

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México) Incidencia del paradigma arquitectónico y urbanístico del diseño de la infraestructura de drenaje y alcantarillado

Threat to food security in the Apatlaco river sub-basin (Mexico)
Architectural and urban paradigm effect of the drainage and sewerage infrastructure design

Giovanni Marlon Montes Mata

Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México
giovannimontes01@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3059-0959>

Rafael Monroy Ortiz

Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México
monroyortizrafael@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9970-1082>

Rodrigo Flores Reséndiz

Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México
resendiz_barca@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2069-9624>

Columba Monroy Ortiz

Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México
columbam@uaem.mx
<https://orcid.org/0000-0003-0066-992X>

DOI: <http://doi.org/10.15359/prne.21-42.1>

Recibido: 20/3/2023 • Aceptado: 19/05/2023 • Publicado: 25/07/23

RESUMEN 

La subcuenca del río Apatlaco es considerada una de las más contaminadas en México y los 11 municipios que la integran tienen una demanda de alcance federal desde 2016, promovida por “habitantes de Morelos”, la cual exige detectar y frenar todo tipo de descargas irregulares de aguas residuales

ABSTRACT 

The Apatlaco is considered one of the most polluted sub-basins in Mexico. Consequently, a federal lawsuit has been filed since 2016 against the 11 municipalities that comprise the sub-basin by “Morelos Inhabitants”, which requires detecting and stopping any type of irregular untreated wastewater



sin tratamiento hacia los cuerpos de agua superficial. Por tanto, el objetivo es analizar la incidencia de la lógica de contaminación con aguas residuales sin tratamiento en la subcuenca del río Apatlaco, Morelos, México con el riesgo de la seguridad alimentaria por efecto de la irrigación de sus áreas agrícolas. Se analizaron las condiciones de contaminación por efluentes con base en una unidad territorial (Cuernavaca) incluyendo identificación y cálculo de los puntos de descarga distribuidos por usos de suelo. Con base en la unidad territorial, se calculó el agua residual generada por los 11 municipios de la subcuenca tomando en cuenta el gasto per cápita de la muestra, habitantes por municipios, el porcentaje respecto la población total estatal y aquel localizado dentro de la subcuenca. Por último, se identificó la superficie agrícola y las líneas de corriente del Apatlaco para determinar la susceptibilidad del uso de aguas negras en la producción de alimentos.

Palabras clave: aguas residuales urbanas, seguridad alimentaria, subcuenca río Apatlaco

discharge into surface water bodies. The objective of this paper is to analyze the incidence of the logic of contamination with untreated wastewater in the sub-basin of the Apatlaco River, Morelos, Mexico that threatens food security due to the irrigation of its surrounding agricultural areas. Wastewater conditions were analyzed based on a territorial unit (Cuernavaca), including the identification and calculation of discharge points distributed by land use. Based on the territorial unit, the residual effluent generated by the 11 municipalities that comprise the sub-basin was calculated, considering the expenditure per capita, inhabitants per municipalities, the percentage with respect to the total state population and the one in the sub-basin. Finally, the Apatlaco agricultural area and current lines were identified to determine the susceptibility of the use of wastewater in food production.

Keywords: Urban wastewater, food security, Apatlaco river sub-basin

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales pueden ser descritas como una combinación de residuos líquidos con distintos orígenes, incluyendo los domésticos que se separan en negras (excremento, orina y lodos fecales) y grises (de lavado y regadera); industriales; de establecimientos comerciales incluidos hospitales; los derivados de la agricultura e incluso el agua de lluvia ([United Nations World Water Assessment Programme \[WWAP\], 2017, p. 17](#)).

La mayoría de las actividades económicas utilizan líquido vital y, por tanto, generan casi de manera proporcional líquidos residuales contaminantes, teniendo repercusiones negativas en la salud humana, la productividad económica, la calidad y cantidad del agua dulce y en general desequilibrios en el ciclo ecosistémico.

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Revista Perspectivas Rurales by Universidad Nacional is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Creado a partir de la obra en <http://revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales>.

Una de las condiciones de riesgo y vulnerabilidad socioambiental se deriva principalmente del tratamiento de las aguas residuales urbanas; en promedio se estima que 80 % generado en el planeta no cuenta con tratamiento adecuado antes de ser vertido al ambiente y en países subdesarrollados económicamente, esta cifra aumenta hasta 95 %.

