

## **Metabolismo social del agua residual en el Valle del Mezquital en Hidalgo, México**

### **Social metabolism of wastewater in the Mezquital Valley, Hidalgo, Mexico**

**Edith Miriam García Salazar, Hugo Nathanael Lara Figueroa**

Cátedras Conacyt. El Colegio del Estado de Hidalgo, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México.  
[emgarciasa@conacyt.mx](mailto:emgarciasa@conacyt.mx), Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Ecatepec de Morelos,  
Estado de México. [hugolara@tese.edu.mx](mailto:hugolara@tese.edu.mx)

#### **Resumen**

El agua residual sin tratamiento que recibe el Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo desde hace más de cien años proveniente de la Zona Metropolitana del Valle de México, configuró el espacio agrícola de esta región no apta para esta actividad por sus condiciones geográficas y climáticas, convirtiéndola en el detonante de importantes problemáticas sociales y ambientales. En esta investigación se realizó un estudio empírico con el objetivo de identificar y analizar el metabolismo social del agua residual en la región como una herramienta conceptual que permite entender y profundizar en la relación entre la naturaleza y la sociedad.

#### **Abstract**

The untreated wastewater that the Mezquital Valley receives in the state of Hidalgo for more than one hundred years, coming from the Metropolitan Zone of the Valley of Mexico, configured the agricultural space of this region not suitable for this activity, due to its geographical conditions and climatic, and turn it into the detonator of important social and environmental problems. In this research an empirical study was carried out with the objective of identifying and analyzing the social metabolism of wastewater in the region as a conceptual tool that allows us to understand and deepen the relationship between nature and society.

**Palabras clave:** agricultura, agua residual, Valle del Mezquital, metabolismo social del agua

**Keywords:** Agriculture, residual water, Mezquital Valley, new water culture, social metabolism

#### **INTRODUCCIÓN**

En aras de analizar la problemática del agua residual desde una perspectiva diferente se utiliza el metabolismo social como una herramienta de la economía ecológica para analizar

el caso de la región del Valle del Mezquital (VM), ubicada en el estado de Hidalgo. La región se caracteriza por recibir desde hace más de cien años aguas residuales sin tratamiento provenientes de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), es su mayoría utilizada para fines de irrigación en aproximadamente 85,000 hectáreas de cultivo, principalmente de alfalfa y maíz (CONAGUA, s.f.) y, de manera indirecta, para uso doméstico -cuando se obtiene vía acarreo de pozos, ríos, lagos o arroyos contaminados-. No obstante, su empleo pone en riesgo la salud de quienes la utilizan debido a que éstas contienen una alta carga de contaminantes compuestos por material orgánico, metales, bacterias y detergentes.

A su vez, estas aguas son altamente valoradas por los agricultores por la cantidad de nutrientes que proporcionan a sus cultivos y porque les ha significado mejorar sus condiciones de vida, sin embargo, ha propiciado la degradación de los suelos derivada de una alta concentración de metales pesados y la merma en la salud. Diversos estudios han documentado que el empleo de aguas residuales en la región deriva de problemas de disponibilidad, así como de factores económicos y culturales. Sobre los primeros destacan: la escasez de aguas alternativas para el riego y el aumento de la demanda urbana de agua potable; en segundo lugar, la reducción de los costos al sustituir la compra de fertilizantes artificiales, lo cual hace posible la generación de altos rendimientos por unidad cultivada (Hernández, 2011; Cifuentes, Blumenthal, Ruíz, Bennett y Peasey, 1994; Hussain y Hanjra, 2004); así como la alternativa mediante la cual los habitantes han podido salir de las condiciones de marginalidad en las cuales vivían.

