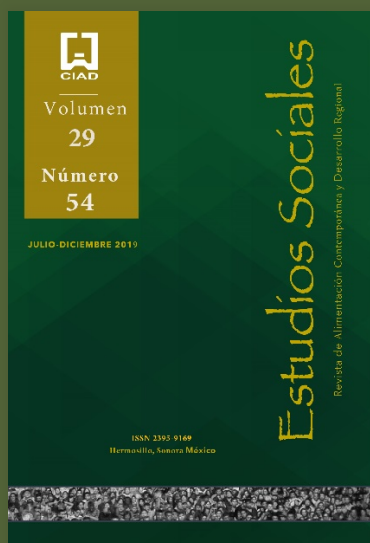


# Estudios Sociales

Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional  
Volumen 29, Número 54. Julio - Diciembre 2019  
Revista Electrónica. ISSN: 2395-9169



El agua residual como generadora  
del espacio de la actividad agrícola  
en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México

Wastewater as generator  
of the space of the agricultural activity  
in the Mezquital Valley, Hidalgo, Mexico

DOI: <https://dx.doi.org/10.24836/es.v29i54.741>  
PII: e19741

Edith Miriam García-Salazar\*  
<http://orcid.org/0000-0003-2832-8422>

Fecha de recepción: 21 de enero de 2019.  
Fecha de envío a evaluación: 24 de abril de 2019.  
Fecha de aceptación: 05 de julio de 2019.

\*Cátedra Conacyt.  
El Colegio del Estado de Hidalgo  
Calle Miguel Hidalgo 618, Centro, 42000.  
Pachuca de Soto, Hidalgo, México.  
Tel. 771 138 30 79 ext. 102  
Dirección: [emgarciasa@conacyt.mx](mailto:emgarciasa@conacyt.mx)

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.  
Hermosillo, Sonora, México.



## Resumen / Abstract

**Objetivo:** Determinar, mediante un estudio empírico, cómo el uso del agua residual que recibe la región del Valle del Mezquital en Hidalgo, desde hace más de cien años, proveniente de la Zona Metropolitana del Valle de México, sin un tratamiento previo, configuró el espacio agrícola en esta región no apta para esta actividad por sus condiciones geográficas y climáticas. **Metodología:** Se realizó una revisión de la literatura con respecto a la problemática del agua residual en combinación con información cuantitativa de diferentes instituciones para realizar un análisis desde la disciplina de economía ecológica que identifique los factores que la convierten en el detonante de importantes problemáticas sociales y ambientales. **Resultado:** Se identificó que el uso de este tipo de agua en el sector agrícola de la región, contiene una alta carga contaminante compuesta por material orgánico, algunos metales, bacterias y detergentes, lo cual permitió el desarrollo del sector aunado a severos problemas de salud pública y degradación de suelos. **Limitaciones:** Faltan estudios recientes que documenten las implicaciones en la salud de los habitantes de la región y en los ecosistemas. **Conclusiones:** La reconfiguración de los espacios para determinar regiones no necesariamente conlleva un beneficio social y ambiental, muchas veces implica el detrimento de la calidad de vida y degradación de los ecosistemas. No obstante, para parte de los habitantes de la región el uso de este tipo de aguas les ha permitido salir de las condiciones de marginalidad en las cuales vivían.

**Palabras clave:** desarrollo regional; agricultura; agua residual; economía ecológica; Valle del Mezquital.

**Objective:** Determine with an empirical study that the use of wastewater received by the agricultural sector of the Mezquital Valley in Hidalgo for more than one hundred years, from the Metropolitan Zone of the Valley of Mexico without prior treatment, configured the agricultural space in this region not suitable for this activity due to its geographical and climatic conditions. **Methodology:** A review of the literature of the problem of wastewater in combination with quantitative information from different institutions to make and an analysis to the ecological economy discipline that identifies the factors that make it the trigger of important social and environmental problems. **Results:** It was identified that the use of this type of water in the agricultural sector of the region, contains a high pollutant load composed of organic material, some metals, bacteria and detergents, which allowed the development of the sector together with severe public health problems and soil degradation. **Limitations:** Lack of recent studies that document the implications on the health of the population and ecosystems of the region. **Conclusions:** The reconfiguration of spaces to determine regions does not necessarily imply social and environmental benefit in some cases it implies the detriment of the quality of life and degradation of the ecosystems. However, for part of the population of the region the use of this water has allowed them to leave the conditions of marginality in which they lived.

**Key words:** Regional development; agriculture; wastewater; ecological economics; Mezquital Valley.

## Introducción

**E**l Valle del Mezquital, en Hidalgo, se caracteriza por ser una región dedicada, en gran medida, a la agricultura, la cual representa 59 % de la producción total del estado. Una característica esencial del Valle es su clima semiárido y su baja precipitación pluvial, lo que lo sitúa como una región en donde la actividad agrícola sería limitada. No obstante, desde hace más de cien años recibe las aguas residuales de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), esto como una respuesta a los graves problemas de inundaciones que sufría la Ciudad de México, en el porfiriato y posterior, así como para dar salida a las aguas negras generadas. A partir de esto se dio un crecimiento de la actividad agrícola en el Valle, principalmente de la subregión centro, posicionándolo como el principal productor agrícola en el Estado.

El crecimiento de la zona metropolitana, y la baja capacidad de tratamiento del agua, incrementaron el flujo a Hidalgo de las aguas residuales sin tratamiento. De esta manera, el recurso hídrico transformó un espacio no apto para el desarrollo de la agricultura, en un espacio con un crecimiento importante en esta actividad representativa del estado de Hidalgo. En la actualidad, parte de estas aguas llegan a los principales distritos de riego del estado, 003 Tula, 100 Alfajayucan y 112 Ajacuba, con las cuales se riegan aproximadamente 80,000 hectáreas, principalmente de alfalfa y maíz (Conagua, s.f.).

El agua es un recurso natural que a lo largo de la historia ha incidido en la elección de los espacios para los asentamientos humanos, así como en el desarrollo social y económico. En el caso de la actividad agrícola en el VM, se configuró con base en el uso de las aguas residuales sin tratamiento, debido a la escasez de este recurso en la región. Adicionalmente, se piensa aportan un valor nutritivo a los cultivos. Con esto floreció la agricultura, sin embargo, trajo consigo impactos negativos en la sociedad (problemas en la salud) y en el ambiente (degradación de suelos). Aun, cuando en un principio, estas aguas significaron la solución a los problemas de la ciudad y abastecieron de agua a una zona con poca disponibilidad, los problemas ambientales han afectado en mayor medida a las localidades con un alto grado de marginación, baja disponibilidad de agua para consumo doméstico, y en donde las actividades que desempeñaban anteriormente han cambiado.

Actualmente, el Valle del Mezquital (VM) es conocido como la segunda región en el mundo con el mayor uso de aguas residuales en el sector agrícola, así como la cloaca más grande del país por la cantidad de agua que recibe sin tratamiento. Es a partir de esto que se analiza el uso de las aguas residuales como un recurso que configuró un espacio agrícola en Hidalgo y los factores que la convierten en el detonante de importantes problemáticas sociales y ambientales en la región.

En un primer apartado, se describe de manera breve cómo el desarrollo delimita las regiones como un espacio que obedece a relaciones naturales, geográficas, ideológicas, éticas y económicas, para posteriormente dar una descripción de las características sociales y económicas del VM. El segundo apartado aborda el uso de las aguas residuales en el Valle, destacando los distritos de riego de Tula, Alfajayucan, Ajacuba y sus principales cultivos, así como la propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco (PTAR Atotonilco) para contrarrestar la problemática ambiental que se genera por el uso de esta agua. En el tercer apartado se hace referencia a las implicaciones sociales y ambientales derivadas del uso de las aguas residuales en el Valle. Finalmente, se hace una propuesta de análisis desde la perspectiva de la economía ecológica, a través de un análisis integral alternativo que incorpora los ámbitos social, ambiental y económico.



## El desarrollo regional y la delimitación del espacio

México es un país con una gran diversidad cultural, ideológica, material y poblacional. Sus características específicas han producido, a lo largo del tiempo, una falta de cohesión e identificación de intereses vinculados con un proyecto de nación totalizante. Desde la consumación de la Independencia hasta nuestros tiempos, ha existido una fuerte tendencia por eliminar las desigualdades en el interior del país, derivadas de la centralización económico-política que dejó como resultado desarrollos regionales dispares. Así, la divergencia de intereses, al igual que la especialización y división del territorio en actividades geoeconómicas, condujo a una segmentación y regionalización que generaron un proceso de urbanización-industrialización sólo en aquellas zonas que contaban con ventajas comparativas dentro de las formas de producción y explotación de los recursos materiales y humanos.

México puede ser dividido en regiones que obedecen a relaciones de carácter natural, geográfico, ideológico, étnico y económico. La diversidad de situaciones y contextos históricos en el país explican las formas de organización y apropiación del espacio, que dan significado y valores particulares que permiten el desarrollo de regiones específicas. En este sentido, la regionalización se ha ido formando como resultado de procesos de apertura y comercialización internacional que han modificado los espacios y, con ello, las formas de apropiación y producción de los recursos. Por tanto, el fenómeno de la globalización ha provocado que las regiones se encuentren organizadas con base en ciertos atributos naturales o humanos (tipo de cultivo, formación económica, tipo de suelo, vegetación, entre otros) antes que, como espacios en los cuales confluyen relaciones de producción, de clase, culturales, de valores y de apropiación espacial. Esto propicia que las políticas de desarrollo traten a las regiones como si su territorio fuese homogéneo. Las regiones no son espacios estáticos, sino que se transforman por factores políticos, económicos, naturales y sociales. El proceso globalizador ha generado una modificación del espacio territorial al redimensionar las regiones. Velázquez (1995) menciona que,

Las regiones se delimitan como porciones peculiares del espacio debido a sus características naturales y a las formas en que los hombres se organizan para hacer uso de ese entorno natural [...] en este sentido: el espacio existe, la región se crea, por ello; la región se concibe como un espacio socialmente creado y recreado (p. 18).