Particularmente, los países de ingresos altos tratan 73 % de sus efluentes residuales, mientras que en los de ingresos medios-altos la cifra se reduce a 54 % e incluso cae hasta 28 % en los países medios-bajos (WWAP, 2017, pp. 1-2). Sin embargo, solo 8 % de las aguas industriales y municipales vertidas de los países con bajos ingresos se someten a algún tipo de tratamiento (Food and Agricultural Organization [FAO], 2020, p. 85).

Si bien los países desarrollados económicamente tratan un porcentaje mayor respecto a los de bajos ingresos, el *paradigma arquitectónico y urbanístico del diseño de la infraestructura de drenaje y alcantarillado* no respeta marginalmente la condición de clase social, ya que verter los residuos líquidos urbanos con o sin tratamiento por dicho mecanismo hacia las fuentes naturales próximas es una acción constante en el planeta (WWAP, 2017).

El *paradigma* existente no reconoce o ignora la necesidad de un diseño eficaz de infraestructura que otorgue tratamiento a los residuos, y solo visualiza el hecho de retorcer la red de drenaje hasta verterlos a cualquier fuente superficial como son afluentes naturales, lagos, lagunas y el mar; se estima que el 90 % del agua extraída del sector doméstico vuelve a ríos y acuíferos, pero como efluente (FAO, 2002, p. 2).

En el caso de los países subdesarrollados, es práctica común e irrefutable verter las aguas residuales a fuentes superficiales sin tratamiento alguno, debido particularmente a la falta de infraestructura, capacidad técnica, institucional y sin el financiamiento necesario, o por el simple hecho de ahorrarse la inversión económica (WWAP, 2017).

El solo coleccionar las aguas residuales, no significa que estas reciban tratamiento adecuado, ya que en algunos casos el contenido contaminado es liberado inmediatamente hacia fuentes naturales próximas. Otro aspecto importante es la poca y casi nula existencia de información confiable respecto al ciclo del efluente, sin importar que sean países desarrollados o subdesarrollados; según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), de 181 países analizados para la elaboración del Informe Mundial del Agua

2017, solo 55 tenían información fiable e incluso, algunos de estos datos se encontraban desactualizados (WWAP, 2017, p. 47).

De hecho, se calcula que para alcanzar las condiciones óptimas de saneamiento se necesita hacer una inversión de 53 000 millones de dólares durante 5 años consecutivos, lo cual significa alrededor del 0.1 % del PIB mundial (Producto Interno Bruto) estimado para el 2010. Considerando tal escenario, la inversión universal en dicho rubro traería retribuciones económicas de 5.5 veces a 1 (WWAP, 2017, p. 2).

Sin embargo, la incertidumbre es de alcance global ante las condiciones de desigualdad económica, pues en la actualidad aún 748 millones de personas no disponen de agua de calidad y 2 500 millones no cuentan con instalaciones adecuadas de saneamiento (WWAP, 2015).

En las regiones subdesarrolladas, la capacidad de tratamiento de las aguas residuales está condicionada por las circunstancias económicas-políticas locales, las cuales pueden resultar ineficientes. Al no cumplir con la ley, por un lado, se generan efectos potencialmente negativos en la salud, la alimentación y los patrones de vida de la población, pero al efectuarla en lugares donde la legislación no es rigurosa o incluso permisible ante las circunstancias productivas, se vuelve una situación igualmente dañina: en ambas, la incidencia mayor se da en los sectores sociales más vulnerables socioeconómicamente.

La estructuración urbana subdesarrollada, aquella localizada en periferias sin consolidación, irregular o en sitios vulnerables como causas o zonas federales restringidas, son sectores marginales directamente expuestos a los efectos de los contaminantes líquidos residuales, que potencializan su condición de vulnerabilidad cuando estos son vertidos directamente sin tratamiento al ambiente (WWAP, 2017).

