continuación se menciona la estrecha relación que existe entre las aguas residuales y la agricultura, ya que se hace referencia a las aguas que son objeto de éste estudio.

La creciente escasez del recurso agua está ocasionando que países donde hay regiones áridas y semiáridas utilicen agua de mala calidad para la agricultura u otras actividades. El agua residual es la más utilizada para la agricultura y su calidad puede ser una amenaza para la agricultura y salud humana (Srinivasan y Reddy, 2009).

El potencial de riego con aguas residuales ha conllevado a tener beneficios y efectos negativos, que incluye la productividad de los cultivos, la agricultura, la salud del suelo, la calidad del agua, la salud ambiental, la salud pública, entre otros.

Los beneficios que se le han dado a las aguas residuales se deben a que las aguas residuales contienen nutrimentos que son una fuente de fertilizantes para los cultivos, pero es benéfico para la agricultura cuando las aguas residuales son tratadas. Pero cuando se utilizan sin previo tratamiento en la agricultura, origina

varios efectos negativos, derivado de todas las sustancias químicas (metales pesados), bacterias, virus, entre otros patógenos los cuales generan un impacto en la salud humana, en la producción agrícola y en el cambio de uso de suelo. Se reporta que globalmente alrededor de 20 millones de hectáreas de tierra se riegan con aguas residuales y al menos 10% de la población se cree que consume los alimentos producidos por el riego con aguas residuales (Halmiton *et al*, 2007; OMS, 2006).

Regar con aguas residuales se dice que tiene muchos efectos benéficos y perjudiciales (Chen, *et al.*, 2005). La organización Mundial de la salud (OMS) reporta una tasa de 1,5 m<sup>3</sup> de agua de riego por m<sup>2</sup> de área de terreno por año en un tipo de clima semiárido. Las aguas residuales tratadas puede suministrar 225kg de nitrógeno y 45 kg de fósforo por hectárea por año, lo que reduce o elimina las necesidades de fertilización complementaria (Srinivasan y Reddy, 2009).

Sin embargo la excesiva acumulación de contaminantes, como son los metales pesados en los suelos, conlleva una elevada absorción de metales pesados en los cultivos y por lo tanto afecta la seguridad y calidad de los alimentos (Muchuweti, *et al.*, 2006; Mucheweti *et al.*, 2006; Redondo-Gómez *et al.*, 2009). El consumo de los alimentos contaminados por metales pesados puede provocar que la ingesta de sustancias toxicas en el cuerpo humano, no se manifiesten inmediatamente, pero si en varios años dependiendo de la exposición (Bahemuka y Mobofu, 1999, Ikeda *et al*, 2000). Las aguas residuales plantean una amenaza importante, para la salud de las personas que están expuestos directa o indirectamente; la más grande preocupación son los virus patógenos, bacterias, protozoos y helmintos (Srinivasan y Reddy, 2009).

En la siguiente sección se analiza los efectos negativos de uso de aguas residuales en la salud humana.

### **2.4.1 Efectos negativos en la salud humana por el uso de aguas residuales**

El mal uso de las aguas residuales, en especial las aguas no tratadas, han provocado afectaciones en la salud humana, en especial a personas que trabajan directamente con estas y en este caso son los agricultores.

Las aguas residuales contienen microorganismos patógenos como: virus, bacterias y parásitos que causan enfermedades en el ser humano. Los protozoos y huevos del helmito son más virulentos y más difíciles de eliminar por varios procesos de tratamientos, sino que a menudo están implicados en un número de enfermedades infecciosas y de enfermedades gastrointestinales en países en desarrollo e incluso en países desarrollados (Shuvalet *al.*, 1997; Shuval, 2000).

El riego con aguas residuales sin tratar, representa un riesgo mayor en niños y personas mayores. Por ejemplo, el riego con aguas residuales sin tratar conduce a una mayor prevalencia de ascariasis (Cifuentes, *et al.*, 2000) y las infecciones por anquilostomas entre los niños (USEPA, 1998).

En un caso de estudio en la India, en Hyderabad, se informa que las enfermedades reportadas por los hogares, incluye fiebre, dolor de cuerpo, picazón en la piel y dolor de estómago, incluso hay casos de morbilidad (Srinivasan y Reddy, 2009).

Otro ejemplo de caso de estudio es en China, ya que el uso de riego con aguas residuales industriales en ese país, ha asociado un aumento del 36% en el agrandamiento del hígado y el 100% el aumento de cáncer y malformaciones congénitas, en comparación con las zonas controladas donde el agua residual industrial no se utiliza para el riego (Lal, 2009).

También las altas concentraciones de metales pesados en las aguas residuales, plantean aun riesgos para la salud cuando se ingieren en grandes cantidades y puede ser fatal (Qaiser, *et al.*, 2007). La transferencia de metales a los seres humanos a través de la cadena alimenticia puede tener graves consecuencias para la salud pública (Jeena T. Srinivasan, 2009; Demirbas, 2008).



El más inquietante entre los riesgos para la salud que asoman es la creciente amenaza de las aguas residuales en las zonas urbanas, peri-urbanas y la agricultura rural. Las aguas residuales de estas economías combinan tanto los residuos domésticos e industriales, por último a menudo contribuyen con contaminantes tóxicos que tienen graves riesgos directos para la salud. Cerrando los ciclos del agua por el tratamiento y el reciclaje de aguas industriales, se necesita con urgencia para evitar las consecuencias negativas para la salud del crecimiento económico (Lal, 2009).

Para este capítulo es importante mencionar que las enfermedades gastrointestinales y las concentraciones y transferencia de metales a los seres humanos son dos de los objetivos a tratar en la investigación.

En la siguiente sección se analiza los efectos negativos de uso de aguas en la producción agrícola.

#### **2.4.2 Efectos negativos en la producción agrícola por el uso de aguas residuales.**

En las últimas dos décadas se ha producido un notable incremento en el uso de las aguas residuales para el riego de cultivos, especialmente en las zonas áridas y estacionalmente áridas, áreas de los países industrializados y en desarrollo. Esto ha ocurrido como resultado de varios factores: la creciente escasez de aguas alternativas para el riego, exacerbada mediante el aumento de la demanda urbana de abastecimiento de agua potable y el creciente reconocimiento por parte de los planificadores de recursos hídricos de la importancia y el valor de la reutilización de aguas residuales; el alto costo de los fertilizantes artificiales y el reconocimiento del valor de los nutrimentos en las aguas residuales, lo que aumenta significativamente el rendimiento de los cultivos (WHO,2006).

El utilizar las aguas residuales para el riego agrícola, genera varios impactos que pueden asumir dimensiones sociales si afectan a un gran número de personas.

Existen efectos negativos sobre los agricultores desde la salud, y la productividad en un impacto económico.

Los beneficios que ven los agricultores por el uso de aguas residuales es que puede suministrar nutrientes a los alimentos, reduce el costo de energía de bombeo y minimiza las emisiones de carbono al medio ambiente. La disponibilidad de fertilizantes está limitada en lugares donde los recursos son limitados (Hanjra,*et al.*,2011).

Sin embargo hay riesgos ambientales en la salud y riego con aguas residuales en la producción agrícola que se deben al exceso de nutrientes, patógenos, sales y metales pesados.

Los resultados de investigación han sido compilados a partir de estudios en todo el mundo (Keraita,*et al.*,2010) y sugieren que la conciencia de los riesgos de salud, no es muy alta entre los agricultores. Sin embargo, el 89 % de los agricultores entrevistados en dos casos de estudio en Nepal vinculados al uso de aguas residuales sin tratar, han dado resultados negativos de salud, específicamente irritaciones de la piel (Rutkowski, *et al.*, 2007).

La principal afectación que se da por el uso de aguas residuales, en especial las no tratadas es la afectación negativa los cultivos y reducción de rendimientos de productividad, sin embargo el uso se practica en muchos países en vías de desarrollo y los investigadores se plantean un conjunto de desafíos. Ya que las descargas de aguas negras no reguladas es perjudicial.

Las aguas residuales son ampliamente utilizadas en el desarrollo de la agricultura en la mayoría de condados, ya que proporciona más agua para la producción agrícola, y la ven como una rica fuente de nutrientes para el crecimiento de cultivos.

La mayoría de los cultivos dan un mayor rendimiento por el riego de aguas residuales y reduce la necesidad de utilizar fertilizantes. Pero esto se da cuando las aguas residuales son tratadas. Pero exceso de nutrientes en las aguas residuales, puede reducir la productividad dependiendo del cultivo (Saravanan,*et al.*, 2011).

Otro caso de estudio es en el pueblo de Kazipalle en la India, donde el sector agrícola se vio afectado. Alrededor de 45 hectáreas de tierra cultivable se han convertido en tierra incultivable por la contaminación, esto produce cambios drásticos en la vida de los pobladores. El giro de las tierras productivas, se convirtieron en tierra estéril, se atribuye únicamente a la irrigación, por la contaminación del agua del tanque, se encontró en el agua altas concentraciones de conductividad eléctrica (sales), esto ha provocado una baja producción de cultivos (Reddy y Behera, 2005).

Los conceptos a investigar del apartado sería nutrimentos que aportan las aguas residuales para la producción de hortalizas y por otra parte a que se debe la reducción de la producción agrícola.

En la siguiente sección se analiza los efectos negativos de uso de aguas el cambio de uso de suelo.

#### **2.4.3 Efectos negativos en el cambio de uso de suelo por el uso de aguas residuales.**

El suelo puede definirse, de acuerdo con el glosario de la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (1984), como el material mineral no consolidado en la superficie de la tierra, que ha estado sometido a la influencia de factores genéticos y ambientales (material parental, clima, macro y microorganismos y topografía), actuando durante un determinado periodo.

El suelo es un cuerpo natural tridimensional sobre la superficie de la Tierra que es esencial para numerosas funciones de los ecosistemas, incluyendo producción de biomasa y la productividad primaria neta (NPP), la moderación del clima, purificación del agua, la biodegradación de los contaminantes, de almacenamiento de agua y nutrimentos de las plantas y reciclaje de elementos, es la esencia de toda vida terrestre. La calidad del suelo se refiere a la capacidad del mismo para realizar varias de estas funciones de los ecosistemas. Por el contrario, la degradación del suelo implica disminución de la calidad y la capacidad del suelo a través de perturbaciones naturales o antropogénicas (Lal, 2009).

El suelo sufre una degradación acelerada como consecuencia principalmente de diversas actividades humanas, se requiere dimensionar las presiones que se ejercen sobre los suelos, las diversas presiones que ocasiona impactos adversos en los suelos se deben a todos aquellos desencadenados por las actividades humanas, así como el aumento de la población. Las principales causas de presión o degradación del suelo se deben al sobrepastoreo, deforestación y cambio de usos de suelo (GEO-México, 2004).

Las aguas residuales con contenido de sal y sodio, cuando se utilizan por un tiempo muy prolongado, tienen el potencial de causar salinización en el suelo (Lal 2009); esto provoca una destrucción en el suelo y afecta la productividad, ya que los terrenos no son aptos para la producción agrícola.

El riego con aguas residuales también puede conducir transporte de metales pesados a suelos fértiles, afectando la flora y fauna puede dar lugar a cultivos contaminados. Además el uso de las aguas residuales consigue tener un impacto a largo plazo sobre la calidad del suelo que puede reducirse el precio de la tierra en el mercado.

Por ejemplo, las concentraciones de metales pesados en alfalfa, fueron cerca de cinco veces menos que el suelo, no representaban ningún riesgo para los animales o para la salud humana. Pero los metales pesados de efluentes industriales han contaminado, las tierras agrícolas en el área del Canal de Victoria en la China Popular. Impactos en la salud de gravedad han obligado a los agricultores a abandonar las tierras de arroz, con consecuencias para los medios de vida y los alimentos la seguridad de las comunidades (Hanjra, *et al.*, 2011).

El uso a largo plazo de las aguas residuales puede llegar a ser autolimitante debido a los daños del suelo. Aunque la materia orgánica en aguas residuales puede mejorar la textura del suelo y la retención de la capacidad del agua tiene efectos perjudiciales, sobre todo en ambientes de zonas áridas puede causar la salinización del suelo, bloqueando en el suelo los intersticios con aceite y grasa y ocasionando la acumulación de metales pesados. En Pakistán, a lo largo de curso de las aguas residuales (también en el caso de riego de agua dulce) ha producido

signos de degradación de la estructura del suelo, salinidad visible y emergencia tardía de trigo y sorgo, debido a un exceso de nutrientes (Lal, 2009)

La contaminación del suelo conduce al cambio de uso de éste recurso natural cuando ya no es posible la agricultura, entonces se venden como terrenos para fincar viviendas; desde luego, el valor de las tierras contaminadas pueden ser menor.

La contaminación de los suelos y los cultivos debido al riego con aguas residuales, se informan ampliamente en diferentes partes del mundo. Por ejemplo se ha informado que el 45% de las zonas de riego con aguas residuales en China están contaminados con metales pesados en un nivel crítico (Srinivasan y Reddy, 2009).

Este apartado permite encontrar los ejes de estudio para la investigación, el análisis de estudio que sean la degradación del suelo que afecta la calidad y capacidad del suelo y por último cuales son los factores de la salinización del suelo.

Finalmente y de manera resumida a continuación se menciona las conclusiones generales que se derivan de éste marco analítico.

## **2.5 Conclusiones.**

Los términos que se presentan en el marco analítico tiene como finalidad comprender las diferentes posturas teóricas sobre los efectos negativos provocados por el uso de aguas residuales en la agricultura ya que afectan: la salud humana, producción agrícola y cambio de uso de suelo. Estos términos son base para comprender el caso de estudio.

Todos estos términos o definiciones, tienen mucha relación entre si ya que las aguas residuales no tratadas, en el uso de regadío de agricultura ha desencadenado los efectos negativos. Aunque las aguas residuales, tienen un cierto factor de beneficio para la producción y economía agrícola, por su contenido de nutrientes, que son utilizadas como fertilizantes. Pero si las aguas residuales en especial las no tratadas contienen un alto contenido de nutrientes y de

conductividad eléctrica (sales) provoca efectos negativos en el suelo, en la producción agrícola y salud humana.

Para tener un mayor control en el uso de riego se necesita que las aguas residuales tengan un tratamiento, para que no contengan muchos nutrimentos, conductividad eléctrica (sales), patógenos, bacterias, helmitos, entre otras sustancias. Además se necesita tomar medidas de seguridad para que los usuarios de las aguas residuales adopten medidas de precaución.

Para el análisis teórico de los efectos negativos por el uso de aguas residuales en la agricultura, se requiere conocer cada efecto negativo que permita identificar los diferentes problemas en los cuales la agricultura de regadío con aguas residuales se ha visto afectada, desde el ámbito de producción agrícola, en el cambio de uso de suelo y cómo impacta el uso y consumo de aguas residuales en la salud humana.

# **3. Metodología**

## **3.1 Introducción**

En este capítulo se presenta la estrategia general de la investigación la cual tendrá una metodología que sigue una perspectiva multimétodos, ya que se hará una vinculación y análisis de lo que son los métodos cualitativos y cuantitativos.

Este capítulo se divide en cinco apartados, la sección 3.2 trata sobre lo que es un caso de estudio como metodología, e Ixmiquilpan como caso de estudio, la sección 3.3 aborda lo que es la estrategia de análisis multimétodos, la cual combina en la siguiente investigación lo que son los métodos cualitativos y cuantitativos, la sección 3.4 incluye el diseño de cuestionario y por último la sección 3.5 son las conclusiones metodológicas del presente capítulo.

A continuación se hace mención del caso de estudio como metodología e Ixmiquilpan como caso de estudio.

## **3.2 El caso de estudio como metodología**

Un estudio de caso se define como: una investigación empírica que investiga un fenómeno contemporáneo en profundidad, dentro de su contexto de la vida real, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y el contexto no son claramente evidentes, y en el que se utilizan múltiples fuentes de evidencia (Yin, 2009). Es decir, un estudio de caso es un método mayormente cualitativo que busca encontrar el contexto de la realidad creada por la sociedad, aunque no deja de lado los métodos cuantitativos ya que estos dan un bosquejo general de los problemas suscitados en determinado espacio, sin embargo, el grado de profundidad que pudiera llegar a obtener le da esta especial característica de acercamiento y comprensión de la problemática suscitada.

Aunque el caso de estudio, presenta una gran debilidad por el tamaño de muestra que lo retrasa en términos de comprobación científica, actualmente su utilidad lo coloca en un gran método de las ciencias sociales, debido a su profundización e indagación contextual sobre una realidad social (Madsen y Adriansen, 2004).

Uno de los objetivos que presenta este método es la generalización analítica que se lleva a cabo por la recopilación de la teoría, aunque los resultados no son muy probabilísticos, la existencia de las relaciones causales ofrecen una visión mayormente rica en la investigación social.

La investigación se basa en el análisis analítico y empírico de un estudio de caso. Un "caso" se refiere a una, varias personas individuales (como en los estudios de caso múltiple), un evento o una entidad (Miller y Brewer, 2003; Simon, 2008; Yin, 2009). Un estudio de caso se define como "una investigación empírica que investiga un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto de la vida real cuando los límites entre el fenómeno y el contexto no son claramente evidentes, y en el que se utilizan múltiples fuentes de evidencia (Yin, 2009).