En México se ha producido un redimensionamiento de las regiones en espacios geoeconómicos. Por región geoeconómica se puede entender como aquellos espacios en cuyo seno pueden presentarse formas de producción especializadas, así como factores técnico-económicos encaminados a dar movilidad a las mercancías producidas y de capital humano. Debido al actual modelo de producción (capitalista) se han modificado los espacios regionales, lo cual generó la aparición de zonas urbano-industriales y áreas rurales-agrícolas tecnificadas, provocando una ruptura dentro de las relaciones de producción tradicionales y creando nuevas formas de producción. Es de esta manera que el país se regionalizó, como lo advierte Graizbord (1994), por atributos climáticos, de vegetación y por áreas económicas.

La regionalización en México, en términos geoeconómicos, provoca la división territorial en regiones industrializadas y regiones rurales. En este sentido, la conformación de la región del VM en Hidalgo, durante la época de la Colonia y el México Independiente, fue minera. Actualmente, es una región rural-agrícola, así como industrial,<sup>1</sup> gracias a una reestructuración social y económica que provocó el cambio de la actividad tradicional del Valle –industria minera y en torno al maguey– en un despegue de la actividad agrícola sostenida por el uso de las aguas residuales. Esto creó un espacio que gira en torno al uso de estas aguas, las cuales forman parte del desarrollo regional del Valle. En el siguiente subapartado se describen las principales características socioeconómicas de la región del VM, mismas que sustentan la conformación del espacio agrícola basada en el uso de las aguas residuales tratadas y no tratadas.

### *La región del Valle del Mezquital en Hidalgo*

El VM es una de las diez regiones<sup>2</sup> que dividen al estado de Hidalgo en México; geográficamente, se sitúa en lo alto de la meseta mexicana, a 60 kilómetros de la Ciudad de México, con una altitud entre 1,700 metros y 2,100 metros sobre el nivel del mar (Romero, 1997). Está conformado por 28 de 84 municipios en el Estado (véase Mapa 1), con una superficie total de 642,653 hectáreas. Su principal actividad es la agricultura y se complementa con la ganadería.<sup>3</sup> Se caracteriza por ser una zona semiárida, con temperaturas muy calientes por el día y bajas temperaturas por la noche, y por tener escasa precipitación pluvial.



Mapa 1. Localización del Valle del Mezquital en Hidalgo, México.

Fuente: elaborado con base en mapas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

El VM, de acuerdo con datos del Censo de Población y Vivienda 2010, tiene una población de 895,866 habitantes, de los cuales 52 % son mujeres y 48 % hombres; asimismo, su población indígena asciende a 86,476 personas, que representan 24 % de la población indígena total del estado. El grupo indígena predominante es el otomí (*nhanñhu*).<sup>4</sup> Históricamente, la población del Valle ha vivido en condiciones de marginación por la geografía que dificulta la producción agrícola. Esto como consecuencia de la medida de los otomíes para salvaguardarse de las guerras sufridas (periodo de 1050-1250) contra ellos, la cual los obligaba a

moverse a lugares de difícil acceso y que resultaron poco aptos para la siembra (Moreno, Garret y Fierro, 2006). Las actividades económicas desarrolladas en la Colonia y en el México Independiente giraban en torno a la minería; mientras que durante en la Conquista, en torno a la agricultura, la ganadería y la minería. La minería se practicaba a las orillas del río, pero dicha industria era propiedad de los españoles; los indígenas sembraban por temporal en el resto de las tierras. Además, hubo una industria en torno al maguey, principal cultivo de la región del VM y parte de la cultura local de los otomíes.

Moreno et al. (2006) dividen el VM en tres subregiones: 1) centro-sur, 2) centro y 3) alto mezquital. La primera subregión se caracteriza por su clima semiseco, en donde el suelo ha sufrido importantes modificaciones debido a la introducción de canales de riego; esto ha incentivado el desarrollo de la actividad agrícola, por la diversificación de cultivos, y ha aumentado la producción. La segunda subregión se caracteriza por su clima seco semiárido y se destaca por sus tierras aptas para el pastoreo y por la abundancia del maguey; se practica la agricultura de temporal y su producción se destina a la venta y al autoconsumo. La tercera subregión tiene un clima templado y vegetación boscosa; presenta un mayor nivel de precipitación con respecto a las otras regiones; su suelo no es apto para la agricultura, pero se practica la de temporal, y ha sufrido sobreexplotación forestal.

El grado de marginación y porcentaje de la población en pobreza de los municipios que conforman el VM, se muestran en la Tabla 1. Se destaca que los municipios con muy bajo grado de marginación son los que practican la agricultura intensiva debido a que están localizados en las cercanías de los distritos de riego, aprovechando las aguas residuales. Además, de que los municipios de Tula de Allende, Atitalaquia, Atotonilco de Tula y Tepeji del Río de Ocampo, albergan uno de los corredores industriales más importantes del estado, el cual contribuye a la contaminación del agua debido a que las descargas se hacen sin tratamiento previo a los cuerpos de agua. Los municipios de Cardonal y Chapantongo presentan un alto grado de marginación y de pobreza mientras que Nicolás Flores ocupa el tercer lugar de los municipios más pobres en Hidalgo. Por último, del total de los municipios del VM, 39 %, presenta grado de marginación bajo, no obstante, 54 % de los municipios tienen a más del 50 % de la población en pobreza.



Tabla 1.  
*Pobreza y grado de marginación en los municipios del Valle del Mezquital, 2015*

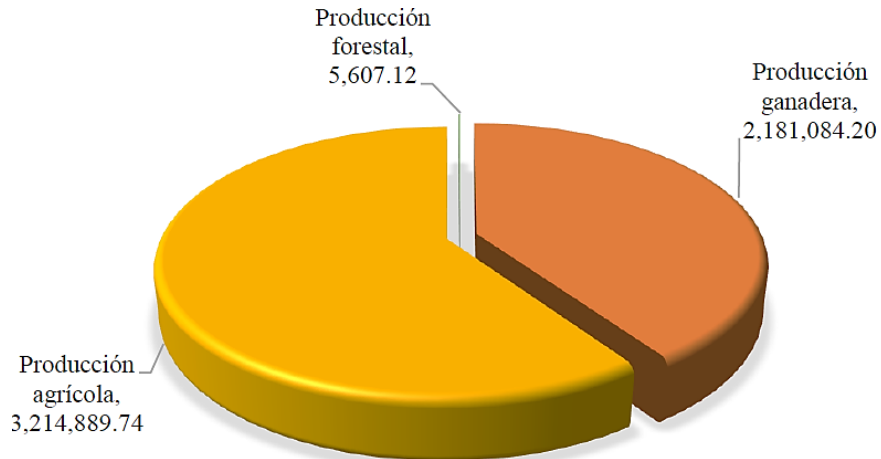
Municipio	Pobreza (%)	Grado de marginación	Municipio	Pobreza (%)	Grado de marginación
Nicolás Flores	84	Muy alto	Francisco I. Madero	52	Bajo
Tasquillo	69	Medio	San Agustín Tlaxiaca	48	Bajo
Cardonal	64	Alto	Nopala de Villagrán	48	Medio
Tecozautla	64	Medio	Ajacuba	48	Bajo
Alfajayucan	62	Medio	Progreso de Obregón	46	Muy bajo
Tezontepec de Aldama	60	Bajo	Mixquiahuala de Juárez	45	Muy bajo
Chilcuautla	58	Medio	El Arenal	44	Bajo
Tlaxcoapan	58	Muy bajo	Tepetitlán	42	Bajo
Tetepango	57	Muy bajo	Huichapan	38	Bajo
San Salvador	56	Bajo	Santiago de Anaya	37	Medio
Ixmiquilpan	56	Bajo	Atitalaquia	36	Muy bajo
Chapantongo	56	Alto	Tepeji del Río de Ocampo	34	Muy bajo
Tlahuelilpan	55	Bajo	Tula de Allende	28	Muy bajo
Actopan	55	Bajo	Atotonilco de Tula	28	Muy bajo

Fuente: elaboración propia con base en información de Datos Abiertos del Índice de Marginación del Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL).

La aportación del VM al producto interno bruto (PIB) de Hidalgo corresponde a 56 % (30,505.65 millones de pesos).<sup>5</sup> En la Gráfica 1 se muestra el valor de la producción de las principales actividades agropecuarias desarrolladas en la región en 2014, en la cual destaca la agricultura, con 59 %, seguida de la ganadería, con 40 % de total de la actividad en el Estado.

EL AGUA RESIDUAL COMO GENERADORA DEL ESPACIO DE LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA  
EN EL VALLE DEL MEZQUITAL, HIDALGO, MÉXICO

GARCÍA-SALAZAR

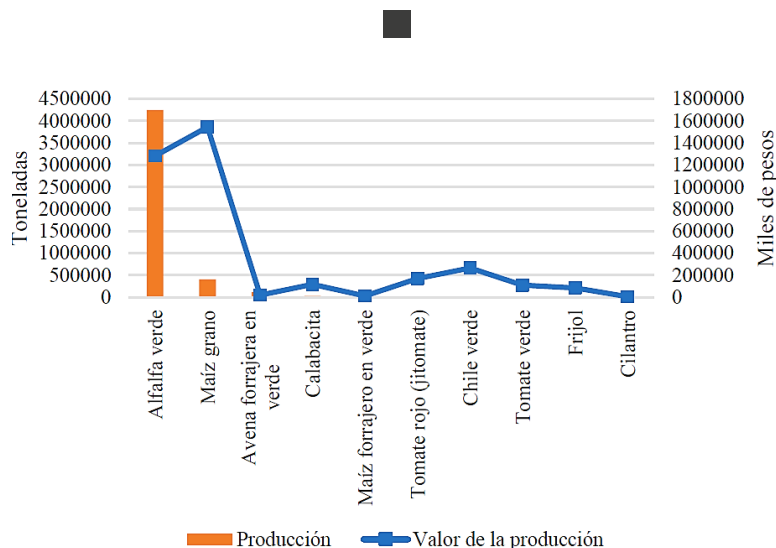


Gráfica 1. Valor de la producción de las principales actividades económicas en el Valle del Mezquital (millones de pesos).