Si bien la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) reconoce que la utilización de las aguas residuales son una alternativa para aumentar la disponibilidad local de recursos hídricos y por su aporte de nutrientes-fertilizantes para las plantas, también resalta la importancia de tomar medidas para evitar riesgos en la salud humana y en los ecosistemas (FAO, 2017). Sin embargo, aun cuando el uso de este tipo de agua han contribuido al florecimiento del sector agrícola en Hidalgo, también ha propiciado problemas de rezago social y salud pública, principalmente en las poblaciones más vulnerables (Ortega, 2011). Es a partir, de esta contextualización que en esta investigación se realizó un análisis empírico para identificar el metabolismo social del agua residual como un recurso que configuró el espacio agrícola de la región del VM y que permite analizar e identificar las interacciones que se dan entre la sociedad y la naturaleza y entre el metabolismo urbano y rural.

## **METABOLISMO SOCIAL**

El uso del concepto de metabolismo como una analogía entre el sistema biológico y el sistema social o económico o industrial es cada vez más utilizado para entender las relaciones entre la naturaleza y la sociedad. La Real Academia Española (RAE) lo define como el “conjunto de reacciones químicas que efectúan las células de los seres vivos con el fin de sintetizar o degradar sustancias”. En el campo de la economía ecológica, ecología política y ecología industrial es considerada una herramienta que permiten estudiar y analizar las relaciones entre la naturaleza y las diferentes sociedades (urbana-rural) y el sistema económico (industria), dando paso a un “marco que permite distinguir entre culturas, sociedades o regiones según

sus relaciones de intercambio características con la naturaleza” (Fisher-Kowalsky y Haberl, 2000, p. 22). El metabolismo social, por tanto, es un modelo o marco conceptual que permite analizar las relaciones entre la diferentes sociedades y la naturaleza, y sus transformaciones a lo largo del tiempo, su aplicación puede ser a nivel regional (rural, urbano), nacional y global (Toledo, 2013).

### ***Metabolismo social del agua***

El metabolismo hídrico de acuerdo a Madrid y Velázquez (2008) es una analogía del metabolismo socioeconómico y se define como,

“proceso que recoge los flujos de agua de una sociedad-economía en dos dimensiones: (1) flujos internos, referido a los flujos que tienen lugar entre una economía y el sistema hídrico del territorio donde ésta se aloja y (2) flujos con el exterior, entendiendo por éstos los flujos desde (importación) y hacia (exportación) otros sistemas hídricos” (p. 31).

Añaden que este metabolismo tiene tres características principales: 1) inclusión de territorialidad y temporalidad, 2) planteamiento sistémico-coevolutivo, es decir, integración del recurso agua en el análisis territorial, y 3) interconexión entre los flujos físicos y monetarios. Por su parte, Beltrán y Velázquez (2011) consideran el metabolismo hídrico del sistema económico como analogía del metabolismo social y lo definen como “marco de análisis que cuantifica los flujos hídricos de la economía y refleja la dimensión social, ambiental, tecnológica, geográfica e institucional que corresponde a la parte intangible del metabolismo, inseparable de la parte tangible si consideramos el agua como activo ecosocial” (p. 27). Por consiguiente, el metabolismo hídrico es un marco de análisis que engloba la contextualización de las estimaciones hídricas (datos) y su interacción con la sociedad. Es a partir de este enfoque, que se propone el uso del metabolismo social del agua, el cual parte de las aportaciones de Beltrán y Velázquez (2011), Madrid y Velázquez (2008), Toledo (2008 y 2013) y Toledo y de González (2007) para analizar el caso de la aguas residuales en el la región del Valle del Mezquital.

## **METODO**

Se realizó una revisión bibliográfica desde diferentes disciplinas para concebir el metabolismo social del agua residual en el VM. Cabe destacar que del entramado que implica el tema del agua desde diferentes vertientes, solo se analizó para esta investigación información con respecto al agua residual y su relación con el sector agrícola debido al impacto que este tipo de agua ha tenido en los ámbitos económico, social y ambiental de la región del VM por más de 100 años; además, se analizaron los flujos de agua (datos) para el año 2017. Cabe destacar, que esta investigación, se realiza a nivel regional que de acuerdo con Toledo (2013) permite “entender dinámicas metabólicas territoriales de diferentes escalas, y descomponer sinergias macro o multirregionales que por su muy alta complejidad resultan incomprensibles o inaccesibles a la investigación” (p. 61). Siendo la contextualización fundamental para el estudio de las relaciones entre la sociedad y la naturaleza, y en este caso resulta importante para analizar la relación de la región del VM con el agua residual producida en la ZMVM y con la cual se impulsó la actividad agrícola.