### **3.2.1 Ixmiquilpan como caso de estudio**

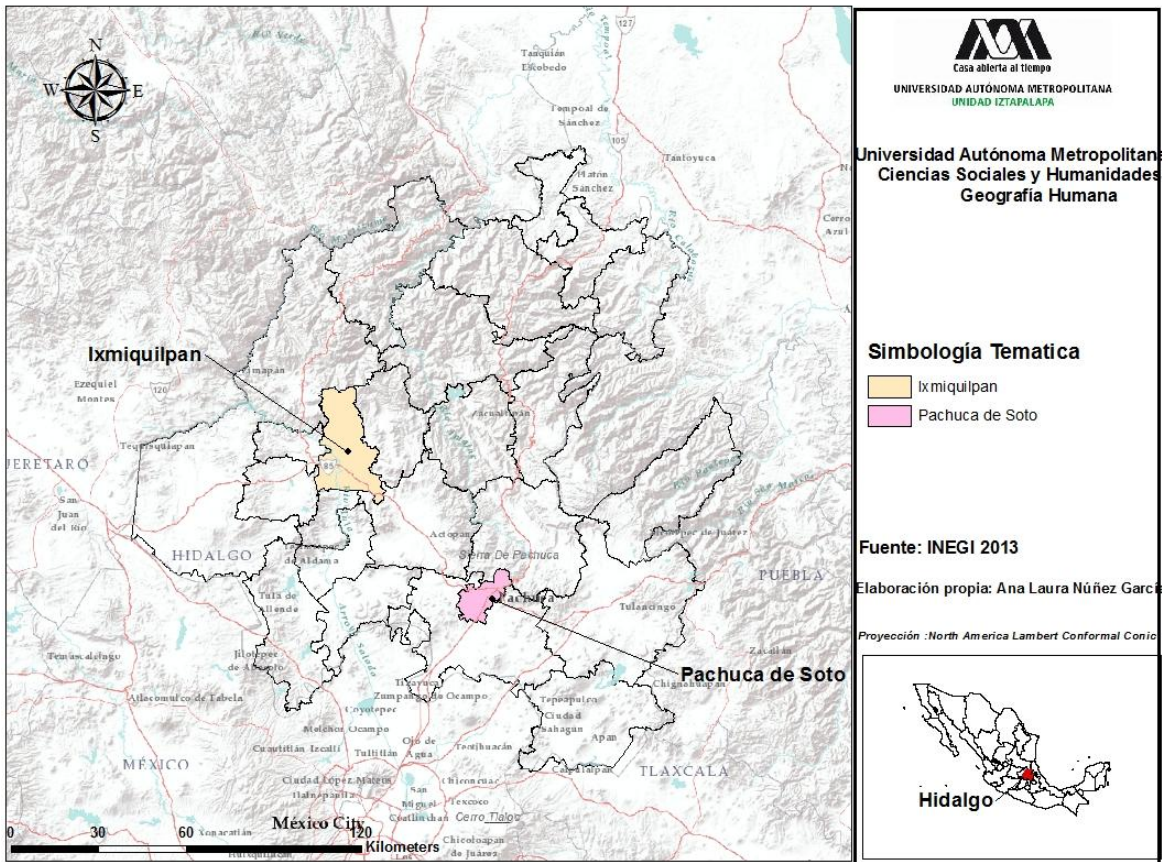
El municipio de Ixmiquilpan fue seleccionado como caso de estudio, debido a la importancia de su ubicación, como centro de intercambio comercial agrícola tanto dentro del mismo estado de Hidalgo, así como con los estados colindantes.

Cabe mencionar que la importancia prestada en este municipio es provocada por el sistema de riego implementado en 1904, y que actualmente es un dinamizador de la economía del municipio (Franco, 2012).

En la figura 3.1 se puede ubicar el municipio de Ixmiquilpan, esta es la zona de estudio para la presente investigación, la ciudad capital del estado de Hidalgo es Pachuca de Soto.



**Figura. 3.1 Localización del municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo**



**Fuente: INEGI (2013) elaboración propia.**

Ixmiquilpan se localiza a 75 km del norte de la ciudad de Pachuca, comprende una superficie de 563 km<sup>2</sup> lo que representa el 2.7% de la superficie total del Estado, su altura sobre el nivel del mar es de 1,745 m. Colinda con los Municipios siguientes: al Norte con Nicolás Flores y Zimapán. Al Oriente con el Cardonal, al Sur con Santiago de Anaya, Progreso y Chilcuautla, al Sureste con Alfajayucan y al Poniente con Tasquillo.

Ixmiquilpan está ubicada en la zona del Valle del Mezquital, la actividad económica principal y tradicional es la agricultura, misma que emplea las aguas residuales de la Ciudad de México para riego. Como hace mención Fabre Platas, sobre la historia del uso de estas aguas que data de fines del siglo pasado, en 1856 se inició la construcción de Gran Canal de Desagüe, cuyo objetivo fue drenar las aguas generadas por las precipitaciones pluviales del Valle de México hacia el

Valle de Mezquital. Esto motivó que en el año de 1904 se iniciaría la creación y operación del distrito de riego de Tula, que transformó las áreas de cultivo de temporal en áreas de riego. La introducción de riego, se inicia propiamente a finales de la década de los treinta, cuando se pone en servicio el sistema Taxhimay-Requena (Fabre, 2004). Actualmente se tienen 3 distritos de riego; donde están insertos 18 municipios y beneficia a 43,000 hectáreas. Por lo tanto para Franco , la zona de riego inicia en los municipios de Tepejí del Río y Tula de Allende, en donde se almacenan las aguas residuales en la presa Endó, La Requena y Taxhimay, posteriormente se distribuyen por varios canales para llegar a las tierras de cultivo (Franco, 2012).

La zona agrícola que se ha visto afectada debido al uso de aguas residuales provenientes del Valle de México, en la zona del Valle del Mezquital, en el estado de Hidalgo. Las condiciones que presentaba el suelo antes de la implementación de las aguas residuales, eran ya deplorables para la actividad agrícola, ya que es una zona semiárida. Aunque con la implementación del uso de aguas residuales, se logró grandes rendimientos en la producción agrícola, misma que se podía comparar con otras zonas productoras de hortalizas.

Sin embargo, a pesar de la riqueza de nutrimentos que trajo consigo el uso de aguas residuales, para la producción agrícola, el uso de estas desencadenaron una serie de problemas ambientales, provocado por las mismas condiciones físicas del lugar y los cambios en la composición de las aguas residuales expulsadas por fábricas y hogares.

Uno de los problemas ambientales desencadenados es la alta salinización, provocada por la poca profundidad del suelo, la elevada evapotranspiración, baja precipitación y malas prácticas como elevadas láminas de riego.

A continuación se menciona el análisis multimétodos que va abordar la siguiente investigación.

### **3.3 Análisis Multimétodos**

En términos sintéticos puede definirse a la metodología como el proceso de transformación de la realidad en datos aprehensibles y cognoscibles que buscan volver inteligible un objeto de estudio. Se trata entonces del conjunto de procedimientos teórico-prácticos que comandan, guían, el trabajo de investigación (Reguillo, 1998).

Los métodos cualitativo y cuantitativo en un mismo estudio se usan para medir u observar, en parte coincidentes, pero en parte diferentes facetas de un fenómeno. Por lo tanto con la aplicación de un segundo método se busca elaboración, realzamiento, ilustración o clarificación de los resultados procedentes del segundo (Bericat, 1998).

EL análisis multimétodos es concebido como un nuevo escenario para la investigación social.

La estrategia multimétodos, es entendida como una estrategia de combinación articulada, posible de realizar un proceso de condensación y cristalización simbólica (Arroyo-Menéndez, 2009).

Para esta investigación es necesario complementar los dos métodos cuantitativo y cualitativo, ya que se necesitan tanto las fuentes secundarias (estadística) como datos empíricos (entrevistas).

En la siguiente sección se mencionan los datos cuantitativos que se utilizan en la investigación.

#### **3.3.1 Datos Cuantitativos**

La metodología cuantitativa utiliza información que pueda ser cuantificable para describir o tratar de explicar los procesos que se estudian, a través de variables que conforman una serie de atributos o características que generan cierta igualdad o diferencia entre la población, en la siguiente investigación se recurrirá a una revisión documental amplia ya sea desde documentos bibliográficos o

hemerográficos, así como de fuentes estadísticas oficiales implementadas por instituciones como INEGI, INSP, OMS, CONAGUA, FAO, SIAP. Las primeras instituciones nos desglosan como está distribuida la población territorialmente. Con respecto a la salud recurrimos al INEGI, INSP, la OMS, para conocer el comportamiento del sector agrícola y también fue necesario el apoyo de la SIAP y la FAO.

Para el presente trabajo fue necesario recurrir a la información del INEGI con el apoyo de los denominados (shapes), que fueron utilizados para la generalización de los mapas del presente trabajo. Y también el INEGI y el INSP que sirvieron de apoyo, para obtener información que permitieron realizar las estadísticas de salud. También se utilizó información estadística del SIAP (Sistemas de Información agroalimentaria y pesquera), para la realización de gráficas de contenido de la producción agrícola en Ixmiquilpan, Hidalgo.

En la siguiente sección se mencionan los datos cualitativos que se utilizaron en la investigación.

### **3.3.2 Datos cualitativos**

Las técnicas cualitativas, implican un estilo de investigación social en el que se da una insistencia especial en la recogida esmerada de datos y observaciones lentas, prolongadas y sistemáticas a base de notas, baremos, records, ejemplos, grabaciones... lejos de ser una actividad unidimensional y lineal, el análisis cualitativo opera en dos dimensiones y de forma circular. No solo se observan y se graban datos, sino que se entabla un dialogo permanente entre el observador y lo observado, entre inducción (datos) y deducción (hipótesis), al que acompaña una reflexión analítica permanente entre lo que se capta del exterior y lo que se busca cuando se vuelve, después de cierta reflexión, de nuevo al campo de trabajo (Ruiz-Olabuénaga, 1996).

En el siguiente trabajo se utilizaron métodos cualitativos como son la entrevista semi-estructurada y la observación participante.

A continuación se mencionan tres métodos cualitativos que se utilizaron en la investigación y primero será la observación participante.

### **3.3.2.1 Observación**

La expresión observación participante es empleada para designar la investigación que involucra la interacción social entre el investigador y los informantes en el *milieu*, de los últimos, y durante la cual se recogen datos de modo sistemático y no intrusivo (Taylor, 1987 ).

La observación, es el proceso de contemplar sistemática y detenidamente cómo se desarrolla la vida social, sin manipularla ni modificarla, tal cual ella discurre por sí misma. Esta observación común y generalizada puede transformarse en una poderosa herramienta de investigación social y en técnica científica para recoger la información si se efectúa, aun admitiendo que sus problemas (son legión) incluye cuestiones de validez y de fiabilidad, de sesgos por parte del observador y los observados (Ruiz-Olabuénaga, 1996).

A continuación se menciona lo que son las entrevistas semi-estructuradas.

### **3.3.2.2 Entrevistas Semi-estructuradas**

La entrevista es por definición, un acto de interacción personal entre dos sujetos-entrevistador y entrevistado, en el cual se efectúa un intercambio de comunicación cruzada, a través de la cual, el entrevistador busca transmitir a su interlocutor interés, confianza, familiaridad, motivación y garantía de identificación para que el entrevistado devuelva, a cambio, información personal en forma de descripción, interpretación y/o afirmación evaluativa (Sierra, 1998).

En las entrevistas semi-estructuradas, hay un guión abierto que el entrevistador puede modificar en función de las respuestas y pedirle al informante que reflexione

de manera abierta sobre determinados temas... las entrevistas semi-estructuradas suelen ser útiles al principio y al final de la investigación: primero para tener una mayor cantidad de información posible y luego para puntualizar y verificar algunos datos (Reguillo, 1998).

También las entrevistas semi-estructuradas proporcionan una idea más clara sobre como los participantes perciben el mundo de la investigación, los problemas inherentes al tema de la investigaciones y su papel dentro de la comunidad (Bryman, 2008).

Por ende para esta investigación es necesario utilizar como herramienta la entrevista semi-estructurada ya que permite al investigador preguntar aspectos que le interesan estudiar del caso que investiga, creando un ambiente de confianza y respeto con el informante clave.

Para la presente investigación se tuvo que recurrir a entrevistar a los productores agrícolas, ya que ellos son los que trabajan directamente con el suelo y las aguas residuales.

Se plantearon tres elementos guías para la formulación de las entrevistas semi-estructuradas: producción agrícola, enfermedades en el campo, cambio de uso de suelo en el campo. Estos cuestionamientos guía se aplicaron a cinco informantes:

Fue a tres productores agrícolas, un campesino y un profesor.

- A los productores agrícolas (tres casos).- son localizados dentro de la región de Ixmiquilpan, en el mercado.
- El campesino (1 caso) fue ubicado en la colonia las cruces en Ixmiquilpan, Hidalgo.
- El profesor Ramiro Ríos Gómez (es un profesor- Investigador de Biología, él se encuentra en la UNAM FES-ZARAGOZA.) El profesor Ramiro Ríos lleva al menos 20 años trabajando en la zona de estudio y municipios integrados al Valle del Mezquital, realizando investigación de la problemática e impacto de las aguas residuales en el suelo.

Para corroborar la información fue necesario acudir a la zona de estudio e ir al mercado y colonias que se ubica en Ixmiquilpan.

### **3.4 Diseño de cuestionario**

El cuestionario que se aplicó en las entrevistas semi-estructuradas, contemplan la necesidad de conocer los datos generales del entrevistado, su nombre, edad, sexo, lugar de residencia y su ocupación laboral. Los temas de interés en la entrevista semi-estructurada son los efectos negativos de las aguas residuales en el campo agrícola, entre otros cómo dichas aguas afectan la salud humana, la producción agrícola y como estas han causado un cambio de uso de suelo.

#### **Datos Generales**

En la entrevista es importante conocer los datos del entrevistado, si el entrevistado no quisiera proporcionar sus datos se le puede asignar el seudónimo que el entrevistado quiera.

Nombre del entrevistado

Edad

Sexo

Lugar de residencia

Ocupación laboral

#### **Efectos en la salud humana**

Para esta investigación los temas principales de interés en el trabajo de campo fueron: conocer los efectos negativos de las aguas residuales y como estas han afectado la salud humana, la producción agrícola y al suelo.

Por ende es necesario conocer qué tipo de enfermedades se presentan en la zona de estudio como son las siguientes:

Enfermedades gastrointestinales

Enfermedades cutáneas

Casos de cáncer

Consumo de aguas-residuales

Consumo de alimentos regados con aguas residuales

### **Efectos en la producción agrícola**

También es necesario conocer en trabajo de campo por medio de entrevistas que tipo de efectos negativos han dejado las aguas residuales en la producción agrícola como son las siguientes:

Cultivos contaminados

Pérdida de fertilidad del suelo

Pérdida de especies endémicas

Ganado enfermo

### **Efectos en el cambio de uso de suelo**

Y por último en la investigación de trabajo de campo es importante también conocer cuáles son los efectos negativos en el cambio de uso de suelo:

Salinización del suelo

Degradación de suelo

Cambio de uso del suelo de agrícola a urbano

Por último se mencionan las conclusiones generales de la metodología.



### **3.5 Conclusiones**

Este capítulo da el panorama de la técnica multimétodos que se utilizó en esta investigación, se adoptó esta por tratarse de una combinación de métodos cualitativos y cuantitativos, ya que son herramientas de análisis que son de gran estrategia para la investigación.

Los métodos cuantitativos y cualitativos, permitirán tener un mejor análisis en la investigación. Ya que un solo método de investigación no permite conocer a fondo la problemática de la zona y es necesario que se complementen los dos métodos, para así tener una mejor información para el análisis de la investigación.

Para esta investigación es necesario utilizar análisis cuantitativos como son los datos estadísticos, ya que mi caso de estudio requiere de fuentes estadísticas oficiales que me permitan conocer los datos duros de la zona de estudio. Al igual es necesario realizar trabajo de campo, ir a observar la zona de estudio, conocerla para localizar las áreas que se ha visto afectadas y recabar la opinión y experiencias de los productores de la zona, cuales son los problemas que afectan su comunidad y esto será por medio de entrevista semi-estructuradas.

El siguiente capítulo versa sobre la historia del lugar y la problemática que tiene.

# **4.- Aguas residuales en Valle del Mezquital**

## **4.1 Introducción**

En este capítulo se presenta una breve historia del lugar de estudio y como se han derivado los problemas ocasionados por el uso de aguas residuales (salud, agricultura, suelo).

Este capítulo se divide en cuatro apartados, en la sección 4.2 se menciona una breve historia del Valle del Mezquital, el apartado 4.3 se hará mención sobre las principales enfermedades que afectan a las personas, también los problemas que se han derivado en la producción agrícola y los cambios de uso de suelo que se han originado en Ixmiquilpan por el uso de aguas residuales y por último el apartado 4.4 se mencionaran las conclusiones.

A continuación se menciona una breve historia del Valle del Mezquital donde se ubica el lugar de estudio: Ixmiquilpan, Hidalgo.

## **4.2.- Breve historia del Valle del Mezquital**

Si bien el Valle del Mezquital ocupa una gran extensión en el territorio del estado de Hidalgo, se caracteriza por su medio físico y también porque aún es un área en la cual aún existe presencia de culturas indígenas como es la existencia de la etnia Hña Hañu<sup>1</sup> y también se caracteriza por ser la mayor zona que es considerada uno de los mayores productores de hortalizas del país.

El Valle del Mezquital está dividido a la mitad por la serranía de San Miguel, la cual se ramifica a su vez en diferentes desniveles, aunque sin formar verdaderos

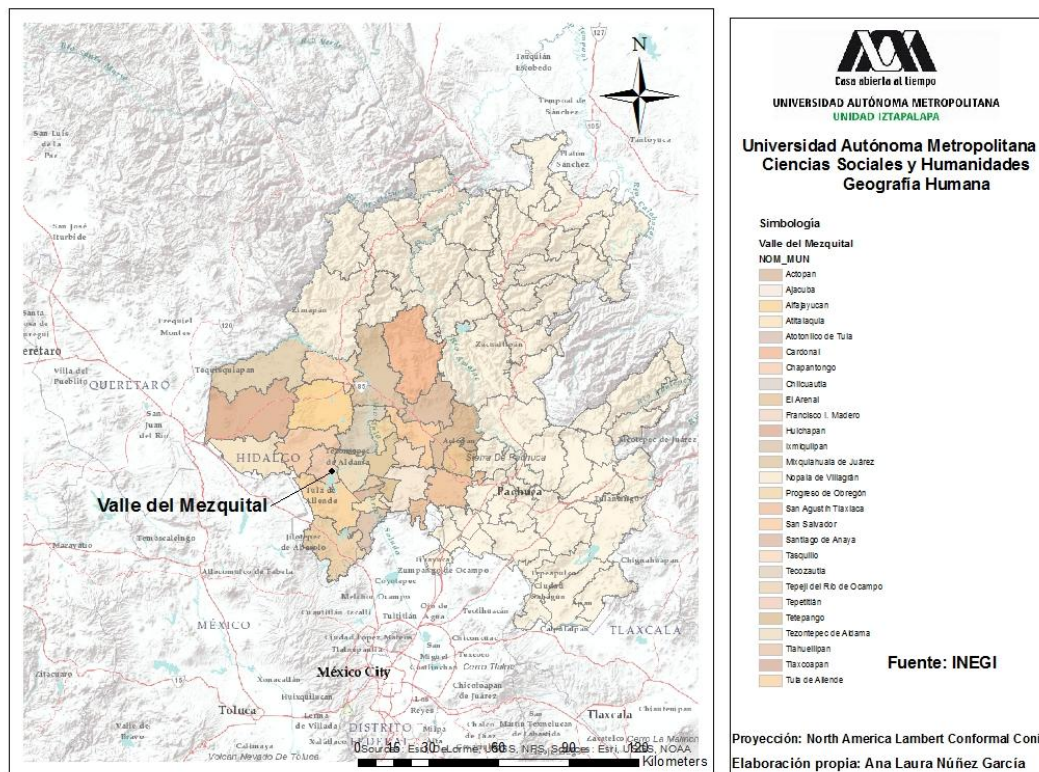
---

<sup>1</sup> Etnia Otomí

escarpments<sup>2</sup> al norte, el Valle de Ixmiquilpan, situado entre los 1700/1800 metros de altitud; al sur, el Valle de Actopan, levemente más bajo (que comprende los municipios de San Salvador y Chilcuautla y sólo en parte de Actopan); al noroeste, una llanura que comprende la parte septentrional del municipio de Ixmiquilpan y la de Cardonal sobre los 900 metros (Fabre-Platas, 2004).