Fuente: elaboración propia con base en datos del Anuario Estadístico y Geográfico del Estado de Hidalgo 2015.

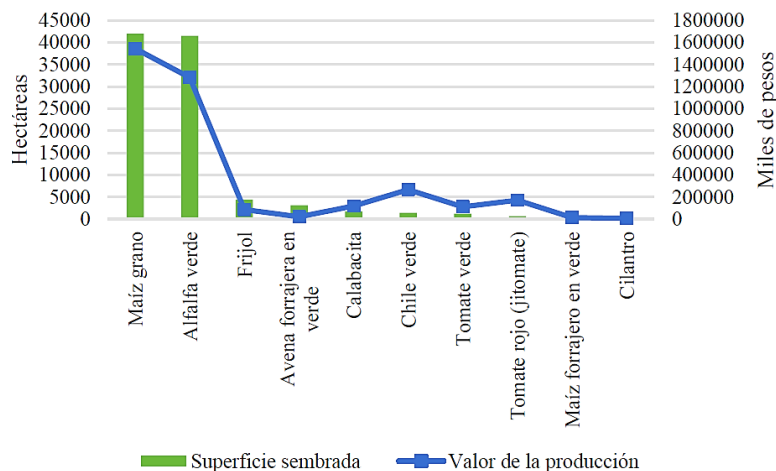
Los principales productos cultivados en el VM corresponden a maíz grano, alfalfa verde, frijol, avena forrajera en verde, calabacita, tomate verde, tomate rojo, maíz forrajero y cilantro.<sup>6</sup> La superficie sembrada por riego, en el ciclo Otoño-Invierno y Primavera-Verano, de acuerdo con el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) es de 61,512.45 hectáreas con un valor de producción de 2,615,459.73 miles de pesos (representa el 74.9 % del total estatal) mientras que para los cultivos perennes es de 44,027.85 con un valor de producción de 1,397,080.14 miles de pesos (representa el 88.3 % del total del Estado).

En la Gráfica 2 se muestra la producción en toneladas (t) y el valor de la producción (miles de pesos) de los principales cultivos en el VM. Destacan los cultivos de alfalfa verde con rendimiento de 9.75 t/ha y precio medio rural de 301.7 pesos por tonelada; maíz grano con rendimiento de 102.28 t/ha y precio medio rural de 3,776.2 pesos por tonelada; calabacita con rendimiento de 17.71 t/ha y precio rural medio de 3,768.19; jitomate rojo con rendimiento de 32.57 t/ha y precio medio rural de 8,237.17 pesos por tonelada; y chile verde con rendimiento de 13.87 t/ha con precio medio rural de 13,664.48 pesos por tonelada.



Gráfica 2. Producción y valor de la producción agrícola en el Valle del Mezquital, 2018. Fuente: elaboración propia con datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

En la Gráfica 3 se muestra la superficie sembrada con riego y el valor de la producción, destacan en superficie sembrada el maíz grano con 41,950 hectáreas, alfalfa verde con 41,526 hectáreas, frijol con 4,398 y avena forrajera en verde con 3,146 hectáreas. Se destaca que de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (Conagua, 2010), los cultivos del VM se sitúan dentro de la categoría de cultivos condicionados para su riego con aguas residuales.



Gráfica 3. Superficie sembrada con riego y valor de la producción en el Valle del Mezquital, 2018 Fuente: elaboración propia con datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

El maguey es un producto que caracteriza a la región del VM, representa 98.8 % del valor de la producción del total en el estado, se concentra en los municipios del Cardonal (con 74.8 %), Chapantongo, Huichapan, Ixmiquilpan, Nopala de Villagrán, Santiago Anaya y Tecozautla. El maguey pulquero, por su parte, representa el 69.1 % del valor de la producción total estatal, se concentra en el Cardonal, San Agustín Tlaxiaca, Afajayucan y Ajacuba. El maguey, por sí mismo, es un producto característico en la cultura de la comunidad, alrededor del cual se construyó toda una industria, formando parte de la economía básica familiar y de su alimentación a partir del consumo de la flor o golumbo (Moreno et al., 2006).

El desarrollo de la agricultura en el VM se debe principalmente al uso de las aguas residuales, la cuales juegan un papel importante. Si bien el uso de estas aguas en los cultivos resulta atractivo para los agricultores, por su accesibilidad y el bajo costo que les representa en el uso de fertilizantes, existen múltiples impactos negativos en los ámbitos social, ambiental y económico, desde problemas de salud, contaminación de los suelos y desigualdad económica entre los agricultores por el acaparamiento de las aguas residuales. En el siguiente apartado se presenta la relación del agua residual con la agricultura en el Valle, siendo una de las más controversiales en el país.

### **Las aguas residuales en la definición del espacio agrícola del Valle del Mezquital**

Una de las respuestas ante la crisis de la escasez física del agua corresponde a la visión neoliberal, la cual parte de las soluciones que ofrece el mercado. Desde esta perspectiva, la gestión del agua se realiza desde la oferta, es decir, mediante la privatización en el manejo del recurso hídrico, así como la puesta en marcha de grandes obras hidráulicas (Arrojo, 2006), las cuales se convierten en la solución a los grandes problemas de agua que enfrenta la sociedad. Sin embargo, este tipo de soluciones no necesariamente llevan a una distribución equitativa y justa del vital líquido, de ahí los diversos movimientos sociales entorno al agua en el ámbito mundial. Un ejemplo es el caso de Cochabamba, en Bolivia, donde el gobierno promovió la privatización del manejo del agua, al entregar en concesión a Aguas del Tunari la distribución de dicho recurso como estrategia para solucionar su escasez en esa región (Crespo, Fernández, Herbas y Carrillo, 2005). Esta

privatización no generó un manejo justo del recurso hídrico, sino que trajo consigo beneficios sólo para la empresa. La privatización de los servicios de agua no garantiza un mejor funcionamiento del servicio, como se muestra en los casos de remunicipalización en París, Francia, Dar es Salaam, Tanzania, y Buenos Aires, Argentina, entre otros (Pigeon, McDonald, Hoedeman, y Kishimoto, 2013).

En México existen diversos movimientos sociales en torno al agua por la construcción de grandes presas, como son el de La Parota y el Infiernillo en Guerrero, Picacho en Sinaloa, el Centenario en Querétaro y Valsequillo en Puebla, entre otros, debido al impacto que tienen en la población y en los ecosistemas donde se sitúan; queda claro que estas obras sólo sirven a intereses privados, los cuales son disfrazados de interés social.

El caso del estado de Hidalgo es sin duda emblemático. Como se dijo con anterioridad, la construcción de grandes obras hidráulicas en la Ciudad de México desde principios del siglo xx, para dotarla de agua y dar salida a las aguas negras producidas, originó que estas últimas se enviaran al VM. Éstas incentivaron el desarrollo de la actividad agrícola en una zona semidesértica con baja disponibilidad de agua. Por lo tanto, el sector hídrico en el estado se caracteriza por recibir las aguas residuales generadas en la ZMVM desde hace más de cien años. El uso de estas aguas en el sector agrícola coloca a México, en particular al VM, como el segundo a nivel mundial en su uso después de China (Ontiveros, Diakite, Álvarez y Coras, 2013; Jiménez y Chávez, 2004; García, 2001). De acuerdo con datos del Sistema de Información sobre Agua y Agricultura de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, sus siglas en inglés), en México el uso directo de agua tratada en la agricultura de regadío corresponde a 0.401 kilómetros cúbicos al año (70,000 hectáreas) y el uso directo de agua no tratada en agricultura de regadío corresponde a 4.33 kilómetros cúbicos al año (387,600 hectáreas), de los cuales, aproximadamente, 22 % corresponde al Valle del Mezquital.<sup>7</sup>

En este sentido el agua como un recurso natural a lo largo de la historia ha configurado los espacios para los asentamientos humanos, así como el desarrollo social y económico. En el caso de la actividad agrícola del VM, se configuró con base en el uso de las aguas residuales sin tratamiento derivado de la escasez en la región, y en adición se podría considerar que por el valor nutritivo que aportan estas aguas a los cultivos. No obstante, aunque el uso de las aguas residuales no tratadas contribuyó al florecimiento del sector agrícola en Hidalgo, éstas trajeron

consigo impactos negativos en la población (salud) y en el ambiente (degradación de suelos).

### *La región del Valle del Mezquital y el uso de aguas residuales*

A principios del siglo xx, durante el porfiriato, se concluyó la obra hidráulica el Gran Canal del Desagüe, con el que se buscaba frenar las inundaciones que sufría la Ciudad de México.<sup>8</sup> Se construyó con dirección al estado de Hidalgo, por la pendiente que existía en aquel entonces. Dichas aguas, que tenían como propósito desembocar en el mar, en su trayectoria se vertían en el río Tula, que atraviesa el VM, donde un sistema de presas y canales la distribuían para los cultivos. De esta manera se produjeron dos impactos positivos en aquel tiempo: 1) se evitaron las inundaciones en la ciudad y 2) se dotó de agua a una zona que presentaba escasez por sus condiciones climáticas. Lo anterior permitía que las aguas que desembocaban en el mar llegaran con una carga menor de contaminantes y se incentivaba la actividad agrícola en la región, que ayudaba a la economía de los pobladores locales.

Posteriormente, con el crecimiento poblacional aunado al de la ciudad se incrementó el volumen de aguas residuales producidas. En 1957 se inauguró la Presa Endhó, la cual, en un principio, contenía las aguas dulces del río Tula. Luego de la construcción del Emisor Central en 1975, la presa comenzó a recibir las aguas negras de la ciudad y del corredor industrial Cuautitlán-Tepejí-San Juan del Río, que a su vez fueron distribuidas a los distritos de riego 003 Tula, 100 Alfajayucan y 112 Ajacuba localizados en Hidalgo y en el corazón del Valle. En la Figura 1 se muestran los principales puntos de descarga y colecta de las aguas residuales que se recaudan en la ZMVM y que arriban a los principales distritos de riego del VM, son de tipo de doméstico e industrial, y en su mayoría son aprovechadas para el riego de cultivos de alfalfa y maíz grano. De manera general el agua es colectada en los distritos de riego -Tula, Alfajayucan y Ajacuba- y el sistema de presas -Taxhimay, Requena, Endhó, Javier Rojo Gómez y Vicente Guerrero-, considerado el más grande del mundo (Islas, 2011), para ser distribuida en la región.