### ***El agua residual y su relación con la región del VM***

La región del VM tiene una estrecha relación con las aguas residuales provenientes, en su mayoría, de la ZMVM debido a que su uso incentivó el desarrollo de la agricultura en una zona con escaso potencial para realizarla por sus condiciones geográficas y climatológicas. Esta región recibe desde hace más de cien años las aguas residuales generadas en la ZMVM, en parte, como resultado de la construcción de las grandes obras hidráulicas en la Ciudad de México para dar salida a las aguas negras que se producían y a los problemas de inundación.

Los problemas de inundación en la Ciudad de México desde la época de la colonia dan inicio a las primeras obras hidráulicas, 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 y Guitiérrez, 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 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. 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—, a partir de lo cual el sector agrícola comenzó a utilizar un sistema de presas y canales que la distribuían en 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 del VM, que ayudaba a la economía de los pobladores locales. Posteriormente, con el crecimiento poblacional en la ciudad se incrementó el volumen de aguas residuales producidas. Por lo cual, entre 1912 y 1976 se construyeron las presas Taxhimay, Requena, Endhó<sup>1</sup>, Vicente Aguirre y Javier Rojo Gómez. La construcción de estas cinco presas establecieron “el mayor sistema de riego en el mundo, con capacidad para almacenar casi 350 millones de metros cúbicos de agua aunado a una extensa red de canales de conducción y distribución, túneles, drenajes, sifones y plantas de bombeo” (Islas, 2011, p. 40). Este sistema permitió que las aguas residuales incentivaran el desarrollo de la actividad agrícola en una zona semidesértica con baja disponibilidad de agua, no obstante trajo repercusiones en la salud de los pobladores y de los ecosistemas de la región. Además de contribuir a la contaminación de los mantos acuíferos de los cuales se distribuye a los hogares para consumo y uso doméstico, tal es el caso del acuífero del Valle del Mezquital.

## **RESULTADOS**

---

<sup>1</sup> La presa Endhó en un principio contenía las aguas dulces del río Tula-, luego de la construcción del Emisor Central en 1975, la presa Endhó comenzó a recibir las aguas negras de la ciudad y del corredor industrial Cuautitlán-Tepejé-San Juan del Río, que a su vez fueron distribuidas a los distritos de riego 003 Tula y 100 Alfajayucan, ubicados en el corazón de VM

### ***Metabolismo social de agua residual en el VM***

La contextualización del uso del agua residual en el VM para identificar el metabolismo social del agua residual resultó fundamental debido a que permitió conectar el metabolismo urbano con el metabolismo rural<sup>2</sup>, en este caso, la relación del sector agrícola con el agua residual generada en la ZMVM y de esta manera puntualizar en las problemáticas ambientales y sociales existentes. Además, se entiende que los actores involucrados son las instituciones federales, estatales y municipales encargadas de la gestión del agua, los actores sociales (agricultores y población) y la naturaleza como la proveedora y receptora del agua (servicios ambientales).

En la Figura 1 se muestra la conexión de la fase de excreción del metabolismo urbano con el metabolismo rural y su retorno en productos de consumo al metabolismo urbano. En termino de flujos, se identificó que en la etapa de excreción del metabolismos urbano la ZMVM genera y arroja agua residual por 1, 576.8 hm<sup>3</sup> (50 m<sup>3</sup>/s) de tipo domesticó e industrial a los cuerpo receptores de agua (alcantarillado), de la cual aproximadamente el 20 por ciento recibe tratamiento, el resto que como destino final tendría que ser el mar Golfo de México en su camino atraviesa el VM en Hidalgo (metabolismo rural) y es utilizada por el sector agrícola en este Estado. En la fase de apropiación, parte del agua residual sin tratamiento que arriba a la región es distribuida por la Conagua a los distritos de riego 003 Tula, 100 Alfajayucan y 112 Ajacuba y al sistema de presas (uno de los mas grande en el mundo) con capacidad de almacenamiento total de 308 hm<sup>3</sup>, el agua colectada se distribuye al sector agrícola de los cuales 54 por ciento son ejidatarios y el resto son privados.