En el marco de la diversificación productiva capitalista actual, los residuos líquidos urbanos están compuestos de 99 % agua y 1 % sólidos disueltos; estos contienen sustancias contaminantes que incluyen bacterias, virus, parásitos y químicos tóxicos. De acuerdo con el estricto *paradigma*, estos deben liberarse al ambiente en ríos, lagos, barrancas y mares, significando que el ser humano tendrá contacto con ellos en zonas públicas o privadas, de recreación o de producción cercanas a los cauces de las escorrentías (WWAP, 2017, p. 3; Dorfman, 2004).

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Verter cantidades exponenciales de efluentes sin tratamiento hacia fuentes superficiales de agua rompe el ciclo ecosistémico, al perder la capacidad de absorción y dilución de los ríos a lo largo de los cauces, lo cual supone una condición de riesgo para las actividades humanas, entre las que destacan la agricultura (FAO, 2021). A pesar de ello, el agua contaminada de los ríos y canales (y no podría ser de otra forma porque no hay más opción) es utilizada para la recreación y para las diferentes labores agrícolas (FAO, 2020).

Si bien, el uso de aguas residuales empleada en el riego de suelos agrícolas es ancestral, el problema actual radica en la mega diversificación de elementos involucrados en la producción de mercancías presentes en los desechos líquidos y que eventualmente serán vertidos a los ríos sin tratamiento adecuado.

En 1868, inicia la práctica de regar cultivos agrícolas con aguas residuales en París, como medida cautelar para atenuar la contaminación cuesta abajo del río Sena. En 1872, se regaban cerca de 900 hectáreas de tierras de cultivo en áreas periféricas de la capital francesa, pero para 1904, se alcanzaron 5 300 hectáreas de tierras.

En 1875 en gran Bretaña, ya se regaban 55 lugares con aguas contaminadas urbanas incluyendo Edimburgo; desde 1886 los residuos líquidos urbanos de la ciudad de México ya eran desalojadas y utilizadas en el valle del río Tula; en 1892 en Melbourne, Australia, se creó la primera área agrícola para recibir efluentes.

En 1904, en Estados Unidos ya eran 40 sitios que utilizaban residuos líquidos urbanos para riego de suelos agrícolas; en 1908 en Chile, se descargan las aguas negras provenientes del sistema de alcantarillado de Santiago y que desfogon hacia el Zanjón de la aguada, el río Mapocho y el Maipo, lugares donde se vuelve práctica para uso en la agricultura; en 1910 en Alemania, se regaban 17 200 hectáreas con aguas residuales provenientes de Berlín.

Curiosamente en Delhi, India, gracias a ingenieros británicos se pone en marcha el riego agrícola con aguas sin tratamiento de la ciudad; los mismos ingenieros también indujeron dicho paradigma en Asia; en el Cairo, Egipto, la costumbre de regar con efluentes urbanos se da en 1915 (Peña, 2011, pp. 207-208).

Indudablemente, con la cristalización de las ciudades en el siglo XIX y XX, estas se han vuelto una abastecedora constante de aguas residuales, lo cual desde una perspectiva de economía circular pueden considerarse como una

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Revista Perspectivas Rurales by Universidad Nacional is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Creado a partir de la obra en <http://revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales>.

fuerza importante para disminuir la presión hídrica del agua dulce superficial y subterránea que permita continuar con el ritmo de vida contemporáneo (FAO, 2020).

La calidad del agua es una característica fundamental para el desarrollo de la agricultura mundial y la autosuficiencia alimentaria, aunque por el ritmo y la escala de producción no importe reducirla (FAO, 2021); para saciar la sed del sistema de producción se necesitan entre 1000 a 3000 m³ de agua por tonelada de cereal cosechado, es decir, se requieren de 1 a 3 millones de litros para obtener 1 kg de arroz (FAO, 2002, p. 2).

Al mismo tiempo, por cada 1000 kg de papel o rayón, la pulpa utiliza de 227 100 a 719 150 litros de agua; el blanqueo de cada tonelada de algodón requiere de 181 680 a 272 520 litros de agua; el empacado de ejotes y duraznos para su venta en mercados distantes puede consumir hasta 64 345 y 18 168 litros, respectivamente (Shiva, 2003). Incluso, se calcula que para producir 250 ml de cerveza y un par de zapatos de piel bovina se necesitan 75 y 8000 litros de agua, respectivamente (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2016, p. 12).