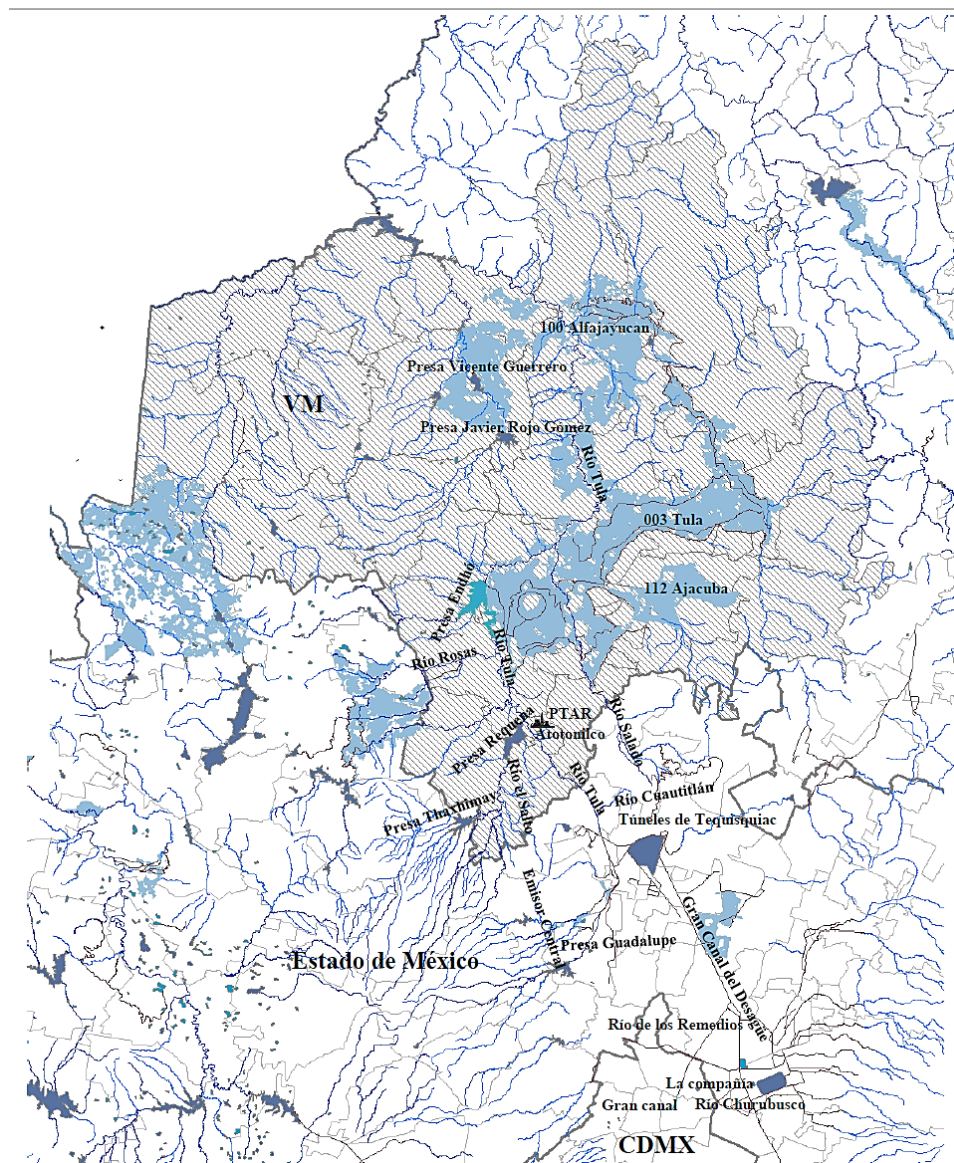


Figura 1. Puntos de descarga y colecta de aguas residuales que arriban al VM provenientes de la ZMVM

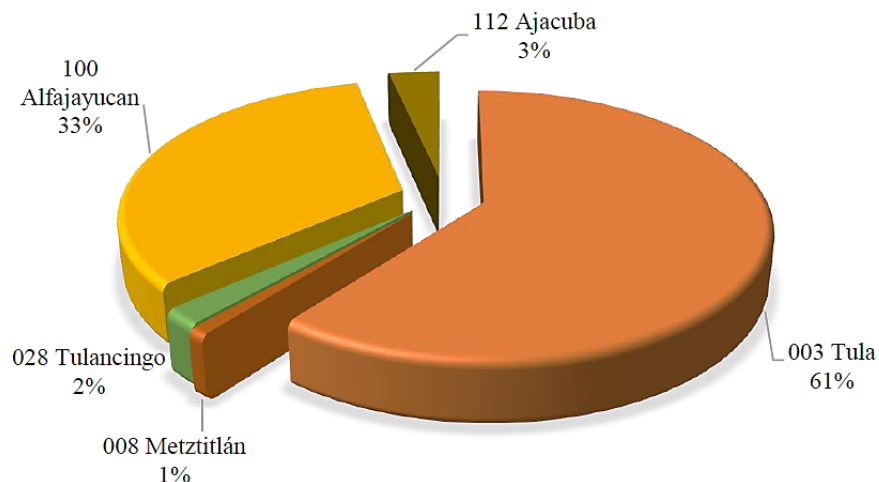
Fuente: elaboración propia en Mapa Digital del INEGI con información de Ontiveros et al. (2013).

La llegada de las aguas residuales al VM fue conformando el espacio agrícola, pues permitió aumentar el volumen de la producción, así como la diversificación de diferentes cultivos. La producción agrícola se concentró en la subregión centro-sur del Valle, donde los municipios de cercanos a los distritos de riego de Tula, Alfajayucan y Ajacuba son los más beneficiados. Aunque el uso de estas aguas lleva a problemas de salud pública y degradación de suelos, Moreno et al. (2006, p. 14) mencionan que “las comunidades indígenas beneficiadas prefieren afrontar la merma en la salud con tal de no perder las aguas que han permitido a la región salir de la miseria”. Cabe destacar que esto ha derivado en una lucha por las aguas negras u “oro negro”, como se le conoce en la región, al interior del Valle, aunado a la construcción de la PTAR Atotonilco que para ellos puede significar el incremento en el precio que pagan por el agua o la pérdida de la misma o la pérdida de nutrientes derivado del tratamiento del agua.

#### *Los distritos de riego en el Valle del Mezquital*

En Hidalgo, existen cinco distritos de riego: 003 Tula, 008 Metztitlán, 028 Tulancingo, 100 Alfajayucan y 112 Ajacuba. El total del volumen de agua distribuido, a través de los distritos de riego, es de 1,513,395.4 miles de metros cúbicos al año, de los cuales 97 % corresponde a los distritos de Tula, Alfajayucan y Ajacuba, los cuales dotan de agua residual al sector agrícola del VM y pertenecen a la región hidrológica-administrativa XIII Valle de México (véase Gráfica 3).





Gráfica 3. Volumen de agua distribuido por distrito de riego en Hidalgo (Participación porcentual).

Fuente: elaboración propia con datos de la Conagua (2017).

Las aguas residuales que llegan al VM tienen una alta carga contaminante compuesta por material orgánico, algunos metales, bacterias y detergentes; esto se refleja en los indicadores de calidad del agua que van de contaminada a fuertemente contaminada (Gobierno del Estado de Hidalgo, 2010). Estas aguas residuales son domésticas e industriales (generada por la población y la actividad industrial instalada en la ZMVM); además, son utilizadas para el riego agrícola en más de 80,000 hectáreas de cultivos de alfalfa y maíz, principales cultivos de la región. De acuerdo con la superficie de los distritos de riego en el VM (véase Mapa 2), la superficie sembrada de alfalfa corresponde a 33, 486 hectáreas mientras que para el maíz grano a 35, 345 hectáreas.<sup>9</sup>

EL AGUA RESIDUAL COMO GENERADORA DEL ESPACIO DE LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA  
EN EL VALLE DEL MEZQUITAL, HIDALGO, MÉXICO

GARCÍA-SALAZAR

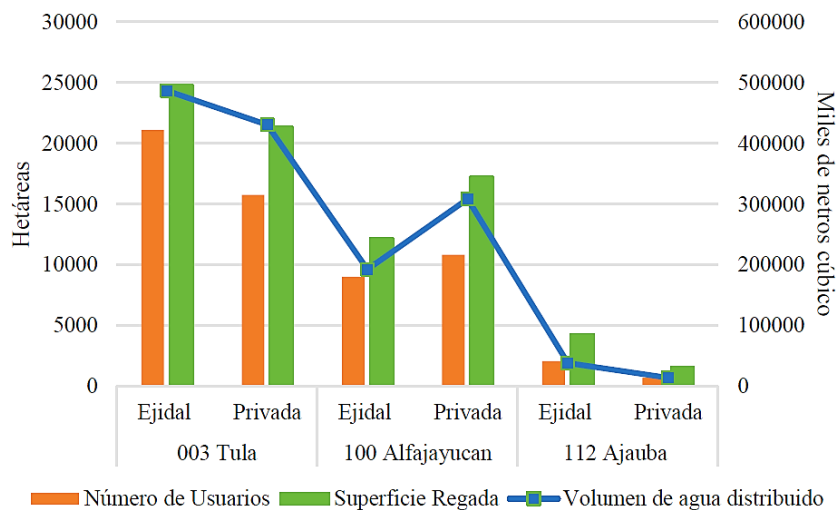


Mapa 2. Principales distritos de riego en el Valle del Mezquital.

Fuente: elaborado con base en datos e imágenes del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) de la CONAGUA.