La figura 4.1 es un mapa que ilustra la localización de los municipios que componen todo el Valle del Mezquital.

Figura. 4.1 Mapa donde se muestran los municipios que forman parte de la región, conocida como Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo.



Fuente: INEGI (2013) Elaboración propia.

El uso de aguas residuales en esta región se da por la escasez de agua en la zona, ya que el área de estudios tiene un clima semiárido, y los suelos no eran aptos para la economía de producción agrícola. Por eso se vieron en la necesidad de utilizar las aguas residuales provenientes del Valle de México.

<sup>2</sup> Cuesta empinada que se produce por una falla.

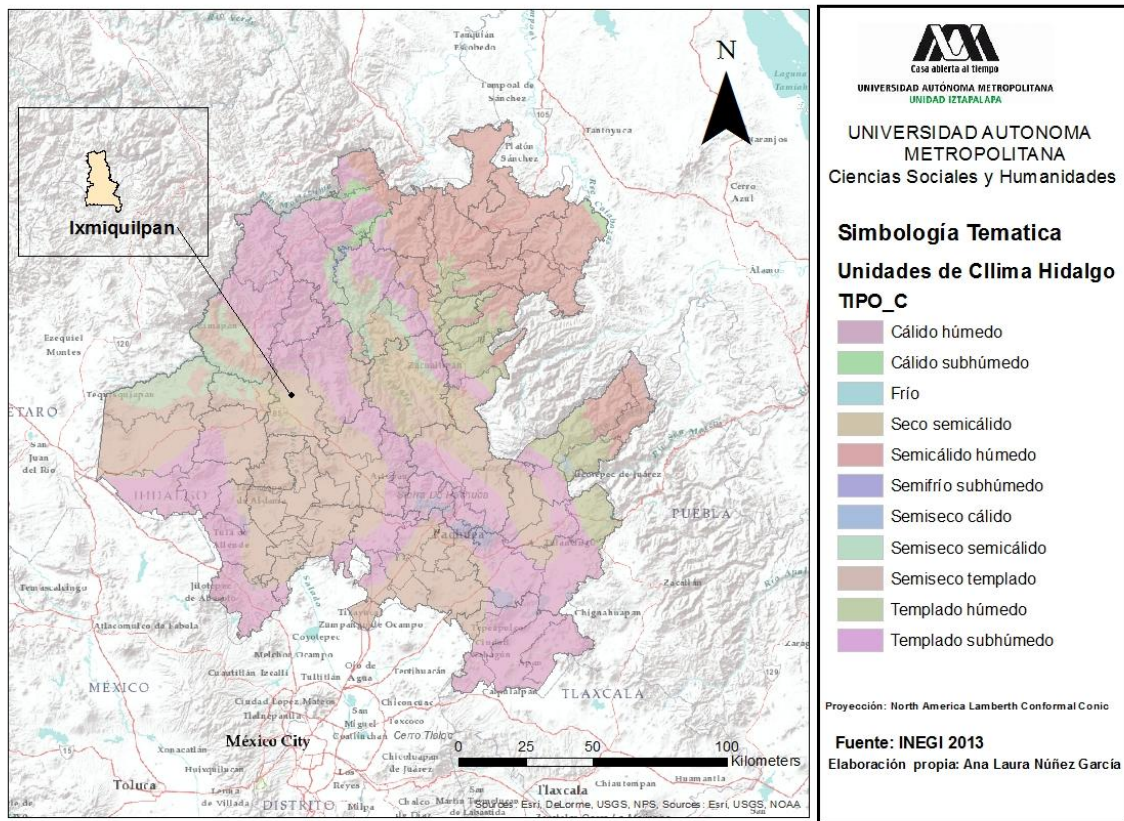
En el siguiente apartado se menciona la problemática del uso de las aguas residuales en el Valle del Mezquital.

#### **4.2.1.- Problemática de las Aguas Residuales en Valle del Mezquital**

La escasez de riego limita la producción agrícola agropecuaria, dada la baja producción pluvial y la pobreza de los suelos. En la subregión árida encontramos los municipios de Actopan, Alfayucan, El Arenal, El Cardonal, Champatongo, Chilcuautila, Huichiapan, Ixmiquilpan, Nicolás Flores, Nopala, Santiago de Anaya, Tasquillo, Tecozautla y Zimapan. En la subregión irrigada tenemos los municipios de Ajacuba, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Francisco I. Madero, Mixquihuala, San Agustín Tlaxiaca, San Salvador, Tepeji del Río, Tepetitlán, Tlaxcoapan y Tula (Fabre-Platas, 2004).

En la figura 4.2, se aprecian los diferentes tipos de clima que presenta el estado de Hidalgo, se puede observar que el clima seco semicálido, el cálido húmedo y semicálido húmedo, son los climas más representativos del estado, el municipio de Ixmiquilpan tiene un tipo de clima seco semicálido.

Figura. 4.2 Mapa en el que se ilustran los tipos o unidades de clima de Hidalgo.



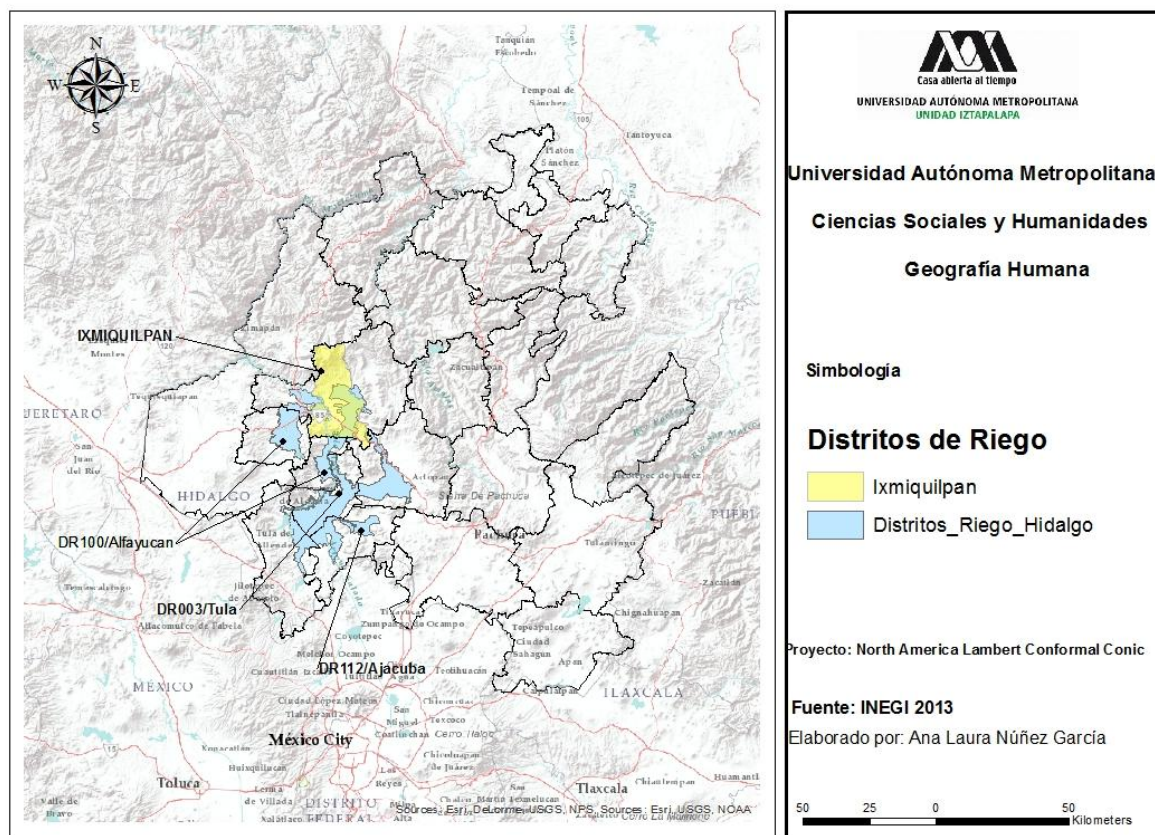
Fuente: INEGI (2013) Elaboración propia.

La figura 4.2 muestra los tipos de climas que tiene el estado de Hidalgo, el mapa es necesario para la investigación, ya que permite conocer el tipo de clima que tiene la zona de estudio (Ixmiuilpan, Hidalgo). El clima es un factor preponderante, ya que la zona de estudio tiene un clima semiseco, del cual viene la problemática ya que es una zona que se ha visto beneficiada con almacenamientos o abastecimiento de agua residuales para que exista producción agrícola. El mapa muestra que existen en Hidalgo al menos 11 tipos de clima, los predominantes son el clima semicálido y semicálido húmedo. En el municipio de Ixmiquilpan, predomina el clima semiseco-cálido, un clima que limita las actividades agrícolas principalmente por la carencia de agua por la baja precipitación lo cual ha conducido al uso de aguas residuales.

El uso de aguas residuales en el Valle del Mezquital data desde fines del siglo pasado, cuando en 1856, se inició la construcción del Gran Canal de Desagüe, cuyo objetivo fue drenar las aguas generadas por las precipitaciones pluviales en el Valle de México hacia el Valle del Mezquital, lo que hoy en día es el Distrito de Riego 003.

Esto motivó que en el año de 1904, se iniciara la creación y operación del distrito de riego de Tula (Figura 4.3), que transformó las áreas de cultivo de temporal en áreas de riego. La introducción del riego, se inicia propiamente a finales de la década de los treinta, cuando se pone en servicio el sistema Taxhimay-Requena (Fabre-Platas, 2004).

Figura. 1.3 Mapa de los distritos de riego de Hidalgo.



Fuente: INEGI, 2013, elaboración propia.

El mapa ilustra los distritos de riego que existen en el estado de Hidalgo, los distritos de riego son aquellos donde son depositadas las aguas residuales provenientes del Valle de México, para el municipio de Ixmiquilpan. Los distritos de riego que irrigan en Ixmiquilpan son el distrito de riego 003-Tula y el distrito de riego 100-Alfayucan, en estos dos distritos es donde se desarrolla las zonas de cultivos. Los distritos de riego se caracterizan porque las aguas residuales que contienen, son distribuidas en los canales de riego, para así poder irrigar los cultivos.

La actividad agrícola demanda agua residual por la necesidad de un abastecimiento regular que compense la escasez del recurso, por causa de la estacionalidad o la distribución irregular de la oferta de otras fuentes de agua a lo largo del año (Lara y Hernández, 2003). Las aguas residuales provenientes del Valle de México han beneficiado la agricultura del Valle del Mezquital, ya que en cierta manera las aguas residuales aportan nutrimentos para los cultivos ya que son una fuente de fertilizantes, pero los efectos negativos que tienen a su vez es que contienen sustancias químicas (metales pesados), bacterias, virus, entre otros patógenos, los cuales afectan a las personas y han provocado un impacto en el suelo (salinización).

A continuación en el siguiente apartado se mencionan las principales enfermedades causadas por el uso de aguas residuales.

#### **4.3.- Principales enfermedades causadas por el uso de aguas residuales en Ixmiquilpan, Hidalgo.**

Con la implementación del uso de aguas residuales en la producción agrícola, no se tuvo previsto el impacto que iba a provocar en la salud de los pobladores, que en su mayoría son familias de agricultores.

Como menciona Fabre Platas, en la zona se empezó a manifestar una tensión que en 1991 se manifestó con el temor de que la producción hortícola con agua

residual favoreciera la propagación de una epidemia. Los avances tecnológicos que se registraron en el mundo sobre la relación entre enfermedades infectocontagiosas y uso agrícola de aguas residuales, las nuevas formas de tratamiento de aguas residuales, la importancia de garantizar una buena calidad de las aguas reutilizadas en la agricultura y el papel de una apropiada regulación jurídica sobre el uso de las mismas, simplemente fue ignorado por las autoridades en México respecto al riego agrícola con este tipo de aguas en el Mezquital. Entre julio y diciembre de 1991, las autoridades locales, estatales y federales, tuvieron que reconocer varias realidades por los brotes de cólera que causaron pavor en el país (Fabre-Platas, 2004).

Para este apartado fue necesario acudir a información secundaria por medio de otras fuentes ya sean estadísticas o investigaciones periodísticas. En este tenor el periódico *La Jornada*, se refiere a las enfermedades causadas por las aguas residuales que se utilizan en el riego de los cultivos del Valle del Mezquital:

*“Un estudio del ingeniero Humberto Romero Álvarez, avalado por el programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Mundial de la salud, evidencia los daños que ocasionan las aguas residuales a la salud de las familias de los jornaleros que laboran en los cultivos del valle. Los resultados de laboratorio mostraron que debido a la presencia de residuos fecales en el agua, hay alta incidencia de infecciones por el gusano *Ascarislumbricoides* (que produce enfermedades diarreicas) en los menores de entre cinco y 14 años de edad que trabajan con agua residual cruda. (Sánchez, 2011).*

Por lo tanto los jornaleros se exponen diariamente a contraer alguna enfermedad por el uso de las aguas residuales. Aunque los agricultores ven las aguas residuales como su fuente de ayuda para así obtener ingresos mediante la producción de cultivos y la venta de hortalizas. Pero la realidad es otra ya que los alimentos que producen los agricultores ya presentan contaminación por metales pesados y además el consumo de alimentos crudos no se debería hacer ya que conlleva a que los jornaleros se enfermen. Sin embargo, muchos las consumen crudas y por eso les inducen diversas enfermedades gastrointestinales.



#### **4.3.1.- Producción agrícola por uso de aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo**

La actividad agrícola demanda aproximadamente el 79.5% del agua que utiliza el ser humano en sus actividades y en el área de estudio, es decir en Ixmiquilpan, Hidalgo, ubicado en la zona del Valle del Mezquital, la principal actividad económica en el municipio es la agricultura, la cual demanda una mayor cantidad de agua por el clima local y porque los productores desconocen las cantidades que deben aplicar por las características del suelo y exigencias de los cultivos. Un inconveniente que tiene el municipio de Ixmiquilpan es su ubicación en una zona semiárida, y por esta razón se ha visto en la necesidad de utilizar las aguas residuales, provenientes del Valle de México, mismas que han contribuido a la proliferación de la agricultura.

El Valle del Mezquital es una tierra de contrastes, pues a pesar de su aridez, 61 por ciento de su población, aproximadamente 420 mil habitantes, viven de la agricultura y han hecho de esta región, mediante el uso de aguas residuales no tratadas, el granero de Hidalgo. Sesenta por ciento de las 46 mil 480 unidades agrícolas con superficie de riego en el estado usan aguas residuales en los cultivos; 39 por ciento aguas blancas (de pozos y lluvias) y sólo 38 por ciento aguas residuales tratadas, de acuerdo con los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2009; Sánchez, 2011).

Las siguientes figuras 4.4 y 4.5 muestran algunos cultivos de hortalizas que se producen en la región de Ixmiquilpan bajo riego con aguas residuales.



**Figura. 4.4** Cultivo de col en San Nicolás, Municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo. Fuente: Trabajo de campo



**Figura. 4.5** Cultivo de acelga en la cabecera municipal de Ixmiquilpan, Hidalgo. Fuente: Trabajo de Campo

Este tipo de hortalizas son las que se presentan en ciclos cortos, esto quiere decir que las hortalizas que se cultivan en el Valle del Mezquital tienen un periodo de crecimiento de 3 a 4 meses, por eso el estado de Hidalgo y en especial la zona del

Valle del Mezquital se caracterizan por ser una región de mayor producción en hortalizas.

En esta región se produce además de maíz, frijol y trigo, hortalizas como jitomate, cebolla, col, cilantro, rábano y betabel, además de la cuarta parte de la alfalfa y todo el chile verde que se comercializa en el país.

Las aguas residuales son la única fuente fiable de agua para los agricultores de las zonas periurbanas, utilizándose ampliamente en zonas urbanas y periurbanas, en su forma tratada y no tratada (UNESCO, 2008).

En el siguiente apartado se mencionan los principales problemas de cambio de uso de suelo que se han originado por el uso de aguas residuales en Ixmiquilpan, Hidalgo.

#### **4.3.2 Cambios de uso de suelo al degradarlo por la irrigación con aguas residuales.**

El uso de aguas residuales en Ixmiquilpan, Hidalgo, ha propiciado a lo largo de los años, una degradación en los suelos agrícolas. Ya que las aguas residuales contienen sal y sodio y cuando se utilizan por un tiempo prolongado, causan un impacto en los suelos, lo que deriva a una salinización de este recurso natural (Figura 4.6) y por ende los hace improductivos y los cultivos forrajeros y hortícolas no son económicamente redituables y los agricultores terminan por abandonarlos.