En la fase de consumo, con un volumen total de 1,469.6 hm<sup>3</sup> los distritos de riego abastecen una superficie regada de 82, 346.7 hectáreas de cultivos principalmente de maíz grano y alfalfa, y de frijol, tomate verde, avena forrajera, chile verde, calabacita, cilantro, cebada forrajera, cebolla y trigo en grano. En la fase de trasformación, este volumen de agua utilizado representa una producción en toneladas de 4, 844,622 con un valor de la producción de 3, 881,901.9 miles de pesos, lo cual muestra que este sector en la región se desarrolló y actualmente es el que más representativo en el Estado. En la fase excreción los principales residuos que se generan son de tipo vegetal, plásticos y otros, que son depositados en la naturaleza. No obstante, el metabolismo del agua residual no termina en esta fase, retorna al metabolismo urbano (ZMVM) en productos vegetales para consumo.

### ***La caja negra del metabolismo social del agua residual en el VM***

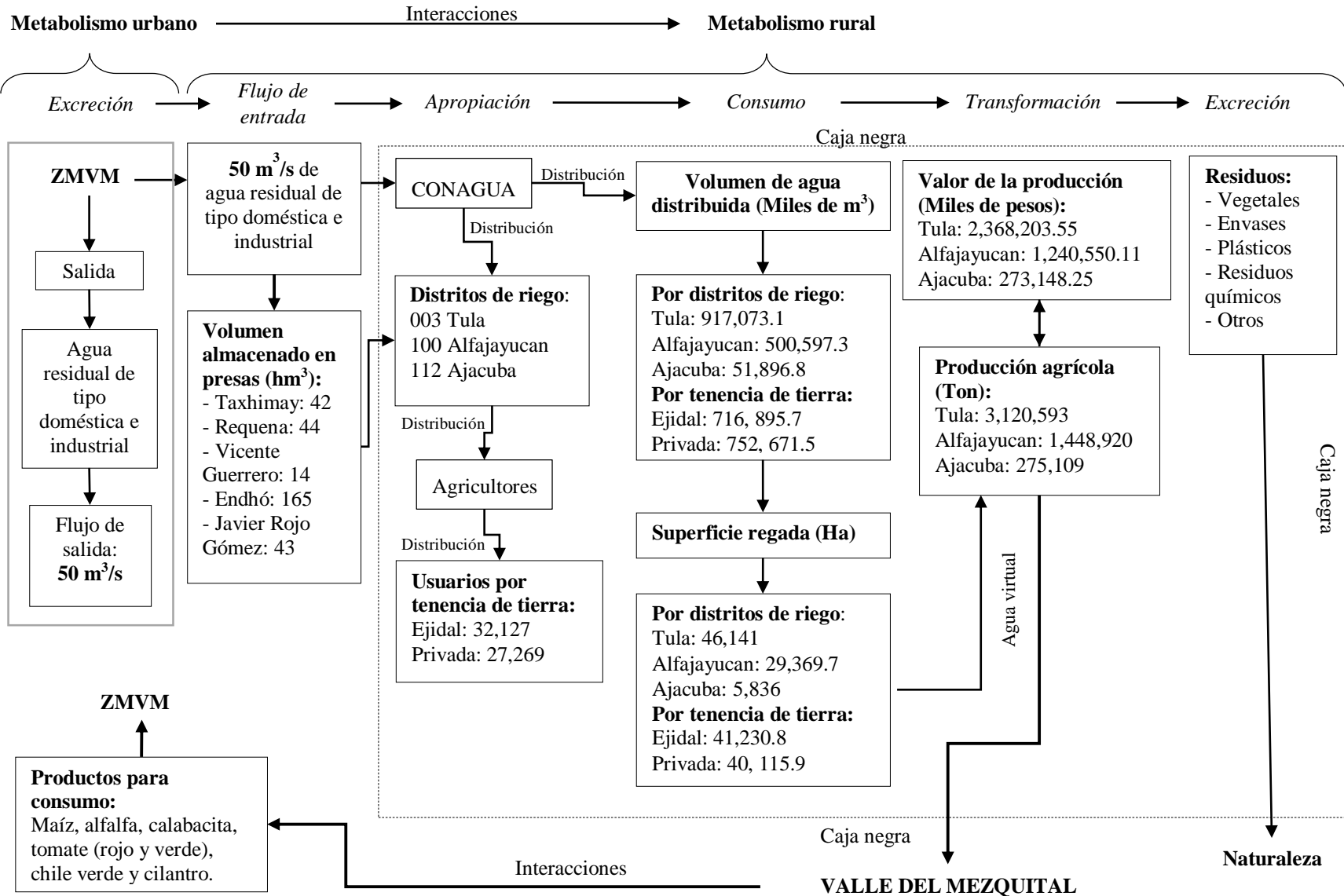
El agua residual conformó el espacio agrícola en la región del VM no apto para esta actividad, debido a sus condiciones climáticas y geográficas, lo que permitió que el estándar de vida de la población con acceso a este tipo de agua sea mayor que el de la población que no tiene acceso (CEPIS y OPS, 2002). Históricamente y debido a una geografía que dificulta la producción agrícola (derivado del desplazamiento de grupos Otomíes a zonas poco cultivables), la población del VM ha vivido en condiciones de marginación. Cabe destacar