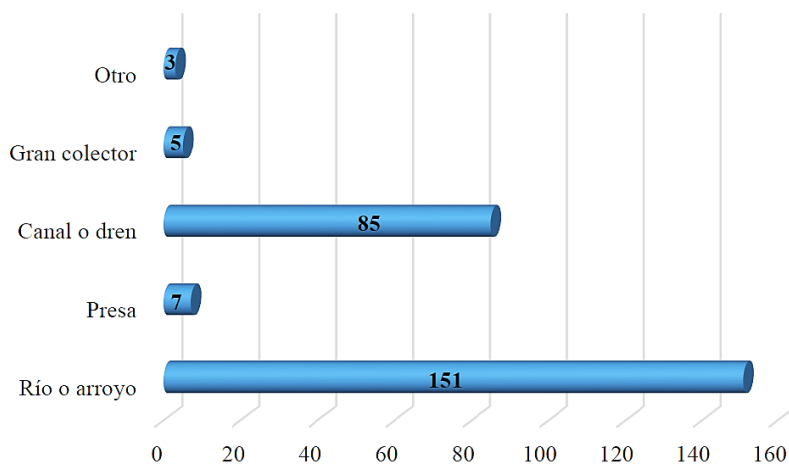
Los principales cultivos en el distrito de riego de Tula son alfalfa, maíz grano, avena forrajera, cebada forrajera, frijol, nabo, coliflor, calabacita y chile verde, los tres primeros ocupan 83.3 por ciento del total de superficie sembrada en el distrito. En el distrito de Alfajayucan destacan los cultivos de alfalfa, maíz grano, coliflor y avena forrajera, ocupando una superficie de 26,481 hectáreas y en menor medida se cultivan chile seco, tomate verde, calabacita y chile verde. El distrito de Ajacuba se destaca por la producción de maíz grano, alfalfa y avena forrajera con una superficie sembrada de 5,931 hectáreas.

En la Gráfica 4 se destaca el distrito de riego 003 Tula con respecto al volumen de agua distribuido, siendo la propiedad ejidal la que mayor volumen recibe. El estándar de vida de la población aledaña al distrito de riego de Tula es mayor que el de la población que no tiene acceso al uso del agua residual para riego (CEPIS y OPS, 2002), tal es el caso del municipio de Nicolás Flores, el cual tiene un alto grado de marginación y un 84 por ciento de su población está en pobreza.



Gráfica 4. Principales distritos de riego en el Valle del Mezquital por tenencia de la tierra. Fuente: elaboración propia con datos de la CONAGUA (2017).

En la Gráfica 5 se muestran los puntos de descargas de aguas residuales sin tratamiento en el VM, destacando río y arrollo, y canal o drenaje, con esto se contribuye a la contaminación del agua de las fuentes superficiales de la región y de las fuentes de abastecimiento de agua de la población, como es el caso de los ríos el Salado y Tula los cuales presentan una alta carga de contaminantes.



Gráfica 5. Puntos de descargas de aguas residuales sin tratamiento en el Valle del Mezquital, 2012. Fuente: elaboración propia con base en datos del Anuario Estadístico y Geográfico del Estado de Hidalgo 2015.

Cabe destacar que, aunque el uso de las aguas residuales en el VM conformó un espacio agrícola en esta región, que impulsó una nueva dinámica que benefició, principalmente, a la población cercana a los distritos de riego, esto no fue así para la población que se encuentra distante y que se mantiene con alto grado de marginación y un alto porcentaje de su población está en pobreza (véase Tabla 1), principalmente para las comunidades indígenas de la región que dependen de su producción de autoconsumo.

### *La PTAR Atotonilco y las aguas residuales*

Unas de las estrategias para minimizar la llegada y uso del agua residual sin tratamiento en la región del VM fue la construcción de la PTAR Atotonilco, la cual se localiza en la localidad de Conejos del municipio de Atotonilco de Tula. Forma parte del *Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México*. Es considerada una de las más grandes en América Latina y una de las mayores en el mundo, con una capacidad de tratamiento de 35 mil litros por segundo. Su localización es estratégica debido a que ahí desemboca el caudal del túnel central y el caudal que llegará del túnel emisor oriente, e inician los canales de las zonas de riego agrícola del Valle. El objetivo de la planta es sanear las aguas residuales generadas en la ZMVM, pasar del seis por ciento que actualmente se trata a un 60 %, y contribuir a la mitigación de la problemática ambiental y de salud en la región (Conagua, 2012).

La Conagua prevé que el tratamiento del agua residual beneficie a más de 700,000 habitantes del estado de Hidalgo que se encuentran en las cercanías de la Presa Endhó y que es el sitio donde se deposita el agua residual proveniente de la ZMVM; disminuyan las incidencias de enfermedades causadas por el contacto con aguas residuales; y, mejoren las condiciones de vida y de ingreso de las familias. Aunado al cumplimiento de la normatividad ambiental con respecto a las descargas de agua residual; saneamiento de los cause y prevención de la formación de bancos de materiales sépticos en los canales de riego, así como mitigar la sobreexplotación de los acuíferos y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, se beneficiará al sector agrícola, al acceder a cultivos más rentables, pasar de cultivos de riego restringido a cultivos de riego no restringido; el agua tratada no tendrá costo para los agricultores; se facilitará la tecnificación de

riego y la producción de mayor valor agregado; y se reducirán los costos de las enfermedades causadas por el uso y contacto con las aguas residuales (Conagua, s.f.; Conagua, 2012; Bello, Contreras y Rodríguez, 2016).

La inversión en la construcción de la PTAR Atotonilco fue de 9, 389. 22 millones de pesos, con aportación pública de 48.98 % y privada del 51.02 aportación (Conagua, s.f.). El gobierno federal en 2009 a través de la Conagua adjudicó el contrato para el diseño, construcción, operación y mantenimiento, durante 22 años, al consorcio Aguas Tratadas del Valle de México.<sup>10</sup> Cabe destacar que la construcción de la planta comenzó en el año 2010 con fecha estipulada de término en 2013 e inicio de operaciones en 2015. Sin embargo, la puesta en marcha ha tenido varios altibajos, desde demandas por permiso de construcción por parte del municipio hasta la oposición de los campesinos de la región, lo que ha frenado su funcionamiento al cien por ciento. Actualmente, la PTAR Atotonilco ha generado grandes controversias entre los agricultores, el grupo Usuarios en Defensa de las Aguas para uso agrícola de los Distritos de Riego 003-Tula y 100-Alfajayucan, A. C. es uno de los opositores, en los últimos años ha realizado diversas manifestaciones en las que consideran que el tratamiento del agua residual les implicará el aumento de las tarifas por el agua que utilizan, reducción del volumen de agua que reciben, disminución de los nutrientes en los cultivos derivados del tratamiento lo que llevará a que inviertan en fertilizantes, y pérdida de cosechas.

Lo anterior, aunado al conflicto social por las aguas negras que se vive al interior de la región por la disputa de este tipo de agua entre los agricultores, desde hace más de tres décadas grupos de agricultores acapararon el control del agua residual y comenzó una estrategia hormiga que consistió, en su momento, en tomar las aguas del canal con cubetas y botes para regar sus cultivos (Perlo y González, 2005). Hasta la fecha esta actividad continua en las zonas aledañas al Gran Canal del Desagüe, de ahí que estén en contra de la puesta en marcha de la PTAR Atotonilco. Hasta este punto, aún no es posible exponer los resultados y beneficios de la PTAR Atotonilco en la región en términos de mejoras en la salud y el ambiente. Por el momento, continua la contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua, degradación de suelos y ecosistemas y la merma en la salud de la población. Además, es posible el comienzo un conflicto social por la negación del tratamiento del agua residual entre los agricultores y las autoridades encargadas de la planta.

Es importante destacar que la propuesta de la construcción de esta planta pareciera obedecer a las políticas del modelo neoliberal de gestión del agua, pues implica la privatización de este recurso y la puesta en marcha de grandes obras hidráulicas para solventar la problemática de su escasez. Sin embargo, bajo esta propuesta se descartan otras que son económicas y amigables para el ambiente, por ejemplo, la propuesta por el Fideicomiso de Infraestructura Ambiental de los Valles de Hidalgo,<sup>11</sup> el cual opera a nivel comunitario para el manejo integral del tratamiento del agua y riego agrícola tecnificado, procesos de beneficio, industrialización agrícola e inclusión de análisis de mercado (Mejía, Siebe y Paillés, s.f.).

### **Implicaciones sociales y ambientales por el uso de aguas residuales en el Valle del Mezquital**

La agricultura otomí (*nhanñhu*) del VM “es un ejemplo vivo de la conjugación del conocimiento y de la tecnología tradicionales que han hecho posible la sobrevivencia, a lo largo del tiempo, de gran número de comunidades, en un medio que presenta particularidades que lo vuelven adverso para la moderna agricultura intensiva” (Granados, Hernández y López, 2004, p. 118). La conversión de una agricultura de temporal, derivada de condiciones geográficas e históricas, a una agricultura de riego sustentada por el uso de agua residual sin tratamiento, llevó a la sobrevivencia de la población del Valle; sin embargo, como se dijo líneas arriba, esto ha generado problemas de salud y ambientales.

En términos de salud, la población afectada por el uso o el consumo de aguas residuales son los agricultores como regantes de aguas negras y consumidores domésticos (Hernández, 2016); los trabajadores del campo, ya que están en contacto directo con estas aguas; el resto de la población de la región, por consumo y uso doméstico; y, los consumidores de las ciudades por cultivos riesgosos. Dentro de las principales afectaciones a la salud se identifican enfermedades parasitarias y gastrointestinales (*ascaris lumbricoide*, *giardia lamblia*, *entamoeba histolytica*); cancerígenas por la cantidad de metales pesados en el agua e infecciones en la piel (Siebe y Cifuentes, 1995; Ruiz, Cifuentes, Blumenthal y Peasey, 1998; Cifuentes, 1998; Cisneros, González y Fuentes, 2001; CEPIES y OPS, 2002; Nuñez, 2015). Aun cuando a lo largo de los años la salud de la

población se ha visto mermada por estas aguas, para los agricultores éstas representan el “oro negro” que les ha permitido sobrevivir.