En la actualidad, la agricultura demanda una cantidad superior de agua en la producción de mercancías y una suma proporcional de efluentes desechados comparada con otras temporalidades, principalmente por el desarrollo de medios técnicos que aceleran los procesos tradicionales y su venta en mercados distantes.

Los tiempos y la escala de productividad es lo que no garantiza la calidad de los productos agrícolas, ya que son susceptibles de ser regados por los efluentes residuales sin tratamiento: irrigar con aguas residuales los terrenos y los productos agrícolas de consumo humano no es el problema, el asunto radica en su canalización, su tratamiento y su disposición final, es decir, en el *paradigma arquitectónico y urbanismo del diseño de la infraestructura de drenaje y alcantarillado*.

En este sentido, el binomio de las aguas residuales y la agricultura es de vital importancia para la humanidad, pues se estima que más de 30 millones de hectáreas en el nivel mundial utiliza residuos líquidos urbanos no tratadas; es decir, el 10 % de la agricultura de regadío mundial.

Por consecuencia, existe una amenaza latente de salud, principalmente en los consumidores de alimentos y en los trabajadores agrícolas por su contacto directo; por otro lado, los sedimentos orgánicos e inorgánicos

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



suspendidos en el agua residual pueden causar problemas en los sistemas de riego y, además, tienden a reducir aún más la tasa de infiltración en los suelos.

Por último, la utilización de agua no tratada también puede afectar el rendimiento de la producción agrícola dependiendo de su composición; por ejemplo, la concentración de sales puede generar un problema de salinidad en los suelos que afecten los niveles tolerantes de las plantas (FAO, 2020).

De esta manera, se cuenta con el desafío de lograr que el agua dulce disponible cubra todas las necesidades de la población sin afectar otras actividades centrales como la producción de alimentos (FAO, 2002). En la actualidad, la agricultura tan solo utiliza 11 % de la superficie terrestre para la producción de cultivos y en la escala mundial representa el 72 % de la extracción de aguas superficiales y subterráneas; en términos cuantitativos pareciera que el sistema económico cubre con creces los recursos naturales suficientes para asegurar la obtención de alimentos (FAO, 2021, p. 23).

Sin embargo, la tendencia actual de la autosuficiencia alimentaria está basada en la importación, pues para algunos países es más rentable encargarse de la infraestructura industrial e importar los productos, que producir alimentos en su territorio (FAO, 2002). Particularmente, se estima que 10 empresas agroalimentarias controlan el 65 % de los suelos agrícolas mediante granjas de más de 50 hectáreas que distribuyen el 45 % de los productos a los supermercados mundiales (World Wildlife Fund [WWF], 2016, p. 102).

Todo indica que la seguridad alimentaria está en manos del capital; se calcula que para 2050, se requerirá un incremento de la producción de alimentos en el nivel mundial del 50 % y hasta 112 % en países en desarrollo económico, principalmente en las regiones de Asia Meridional y África subsahariana, para satisfacer las necesidades calóricas adecuadas (FAO, 2021, p. 34). Incluso, a pesar de que se duplique la producción agrícola para 2050, una de cada veinte personas correrá el riesgo de padecer subnutrición, asentándose la mayoría en el hemisferio sur (FAO, 2011, p. 4).

La desatención a la agricultura no solo pone en riesgo al sector urbano, sino a cientos de millones de familias rurales que se encuentran en situación de hambre y pobreza. No obstante, la racionalidad político-económica actual, no da cuenta que lo anterior, paradójicamente obstaculiza el desarrollo agrícola y consecuentemente, el crecimiento económico, por lo que es necesario promover medidas de protección social, particularmente

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



en sectores productivos de poblaciones campesinas e incluso analizar que el agua utilizada no responde a la calidad necesaria (FAO, 2015, p. 3).

Derivado de una constante degradación de los recursos naturales (agua y tierra), el hambre extrema y la desnutrición son los efectos inmediatos que obstaculizan el desarrollo de las ciudades, pero sobre todo el derecho a la salud, a la vida, o incluso aquel retumbante “derecho a la ciudad”, aunque este último, por ahora, ofrezca paradójicamente desigualdad, morbilidad y muerte.