---

<sup>2</sup> Para términos de esta investigación no se analiza los términos de metabolismo urbano ni rural solo se destaca la relación entre ambos.

que un 50.6 por ciento de la población en Hidalgo está en situación de pobreza (42.6 por ciento en pobreza moderada y 8.0 por ciento en pobreza extrema) mientras que parte de la población en el VM tiene niveles bajos de marginación por esta actividad, así como por la industria manufactura y la de construcción. Siendo esta una razón por la que parte de la población prefiera la merma en su salud antes que renunciar al uso del agua residual (Hernández, 2016).

**Figura 1.** Metabolismo social del agua residual en el Valle del Mezquital





El uso de agua residual por un periodo tan prolongado ha degradado los suelos, los cuales tienen presencia de diversos metales pesados, provenientes de la industria, lo cuales tienen un proceso de acumulación y que pueden incorporarse al suelo y posteriormente en los cultivos -principalmente alfalfa y maíz- (Cornejo, et al; 2012, Siebe, 1994; Justin, Vázquez, Siebe, Alcantar y De la Isla, 2001), para posteriormente ser consumidos en las principales ciudades del país. Las afectaciones a la salud de la población derivada de contaminación de las fuente de abastecimiento de agua por las aguas residuales pueden recaer en los campesinos de la región que de acuerdo con Hernández (2016, p. 118) tienen una “doble condición de usuarios como regantes de aguas negras y consumidores domésticos de agua subterránea contaminada”, los trabajadores en el campo ya que están en contacto directo con estas aguas y los habitantes de la región por la carencia de servicios de agua potable y saneamiento en sus hogares y consumidores de cultivos contaminados por este tipo de agua. Si bien y como documenta Moreno et al. (2006, p. 6) “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”, lo cierto es que la probabilidad de presentar eventos de enfermedad relacionados con su utilización, aumentan de manera importante, al punto de revertir los beneficios económicos.

## **DISCUSIÓN**

La transferencia de agua residual en un inicio significó resolver los problemas de inundación que sufría la Ciudad de México y dotar de agua al VM con carencia debido a sus condiciones climatológicas y geográficas. Sin embargo, con el paso del tiempo, estos beneficios positivos se tornaron en importantes problemáticas de ambientales y de salud que no se han podido mitigar y que se han profundizado. Los diversos estudios realizados en el VM evidencian la degradación del suelo por la infiltración de metales pesados, la contaminación de los mantos acuíferos, la degradación y cambio del ecosistema, contaminación en los cultivos y la merma en la salud de los habitantes.