En términos ambientales, una de las principales afectaciones que sufre la región del VM es la degradación de los suelos, debido a que las aguas residuales presentan diversos metales pesados, provenientes de la industria, los cuales tienen un proceso de acumulación y pueden incorporarse al suelo y a los cultivos (Cornejo et al., 2012; Siebe, 1994; Justin, Vázquez, Siebe, Alcántar y de la Isla, 2001). Si bien las aguas residuales son consideradas por los agricultores como nutrientes para sus cultivos (Hernández, 2011; Hussain y Hanjra, 2004; Cifuentes, Blumenthal, Ruiz, Bennett y Peasey, 1994), el uso prolongado de estas aguas, por más de cien años, ha concentrado metales pesados en el suelo, ocasionado su degradación, así como la contaminación de los mantos acuíferos.

De esta manera, aun cuando el uso del agua residual configuró el espacio de la agricultura del VM, permitiendo la sobrevivencia de la población, ésta vino aparejada con importantes impactos en la salud y el ambiente. Si bien desde hace más de 30 años existen diversos estudios sobre el impacto del agua residual en la región, principalmente en el suelo, cultivos y en la salud, se hace necesario actualizar y profundizar en estudios sobre los impactos que se han generado en los últimos años.

### **Análisis integral alternativo desde la perspectiva de la economía ecológica: uso de las aguas residuales en el Valle del Mezquital**

La economía ecológica es una disciplina que nace a principios de la década de los ochenta. Surge, principalmente, como un enfoque alternativo a la economía ambiental para dar una respuesta integral y alternativa al análisis y estudio de los problemas socioambientales, surgidos por la actividad económica (procesos productivos). Esta disciplina se perfila como una opción integral que incluye los ámbitos social, ambiental y económico, entre otros. A través de la modificación de la relación entre la sociedad y la naturaleza, desde esta disciplina se involucra la participación social de los diferentes actores, los saberes tradicionales, los aspectos históricos, la gestión sustentable de los ecosistemas y la generación de alternativas de producción compatibles con el ambiente. Además, de hacer visibles los conflictos ambientales que derivan de la actividad económica. Una visión integral

implica la incorporación de principios éticos y metodológicos, los cuales permiten incorporar diversos conceptos y metodologías para la construcción de un planteamiento que involucre la creación de sinergias entre los ámbitos social, ambiental, económico y político, entre otros. De tal manera, es factible generar análisis alternativos a la problemática socioambiental latente que lleven a una justicia ambiental y bienestar social.

Los principios éticos y metodológicos enmarcados en la economía ecológica se plantean en Barkin (2008), quien da una primera descripción y explicación de éstos, mismos que contribuyen en la construcción teórica de esta disciplina. Los principios éticos son: justicia social, equidad intergeneracional y gestión sustentable de recursos. Los fundamentos metodológicos de multidisciplinariedad, apertura histórica y pluralismo metodológico construyen la base para el cumplimiento de los principios éticos. Barkin, Fuente y Tagle (2012), profundizan en estos principios, reconocen el conflicto entre los grupos grupo sociales y la importancia de incorporar enfoque orientados a la sustentabilidad ecológica. Estos principios requieren de una reorganización de la producción para que sea realizada con un manejo justo, tomando en cuenta las necesidades de las generaciones futuras y una parsimonia en el aprovechamiento del conjunto de los recursos naturales de los que depende el actual sistema de producción.

Otro aspecto a incorporar desde perspectiva de economía ecológica es el estudio de los conflictos ecológicos-distributivos, los cuales vinculan el crecimiento de la economía con un mayor uso de recursos naturales y con una mayor generación de residuos, afectando o beneficiando a uno o varios grupos sociales (Martínez-Alier, 2004). Es factible, bajo estos principios, identificar los diversos problemas de índole social, ambiental, económica y política, entre otros, que son la base para generar un análisis integral que permita dar un entendimiento alternativo a los diversos problemas socioambientales.

### *Visión integral del uso de las aguas residuales en el sector agrícola en el Valle del Mezquital*

El planteamiento para la conformación de una visión integral alternativa del uso de las aguas residuales en la actividad agrícola lleva una revisión de los diferentes aspectos y conceptos implicados en los ámbitos social, ambiental y económico



(García, 2013). En la Figura 2 se muestran las implicaciones sociales y ambientales derivadas del uso de aguas residuales en el VM. Si bien en un principio la salida de las aguas residuales al estado de Hidalgo dio solución a los problemas de inundación que presentaba la Ciudad de México, y dotó de agua a una zona con escasez, con el paso del tiempo derivó en un incremento de estas aguas, que pasaron de ser sólo aguas domésticas y de lluvia a una combinación de aguas domésticas e industriales, lo cual ha significado el aumento de la contaminación hídrica y, por ende, de los cultivos para el consumo humano.

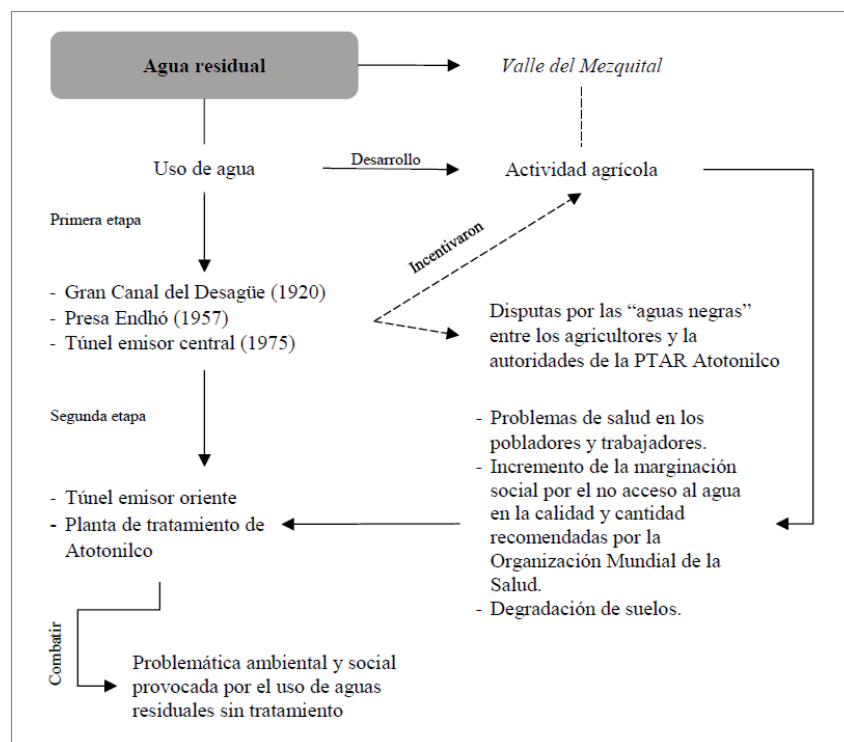


Figura 2. Implicaciones del uso de agua residual en el Valle del Mezquital.

Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar, que la creación de infraestructura hidráulica creada en la Ciudad de México en los últimos cien años pareciera obedecer al modelo neoliberal para dar solución a la problemática de la escasez del agua (gestión del agua desde la oferta). No obstante, esto ha derivado en una agudización del problema; más que resolver, trajo consigo importantes problemas de salud y

EL AGUA RESIDUAL COMO GENERADORA DEL ESPACIO DE LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA  
EN EL VALLE DEL MEZQUITAL, HIDALGO, MÉXICO

GARCÍA-SALAZAR

ambientales. Retomando los principios éticos y metodológicos de la economía ecológica se identifica que la PTAR Atotonilco, la cual representa la solución a la problemática ambiental y de la salud de la región también figura como el comienzo de un conflicto social, entre los agricultores y las autoridades de la gestión de la planta, por seguir utilizando el agua residual sin tratamiento para sus cultivos (véase Figura 3). Si bien el conflicto ambiental que deriva de la relación entre la ZMVM y la región del VM por el agua residual debiera ser por los impactos negativos que ha generado una región sobre otra, este se torna en una disputa por seguir utilizándola no importando el daño ambiental y la merma en la salud que se han generado.

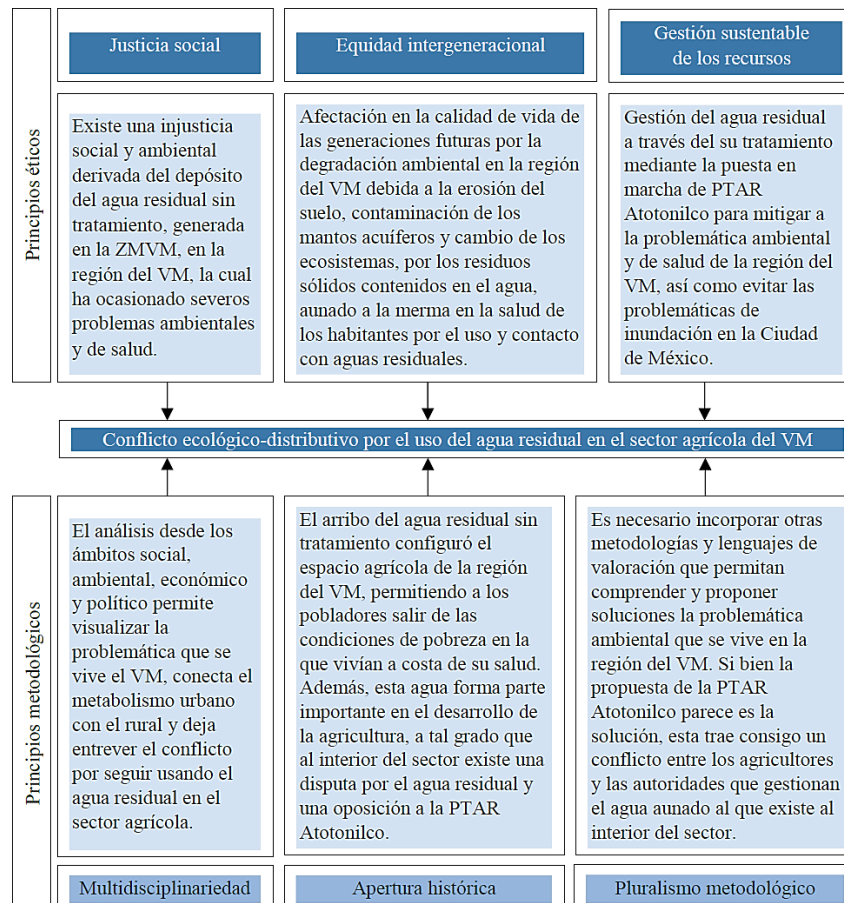


Figura 3. Principios éticos y metodológicos de Economía Ecológica en el uso de agua residual en el Valle del Mezquital.