Como consecuencia de la degradación ambiental, sequía y pérdida de la biodiversidad, en 2014 se registraron 795 millones de personas en condición de desnutrición crónica, es decir, una de cada nueve en el mundo con ese estatus (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2019). Además, se calcula que dos tercios de la población del continente asiático padecen hambre, cifra equivalente al 67 % (PNUD, 2019).

El progreso económico asociado a la distribución de sus alimentos resulta diferenciado respecto al papel y jerarquía que representa cada país en la dinámica mundial; por un lado, el hemisferio sur geopolítico hace las veces de proveedor de mano de obra y recursos, y por el otro, el sistema presiona al sector rural forzando su desplazamiento hacia las zonas urbanas, prometiendo mejorar las condiciones de vida con la esperanza del connotado derecho a la ciudad.

Marx lo llama *grieta ecológica* o *desestructuración metabólica* (Bellamy, 2000, p. 239); a pesar de ello, se calcula que 75 % de las personas en situación de pobreza e inseguridad alimentaria del mundo vive en zonas campesinas y depende principalmente de la agricultura para su subsistencia (FAO, 2016, p. 8).

Por tanto, el objetivo es analizar la incidencia de la lógica de contaminación con aguas residuales sin tratamiento en la subcuenca del río Apatlaco, Morelos, México con el riesgo de la seguridad alimentaria por efecto del riego de sus áreas agrícolas.

METODOLOGÍA

Descripción del área de estudio

La subcuenca del río Apatlaco se ubica en la parte noroeste del estado de Morelos localizada entre las coordenadas geográficas 19° 13' 24" y 18° 36' 00" latitud norte, y 99° 09' 55" y 99° 21' 11" longitud oeste, ver figura 3. Esta

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Revista Perspectivas Rurales by Universidad Nacional is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.
Creado a partir de la obra en <http://revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales>.

11 municipios de Morelos: Huitzilac, Emiliano Zapata, Cuernavaca, Jiutepec, Temixco, Jojutla, Puente de Ixtla, Xochitepec, Tlaltizapán, Tlaquiltenango y Zacatepec, según la división política municipal de Morelos (Zavala, 2021).

Esta escorrentía es importante para el estado y para los municipios que juntos aglomeran a casi el 80 % de la población total de Morelos, es una réplica de lo que sucede cuando se persigue el *paradigma*, pues mientras se aprovechan los recursos como el agua, se devuelven contaminados y sin tratamiento.

La subcuenca del Apatlaco es considerada una de las más contaminadas en el nivel nacional por efecto de las descargas de aguas residuales generadas por las actividades públicas, privadas y de recreación, las cuales se vierten sin tratamiento a los cauces, a pesar de que cada municipio tenga organismos propios de gestión y distribución del agua, o bien, plantas de tratamiento.

De hecho, por orden de la juez federal Griselda Sáenz Orta del cuarto distrito, los 10 municipios de Morelos que integran la subcuenca de río Apatlaco están obligados a la aplicación de medidas cautelares dentro de la acción colectiva 17/2026 promovida por “Habitantes de Morelos”, la cual exige detectar y frenar todo tipo de descargas irregulares sin tratamiento hacia los cuerpos de agua superficial.

Si bien, es un hecho que la subcuenca del río Apatlaco hace las veces de una *resbaladilla de coliformes fecales* (ya que se encarga de distribuir los efluentes sin tratamiento hacia el sur-oeste de la entidad), los efectos en el desequilibrio del ecosistema por regar las tierras de cultivo con aguas no tratadas y su respectivo riesgo en la salud humana resultan inciertos.

Estrategia metodológica

La estrategia metodológica incluye analizar las condiciones de contaminación por aguas residuales con base en una unidad territorial (Cuernavaca); en este sitio se llevó a cabo la identificación de las descargas generadas y registradas por el Sistema de Agua potable y Alcantarillado de Cuernavaca (SAPAC) con una validación en campo, seleccionadas con una muestra estadística representativa según los usos del suelo que vierten el efluente contaminante a la sección de la subcuenca.

El cálculo del caudal de los puntos seleccionados se realizó por medio del método volumétrico en el sitio; además de la elaboración de un Sistema de Información Geográfica (SIG), para identificar los volúmenes de cada muestra y la contribución a la contaminación urbana por uso de suelo.