**Figura. 4.6 Suelos agrícolas abandonados por salinidad excesiva hace 13 años en Taxhado-Maguey Blanco, en el municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo.**

También el riego con aguas residuales aporta metales pesados, grasas y alquilbencilsulfonato<sup>3</sup> (Figura 4.7), detergentes (Figura 4.8) en la presente imagen se puede observar suelos que originalmente eran fértiles, las aguas negras han afectado la flora y fauna además de producir cultivos contaminados. Así mismo, el uso de las aguas residuales consigue tener un impacto a largo plazo sobre la calidad del suelo que puede reducirse el precio de la tierra en el mercado.



**Figura. 4.7 Residuos de grasas y alquilbencilsulfonato en los canales, evidencias de la carga de contaminantes que transporta el agua residual a la altura del curso en Ixmiquilpan, Hidalgo.**

---

<sup>3</sup> Es un componente de detergentes de lavandería y productos de limpieza.



**Figura. 4.8** Muestra las evidencias de la alta concentración de detergentes en las aguas residuales de los canales en la zona de estudio.



**Figura. 4.9** Contaminación del agua en los canales de Ixmiquilpan, Hidalgo.

En la figura 4.9, se puede observar como las aguas residuales de los canales en el municipio de Ixmiquilpan Hidalgo, contienen alta concentración de residuos sólidos

no biodegradables, entre otras sustancias u objetos que contaminan los suelos agrícolas. Con este tipo de calidad de agua es con lo que irrigan los campos agrícolas. Se puede observar en las figuras anteriores, que evidentemente no son aguas que reúnan las características para utilizarlas en el riego y no son aptas para consumo humano.

#### **4.4.-Conclusiones**

En este capítulo se identificaron las problemáticas ambientales que se han originado por el uso de las aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo, estas aguas de segundo uso son provenientes del Valle de México.

Los problemas derivados por el uso de las aguas residuales son afectaciones en la salud humana, afectaciones en la producción agrícola y se ha originado un cambio de uso de suelo.

En los problemas de salud por el uso de aguas residuales, se han derivado varias enfermedades, debido al contenido de microorganismos patógenos como son las bacterias, virus, parásitos, y contaminantes químicos, etc., que son vertidos a las aguas residuales, las cuales provocan al ser humano enfermedades como: cólera, diarreas o afectaciones en la piel de los agricultores debido al contacto y consumo de aguas contaminadas o por el consumo de vegetales que son regados con estas.

Respecto a cómo afectan las aguas residuales en la producción agrícola, los efectos negativos que se producen, van desde problemas de desbalance nutricional, una baja productividad de hortalizas y salinización de los suelos agrícolas, ya que las aguas residuales, al contener varios contaminantes químicos, degradan los suelos y los productos que en ellos se obtienen.

Las aguas residuales al contener sales disueltas, degradan los suelos por salinización en tiempos relativamente cortos y los vuelven económicamente improductivos.

Las aguas residuales tienen sus pros y contras, ya que provocan efectos positivos y negativos en la agricultura al afectar la salud humana, reduce la producción agrícola y degrada el suelo y acelera el cambio de uso del mismo. Entre los efectos positivos figura el aporte de nutrientes, mejoran las propiedades del suelo, incrementan la producción agrícola sobre todo en las zonas áridas y semiáridas.

En el siguiente capítulo se analiza el trabajo empírico que se hizo en trabajo de campo, haciendo una relación de las cuestiones teóricas y metodológicas.

# **5. El uso de Aguas Residuales en Ixmiquilpan Hidalgo y su Efecto en la Salud Humana**

## **5.1 Introducción**

En este capítulo se hace un análisis que combina los aspectos teóricos y de trabajo de campo, que se realizó en el municipio de Ixmiquilpan Hidalgo, y para abordar los aspectos teóricos se utilizaron fuentes de información secundaria.

El capítulo se divide en cuatro apartados, en el apartado 5.2, se analizan los efectos en la salud humana, el apartado 5.3 analiza los efectos de la producción agrícola, el 5.4 enfatiza los efectos del cambio de uso de suelo todo esto derivado por el uso de aguas residuales, en esta región y en el último apartado, el 5.5 se presentan las conclusiones del capítulo.

## **5.2 Efectos en la Salud Humana**

El análisis de este capítulo hace mención del uso de aguas residuales en la agricultura y cómo estas afectan la salud de las personas que están expuestas. Entre los problemas que generan están: reducción de la salud, infecciones en la piel, enfermedades gastrointestinales, por el consumo directo de agua ó de alimentos contaminados.

El consumo de aguas residuales y alimentos contaminados son los principales vínculos involucrados en la transmisión de bacterias, virus o parásitos. Esto provoca en las personas, enfermedades infecciosas en el estómago como son parasitarias y gastrointestinales.



Las aguas residuales que llegan al Valle del Mezquital contienen metales pesados, aceites, coliformes fecales, detergentes, entre otras sustancias químicas y desde el punto de vista biológico protozoarios, bacterias, hongos y virus, etc.

Para este apartado es necesario acudir a la información obtenida en trabajo de campo y al uso de fuentes de información secundaria, que en este caso es por medio de notas periodísticas y estadísticas.

En el siguiente apartado se mencionan los problemas de salud por uso y consumo directo de las aguas residuales.

### **5.2.1 Por uso y consumo directo de aguas residuales**

En la investigación de trabajo de campo, se pudo identificar que en el lugar de estudio existe un desconocimiento por parte de las personas ó una negativa a la problemática que generan las aguas de segundo uso, en sus comunidades ó bien, si aceptan que las aguas residuales afectan su salud y a los cultivos, pero como estas aguas les han permitido generar producción de hortalizas, por eso la negativa de mencionar las problemáticas. Para los agricultores estas aguas han sido consideradas como “oro negro”, debido a que las aguas residuales han permitido la producción de hortalizas.

En trabajo de campo como bien se ha mencionado anteriormente, existen algunas contradicciones entre los agricultores, ya que algunos mencionan que las aguas residuales presentan contaminación, mientras que otros niegan este hecho.

En entrevista con un agricultor de nombre Francisco Bernal, mencionó las siguientes enfermedades detectadas en el campo:

*“El cólera, hay varias enfermedades, pero no me las he grabado bien, pero si salen mucho esas enfermedades en el campo. El agua que llega aquí, está muy contaminada, el agua que viene de la ciudad de México. Hay una parte que llega muy grasosa y el agua perjudica mucho en el cultivo.”*

Para el agricultor Francisco Bernal, el cólera fue una de las enfermedades que recuerda en primera instancia o que él tiene muy claro que se deriva del agua de

riego y surge al consumir agua o alimentos contaminados. Aunque el agricultor Bernal desconoce nombres de otras enfermedades que se dan por el uso y consumo de las aguas residuales, él tiene presente que existen más y que no solamente es el cólera la única enfermedad, que afecta su localidad. Desde luego, esta agua por la alta carga de material fecal, orina y materia orgánica en proceso de descomposición tiene bacterias, hongos, protozoarios, virus, coliformes fecales, huevos de helmintos, entre otros, muchos de ellos son agentes causales de enfermedades.

Al igual el agricultor Bernal hace hincapié que las aguas que vienen del Valle de México llegan muy contaminadas y esta consiente que las aguas que él utiliza para sus cultivos están sucias y que no son las indicadas, pero que las aguas residuales son su única alternativa para poder producir hortalizas.

En trabajo de campo permitió constatar que las aguas de los canales, no están limpias, en algunos canales se ve grasosa, en otros esta jabonosa; en algunos más es demasiado turbia, y en la mayoría de los canales el agua es maloliente, sin embargo, en todos los casos es utilizada para los cultivos como se observa en las imágenes del capítulo 4.

También en trabajo de campo otros problemas que se observan con relativa facilidad son: la presencia de residuos sólidos municipales (maderas, cartón, papel, plástico, envases de pet, entre otros) y de residuos biológico infecciosos como cadáveres de aves de corral, cerdos, gatos, perros, ganado vacuno, ovino y caprino y en casos extremos hasta de personas entre otros, todos ellos en proceso de descomposición avanzado.

El señor Bernal comento en entrevista lo siguiente referente a las aguas de los canales:

*“Si luego nosotros les decimos que nos echen el agua y cuando nos echan el agua; como hace 15 días venía una muerta. Que no nos echen cadáveres en el canal, échenos agua. En lugar de agua nos echan cadáveres de perros, chivos, gallinas y cosas así. No está limpia esa agua, como campesino, ahora si necesitamos agua, y si hay, pero está bien contaminada, debería de haber tratadora de agua. Pero allá para el lado de Tula creo que si hay”*

El agricultor Francisco Bernal al referirse de que les echen agua, se refiere a los canaleros, que son los encargados de distribuir el agua en los canales. Lo que menciona el agricultor Bernal, respecto a las aguas residuales que además de estar contaminadas y es que también presentan evidencias de cadáveres de animales o de personas, que están en descomposición y que al igual esto genera contaminación a las aguas y mal olor. Esto conlleva que en el Valle del mezquital no se lleva aún un control o tratamiento de las aguas residuales.

El agricultor poco habla de la contaminación química disuelta, esto es comprensible pues no es fácilmente observable y únicamente se refirió a los detergentes, grasas, aceites y sales que se manifiestan solo bajo ciertas condiciones, como cuando el agua presenta turbulencia se ve la formación de espuma (imagen 4.7), o cuando esta sin movimiento mucho tiempo y se evapora se ve la grasa y petróleo (imagen 4.6), o cuando en el suelo brota la sal por tanto riego o mucha humedad (imagen 4.5).

Los alimentos al ser regados con esta agua y con el paso del tiempo, al consumir mucha de la verdura que se produce puede ocasionar que la gente se enferme de cáncer, en este caso sin saberlo se refería a la presencia de metales pesados en los alimentos, pues es sabido (ATSDR, 2007; ATSDR, 2004) que los metales pesados son carcinogénicos<sup>4</sup> y teratogénicos<sup>5</sup> y se bioacumulan<sup>6</sup> en los seres vivos (Sinha *et al.*, 2007; Zhu y Shaw, 2000).

Por medio de una fuente secundaria, del periódico, *Criterio la verdad Impresa*, en la cual se hace mención respecto a la problemática de salud del Valle del mezquital por:

*“El boletín epidemiológico, de la Secretaría de Salud da a conocer que Hidalgo se encuentra entre las diez entidades con el mayor número de enfermedades gastrointestinales en el país.*

---

<sup>4</sup> (sustancia, agente) que produce cáncer o favorece su aparición

<sup>5</sup> Es la disciplina científica que dentro de la zoología, estudia las criaturas anormales, es decir, aquellos individuos naturales que no responden a un patrón común.

<sup>6</sup> Proceso de acumulación ciertos productos dentro de los organismos.

*Tan sólo en amibiasis se ha registrado más de 2 mil 400 casos en lo que va del año, mientras que otras enfermedades ocasionadas por protozoarios en el sistema digestivo superan los 500 casos. "(Jorge Martínez, 2015).*

Es evidente que existe un impacto en la salud por el uso de las aguas residuales, y la Secretaria de Salud presenta informes, aunque no hacen mención sobre que origina estas enfermedades en la zona de estudio. Pero hay un claro indicio que las aguas residuales son las que provocan un impacto en la salud, debido a su calidad que no es la indicada para su consumo. Los agricultores que utilizan estas aguas, están expuestos a contraer enfermedades gastrointestinales, ya que consumen los alimentos crudos que producen o llegan a consumir agua y no existen medidas de prevención de su consumo.

En el Valle del Mezquital las aguas con las que irrigan los cultivos provienen de las presas Endhó, Requena, Rojo Gómez y Aguirre.

Un ejemplo del problema que contienen las aguas residuales es la referencia que da la periodista Miranda Mejía y Fernando Mejía:

*"Visitar los alrededores de la presa Endhó es para sentir picazón en la lengua y comezón constante en los ojos, tal y como lo sienten aproximadamente 50 mil personas que viven alrededor de ese estanque, denominado "la cloaca más grande del mundo... Claudia Ballesteros del municipio de Tepetitlán. Para ella y sus hijos es una maldición para la población aledaña a las presas. Asegura que en la región ha provocado enfermedades, entre ellas cáncer de piel y pulmones, además padecimientos gastrointestinales. Señala que esa agua trae desechos químicos de hospitales y fábricas." (Milenio, 2014).*

Es tal la contaminación que tienen las aguas residuales que el olor que despiden produce malestar en la población aledaña a la Presa y produce además enfermedades y picazón en la nariz. En trabajo de campo al estar cerca de los canales, se presentaba mal olor y el color varia de amarillo, amarillo rojizo, pardo, gris o negro, todos ellos con diferentes intensidades según su grado de autodepuración<sup>7</sup>. La presa Endhó es de las presas de mayor capacidad para el abastecimiento de aguas residuales en el país.

---

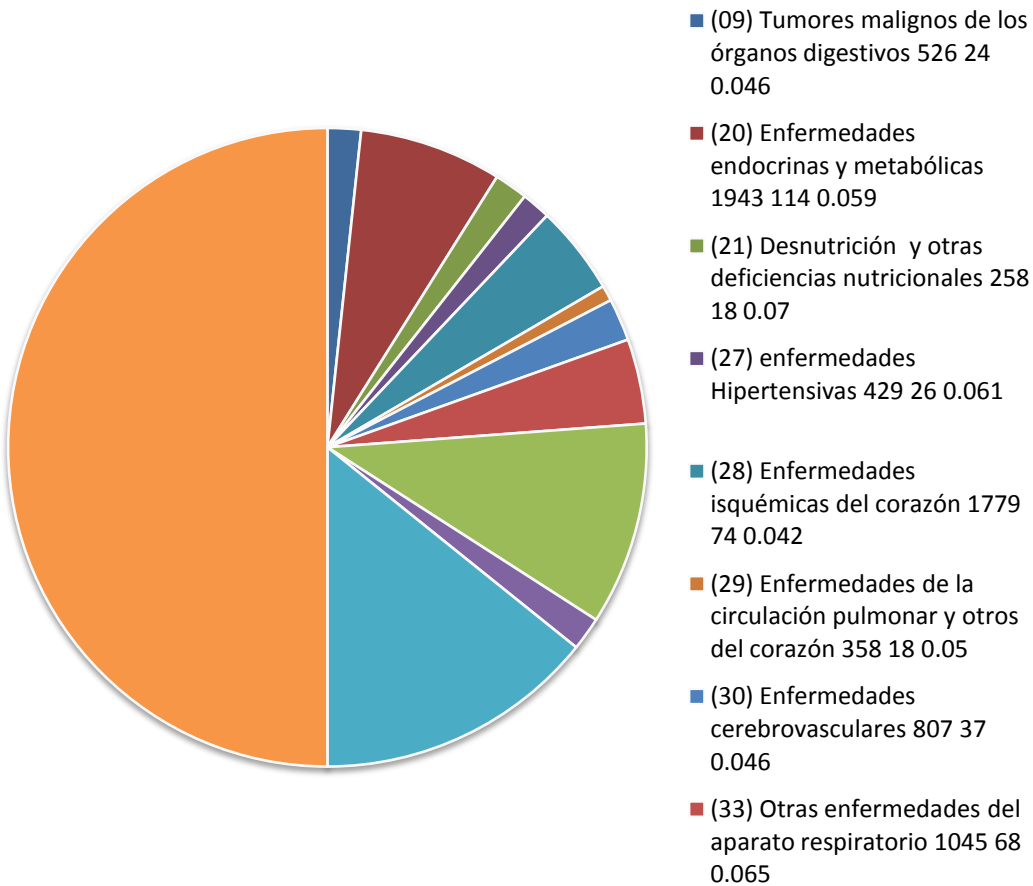
<sup>7</sup> Es el proceso de recuperación de un curso de agua después de un episodio de contaminación orgánica.

**Figura. 2 Principales Causas de Muerte en Ixmiquilpan. Fuente: INEGI. Dirección General de Estadística Sociodemográfica. Estadísticas de Mortalidad, año 2013.**

Causas de Muerte	Total entidad	Región	%	Ixmiquilpan
(09) Tumores malignos de los órganos digestivos	526	24	0.046	15
(20) Enfermedades endocrinas y metabólicas	1943	114	0.059	64
(21) Desnutrición y otras deficiencias nutricionales	258	18	0.07	15
(27) enfermedades Hipertensivas	429	26	0.061	13
(28) Enfermedades isquémicas del corazón	1779	74	0.042	40
(29) Enfermedades de la circulación pulmonar y otros del corazón	358	18	0.05	7
(30) Enfermedades cerebro-vasculares	807	37	0.046	19
(33) Otras enfermedades del aparato respiratorio	1045	68	0.065	38
(35) Enfermedades de otras partes del aparato digestivo	1508	162	0.107	91
(E51) Otros accidentes, incluso los efectos tardíos	395	19	0.048	15
Resto de enfermedades	4102	204	0.05	126
Total	13150	764	5.8%.	443

En el cuadro 5.1 se muestran las estadísticas, obtenida por el *Sistema Integral de Información del Estado de Hidalgo*, en esta información se incluyen las principales causas de muerte que tienen lugar en la región VI de Ixmiquilpan Hidalgo.

## Principales causas de muerte en Ixmiquilpan



**Figura. 3 Principales Causas de Muerte en Ixmiquilpan. Fuente: INEGI. Dirección General de Estadística Sociodemográfica.**

Se analiza en el gráfico que predominan las enfermedades del aparato digestivo, y consecutivamente las demás enfermedades que aparecen en el cuadro. En el análisis del cuadro también está presente la enfermedad de tumores malignos en los órganos digestivos. Haciendo una relación a la información obtenida de las fuentes secundarias y de trabajo de campo; las enfermedades del aparato digestivo y de tumores malignos en los órganos digestivos, se puede derivar que existe una estrecha relación de estas enfermedades con las aguas residuales, debido al consumo directo e indirecto de estas aguas.

Si bien el cuadro no especifica cuáles son las razones o motivos que propician las enfermedades que enlistan, si se hacen las siguientes deducciones ya que se presentan altas tasas de enfermedades gastrointestinales que afectan a la población de Ixmiquilpan y en varias investigaciones de las fuentes secundarias citadas en el trabajo, hacen hincapié que las aguas residuales provocan en las personas, enfermedades como son amibiasis y ascariasis, también existen muchos indicios de cáncer, todo esto es debido a que las aguas residuales están muy contaminadas.