Fuente: elaboración propia.

Como una alternativa para generar soluciones en la gestión del agua, desde la perspectiva de la economía ecológica se plantea una gestión desde la demanda, en la que la participación ciudadana es fundamental y se basa en el interés público (Arrojo, 2006). En la Figura 4 se muestra una visión integral del uso de las aguas residuales en el VM; se destacan los aspectos social, ambiental, económico y político que implica el uso de las aguas residuales, haciendo fundamental la identificación de las implicaciones sociales que trae consigo el uso de estas aguas.

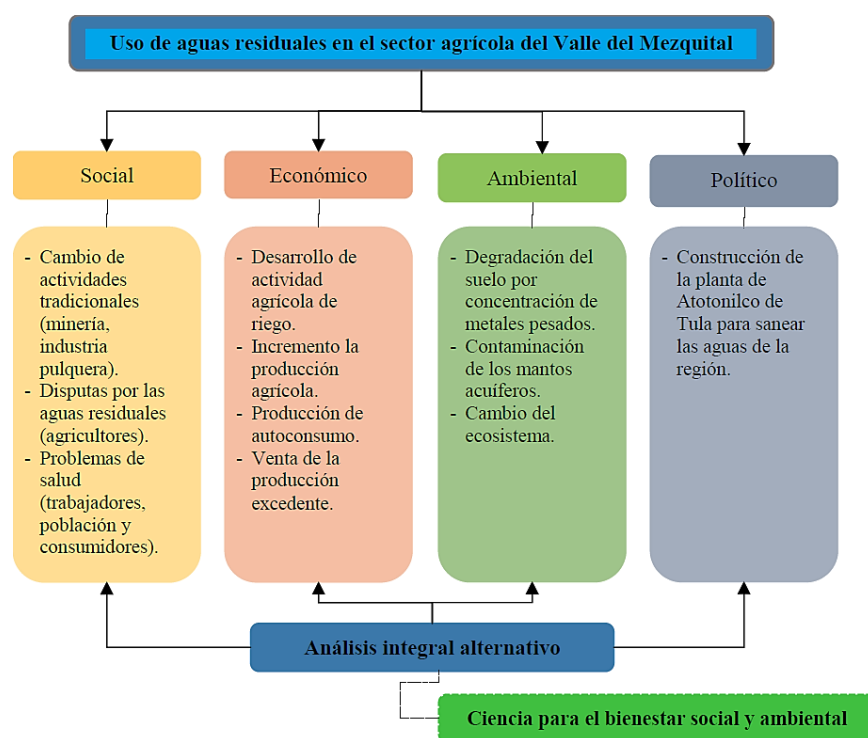


Figura 4. Economía Ecológica: Una Visión integral de uso de aguas residuales en el Valle del Mezquital.

Fuente: elaboración propia.

Es necesario incorporar la participación social en la búsqueda de soluciones ante la problemática ambiental, mismas que deben implicar un bienestar social y ambiental. Hasta el momento, las aguas residuales que arriban al VM sólo benefician a una parte de la población, el resto sufre las consecuencias de vivir el día con día con las aguas residuales que han cambiado el entorno de los

ecosistemas, como sucedió con la población cercana a la Presa Endhó, quienes anteriormente se dedicaban a las actividades de pesca. Actualmente, debido al arribo de las aguas contaminadas esta actividad desapareció y el entorno en cual vive la población es deplorable. Éste es sólo uno de los diversos escenarios que se pueden ver en la población del Valle.

Finalmente, se puede decir que la configuración de los espacios por cuestiones naturales, sociales y económicas no siempre representa una mejora en el desarrollo de la población; en muchos de casos el desarrollo económico implica la merma en la salud pública y el daño de los ecosistemas, como es el caso del VM, el cual definió el espacio de la agricultura con base en las aguas residuales.

## Conclusiones

El espacio agrícola en VM se configuró en torno de las aguas residuales que recibe de la ZMVM, que si bien en un principio significaron la solución a los problemas de la ciudad y dieron abasto de agua a una zona con poca disponibilidad, lo cual trajo consigo la configuración de un espacio donde las aguas negras son altamente valoradas, los problemas ambientales han afectado, en mayor medida, a las localidades con un alto grado de marginación, baja disponibilidad de agua apta para consumo humano, lo que ocasiona deterioros en la salud de la población y en donde las actividades que se desempeñaban anteriormente han cambiado: industria minera y en torno al maguey u otras.

Aun cuando las aguas residuales implicaron una dinámica creciente de la agricultura en el Estado y han significado la sobrevivencia de parte de la población del VM, esta actividad trajo consigo impactos en la salud (merma), en los suelos (degradación) y contaminación de los mantos acuíferos. Sin duda el crecimiento de sector agrícola en la región es importante al representar el 56 % de la producción total en Hidalgo, debido al uso de esta agua. Sin embargo, gran parte de su población se encuentra en pobreza aunado a que la pérdida en la salud implica un alto costo económico en los ingresos de las familias.

La solución propuesta por parte del gobierno para contrarrestar los efectos del uso de estas aguas implicó la puesta en marcha de una de las plantas de tratamiento más grandes del mundo (PTAR Atotonilco), la cual ha presentado altibajos en su funcionamiento por las demandas que enfrenta la constructora,

adicional a cuestionamientos sobre su funcionamiento y beneficio para el sector agrícola del Valle. Hasta este momento no hay estudios que documenten los beneficios ambientales y sociales de la PTAR Atotonilco desde su puesta en marcha en 2016, mostrando el antes y después de su funcionamiento. Esta solución pareciera corresponde a la propuesta del modelo neoliberal de la gestión del agua desde la oferta, que implica la privatización del agua, en este caso del agua residual, y la construcción de grandes obras hidráulicas ante los problemas de escasez.

La solución a esta problemática, desde la perspectiva de la economía ecológica, no debe ser vista solo como una mera solución de saneamiento de aguas domésticas e industriales debido a la importancia que tiene el agua residual en el desarrollo del sector agrícola y la significancia que le dan los agricultores en términos económicos y de supervivencia. Por lo tanto, se sugiere que la solución debe ser una gestión desde la demanda, que incorpore la participación ciudadana, que para el caso del VM se torna necesaria y que, además, implique la incorporación de los diferentes actores y ámbitos, así como la cuestión de usos y costumbres que se han arraigado en el sector. Lo anterior en términos de justicia social y ambiental aunado a un bienestar social y no de supervivencia.

Finalmente, la reconfiguración de los espacios para determinar regiones no necesariamente conlleva un beneficio social y ambiental, muchas veces implica el detrimento de la calidad

#### Notas al pie:

<sup>1</sup> Se localiza el corredor industrial Tula-Tepeji con empresas de la industria del cemento, textil y confección, alimentos procesados, electrónica, petroquímica, energía termoeléctrica y extractiva. Este parque se caracteriza por ser una zona con alto grado de contaminación.

<sup>2</sup> Las otras regiones en el estado de Hidalgo son el Altiplano, la Comarca Minera, la Cuenca de México, la Huasteca Hidalguense, la Sierra Alta, la Sierra Baja, la Sierra de Tenango, la Sierra Gorda y el Valle de Tulancingo.

<sup>3</sup> Los municipios que conforman el Valle del Mezquital son: Nicolás Flores, Cardonal, Ixmiquilpan, Tasquillo, Alfajayucan, Tecozautla, Huichapan, Nopala de Villagrán, Chapantongo, Chilcuautla, Santiago de Anaya, Actopan, El Arenal, San Agustín Tlaxiaca, Ajacuba, San Salvador, Francisco I. Madero, Tetepango, Progreso de Obregón, Mixquiahuala de Juárez, Tezontepec de Aldama, Tlaxcoapan, Tlahuelilpan, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Tepetitlán, Tula de Allende y Tepeji del Río de Ocampo.

<sup>4</sup> La población de cinco años y más hablante de lengua indígena nacional en Hidalgo es de 359,972 habitantes (INEGI, 2010).

<sup>5</sup> Se incluyen las actividades del sector primario, secundario y terciario.

<sup>6</sup> Se incluyen los ciclos de otoño-invierno y primavera-verano y perennes del año agrícola 2017-2018.

<sup>7</sup> Las cifras corresponden a diversos años, para más detalle véanse los datos del AQUASTAT, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

<sup>8</sup> Los problemas de inundación en la Ciudad de México desde la época de colonia dan inicio a las primeras obras, es en el año 1607 que se inician las primeras obras de desagüe mediante la construcción de tajo abierto en Huehuetoca hacia Nochistongo y hasta el río Tula (Aguilar, Aparicio, Gutiérrez, 2007). El tajo de Nochistongo se inaugura en 1789 y es la primera salida artificial de las aguas de la ciudad, desembocando en el río el Salto a la altura de la presa Requena.

<sup>9</sup> Las cifras corresponden al año agrícola 2015-2016 (Conagua, 2017)

<sup>10</sup> Sociedad mercantil constituida con la participación de las sociedades: Promotora de Desarrollo de América Latina, S. A. de C. V. (en calidad de obligada solidaria y con una participación del 40.80 %), Atlatec S. A. de C. V. (participación del 24.26 %), Acciona Agua S. A. de C. V. (24.26 %), Controladora de Operaciones de Infraestructura S. A. de C. V. (10.20 %), Desarrollo y Construcciones Urbanas S. A. de C. V. (0.479 %) y Green Gas Pioneer Crossing Energy, LLC (0.001 %) (Conagua, 2012).

<sup>11</sup> Forma parte del estudio “Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficio para todos?” de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y es dirigido por el Ingeniero Carlos Paillés.