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Revista Perspectivas Rurales by Universidad Nacional is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Creado a partir de la obra en <http://revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales>.

Con base en lo anterior Cuernavaca hace las veces de una unidad territorial (ya que centra poco más del 20 % de la población estatal), se calculó el efluente residual generado por los 11 municipios que componen la subcuenca del río Apatlaco considerando el gasto promedio de cada habitante de la muestra y de los otros municipios, el porcentaje respecto a la población total estatal y el que se encuentra dentro de la subcuenca.

Por último, se identifica el área agrícola y las líneas de corriente de agua superficial de la subcuenca del río Apatlaco para determinar la susceptibilidad del uso de agua contaminada en la producción de alimentos, mediante el SIG, con la herramienta de ArcGis 10.4.1 con datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Se identifica el área urbana y rural, y asimismo, se analiza la siembra, la producción agrícola y el consumo per cápita de hortalizas en los 11 municipios que integran la subcuenca del Apatlaco, para identificar el riesgo para la salud humana asociado con agentes patógenos presentes en aguas residuales no tratadas y utilizadas en la agricultura, todo este análisis se hace con la base teórica de [González y Chiroles \(2011\)](#).

Descripción de la muestra

En la actualidad, la dependencia de recursos naturales de la sociedad moderna ocasiona que parte del agua destinada originalmente para uso agrícola se canalice hacia la demanda urbana, industrial y turística ([Batllori, 2001, pp. 47-60](#)). En este sentido, las estructuras de la ciudad presionan la disponibilidad del recurso vital, ya que se vuelven más demandantes y contaminantes, particularmente por la generación de efluentes residuales vaciados hacia ríos, lagos y el mar.

Tal es el caso del municipio de Cuernavaca, que no solo concentra poco más del 20 % de la población de Morelos, sino que, al incrementar la demanda de agua potable para satisfacer las necesidades por actividad social o económica, también aumenta su respectiva contaminación casi proporcional al consumo ([INEGI, 2020](#)).

De hecho, barrancas y ríos de la *eterna primavera* se han convertido en vectores y fuentes naturales de almacenamiento de efluentes residuales respetando cabalmente aquel *paradigma*, que al no recibir tratamiento se vuelven un problema que impacta la calidad de vida de las personas que tienen que aprovechar el recurso en la cantidad y calidad que se les disponga.

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Algunos afirman que los ríos de las barrancas tenían la capacidad de recuperarse y degradar paulatinamente los desperdicios contaminados cuando la población era menor, pero ahora estos causes no tienen la oportunidad de revertir el daño y se convierten en *cloacas* para la ciudad (Batllori, 2001).

Mediante un análisis de gabinete en el municipio muestra, se localizaron los puntos de descarga de aguas residuales que se vierten a las barrancas; en el catastro de la red de alcantarillado (el cual da cuenta del *paradigma arquitectónico y urbanístico del diseño de la infraestructura de drenaje y alcantarillado*) se identificaron los límites de la red registradas por el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Cuernavaca (SAPAC), incorporando un estudio de pendientes, georreferenciación y distribución por uso de suelo.

Como resultado de este proceso, se identificaron 311 puntos de la red de alcantarillado municipal que descargan su contenido hacia la barranca más cercana, que no se ven interrumpidas con plantas de tratamiento, y por tanto perturban el ecosistema natural y social, ver figura 2.

Para estimar el caudal generado por la ciudad en cada punto de descarga, se utiliza la notación de muestra estadística representativa, a saber:

$$n = \frac{S^2}{\frac{\epsilon^2}{Z^2} + \frac{S^2}{N}}$$

Donde, N es el tamaño de la población; n es el tamaño necesario; Z es el nivel de confianza; E es el error y S es la desviación estándar. Cabe destacar que este procedimiento matemático tiene un factor de confianza de 1.96, el cual es utilizado para estudios sociales principalmente; al mismo tiempo el nivel de error es de 0.10, según los usos del suelo que vierten el efluente contaminante a las barrancas (Cantoni, 2009).