### **5.2.2 Problemas de salud por consumo de alimentos regados con aguas residuales.**

Los alimentos que se generan en Ixmiquilpan Hidalgo y en todo el Valle del Mezquital, la cual es una región donde se producen hortalizas, las cuales se han visto afectadas por el uso de las aguas residuales, debido a que en su composición biológica fungen como fuente de bioacumulación de metales pesados, a causa del riego con las aguas residuales.

Los alimentos que se generan en Ixmiquilpan son los siguientes: lechuga, coliflor, maíz, espinaca, rábanos, tomate, jitomate, chile verde, avena forrajera, haba verde, frijol, entre otros.

En entrevista con el profesor Ramiro Ríos comento lo siguiente sobre una investigación que realizó en la zona de estudio:

*“Empezamos a trabajar con leche de ganado vacuno y con peces. Los peces, fueron recolectados en la presa de Alfayucan, ahí encontramos concentraciones de metales pesados muy cercanos al máximo permisible. La contaminación de los productos, si bien no rebasaban la norma, si están presentes altas concentraciones de metales por el proceso de magnificación. Lo que concluimos con el caso de los peces es que no se recomendaba su consumo frecuente, más que una vez ocasionalmente, una o dos veces al año, más allá que eso, precisamente para que el ser humano no los bioacumule y los elimine vía excreción, sudoración, y los niveles en su cuerpo no alcancen la toxicidad...”*

Lo que mencionó el profesor Ramiro Ríos en entrevista y al cual hago mención en la investigación debido a que él ha estudiado la problemática del Valle del Mezquital por más de 20 años. Lo que comenta en entrevista, nos permite reconocer que no solo los alimentos y las personas se han visto perjudicados por las aguas residuales sino también los animales de ganado y acuícolas, ya que consumen aguas residuales y esto ha provocado en los animales que su producto (leche, carne) se vea afectada la calidad, como en el caso de la leche de vaca, que es para consumo humano y la cual está presentado en diferentes estudios una mala calidad pues tiene altos contenidos de metales pesados y las personas la consumen. Además también la producción acuícola se ve afectada, porque las aguas de las presas no son las idóneas para la producción, ya que también los peces están bioacumulando los metales pesados.

### **5.3. Conclusiones**

En este capítulo se combinaron los resultados de trabajo de campo y el apoyo de fuentes de información, lo que facilitó comprender el problema de salud que afecta al municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo y a los municipios que forman parte del Valle del Mezquital, los cuales que al igual que Ixmiquilpan, se han visto afectados por la implementación de las aguas residuales, afectando la salud humana.

Si bien se pudo identificar que evidentemente existe un problema por el uso y consumo de las aguas residuales. Pero también la gente del lugar acepta que existe una problemática, pero también algunas personas sí reconocen que las aguas residuales, están afectan tanto la salud, como en la agricultura, aunque estén conscientes de ello, aun así las utilizan, porque las aguas residuales son para los agricultores “oro negro”. Los agricultores así denominan las aguas residuales, ya que para ellos, las aguas residuales, les han permitido que la zona sea beneficiada económicamente, por la producción agrícola, lo que esto les genera un ingreso económico.



En el análisis de la información secundaria y la obtenida en trabajo de campo, si bien las enfermedades que afectan más a la gente de Ixmiquilpan y demás municipios que utilizan aguas residuales son: las infecciones intestinales, enfermedades respiratorias y tumores, entre otros.

Al igual se pudo identificar que en las presas Endhó, Requena, Javier Rojo Gómez, en donde se almacenan las aguas residuales, provenientes del Valle de México, éstas sean focos de contaminación, donde la población que vive aledaña a las presas, se esté viendo afectada, ya que las presas al ser grandes almacenamientos donde se depositan las aguas residuales, en estas se generen más focos de infecciones y enfermedades , lo que conlleva a que aún no existe un control para el uso y tratamiento de las aguas residuales.

En el siguiente capítulo se hace el análisis de los efectos negativos en la producción agrícola.

# 6. Efectos en la producción agrícola

## 6.1 Introducción

El este capítulo se analiza el tema de los efectos negativos en la producción agrícola, derivado al uso de aguas residuales. Se hace un análisis por medio de las fuentes obtenidas en trabajo de campo y fuentes secundarias, además complementando lo visto en el capítulo dos del presente trabajo.

El capítulo se divide en cuatro apartados, en el primero, el 6.2 se analizan los efectos negativos en la producción agrícola, el apartado 6.2.1 aborda cultivos contaminados con metales pesados, mientras que el apartado 6.2.2 detalla sobre la pérdida de fertilidad del suelo y finalmente en el apartado 6.3 se emiten las principales conclusiones.

En el siguiente apartado se hace mención de los resultados del trabajo de campo con relación a los efectos negativos en la producción agrícola.

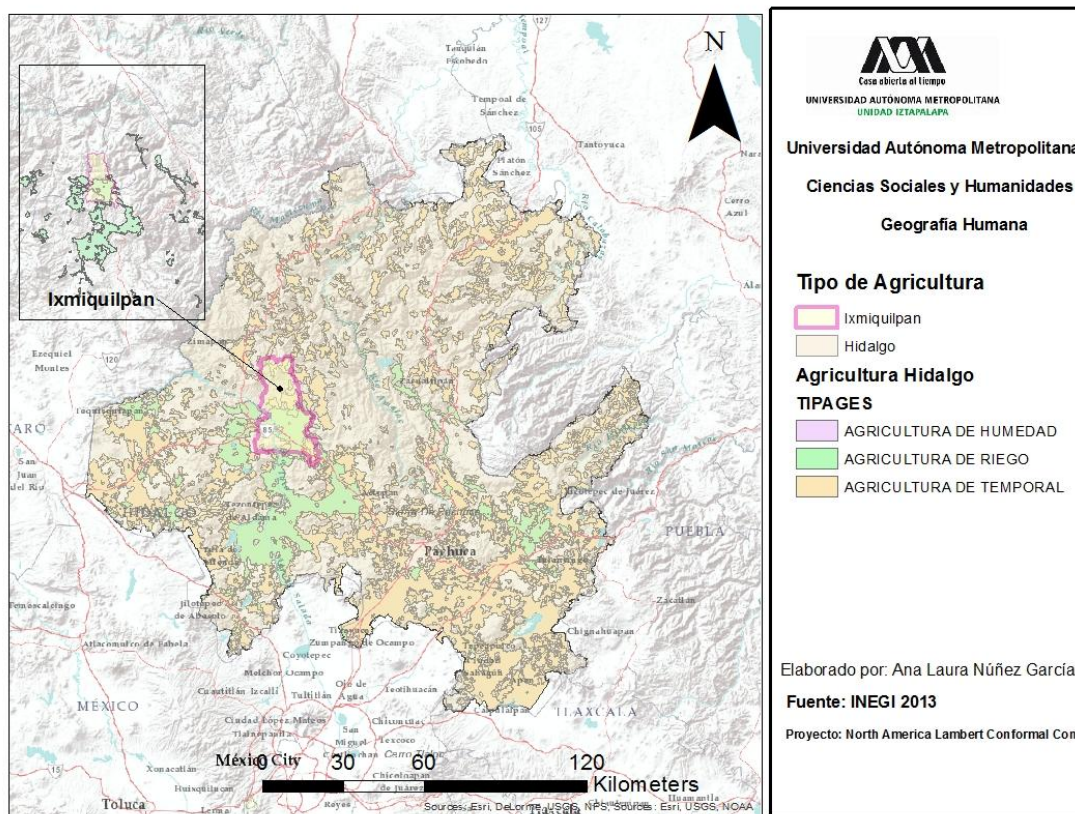
## 6.2 Efectos negativos de las aguas residuales en la producción agrícola.

La agricultura en México y el mundo subsiste gracias al agua. La disponibilidad de este recurso natural varía en función del relieve, patrón de vientos, continentalidad entre otros factores, que se manifiesta como diferentes tipos de climas. En el caso de estudio, los climas predominantes del Valle del Mezquital son áridos y semiáridos, en donde se presenta escases de agua. Por consecuencia los agricultores enfrentaron la deficiencia de este recurso para realizar las actividades agrícolas, que a su vez les permiten satisfacer las demandas de alimentos, al aceptar aguas de segundo uso.

En el Valle del Mezquital, donde de manera natural existe escases de agua, los agricultores se han visto en la necesidad de utilizar aguas residuales sin previo tratamiento las cuales contienen químicos, grasas, aceites, jabón, bacterias, virus, entre otros contaminantes provenientes de las industrias, talleres y hogares. Esta

carga de contaminantes químicos y biológicos degradan al suelo, el ambiente, la salud humana y animal. La zona del Valle del Mezquital se encuentra en los distritos de riego más importantes del país, debido a la superficie que abarca y el valor económico de la producción agrícola.

En la figura 6.1 se puede apreciar los tres tipos de agricultura que existe en el estado de Hidalgo (de riego, de temporal y la agricultura de humedad), sin dejar de lado el tipo de agricultura presente en el municipio de Ixmiquilpan. En el municipio de Ixmiquilpan, predomina la agricultura de riego, dejando de lado la agricultura de temporal, que se da en menor medida.



**Figura. 6.1 Tipos de agricultura en el estado de Hidalgo. En el municipio de Ixmiquilpan predomina la agricultura bajo riego practicada con aguas de segundo uso (INEGI 2013).**

En el caso de éste estudio, el municipio de Ixmiquilpan Hidalgo, donde ha venido surgiendo una problemática visible en los suelos agrícolas, se cosecha producción de alfalfa, avena forrajera verde, calabacitas, lechugas, espinacas, cilantro, cebolla, maíz, frijol, nabo forrajero, jitomate, tomate, haba verde, haba grano,

coliflor, col, chile verde, cebada forrajera verde, rábanos. Todos ellos irrigados con las aguas residuales.

En la figura 6.2, se muestra los valores de producción agrícola total, bajo riego del municipio de Ixmiquilpan durante los ciclos Otoño-Invierno y Primavera-Verano del año 2013. Lo que se cultiva en Ixmiquilpan Hidalgo nos indica que son cultivos de corta duración en el proceso de producción, ya que las hortalizas se cultivan en un tiempo aproximado de 3 a 4 meses. Lo que hace que esta zona de estudio y los municipios que están integrados al Valle de Mezquital, sean de las zonas de más

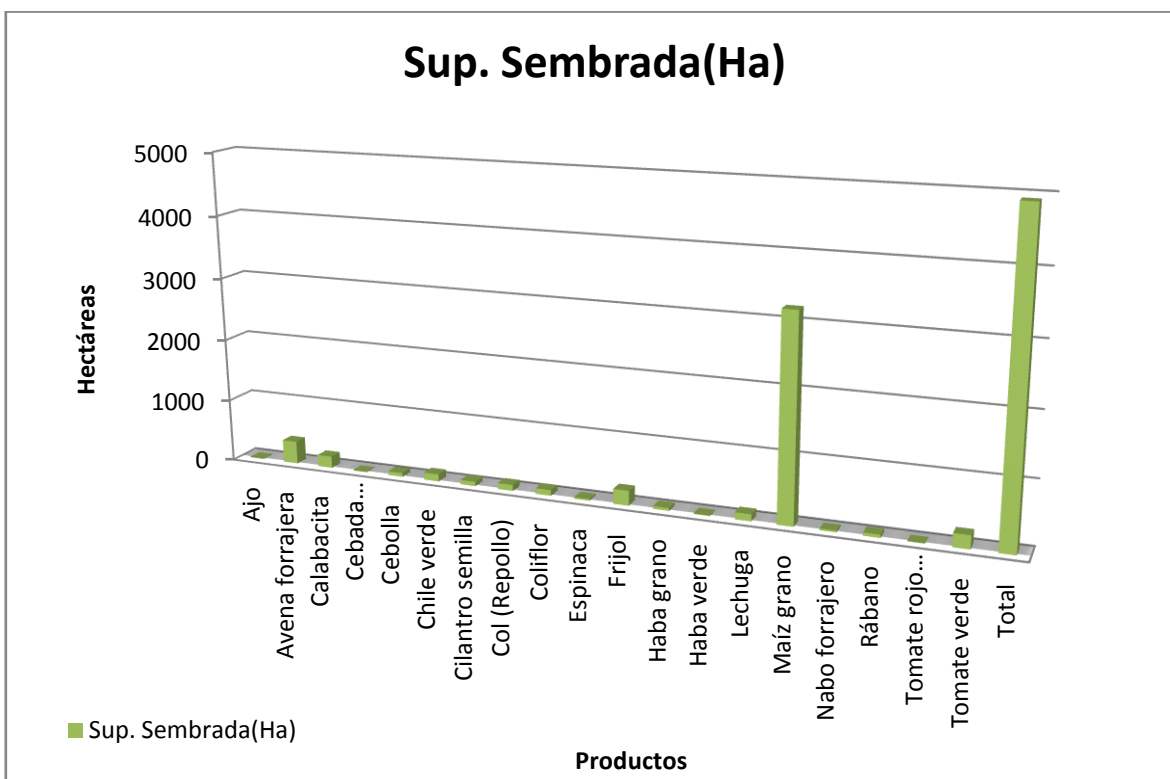


Figura. 6.2 Producción agrícola bajo riego en el municipio de Ixmiquilpan durante los ciclos de otoño-invierno y primavera-verano del año 2013-SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2013).

producción hortícola del país. Se puede apreciar en el gráfico que anualmente existe una producción agrícola anual de aproximadamente 5000 mil toneladas.

Se puede apreciar en la gráfica que la producción de maíz es dominante, seguida por la producción de avena forrajera, cebada, frijol, lechuga, col, coliflor entre otros alimentos.

En el siguiente apartado se hace el análisis de los cultivos contaminados por metales pesados como resultado del uso de Aguas Residuales.

### **6.2.1. Uso de Aguas Residuales en la Agricultura de Ixmiquilpan**

Las aguas residuales que se utilizan en el campo agrícola del municipio de Ixmiquilpan, como se ha venido mencionando en la investigación provienen del Valle de México. Como se menciona en el capítulo cuatro del presente trabajo, las aguas residuales se implementaron para hacer del Valle del Mezquital una zona productora de hortalizas desde 1904.

La producción de hortalizas en el Valle del Mezquital, es una de las principales fuentes de alimentos que llegan a la Ciudad de México y otras entidades cercanas como Puebla, Tlaxcala y se distribuyen en el mismo estado. Así que la salud de los consumidores se ve vulnerable al consumir los productos que vienen de esta región. Muchas personas consumen las hortalizas como: coliflor, el cilantro, los rábanos, la lechuga entre otros productos, la mayoría de las personas consumidoras desconocen el origen y con que se riegan los alimentos que consumen. El gobierno no ha tomado las medidas necesarias para el consumo de estos alimentos, que bien puede reflejarse en enfermedades en el corto, mediano o largo plazo, lo que conlleva a la aparición de las enfermedades gastrointestinales (amibiasis, ascariasis) y cáncer entre otros tipos.

Con apoyo de fuentes secundarias, en la Revista Contralínea de Hidalgo, se mencionan lo siguiente en el artículo denominado *Ambiente Letal para Hidalguenses*:

*“De acuerdo con datos de la Escala de Calificación General de la calidad de Agua, un líquido es considerado apto para el abastecimiento público si posee un mínimo de entre 50 y 80 puntos en el índice de Calidad de Agua (ICA). Cuando los parámetros superan ese porcentaje, se requiere de una ligera purificación.*

*En Hidalgo gran parte del agua para consumo humano no posee ni los 20 puntos. Tal es el caso del líquido que se consume en la región sur del Valle del Mezquital, tristemente célebre porque sus cultivos se irrigan con aguas residuales de los distritos de riego 03 y 100.”* (Revista Contralínea, 2006).

De acuerdo con este artículo, es necesario reflexionar que efectivamente las aguas residuales que se utilizan para el riego agrícola, no son las más viables para el cultivo de hortalizas y mucho menos para el consumo humano. Sin embargo estas aguas se ha permitido ser utilizadas para la agricultura, en esta zona geográfica, la cual no se ha visto beneficiada por abastecimiento de agua pluvial para generar producción agrícola se ha permitido la implementación dedistritos de riego que se localizan en la zona del Valle del Mezquital, en la cual también, existen muchos canales para el regadío de hortalizas. Derivado del uso de aguas residuales, en el Valle del Mezquital, se ha visto beneficiada la población (Figura 6.3).

En la figura 6.3 se puede observar racimos de rábanos, que fueron cosechados y los cuales los jornaleros lavan con aguas residuales de los canales. Los agricultores practican esta actividad con sus cosechas; si bien la producción agrícola de hortalizas es buena por el uso de las aguas residuales, esta producción se ve disminuida en su calidad al ser lavadas con estas aguas antes de ser introducidas al mercado.

En las figuras 6.3 y 6.4, se puede observar la calidad de las aguas que se usan para el riego agrícola en Ixmiquilpan Hidalgo. Las aguas de los canales se ven sucias, se evidencia la presencia de detergentes a través de la espuma jabonosa que se genera frente a cualquier turbulencia que tiene lugar en el curso de la red hidrológica por la que se distribuye o conducen las aguas residuales. Las aguas sin previo tratamiento son utilizadas en las parcelas afectando los suelos al ser el receptor de la carga de contaminantes que se descargan por las actividades domésticas e industriales entre ellas detergentes, hidrocarburos, grasas, sales, metales pesados y desde luego materia orgánica y una gran diversidad de microorganismos muchos de los cuales son patógenos.



**Figura. 6.3 Lavado del rábano en las aguas residuales, previamente a su introducción en el mercado**  
Fuente: Trabajo de Campo



**Figura. 6.4 Las aguas residuales contienen cantidades de detergentes que afectan la hidrofobisidad del suelo.**

En la foto (6.4) se puede apreciar con más claridad la espuma que se forma frente a cualquier turbulencia, lo cual es una manifestación de la elevada carga de

detergentes que lleva. La alta turbidez y color gris, se debe a la gran cantidad de sólidos en suspensión que tiene y las condiciones anaeróbicas del agua producto de las grandes cantidades de materia orgánica y consumo de oxígeno disuelto por su descomposición respectivamente.