La solución de la autoridades fue la construcción de una de las planta de tratamiento más grandes del mundo (PTAR Atotonilco), sin embargo, esta planta ha generado grandes controversias entre los agricultores al considerar que esto les implicará el pago por el agua que utilizan, reducción del volumen, y que el tratamiento quitará nutrientes al cultivo impactando en la productividad y economía de los usuarios y sus familias, además, exigen se respete el derecho de irrigar sus cultivos con agua residual. Lo anterior, aunado al conflicto social por el uso de las aguas negras que se vive al interior de la región. Es importante denotar que el uso del agua del agua residual en el sector agrícola de la región es fundamental para su desarrollo, de ahí su resistencia al cambio y el comienzo del conflicto social para impedir el funcionamiento de la PTAR Atotonilco. Finalmente, la contextualización del uso del agua residual en el VM resultó fundamental para desdeñar la problemática y su dimensión. Acentuando el hecho de que los problemas ambientales añejos en los países Latinoamericanos, como por ejemplo la falta de servicios de agua potable y saneamiento, manejo de residuos sólidos y tratamiento de aguas, siguen siendo una constante que incrementan la desigualdad social.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Aguilar, G. E., Aparicio, J. y Gutiérrez, L. A. (2007). Sistema de drenaje principal de la Ciudad de México. *Gaceta del IMTA*, 4(Agosto). Recuperado de <https://www.imta.gob.mx/gaceta-imta-leer-mas>
- Beltrán, M. J. y Velázquez, E. (2011). *Del metabolismo social al metabolismo hídrico*. EcoEcoEs Documento Trabajo 01\_2011. 51 pp. Recuperado de [http://www.ecoeco.es/wp-content/uploads/downloads/2011/04/DT-02\\_2011.-MJBeltran-y-EVelazquez.Del-metabolismo-social-al-metabolismo-h%C3%ADrico.pdf](http://www.ecoeco.es/wp-content/uploads/downloads/2011/04/DT-02_2011.-MJBeltran-y-EVelazquez.Del-metabolismo-social-al-metabolismo-h%C3%ADrico.pdf)
- 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.
- Conagua (Comisión Nacional del Agua) (s.f.). *Planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco*. México: CONAGUA, SEMARNAT. 13 pp.
- 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.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2017). *Reutilización de aguas para agricultura en América Latina y el Caribe. Estado, principios y necesidades*. Santiago de Chile: FAO.133 pp. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i7748s.pdf>
- Fischer-Kowalski, M. y Haberl, H. (2000). El metabolismo socioeconómico. *Ecosistemas Humanos y biodiversidad*, 19, 21-33.
- Hernández, S. (2011). Nueva política del aguay 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

- 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.
- 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.
- Madrid, C. y Velázquez, E. (2008). El metabolismo hídrico y los flujos de agua virtual. Una aplicación al sector hortofrutícola de Andalucía (España). *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 8, 29-47. Recuperado de [http://www.redibec.org/IVO/rev8\\_03.pdf](http://www.redibec.org/IVO/rev8_03.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.
- Ortega, B. (2011). Caracterización del recurso hídrico en el estado de Hidalgo. En Miguel Acosta et al. (Coordinadores). *Aportes para el Desarrollo del estado de Hidalgo. Medio Ambiente*, Volumen I(11-29). México: El Colegio del Estado de Hidalgo, Miguel Ángel Porrúa.
- 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.
- Toledo, V. (2008). Metabolismos rurales: hacia una teoría económico-ecológica de la apropiación de la naturaleza. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 7, 1-26. Recuperado de [http://www.redibec.org/IVO/rev7\\_01.pdf](http://www.redibec.org/IVO/rev7_01.pdf)
- Toledo, V. (2013). El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. *Relaciones*, 136(otoño), 41-71.
- Toledo, V. y González de Molina, M. (2007). El metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. En F. Garrido, M. González de Molina, J. L. Serrano, J. L. Solana (coord.). *El paradigma ecológico en las ciencias sociales* (pp. 85-112). España: Icaria.