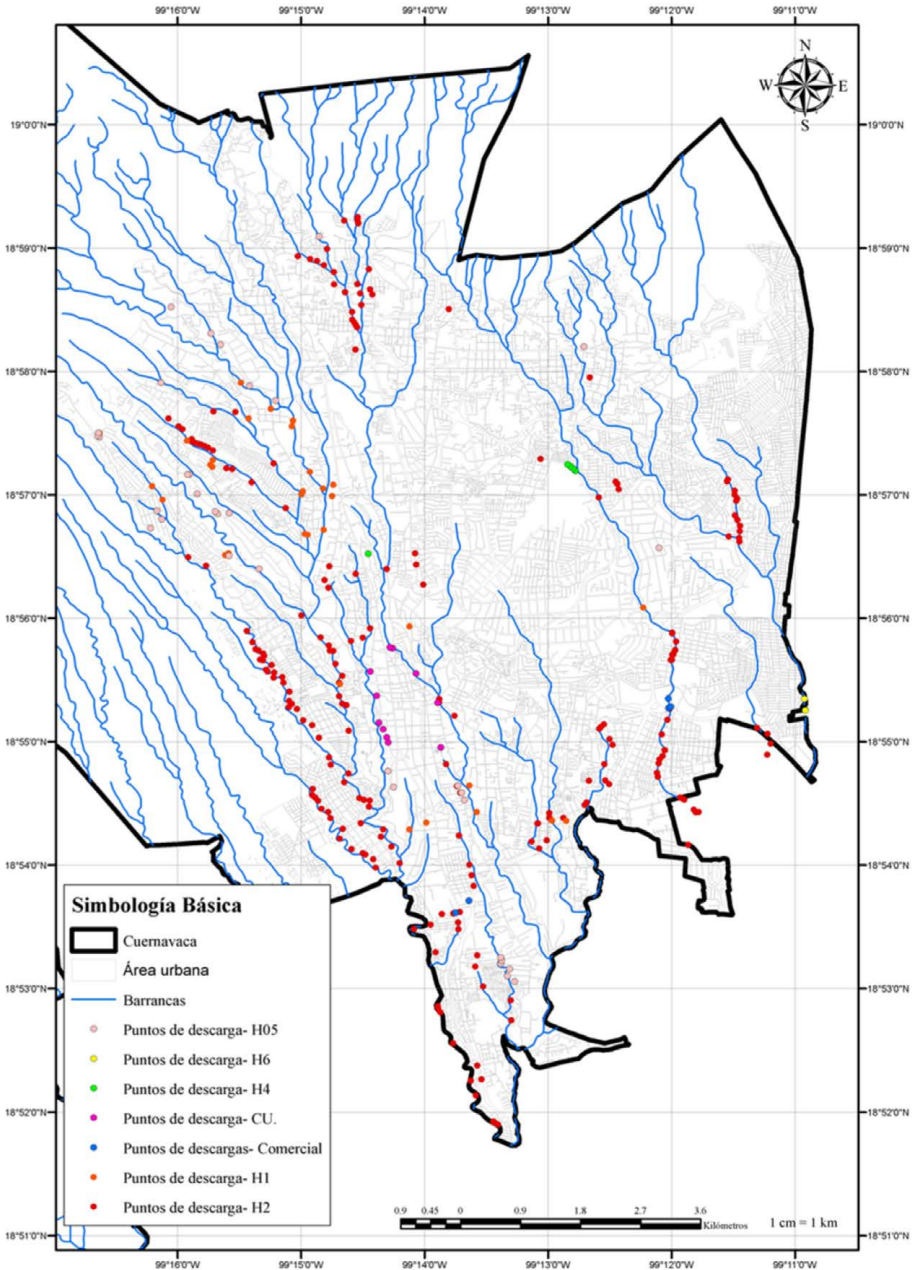
La fórmula matemática de la muestra estadística representativa se estimó en 74 puntos de descarga, distribuidos con base en el porcentaje según los 7 usos de suelo identificados en el Programa de desarrollo urbano: Centro Urbano (CU), Comercial, H05, H1, H2, H4 y H6 (Gobierno Municipal de Cuernavaca, 2016-2018); la distribución territorial es útil para observar el comportamiento de la variable contaminación y condición socioeconómica diferenciada del territorio en términos de densidad poblacional, ver figura 3.