En entrevista de trabajo de campo en el mercado de Ixmiquilpan, se obtuvo información de la Sra. Santa, quien expresa que desde niña trabaja en el campo sembrando ajo, calabaza, tomate, trigo, perejil, hierba buena, flor de calabaza. Y sus papás siembran maíz, frijol, jitomate y chile, ella indica que sus papás ya tienen 85 años dedicándose al campo. Señaló que toda su producción y la de sus papás es comercializada a la Central de Abastos del D.F.

Se le pregunto sobre la calidad del agua que utilizan para el riego de las hortalizas a lo que la Sra. Santa menciona:

*“Se riega con agua de pozo, yo uso del barrio Fitzhie, las aguas del pozo son del rio tula ya que alimenta a los pozos. El agua ya está contaminada, antes no estaba tan sucia, hasta había peces”*

En la siguiente imagen 6.5 se puede apreciar la calidad del agua del canal que atraviesa la ciudad de Ixmiquilpan, se trata de aguas residuales mezcladas con las aguas de los manantiales Maguey Blanco y Tephe, cuya calidad no reúne los requisitos para ser utilizada en la producción de alimentos. Estas aguas se mezclan nuevamente con las aguas que conduce el río Tula y que son utilizadas nuevamente para el riego agrícola en los predios de Tasquillo. Esta dinámica de uso de las aguas y su derivación del río Tula y descarga de los excedentes en el mismo después de pasar por las parcelas, tiene lugar a lo largo del cauce de este río en el Valle del Mezquital.





**Figura. 4** Las aguas residuales mezcladas con aguas del manantial de Maguey Blanco y del Tephe que drenan por el rio-canal que atraviesa la ciudad de Ixmiquilpan.

### **6.2.2 Cultivos contaminados con metales pesados**

Srinivasan y Reddy (2009) mencionan que el uso de las aguas residuales en la agricultura en países de regiones áridas y semiáridas es inminente ante la escases de agua de lluvia, los agricultores se ven en la necesidad de utilizar las aguas de mala calidad, aun cuando constituyen una amenaza para la agricultura y la salud humana. En Ixmiquilpan Hidalgo, la falta de agua, ha obligado al uso de las aguas residuales para la producción agropecuaria.

Por otra parte, existen diferentes investigaciones que hacen mención que las aguas residuales pueden ser benéficas para la agricultura y malas, ya que por una parte estas aguas ayudan al crecimiento de los cultivos al aportar nutrientes esenciales que incrementan la productividad de los cultivos. Por otra parte el aspecto negativo del uso de aguas residuales en la agricultura, es que contienen

metales pesados que son considerados tóxicos como son el Cadmio, Mercurio, Plomo, entre otros, cuyos efectos tóxicos se potencian por la presencia en el agua de otras sustancias tóxicas (Chen, *et al.*, 2005; Sing, *et al.*, 2004). Todos estos elementos contaminan los suelos, las plantas, animales y al ser humano.

Los nutrimentos que aportan las aguas residuales han propiciado que el campo agrícola en Ixmiquilpan sea productivo. Además que el Valle del Mezquital alcanza un rendimiento en producción agrícola parecido al del norte del país. La producción agrícola en el Valle del mezquital, son cultivos que en su mayoría son de ciclo rápido esto quiere decir que son hortalizas que tardan en crecer de tres a cuatro meses.

Las aguas presentes en los canales de Ixmiquilpan Hidalgo, como ya se ha venido mencionando provienen del canal de desagüe del Valle de México, estas aguas a su vez son depositadas en la presa Endhó la cual está muy contaminada. Las aguas de la presa Endhó se distribuyen por el área de irrigación a través de una red de canales primarios y secundarios hasta pasar por las parcelas, para finalmente desembocar en el río Tula, que también tiene un alto grado de contaminación.

En un estudio realizado por Buenrostro (1995), encontró en seis especies cultivadas en Ixmiquilpan, una secuencia en la bioacumulación en los diferentes órganos de las plantas cultivadas, a medida que estas se desarrollan, se inicia con la raíz, órgano de máxima acumulación en la etapa de plántula, se continua con una translocación<sup>8</sup> hacia el tallo durante un tiempo muy corto, pues es un órgano de conducción más que de almacén y de ahí pasa a las hojas durante la madurez fisiológica, donde reside la mayor acumulación y durante la floración activa, éste es el órgano de acumulación para finalmente pasar al fruto.

Es importante señalar el riesgo en la salud para el ser humano al consumir estos alimentos, por ejemplo del rábano consumimos los tallos, justo cuando en ellos se encuentran las mayores concentraciones de metales, otro ejemplo son las

---

<sup>8</sup> Significa un cambio en la localización. Generalmente se refiere a traslocaciones genéticas, en las cuales parte de un cromosoma se transfiere a otro cromosoma.

hortalizas de hoja, como la acelga, la espinaca, la lechuga entre otras, de estas hortalizas consumimos las láminas foliares (hojas) cuando este es el órgano de máxima acumulación de metales. Otro ejemplo es la calabaza de la cual consumimos las flores o bien el fruto en el momento de mayor actividad fisiológica y por ende de acumulación de estos contaminantes. Por lo tanto las hortalizas que se producen en Ixmiquilpan, tiene un grado de contaminación o de bioacumulación de metales para el consumo humano.

En la entrevista realizada al agricultor de Francisco Bernal, cuando se le pregunto cómo afectan las aguas residuales la calidad de las hortalizas dijo lo siguiente:

*“Si afectan, porque la verdad está muy contaminada el agua. Ahora sí que le trabajamos aquí y realmente sino se aplican los insecticidas no hay producción.”*

Respecto a lo que nos comenta el agricultor, él esta consiente que las aguas residuales están contaminadas, pero aun así las utilizan para que se pueda desarrollar la agricultura, porque es el único medio por el cual se les da la producción, además con ayuda de los insecticidas. A pesar de que utilizan las aguas residuales, insecticidas y fertilizantes, todos estos factores en conjunto han derivado a la problemática de la zona de estudio provocando daño en el suelo en los cultivos y en la salud humana.

También en otra entrevista el agricultor Margarito Hernández, él considera que las aguas residuales que tiene el rio Tula, no están contaminadas y son las que utiliza para regar sus hortalizas. Para el agricultor las aguas residuales donde más se utilizan en la región o en las localidades de Ixmiquilpan él considera los siguientes lugares: Tezontepec, Progreso y Misquiahuala.

Cuando se le pregunto al agricultor Margarito sobre las enfermedades que se presentan, solo menciona sobre el cólera, pero en lo que hizo mucho énfasis es que las enfermedades que se presentan en el campo son derivados del uso de fertilizantes y plaguicidas, para lo cual ejemplificó:

*“Mis compañeros se intoxicaron por uso del polvo insecticida, estuvo tres años en cama.”*

A lo que hace relación el agricultor es que muchos de sus compañeros que trabajan en campos de cultivo, se levantan a las 5 de la mañana para empezar a

trabajar en las tierras, muchos ya llevan trabajando 10 años y utilizan insecticidas para sus cultivos, pero con el paso de los años se han visto afectados ya que se enferman, se intoxican por utilizar insecticidas, comenta que uno de sus compañeros estuvo 3 años en coma.

En resumen los productores de Ixmiquilpan enfrentan la contaminación del agua de riego y el uso de agroquímicos durante la producción de alimentos de origen vegetal. Estas sustancias son muy tóxicas y si no se toman las medidas adecuadas para su aplicación, los jornaleros se enferman. Estas sustancias también afectan al suelo provocando un impacto ya que contienen muchos químicos que alteran la composición del suelo.

En la siguiente sección se darán las conclusiones del presente capítulo.

### **6.3 Conclusiones**

En este capítulo se combinó el análisis teórico con los resultados de trabajo de campo, lo que facilita al lector entender la problemática en la producción agrícola Ixmiquilpan por el uso de las aguas residuales.

Evidentemente existe una problemática en la zona de estudio, que la población y el mismo gobierno prefieren “ignorar”, son muy pocas las personas que están conscientes que las aguas que utilizan para regar sus cultivos no son las idóneas.

Las aguas residuales no tienen la calidad adecuada o los límites permisibles para ser utilizada en el regadío de los cultivos, No obstante la actividad agropecuaria en Ixmiquilpan, Hidalgo, está basada en el uso de este recurso natural degradado.

Estas aguas han sido consideradas benéficas para los cultivos porque aportan nutrimentos esenciales que ayudan a la producción de hortalizas, sin embargo su alto grado de contaminación ha generado un impacto ambiental generalizado al degradar los mantos freáticos, el suelo y con ello la producción que se obtiene.

En el trabajo de campo, me percate que también existen problemas derivados por el uso de insecticidas para los cultivos. Las sustancias químicas que contienen los insecticidas, han llegado a afectar a los campesinos, provocando los siguientes

malestares en el cuerpo: los ojos, la piel, los pulmones. Parte de los alimentos que se consumen en la ciudad de México, son producidos en el Valle del Mezquital y su consumo se permite aun cuando se conoce su mala calidad. Para la Comisión Nacional de Agua, el uso agrícola de las aguas residuales que se generan en la ciudad de México es permisible, aunque saben rebasa el limite permisible de tóxicos.

En el siguiente capítulo se hace el análisis de los efectos negativos en el cambio de uso de suelo.

# **7. Efectos Negativos en el suelo**

## **7.1 Introducción**

En el presente capítulo se hace un análisis de la información obtenida en trabajo de campo y ha sido apoyada con fuentes secundarias y marco analítico. El capítulo se divide en cuatro apartados: el apartado 7.2 analiza los efectos negativos de las aguas residuales en el suelo, en el apartado 7.2.1 se aborda suelos degradados o estériles y el apartado 7.2.2 discute el cambio de uso de suelo rural a urbano 7.3 son las conclusiones.

En el siguiente apartado se hace mención de los resultados de trabajo de campo referente a los efectos negativos en la producción Agrícola.

## **7.2 Efectos negativos de las aguas residuales en el suelo**

El suelo es un recurso natural primordial para el desarrollo la vida humana, sin embargo, está sufriendo un daño ecológico ocasionado por las diferentes actividades del ser humano y cuya severidad se incrementa día con día. Las actividades económicas que más relevancia tienen en la degradación del recurso suelo son: la deforestación, las actividades agrícolas, las actividades ganaderas y por extracción de minerales, entre otros.

En el caso de estudio en Ixmiquilpan Hidalgo, los daños causados al suelo, se han derivado por las actividades agrícolas que ahí se desarrollan. Los agricultores se han visto en la necesidad de irrigar las hortalizas con aguas residuales de baja calidad agronómica por sus concentraciones de electrolitos disueltos, productos químicos utilizados principalmente por la industria, aquellos que derivan de las actividades domésticas e industriales como los detergentes, grasas, aceites y biológico-infecciosos cuyo origen es más diverso.

En el siguiente apartado se mencionan los problemas de degradación del suelo por el uso de las Aguas Residuales.

### **7.2.1 Degradación/ Esterilidad del suelo**

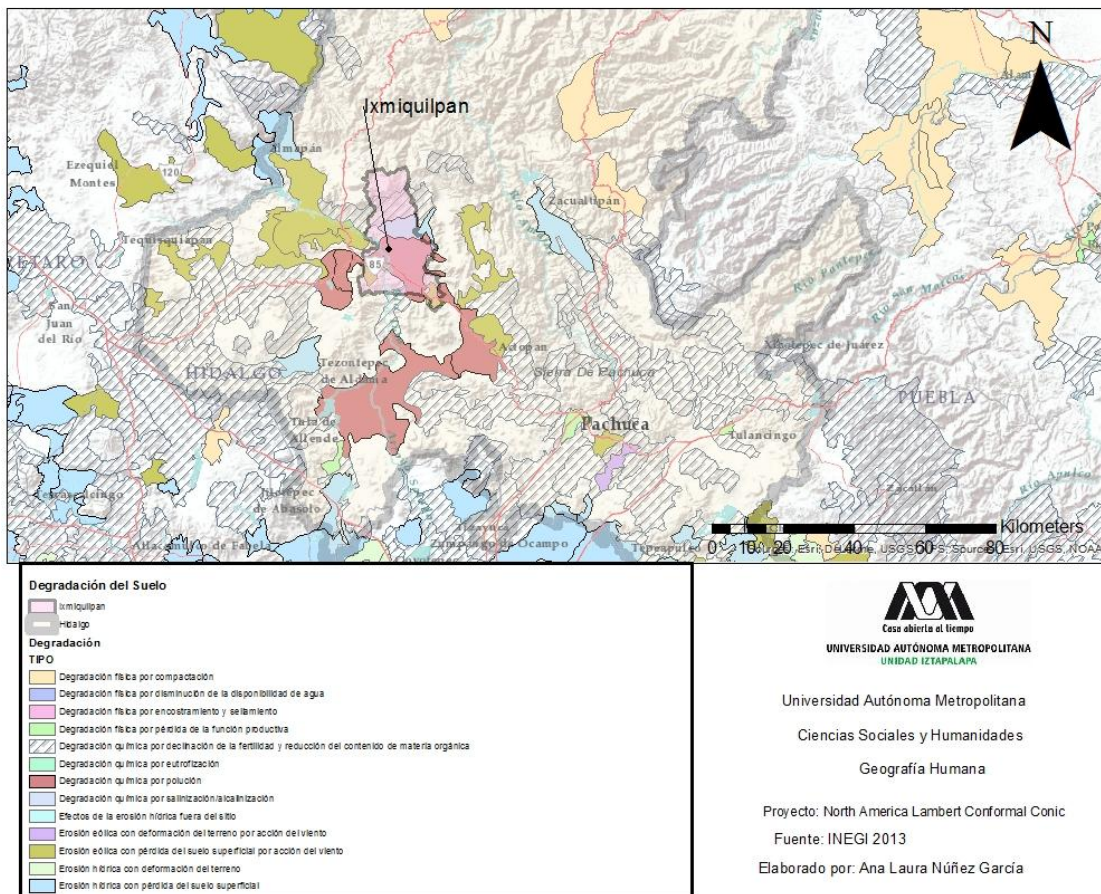
El suelo agrícola en el Valle del Mezquital, sin dejar de lado la zona de estudio que es Ixmiquilpan Hidalgo; están teniendo un problema debido al uso de las aguas residuales. Una de las causas de degradación del suelo más visibles es la salinización, Las concentraciones son tan altas que rebasan el nivel de tolerancia de las especies cultivadas y cuando aún hay algún crecimiento y desarrollo los rendimientos no son económicamente redituables para el productor, razón por la cual el predio es abandonado por improductivo.

Las aguas residuales que han irrigado los suelos agrícolas en el Valle del Mezquital, incluido el municipio de Ixmiquilpan, ya tienen más de 100 años en esta región. Por lo tanto a través de los años los suelos agrícolas se han ido degradando, ocasionando que el suelo presente salinización, derivado por una parte al tipo de suelo de la zona de estudio y otro factor importante las aguas negras.

En la figura 7.1, se muestran los tipos de degradación del suelo, es importante mencionarlos ya que este capítulo precisamente hace mención a la problemática de degradación, en la imagen se puede apreciar que en Ixmiquilpan Hidalgo los principales efectos de degradación del suelo son los siguientes: Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica, degradación por polución, erosión hidria con pérdida del suelo superficial y por ultimo erosión eólica con pérdida de suelo superficial por acción del viento.

El suelo agrícola ha sido afectado por la salinización en prácticamente toda el área irrigada, sin embargo las concentraciones de electrolitos varían espacialmente en el municipio de Ixmiquilpan. El tipo de salinidad que se presenta en la zona de estudio se denominada Clorhídrico-sulfática con tendencia a la sodicidad, se ha venido formado por la composición electrolítica de las aguas de

riego, mismas que han heredado su composición por las descargas de sales utilizadas en las diferentes



**Figura. 5** Imagen que muestra los tipos de degradación del suelo en el municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo

Actividades económicas del ser humano y desde luego porque durante su curso a través de los espesores de suelos salinos del Valle de México, se van cargando del mismo tipo de sales presentes en sus suelos salinos de salinidad Clorhídrico-sulfática con fase sódica.

El profesor Ramiro Ríos Gómez comentó en entrevista al respecto de esta situación:

*“El municipio de Ixmiquilpan es de los que tiene terrenos más bajos en el Valle del Mezquital, razón por la cual se hace más evidente la salinización del suelo. En donde el terreno es más bajo, el manto freático está más somero e incluso el agua aflora e inunda la superficie del suelo. Un indicador biológico de la profundidad del manto freático es la presencia de *Tipha latifolia* o tule, mismo que está presente*



*ahora en varias sitios del municipio. Es importante señalar que cuando han hecho drenes y bajan los niveles de humedad del suelo, su recuperación tiene lugar, entonces es posible empiezan a sembrar y a tener algún rendimiento y eso mantiene al suelo productivo en Ixmiquilpan.*

En el trabajo de campo realizado en el municipio de Ixmiquilpan Hidalgo, se pudo observar que existen algunas tierras infértiles o mejor dicho se presenta un problema de salinización en los suelos agrícolas. Esto ha provocado que el suelo sea improductivo esencialmente por salinización debido al uso de aguas residuales de mala calidad, lo cual ha conducido al abandono de las tierras o estas son dedicadas al pastoreo libre y en menor grado a su venta para ser urbanizado.

Los suelos agrícolas que se han visto afectados y que se han quedado abandonados, de manera natural son colonizados por herbáceas que hacen posible el pastoreo de ganado vacuno, caprino y ovino. La figura 7.2 es una fotografía tomada durante el trabajo de campo, se pueden observar evidencia de suelos salinos.



**Figura. 7.2 Terreno salinizado abandonado por improductivo, hoy invadido por arvenses tolerantes a la salinidad. Fuente: Trabajo de Campo**

En dicha fotografía se observa vegetación halófila<sup>9</sup> es decir vegetación que emerge en suelos salinos, la cual en esas tierras se ha visto afectadas, ya que anteriormente eran tierras de cultivo y actualmente son tierras abandonadas que se utilizan para el pastoreo, al fondo de la imagen se puede observar que estas tierras fueron utilizadas para el desarrollo de una granja.

En la figura 7.3 se observa un componente halófito, esto quiere decir que es vegetación que emerge en los suelos salinizados, esta vegetación es forrajada por el ganado.