## Bibliografía

- Aguilar, G. E., Aparicio, J. y Gutiérrez, L. A. (2007). Sistema de drenaje principal de la Ciudad de México. *Gaceta del IMTA*, 4(agosto).
- Arrojo, P. (2006). Los retos éticos de la nueva cultura del agua. *Polis. Revista Latinoamericana*, 14, 1-8. Recuperado de: <http://journals.openedition.org/polis/5060>
- Barkin, D. (2008). Presentación. *Argumentos. Estudios críticos de la sociedad*. 21(56), 7-15.
- Barkin, D., Fuente, M. y Tagle, D. (2012). La significación de una economía ecológica radical. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 19, 1-14.
- Bello, J., Contreras, C. y Rodríguez, J. (2016). *Plata de tratamiento de aguas residuales Atotonilco México*. Cambridge, MA: Zofnass Program for Sustainable Infrastructure Graduate. School of Design, Harvard University.

- CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente) y OPS (Organización Panamericana de la Salud) (2002). *Proyecto Regional. Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial. Estudio Complementario del Caso Mezquital, Estado de Hidalgo México*. Convenio IDCR-OPS/HEP/CEPIS 2000-2002. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/proyecto/complemen/casos/mezquital.pdf>
- Cifuentes, E., Blumenthal, U., Ruiz, P. G., Bennett S. y Peasey, A. (1994). Escenario epidemiológico del uso agrícola del agua residual. El Valle del Mezquital. *Salud Pública México*, 36(1), 3-9.
- Cifuentes, G. E. (1998). *La epidemiología de las infecciones entéricas en Comunidades Agrícolas Expuestas al Riego Mediante Aguas Residuales: perspectivas para el control de riesgos*. Cuernavaca, Morelos: CISP.
- Cisneros, E., González, M. y Fuentes, R. (2001). *Perspectiva de aprovechamiento de las aguas residuales en la agricultura*. México: Semarnat, Conagua, IMTA. Recuperado de: <http://cenca.imta.mx/pdf/43978Pri.pdf>
- Conagua (Comisión Nacional del Agua) (2010). *Manual para el manejo de zonas de riego con aguas residuales*. México: Conagua, Semarnat.
- Conagua (s.f.). *Planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco*. México: Conagua, Semarnat .
- Conagua (2012). *Plata de tratamiento de aguas residuales Atotonilco. Memoria documental*. México: Conagua, Semarnat . Recuperado de: <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/Documentos/MEMORIAS%20DOCUMENTALES/Memoria%20Documental%20Planta%20de%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20de%20Atotonilco.pdf>
- Conagua (2017). *Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. Año Agrícola 2015-2016*. México: Semarnat, Conagua.
- Cornejo, O. F. M., López, H. M., Beltrán, H. R. I., Acevedo, S. O. A., Lucho, C. A. A. y Reyes, S. M. I. (2012). Degradación del suelo en el Distrito de riego 003 Tula, Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Revista Científica udo Agrícola*, 12(4), 873-880.
- Crespo, C., Fernández, O., Herbas, G. y Carillo, M. (2005). La guerra del agua en Cochabamba, Bolivia: dos lecturas. *Cuadernos del Cendes*, 22(59), 185-188.
- García, G. J. O. (2001). La agricultura de riego y el riego con aguas negras. *Economía y Sociedad*, VI(10), 155-180.
- García, S. E. M. (2013). *Economía ecológica: un análisis integral alternativo. El caso de la industria de la curtiduría en León Guanajuato, México*. Tesis de doctorado en Ciencias Económicas. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Gobierno del Estado de Hidalgo (2010). *Actualización del Plan de Desarrollo Estatal, 2011-2016*. Hidalgo, México: Gobierno del Estado de Hidalgo.

- Graizbord, B. (1994). La región en el pensamiento geográfico anglosajón: Notas metodológicas”. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 9(2(26)), 457-480. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/40314754>
- Granados, S. D., Hernández, H. J. y López, R. G. F. (2004). Agricultura *nhanñhu*-otomí del Valle del Mezquital, Hidalgo. *Terra Latinoamericana*, 22, 117-126.
- Hernández, S. (2011). Nueva política del agua y herencias centralizadoras: El consejo de cuenca del Valle de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 8(3), 303-327.
- Hernández, S. (2016). El derecho humano al agua y el saneamiento. Retos para hacerlo efectivo a regantes de aguas negras del Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Revista Ciencia y Universidad*, 34(enero-junio), 115-148.
- Hussain, I. y Hanjra, M. A. (2004). Irrigation and poverty alleviation: Review of the empirical evidence. *Irrigation and Drainage*, 53(1), 1-15. doi: 10.1002/ird.114
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2010). *Censos de Población y Vivienda 2010*. México: INEGI.
- INEGI (2016). *Anuario Estadístico y Geográfico del Estado de Hidalgo 2015*. México: INEGI .
- Islas, O. (2011). *Resultados del estudio de diagnóstico Sectorial en el Estado de Hidalgo 2010*. Hidalgo, México: Gobierno Federal, Gobierno del Estado de Hidalgo, Sagarpa y Kaab Consultores S.C.
- Jiménez, B. y Chávez, A. (2004) Quality assessment of an aquifer recharged with wastewater for its potential use as drinking source: "El Mezquital Valley" case. *Water Science and Technology*, 50(2), 269-276.
- Justin, C. L., Vázquez, A. A., Siebe, G. C. D., Alcántar, G. y De la Isla, B. M. (2001). Cadmio, níquel y plomo en agua residual, suelo y cultivos en el Valle de Mezquital, Hidalgo, México. *Agrociencia*, 35(3), 267-274.
- Martínez, J. (2004). Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sustentabilidad. *Revibec: revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica*, 1, 21-30.
- Mejía, E., Siebe, C. y Páilles, C. (s.f). Producción de aguas servidas, tratamiento y uso en México. Proyecto de Desarrollo de Capacidades para el Uso Seguro de Aguas Servidas en Agricultura. FAO, WHO, UNEP, UNU-INWEH, UNW-DPC, IWMI y ICID. Recuperado de: [http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/378/mod\\_page/content/148/MEXICO\\_producci%C3%B3n%20de%20aguas%20servidas%2C%20tratamiento%20y%20uso.pdf](http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/378/mod_page/content/148/MEXICO_producci%C3%B3n%20de%20aguas%20servidas%2C%20tratamiento%20y%20uso.pdf)
- Moreno, A. B., Garret, R. M. G. y Fierro, A. U. J. (2006). *Otomíes del Valle del Mezquital*. México: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.



- Núñez, G. A. L. (2015). *Caracterización de la problemática de las aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo*. Tesis de Licenciatura en Geografía Humana. México: Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa. Recuperado de: [http://dcsh.izt.uam.mx/licenciaturas/geografia\\_humana/wp-content/uploads/2015/09/Tesina-Ana-Laura-Nu%C3%B1ez-2015.pdf](http://dcsh.izt.uam.mx/licenciaturas/geografia_humana/wp-content/uploads/2015/09/Tesina-Ana-Laura-Nu%C3%B1ez-2015.pdf)
- Ontiveros, C. R. E., Diakite, D., L., Álvarez, S. M. E. y Coras, M. P. M. (2013). Evaluación de aguas residuales de la ciudad de México utilizadas para riego. *Tecnología y Ciencia del Agua*. IV(4), 127-140.
- Perló, M. y González, A. E. (2005). *¿Guerra por el agua en el valle de México? Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México*. México: UNAM, Fundación Friedrich Ebert. Recuperado de: [http://centro.paot.org.mx/documentos/unam/guerra\\_por\\_agua\\_digital.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/unam/guerra_por_agua_digital.pdf)
- Pigeon, M., McDonald, D. A., Hoedeman, O. y Kishimoto, S. (Eds). (2013). *Remunicipalización: el retorno del agua a manos públicas*. Ámsterdam: Transnational Institute. Recuperado de: [https://www.tni.org/files/download/pigeon-mcdonald-hoedeman-kishimoto\\_remunicipalizacion\\_retorno\\_del\\_agua\\_a\\_manos\\_publicas\\_2013\\_0.pdf](https://www.tni.org/files/download/pigeon-mcdonald-hoedeman-kishimoto_remunicipalizacion_retorno_del_agua_a_manos_publicas_2013_0.pdf)
- Romero, A. H. (1997). El Valle de Mezquital, México. Estudio de caso (Mezquital Valley, Mexico Case Study). En R. Helmer y I. Hespanho (eds.). *Water Pollution Control. A Guide to the Use of Water Quality Management Principles*. Gran Bretaña: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Consejo de Colaboración para el Abastecimiento de Agua y el Saneamiento/Organización Mundial de la Salud. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/repindex/rep066/vallemez.html>
- Ruiz, P. G., Cifuentes, E., Blumenthal, U. y Peasey, A. (1998). *El reuso de agua residual para riego agrícola y su impacto en la salud. ¿Es tiempo de revisar la Norma NOM-001-ECOL-1996?* Lima: Red Panamericana de Información en Salud Ambiental.
- Siebe, G. C. D. (1994). Acumulación y disponibilidad de metales pesados en suelos regados con aguas residuales en el distrito de Riego 03, Tula, Hidalgo, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 10(1), 15-21.
- Siebe, C. y Cifuentes, E. (1995). Impacto Ambiental del Riego con aguas residuales en el centro de México: una perspectiva. *Journal Oxford*. 13.
- Velázquez, H. E. (1995). *Cuando los arrieros perdieron sus caminos: la conformación regional del Totonacapan*. Zamora, Michoacán, México: El Colegio de Michoacán.

## Bases de datos

- Comisión Nacional del Agua (2018). Sistema Nacional de Información del Agua | SINA [Conjunto de datos]. Recuperado de: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/>
- Consejo Nacional de Evaluación de Política de Desarrollo Social (Coneval). (2015). Estadísticas de pobreza en Hidalgo [Conjunto de datos]. Recuperado de: <https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Hidalgo/Paginas/principal.aspx>
- Consejo Nacional de Población (Conapo). (2015). Datos Abiertos del Índice de Marginación [Conjunto de datos]. Recuperado de: [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos\\_Abiertos\\_del\\_Indice\\_de\\_Marginacion](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos_Abiertos_del_Indice_de_Marginacion)
- FAO. AQUASTAT. Sistema de Información sobre Agua y Agricultura [Conjunto de datos]. Recuperado de: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexesp.stm>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2018). Producción Agrícola [Conjunto de datos]. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>