**Figura. 7.3 Vegetación halófila que se desarrolla en los suelos degradados por salinidad en el municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo. Fuente: Trabajo de campo**

También otra forma de afectar el suelo agrícola, se debe a los años trabajados de la tierra, como en entrevista el agricultor Margarito Hernández Chávez

*“El abono (estiércol) y fertilizantes, adelgazan la tierra y afecta a la producción. Los suelos que se han trabajado por más de 40 años ya no sirven mucho”.*

Lo que el entrevistado indica es que en los suelos salinizados, la aplicación de abono de origen animal no contribuye de manera positiva a recuperar la fertilidad

---

<sup>9</sup> Es vegetación que nace de manera natural en suelos salinos.

del suelo, esto se debe a la presencia de sodio que reacciona con la materia orgánica formando humatos<sup>10</sup> de sodio que degradan más el suelo al elevar el pH por encima del intervalo de tolerancia de las especies cultivadas. Por lo tanto no hay desarrollo de los cultivos, no hay producción.

Lo que menciona el agricultor Margarito, permite entender que existen también otros factores que afectan el suelo, no solamente las aguas residuales sino que también el uso del abono y de fertilizantes, forman parte del proceso de afectación del suelo agrícola, estos dos componentes son de uso habitual en la agricultura, que con el paso del tiempo, conllevan al desgaste de los suelos agrícolas. Desde luego se desconoce por parte de los productores los principios químicos que gobiernan la degradación del suelo frente a la presencia del sodio aportado por las aguas residuales.

En el siguiente apartado se mencionan los cambios de uso de suelo agrícola de la zona de estudio.

### **7.2.2 Cambio de uso del suelo agrícola a urbano**

Debido a la contaminación de los suelos agrícolas, a causa de las aguas residuales y explotación de los suelos agrícolas, estas tierras se han convertido en suelos improductivos, que a su vez están siendo abandonados por los dueños. Por consiguiente se han visto en la necesidad de implementar otros usos, como es la venta de los terrenos para uso urbano, para pastoreo o hacer algún negocio que no sea con fines agrícolas.

En entrevista con el señor Alfredo González, comento lo siguiente respecto al cambio de uso de suelo que se está presentando en la zona de estudio:

*“Los terrenos que tenemos aquí eran productores de hortalizas como; col, lechuga, rábano, acelga, brócoli, coliflor, calabaza y otras más. Pero hace aproximadamente 13 años empezó a aparecer el salitre y entonces los suelos dejaron de producir. Al principio intentamos seguir cultivando pero ya nada crecía nada o las plantas*

---

<sup>10</sup> Es un fertilizante orgánico

*crecían muy poco y se empezaban a secar sin que les faltara agua y entonces todos dejamos de sembrar, unos se fueron para México o Pachuca o para el norte. Otros nos quedamos aquí y vivimos de los animales pero es difícil mantenerse. Cuando el terreno tiene poco salitre y se cultiva, lo hacemos a medias con los dueños que ya no los usan y que mejor trabajan en México, pero que sus familias viven aquí. A veces intentamos sembrar de nuevo la tierra pero no, no crece nada el problema es cada vez mayor, se va extendiendo, ya menos pero sigue. Estos señores si les va bien pusieron su granja y les va bien, pero ellos le saben a eso. Ellos mejor se vinieron a vivir ahí, mejor hicieron su casita. La mayoría dejó la tierra y por tal el crecimiento de hierbas y por lo tanto traemos los animales para que pastoreen (ganado vacuno, bovino).*

El agricultor Alfredo González, menciona la problemática de salinización, que existe en los suelos agrícolas, se identifica en la investigación que las aguas residuales han sido un detonante que ha provocado la salinización en los suelos agrícolas. Lo que comenta el agricultor, es que se realizaron intentos para seguir continuando con la agricultura, pero no han obtenido respuesta favorable en los suelos agrícolas, debido a que la producción de hortalizas se seca aunque estas estuvieran irrigadas, la producción agrícola ya no se da como esperaba. Así que las tierras que están presentando problemas de salitre en los suelos, se han visto algunos productores agrícolas a abandonar sus tierras y buscar otras fuentes de ingreso, ya sea migrar de un estado a otro o bien se van a los Estados Unidos. Si bien las tierras que presentan salinización, con el tiempo crecen solamente hierbas, la cual es utilizada para llevar a pastorear a los animales.

Se pudo identificar en trabajo de campo que los agricultores se han visto en la necesidad de buscar otros medios para subsistir económicamente, debido a la baja rentabilidad de los suelos agrícolas, a la ausencia de trabajo, falta de estudios así que la migración hacia otros lugares se ha vuelto una manera o un medio para poder obtener ingresos, esto es migrando nacional o internacionalmente.

Las personas que se dedican al capó en su mayoría hombres migran a lugares cercanos al estado de Hidalgo, para obtener ingresos económicos y así apoyar a su familia. Los estados aledaños a Hidalgo como son el Distrito Federal,

Querétaro, Tlaxcala, Puebla, etc., han sido los focos de atracción por parte de los agricultores y sus familias e internacionalmente se da la migración hacia los Estados Unidos.

En la figura 7.4 se puede apreciar el cambio de uso de suelo agrícola a pecuario, por ejemplo hasta hace trece años este suelo era agrícola, anteriormente se cultivaba, pero ahora por la salinización del suelo y por la contaminación se practica el pastoreo. Los propietarios de los terrenos han tendido que buscar otras alternativas para subsistir, económicamente. Existe un problema tanto de la contaminación del suelo y también que el campo ya no les genera los mismos ingresos que años anteriores, por ende los agricultores han cambiado su forma de ingreso implementando otras actividades.



**Figura. 6 Evidencia del cambio de uso del suelo de agrícola a pecuario ocasionado por la salinización del suelo debido al riego con aguas residuales de mala calidad. Fuente: Trabajo de Campo**

### **7.3. Conclusiones**

En este capítulo se identificó la problemática que enfrenta el suelo en Ixmiquilpan Hidalgo, por el uso de las Aguas Residuales desde hace más de 100 años. El impacto se evidencia por el proceso de salinización y contaminación química.

Ante la inminente problemática que impide practicar la actividad agrícola, los productores se han visto en la necesidad de implementar otro medio de subsistencia ya sea vendiendo sus tierras o usar sus tierras para ganado o pastoreo y por última instancia para el desarrollo urbano.

Los suelos de Ixmiquilpan Hidalgo, tienen una tendencia clorhídrico-sulfática, por lo cual estos suelos al presentar este tipo sodicidad, se afectaron con a través del tiempo con las aguas residuales ya que estas aguas conducen también iones de sales, así que relacionando estos dos problemas, los suelos agrícolas se vieron vulnerables y a través de los años se vio el inminente problema de la salinización de los suelos.

Entre las formas de subsistencia que se han adoptado sobresalen: La migración a las ciudades de México, Pachuca e incluso Estados Unidos a fin de obtener el ingreso necesario. Cultivar el suelo moderadamente productivo a medias entre los propietarios y los usuarios. Cambiar el uso del suelo agrícola a pecuario bajo el régimen de pastoreo libre esencialmente y en el mejor de los casos estabulado.

Para hacer frente a esta problemática, los agricultores se han visto en la necesidad de pedir apoyo a las autoridades estatales, para que les ayuden a recuperar sus tierras, pero el gobierno no les da respuesta alguna.

## 8.-Conclusiones

Este capítulo es el resumen del análisis de los resultados empíricos y de las reflexiones teóricas que se plantearon en el trabajo de investigación, el cual consistió en comprender los efectos negativos del uso de aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo, los cuales son los problemas en la salud humana, la producción agrícola y el impacto en los suelos agrícolas. Si bien se pudo identificar en la investigación los tres problemas derivados del uso de las aguas negras en Ixmiquilpan, Hidalgo.

El trabajo de campo fue complicado, particularmente al obtener información sobre los efectos negativos en especial en los problemas de salud, ya que hubo agricultores que reconocen la existencia del problema, derivado del uso de las aguas residuales, las cual está originando problemas de salud; pero por otro lado existen agricultores que desconocen que enfermedades son las ocasiona las aguas residuales, o bien prefieren no dar su opinión, porque saben que estas aguas son su fuente de ingreso económico, ya que los agricultores consideran que las aguas residuales son denominadas para ellos como “oro negro”, ya que estas aguas les han permitido producir alimentos y sin las aguas de segundo uso, el Valle del Mezquital no sería considerada una región productora de hortalizas.

Este apartado se divide en tres secciones, la primera son las conclusiones teóricas, la cual describe la importancia de los aspectos teóricos los cuales permitieron conceptualizar el marco teórico y el segundo apartado son las conclusiones empíricas, la cual permitió apoyarse de la metodología, con apoyo de la información obtenida en trabajo de campo.

Y por último se hará mención de las recomendaciones futuras de la presente investigación, para el estudio de las aguas residuales en el Valle del Mezquital u otros lugares, donde se cultive con aguas residuales.

## 8.1.- Conclusiones Teóricas

Las aguas residuales procedentes de la ciudad de México, tiene mala calidad al ser portadoras de contaminantes como metales pesados, electrolitos, agentes patógenos, detergentes, residuos sólidos, hidrocarburos, grasas y aceites entre otros. El uso de las aguas residuales en las actividades agrícolas ha conducido a la degradación del suelo agrícola, por salinización, metales pesados y organismos patógenos. La salinización del suelo ha afectado varias áreas de superficie agrícola en el municipio de Ixmiquilpan, algunas tan grandes como 200 ha que han sido abandonadas debido a su mala calidad y han dejado de ser improductivas para los cultivos tradicionales.

El aporte de metales pesados por las aguas de irrigación, ha provocado una contaminación de suelos agrícolas y en las especies vegetales que en ellos crece, como los cultivos los cuales acumulan contaminantes en sus tejidos, degradando así su calidad para el consumo. El consumo de especies vegetales contaminadas por agentes químicos o biológicos, deteriora la salud de los consumidores, ya sean herbívoros y el propio ser humano.

Una vez que los metales pesados son incorporados al tejido vegetal, pasan a los distintos niveles tróficos vía cadenas alimenticias, afectando a todos los seres vivos, incluido el ser humano. Los alimentos tanto de origen vegetal, como animal que se producen en Ixmiquilpan, se han visto afectados por las aguas residuales

En Ixmiquilpan las aguas residuales son la única fuente para el consumo animal, de este modo todo producto alimenticio de origen animal está contaminado. Otra vía por la cual los metales pesados llegan a las especies animales es el alimento, de este modo las especies forrajeras son la vía rápida.

Como se mencionó en el capítulo dos de la metodología, el objetivo principal de la investigación es conocer ¿cuáles son los efectos negativos de las aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo? la cual está directamente vinculada a los objetivos particulares, que están orientados a identificar cuáles son los efectos negativos en la salud humana, cuales en la producción agrícola y por último



cuales son los efectos negativos en los suelos. El cumplimiento cabal de estos últimos permitirá dar respuesta satisfactoria al cuestionamiento central de esta investigación dada la estrecha interrelación con el mismo.

En Ixmiquilpan Hidalgo, existe una relación directa entre la calidad del suelo agrícola, la producción agrícola que en él se obtiene y la salud de la población humana, con los efectos perjudiciales que las aguas residuales producen en el ambiente edáfico, atmosférico y fuentes primarias de agua en la región ya que repercuten en la calidad de vida de la población humana, además de los efectos directos que estas aguas tienen en el ser humano.

### **8.1.2 Principales conclusiones teóricas en la salud humana**

En el área de estudio, los problemas de salud pública que adolece la población, tienen su origen en las aguas residuales y se deben a la composición de sustancias químicas (sales, metales pesados, detergentes, hidrocarburos, entre otros) biológicos y desde luego de organismos patógenos.

El ser humano adquiere estos contaminantes químicos vía ingesta de alimentos vegetales o animales, consumo directo de agua contaminada y por contacto con la misma o bien inhalación de algunos contaminantes durante la realización de las actividades agropecuarias.

Los principales objetivos teóricos a analizar en la investigación, en relación a los efectos negativos en la salud humana, se pudo identificar que factor propicia las enfermedades entre los agricultores y a las personas que viven cerca de algún canal de riego o presa. Lo cual se logró identificar que las enfermedades que se han presentado en la región y en el municipio, se debe a que existe una estrecha relación con las aguas residuales, las cuales originan enfermedades gastrointestinales a las personas que las usan y consumen o bien si fue por consumo de alimentos. Las aguas residuales presentan contaminación que fue visible en la realización de trabajo de campo y que se muestran en las fotografías. Las personas que consumen los alimentos que han sido irrigados con aguas

negras y sin desinfectar, se han visto vulnerables a contraer enfermedades del estómago o bien la peor de las consecuencias es que se origine cáncer, debido a los metales pesados. También los animales se han visto perjudicados por las aguas residuales, esto es porque los animales como las vacas, caballos borregos, entre otros animales, tienden a tomar agua de los canales. Los alimentos que producen de la vaca, su calidad ya no es la misma, debido a que la leche esta presentado niveles de metales pesados y otro ejemplo son los peces de cultivo, que al igual presentan índices de metales pesados. Esto conlleva a que los alimentos tanto vegetal como animal, que se producen en Ixmiquilpan y municipios que conforman parte del Valle del Mezquital, se han visto afectados por las aguas residuales.

### **8.1.2 Principales conclusiones teóricas en la producción agrícola**

Se pudo identificar en la zona de estudio que el uso de las aguas residuales en la producción agrícola en Ixmiquilpan, han permitido que exista evidentemente un desarrollo de productos agrícolas; ya que dejando de lado lo negativo, estas aguas han representado en la región, una alternativa para el cultivo de riego, ya que las aguas presentan componentes químicos que han favorecido al desarrollo de la producción agrícola en Ixmiquilpan Hidalgo y los municipios que conforman parte del Valle del Mezquital. Los cultivos que siembran en el Valle del Mezquital son productos que se cosechan de 3 a 4 meses, en su mayoría los cultivos son hortalizas.

Los nutrimentos o elementos químicos que contienen las aguas residuales aportan a las cosechas los siguientes componentes químicos como son Ca, P, F, N entre otras sustancias químicas. En trabajo de campo por medio de fotografías se pudo observar que las aguas residuales presentan un alto grado de contaminación ya que presentan componentes químicos, físicos y biológicos, entre otros y esto refleja la parte negativa de las aguas residuales, ya que los componentes que contienen el agua en su mayoría es perjudicial, debido a que generan problemas ambientales. La contaminación del agua es visible, lo cual las sustancias que contienen perjudican tanto la vegetación como el suelo agrícola,

ocasionando un proceso de salinización de suelo y bioacumulación de metales pesados en las hortalizas.

### **8.1.3 Principales conclusiones teóricas de los suelos agrícolas**

La degradación del suelo, la cual se ha originado por las aguas residuales en Ixmiquilpan y por la sobreexplotación de los suelos agrícolas, ha ocasionado que la calidad y capacidad que tenía el suelo agrícola, se esté deteriorando. Esto es a causa de un proceso a través de varios años, del cual se ha ido manifestando las afectaciones al suelo. Lo que lleva a generar que los suelos agrícolas estén presentado problemas de salinización, en varios suelos agrícolas de Ixmiquilpan, lo que conlleva a que la calidad y rentabilidad del suelo comienza a bajar su calidad, originando baja producción agrícola, hasta la nula producción. Esta afectación al suelo agrícola ha generado en algunos agricultores que dejan sus tierras agrícolas, para dedicarse a otro actividad que les genere ingresos económicos, si bien pueden utilizar sus tierras para pastoreo de ganado, venden sus tierras o si no se van a los Estados Unidos o lugares cercanos al estado de Hidalgo, los agricultores lo hacen por la necesidad económica, ya que la agricultura no les deja dinero y menos si sus tierras están afectadas por la salinización, algunos no pierden la esperanza en que sus tierras vuelvan a repararse para así poder seguir cultivando.

En el siguiente apartado de hará mención de las principales conclusiones empíricas.

## **8.2 Principales conclusiones empíricas**

### **8.2.1 Introducción**

En el presente capítulo se hará mención de las principales conclusiones empíricas de la investigación, la cual permitió cumplir con el objetivo general, ya que se caracterizaron los efectos negativos de las aguas residuales en el municipio de

Ixmiquilpan y el Valle del Mezquital, esto en el estado de Hidalgo. Para cumplir con el objetivo principal, se pudo constatar que las aguas residuales efectivamente han provocado un impacto negativo a lo largo de varios años en Ixmiquilpan Hidalgo, ya que los problemas ambientales del municipio, se ven reflejados en la actualidad, pero ha sido un proceso en el cual si bien no se presentó al instante, sino ha sido un proceso que fue apareciendo poco a poco y del cual varios científicos como son los biólogos y químicos, se dieron a la tarea de investigar la calidad del agua de riego y en la cual se pudo constatar que la calidad de las aguas negras no son las óptimas para los cultivos, ni para la gente que consume el agua y que trabaja con estas aguas de segundo uso.

En cuanto a los objetivos particulares, se pudo constatar que los efectos negativos por las aguas residuales, ya sea que en su uso y consumo, se presenten afectaciones en la salud humana, en la producción agrícola y en un cambio de uso de suelo.

### **8.2.2 Principales conclusiones empíricas de los efectos negativos en la salud humana.**

Se pudo constatar en el área de estudio que la salud de los agricultores que trabajan con las aguas residuales y personas que viven aledañas a los canales de riego y de las presas, efectivamente se han visto afectados en cuestiones de salud, debido a que se han presentado casos de enfermedades como son: el cólera, enfermedades por amibiasis, enfermedades gastrointestinales y existen casos de cáncer. De estas enfermedades mencionadas, aún no existe por parte del sector salud una investigación, la cual haga mención sobre las enfermedades que ocasionan las aguas residuales a nivel nacional. Pero por medio de fuentes secundarias y de la poca información en cuestiones de salud obtenida en trabajo de campo, se pudo identificar que evidentemente existe una estrecha relación de las aguas residuales con los problemas de salud, que no solamente se dan en Ixmiquilpan Hidalgo sino también en las zonas que forman parte del Valle del Mezquital.

Existen diferentes opiniones referentes a las aguas residuales entre los agricultores, ya que se pudo evidenciar que hay agricultores que reconocen que las aguas residuales están provocado enfermedades a las personas que trabajan con estas aguas, pero hay otros agricultores que desconocen la problemática o bien no quieren afirmar sobre los problemas de salud, ya que esto provocaría que el gobierno no les permita sembrar alimentos. Por ende es necesario que en futuras investigaciones, se realice encuestas entre la población y si se puede en las clínicas de salud, para que se pueda obtener información de las causas de muerte en la población de Ixmiquilpan y municipios que forman parte del Valle del Mezquital.

### **8.2.3 Principales conclusiones empíricas de los efectos negativos en la agricultura.**

Si bien las aguas residuales han sido aprovechadas en el Valle del Mezquital, por los jornaleros, para ellos estas aguas son consideradas una bendición, ya que siendo una Ixmiquilpan, una zona semiárida, donde antes no se daba nada de producción agrícola, actualmente es lo contrario, debido a la implementación de las aguas residuales en la zona. Pero sin embargo a través del tiempo las aguas residuales afectaron la producción agrícola, los suelos y fauna en la región.

Si bien se pudo identificar que las aguas residuales, han ocasionado que los cultivos que en esta zona se producen, tengan un alto índice de bioacumulación de metales pesados e índices de contaminantes debido a las aguas negras. No solamente las hortalizas son las que presentan bioacumulación metales pesados, sino también los animales que consumen estas aguas, se han presentado casos de bioacumulación de metales pesados en la leche de la vaca y en los peces.

Si bien los alimentos son para consumo humano y la mayoría de estos productos, se envían por toneladas de hortalizas a los estados cercanos a Hidalgo como son: el D.F, Querétaro, Tlaxcala, entre otros estados. Si bien este tipo de verduras, no lleva un control de consumo o normas de consumo, por parte del gobierno federal y estatal.

#### **8.2.4 Principales conclusiones empíricas de los efectos negativos de los suelos agrícolas.**

En la investigación se pudo identificar que las aguas residuales han provocado un impacto en los suelos agrícolas, ya que estas aguas han provocado un deterioro en el suelo. Evidentemente el deterioro en los suelos agrícolas, se ve reflejado porque se está presentando un problema de salinización en los suelos, lo cual está orillando a los agricultores a dejar de producir hortalizas, debido a que la tierra ya no permite producir.

Los agricultores se han visto en la necesidad de abandonar sus tierras agrícolas y mejor optar por otro medio de subsistencia económica, ya que el campo agrícola no les está generando producción y por ende ingresos económicos. Este proceso de salinización de los suelos agrícolas, se ha ido manifestando a lo largo de un proceso de años, derivado al uso de aguas residuales, que han impactado el suelo agrícola, ocasionando infertilidad, ya que la producción agrícola no se da, sino al contrario la producción se seca. Esto ha ocasionado que las tierras agrícolas sean abandonadas o se vendan para darle otro uso de suelo.

Las tierras agrícolas que han sido abandonadas, se ha manifestado aparición de vegetación halófito y están siendo usadas para uso de pastoreo ya sea bovino, vacuno, etc., también se ha manifestado la aparición de granjas, la otra opción también que se está presentando, es vender el terreno, para que se le dé otro uso de suelo, como puede ser a manifestación de construcción de viviendas.

Si bien este problema ha ocasionado que los agricultores y la gente que vive de la producción agrícola, busque otro medio de subsistencia, debido a que ya no tiene medios económicos para cubrir los gastos del hogar, así que se ven en la necesidad de migrar hacia otro estado cercano a Hidalgo o sino a estados Unidos, en su mayoría es el hombre jefe de familia, el que se va de su hogar a buscar otro medio para obtener ingresos económicos.

En el siguiente apartado se hará mención de los principales problemas de la Investigación.

### **8.3.- Principales problemas de la Investigación**

En la investigación existieron puntos positivos y negativos referentes a la obtención de la información.

Los puntos negativos de la investigación fue la falta de recolección empírica en el municipio de Ixmiquilpan. Lo cual fue principalmente que no se pudo identificar empíricamente por medio de las entrevistas en Ixmiquilpan, información donde se reconociera o se identificara cuáles son los efectos negativos de las aguas residuales en la salud humana, debido a que en trabajo de campo los agricultores que se entrevistaron, no brindaron información precisa relacionado las enfermedades del campo que provocan las aguas negras, algunos solamente saben que efectivamente las aguas negras no son las idóneas y que si causan problemas de salud, como es el cólera, pero no supieron identificar otras enfermedades, faltó acceder a los centros de salud para obtener información en cuestiones de salud. Ese tipo de investigación se tendrá que realizar debido a que hace falta mucho en cuestión de los efectos negativos en la salud. También en relación al cambio de uso de suelo, también sería importante conocer las razones por las cuales se da el proceso de migración de los campesinos, porque al igual no se encontró mucha información a detalle, que haga mención que los campesinos migran por problemas ambientales o por los cambio de uso de suelo; solo hicieron mención los entrevistados que el campo ya no deja tanto ingresos económico.

Los puntos positivos de la investigación, fue en relación a los 3 objetivos particulares, de los cuales se pudo recopilar información en cuestiones de salud, aunque fue poca información empírica, las fuentes secundarias ayudaron a complementar, en cuestiones de la producción agrícola la información fue la necesaria y precisa en trabajo de campo, también se pudo obtener por medio de fuentes secundarias más información sobre el tema. Sobre los cambios de uso de suelo, se pudo identificar la problemática visualmente, aunque la información sobre el lugar como tal fue difícil encontrar, ya que hacía mención en general al Valle del Mezquital, que del municipio de Ixmiquilpan, pero con el trabajo de

campo y las fuentes secundarias, se constató la problemática, que aún queda para más investigación.

#### **8.4.- Investigaciones futuras.**

Las recomendaciones que se pueden hacer a partir de este trabajo, en relación a las cuestiones de salud, sería realizar un levantamiento de encuestas y entrevistas en los municipios que se han visto afectados en el valle del Mezquital, principalmente en los municipios donde se practica la agricultura de riego con aguas residuales. Al igual sería recomendable no dejar del lado, el estudio de la problemática de los suelos agrícolas, pero en especial, que sucede con las personas que migran a otros lugares y a Estados Unidos.

Para continuar trabajando en la zona de estudio, me enfocaría en ahondar como lo he mencionado anteriormente, en el tema de la salud e investigar en cuestión de las enfermedades, ya que aún es un tema que no se ha ahondo mucho en la investigación, sino que fue la información obtenida fue por fuentes secundarias y de lo poco que encontré, si requiere datos estadísticos y de entrevistas en la cual hagan mención de la afectación de las personas, que utilizan estas aguas de segundo uso. Que están provocando las aguas residuales en la salud humana, debido a que no existen estadísticas que den a conocer, las enfermedades que las aguas residuales están provocando, Solo hay informes en general, del estado y por municipio, pero no explican que factor es el que detona las enfermedades.

También sería bueno investigar o darle seguimiento a la planta tratadora de aguas negras que se construyó en Atotonilco de Tula en Hidalgo, en la cual el gobierno federal junto con la Conagua (Comisión Nacional del Agua) están implementado esta planta potabilizadora de aguas negras, la cual beneficiara a la población, incluida a muchos productores agrícolas del estado de Hidalgo, debido a que la calidad del agua sería más óptima y menos contaminada. Aunque aún no entra en



funcionamiento, el tratamiento de estas aguas negras, se espera que mejore las condiciones de salud de los Hidalguenses y se verán favorecidos socioeconómicamente ya que la producción agrícola también mejorara. Sería bueno realizar una investigación en un tiempo o par de años, sobre la funcionalidad de la planta tratadora.

## 9. –Bibliografía

Abu-Ashour, J. y Lee, H. (2000). Transport of bacteria on sloping soil surfaces by runoff. *Environmental Toxicology* 15(2):149–153.

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades ATSDR. 2007. Plomo. CAS # 7439-92-1:1-2.

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades ATSDR. 2004. Resumen de salud pública Cobre. CAS #: 7440-50-8: 1-2.

Arroyo M. (2009). Cualitativo-cuantitativo: la integración de las dos perspectivas en Merlino A. *Investigación cualitativa en Ciencias Sociales*. Buenos Aires: Cengage Learning.

Asano, T. (1998). *Wastewater Reclamation and Reuse*. Technomic, Lancaster.

Asano, T., Smit, R.G., Tchobanoglous, G. (1985). Municipal wastewater: treatment and reclaimed water characteristics. In: Asano, S.P.G.T. (Ed.), *Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater – A Guidance Manual*. Lewis, Chelsea, MI.

Bahemuka, T.E., Mubofu, E. B. (1999). Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Sinza and Msimbazi Rivers in Dares Salaam, Tanzania. *Food Chemistry* 66(1):63–66.

Bericat, E. (1998). La integración de los métodos cuantitativo y cualitativo en la investigación social. Editorial Ariel, Barcelona, pp 114-115.

Bryman, A. (2008). *Social Research Methods* Oxford University Press Incorporated, Tercera Edición.

Buenrostro R. G. (1995). Evaluación de los niveles de concentración de elementos constituyentes y contaminantes en diferentes especies hortícolas con flor y fruto en el municipio de Ixmiquilpan, Hgo. Tesis de licenciatura, Químico Farmacéutico Biólogo. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. México.

Chen Y., Wang C., Wang Z. (2005). Residues and source identification of persistent organic pollutants in farmland soils irrigated by effluents from biological treatment plants. *Environment International* 31:778–783.

Chen, Y., Wang, C., Wang, Z. (2005). Residues and source identification of persistent organic pollutants in farmland soils irrigated by effluents from biological treatment plants. *Environment International* 31, 778–783.

Cifuentes, E., Gomez, M., Blumenthal, U., Tellez-Rojo, M.M., Romieu, I., Ruiz - Palacios, G., Ruiz-Velazco, S. (2000). Risk factors for *Giardia intestinalis* infection in agricultural villages practicing wastewater irrigation in Mexico. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 62(3):388–392.

Collado, J. (2008). *Interrelaciones Agua y Salud Pública en México*. Informe OMM/ Premio, No. 064 (pp. 11-44). CONAGUA-SEMARNAT.

Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. Portal de Geoinformación (CONABIO, 2012) <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Cruz, A. (2011, Marzo, 12). Se riega con aguas negras 60% de cultivos agrícolas en Hidalgo. *La Jornada*, p.32.

Cornejo, A (2006, Julio). Ambiente Letal para Hidalguenses. *Contralínea Hidalgo*, No.9. <http://www.hidalgo.contralinea.com.mx/archivo/2006/julio/index.htm>

Demirbas A. (2008). Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials: A review. *Journal of Hazardous Materials* 157:220–229.

Fabre-Platas, D.A. (2004). *Una Mirada AL Valle del Mezquital desde los textos*. Perlitur Ediciones México.

Fabre-Platas, D.A. (2004). *Una Mirada Al Valle del Mezquital desde los textos*. Perlitur Ediciones México.

FAO (1996). Programa Árboles, Bosques y Comunidades Rurales (FTPP/FAO) y PAFG/MAGA, Proyecto GCP/GUA/007/NET. Noviembre 1996.

FAO (2009). *Monitoreo y Evaluación de los Recursos Forestales Nacionales – Manual para la recolección integrada de datos de campo*. Versión 2.2. Documento de Trabajo de Monitoreo y Evaluación de los recursos Forestales Nacionales, NFMA 37/S. Roma.

- Franco, S. L. (2012). Migración y remesas en la ciudad de Ixmiquilpan. Pachuca, Hidalgo: UAEH.
- Hamilton, A.J., Stagnitti, F., Xiong, X., Kreidil, S.L., Benke, K.K., Maher, P., (2007). Wastewater irrigation: the state of play. *Vadose Zone Journal* 6:823–840.
- Ikeda, M., Zhang, Z.W., Shimbo, S., Watanabe, T., Nakatsuka, H., Moon, C.S., Matsuda-Inoguchi, N., Higashikawa, K. (2000). Urban population exposure to lead and cadmium in east and south-east Asia. *Science of the Total Environment* 249:373–384.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Estadísticas de Mortalidad. (2013) <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/vitales/mortalidad/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Cartografía Geoestadística. (2013) <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geografia/default.aspx>
- Jeena T. Srinivasan, V. Ratna R. (2009). Impact of irrigation water quality on human health: A case study in India. *Ecological Economics*, 68:2800–2807.
- Keraita, B., Drachsel, P., Said, R., Amerasinghe, P., Olufunke, C. O., Konradsen, F. (2010). Harnessing farmers' knowledge and perceptions for health-risk reduction in wastewater-irrigated agriculture. In: Drechsel, P., Scott, C.A., Raschid-Sally, L., Redwood, M., Bahri, A. (Eds.), *Wastewater Irrigation and Health Assessing and Mitigating Risk in Low-income Countries*. Earthscan/IWMI/IDRC, Ottawa, Canada, pp. 337–354.
- Lal, R. (2009). Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. *Food Security* 1:45-87.
- Lara, J.A. y Hernández A. (2003). Reutilización de aguas residuales: aprovechamiento de los nutrientes en riego agrícola. Seminario internacional sobre métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales. Instituto Cinara, Universidad del Valle. pp 237-242.
- Madsen, L. M. and Adriansen, H.K. (2004). Understanding the use of rural space: The need for multi-methods. *Journal of Rural Studies* 20:485-497.

Martínez, J. (2015, abril,04). Mejorara PTAR condiciones de salud de 700 mil: CONAGUA. *Criterio la verdad Impresa*.

Miller, R. L and J.D. Brewer.(2003). The A-Z of Social Research.London. Sage Publications.

Miranda F y Mejía F (2014, agosto, 06). Riegan Hortalizas con desechos humanos. *Millenio*.

Muchuweti M., Birkett J. W., Chinyanga E., Zvauya R., Scrimshaw M. D., Lester J.N. 2006.Heavy metalcontent of vegetables irrigatedwith mixture of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: implicationsfor human health. *Agriculture, Ecosystem and Environment*112:41–48.

Muchuweti, M., Birkett, J.W., Chinyanga, E., Zvauya, R., Scrimshaw, M.D., Lester, J. N. (2006). Heavy metal content of vegetables irrigated with mixture of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: implications for human health. *Agriculture. Ecosystem and Environment* 112:41–48.

Munir A. Hanjra,John Blackwell Gemma Carr, FenghuaZhangd, Tamara M. Jackson (2011) .Wastewater irrigation and environmental health: Implications for water governance and public policy. *International Journal of Hygiene and EnvironmentalHealth*, 215(2012):255-269.

Perspectivas del medio ambiente en México. GEO México (2004). Instituto Nacional de Ecología.PNUMA, SEMARNAT.

Qaiser S., Saleemi, A.R., Ahmad M. M. (2007). Heavy metal uptakeby agro basedwastematerials.*Environment and Biotechnology*10:409–416.

Redondo-Gomez S., Cantos M., Mateos-Naranjo E., Figueroa M. E., Troncoso A. 2009. Heavy metals andtraceelementconcentrations in intertidal soils of fourestuaries of SW IberianPeninsula.*Soil&SedimentChemistry*18:320–327.

Reguillo,R. (1998). De la pasión metodológica o la (paradójica) posibilidad de la investigación”, en: Mejía Arauz, Rebeca y Sergio Antonio Sandoval (1998), (coords.), *Tras las vetas de la investigación cualitativa, Perspectivas y acercamientos desde la práctica*, México: ITESO, pp. 17-38.

- Ruiz, O., José, I. (1996), Metodología de la investigación cualitativa, Bilbao: Universidad de Deusto, pp. 11-32.
- Rutkowski, T., Raschid-Sally, L., Buechler, S. (2007). Wastewater irrigation in the developing world-two case studies from the Kathmandu Valley in Nepal. *Agricultural Water Management* 88:83–91.
- Saravanan V. S., Peter P. Mollinga and Janos J Bogardi.(2011).Global change, wastewater and health in fast growing economies. *Environmental Sustainability* 3:461–466.
- Shuval, H., Lampert, Y., Fattal, B. (1997). Development of a risk assessment approach for evaluating wastewater reuse standards for agriculture. *Water Science and Technology* 53 (11–12):15–20.
- Shuval, H.I. (2000). Are the conflicts between Israel and her neighbours over the waters of the Jordan River basin an obstacle to peace Israel–Syria as a case study *Water, Air, and Soil Pollution* 123(1–4):605–630.
- Sierra, F. (1998). Función y sentido de la entrevista cualitativa en investigación social, en: Jesús Galindo Cáceres (coord), *Técnicas de investigación en Sociedad, Cultura y Comunicación*, México: CONACULTA-Addison Wesley Longman, pp. 277-333.
- Singh K. P., Mohan D., Sinha S., Dalwani R. (2004).Impact assessment of treated/untreated wastewater toxicants discharged by sewage treatment plants on health , agricultural, and environmental quality in the wastewater disposal area. *Chemosphere*55:227–255.
- Sinha K. R., Heart S., Tandori P. K. (2007). Phytoremediation: role of plants in contaminated site management, pp 315-330, in: Sing N. S., Tripathi D.R.,(eds.). *Environmental bioremediation technologies*, Ed. Springer, Verlag Berlin Heidelberg.
- Sistemas de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Información Geoespacial (2013). <http://www.siap.gob.mx/mapas-dinamicos/>

Taylor, S. J. y R. Bodgan (1987), Introducción a los métodos cualitativos de investigación, Col. Paidós Básica, Paidós, Barcelona, pp. 15-94.

USEPA, (1998). Preliminary Risk Assessment for Viruses in Municipal Sewage Sludge Applied to Land. United States Environment Protection Agency, USA.

V. Ratna Redd, Bhagirath Behera (2006). Impact of water pollution on rural communities: An economic analysis. *Ecological Economics* 58:520-537.

Van der Hoek, W. (2004). A framework for a global assessment of the extent of wastewater irrigation: the need for a common wastewater typology.

Scott, Faruqi & Raschid (Eds). Wastewater use in irrigated agriculture: coordinating the livelihood and environmental realities. (pp 11-24). Wallingford, Oxfordshire, GB; Cambridge, Mass: CAB International in association with the International Water Management Institute and the International Development Research Centre.

WHO, 1999. Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture: Measures for public health protection.

WHO, 2006a. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. *Waste Water Use in Agriculture*, vol. 2. World Health Organisation, Geneva.

Yin, R. K (2009). *Case Study Research: Design and Methods*. London, Sage Publications.

Zhu Y. G., Shaw G. 2000. Soil contamination with radionuclides and potential remediation. *Chemosphere* 41:121-128.