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Figura 2. Cuernavaca, 2018. Puntos de descarga de agua residual por uso de suelo



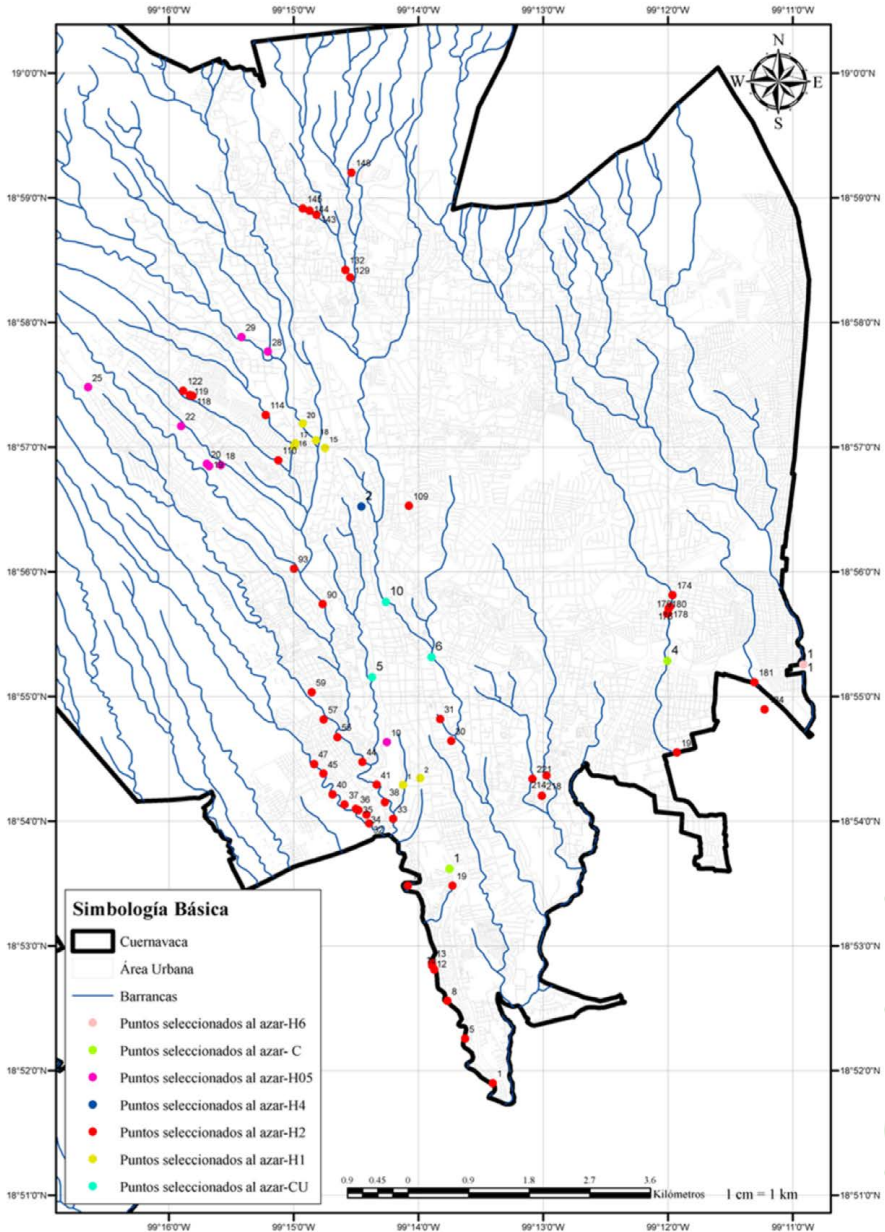
Nota: elaboración propia basado en (Montes y Monroy, 2020).

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Figura 3. Cuernavaca, 2018. Puntos seleccionados al azar y estimación del volumen generado



Nota: elaboración propia basado en (Montes y Monroy, 2020).

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Al mismo tiempo, utilizando una tómbola se eligieron aleatoriamente los puntos que deberían ser visitados *in situ* para el cálculo de caudal de acuerdo con la distribución porcentual de la muestra. Para llevar a cabo el muestreo, fueron necesarias medidas de protección ajustadas al subdesarrollo para aminorar el contacto con las aguas residuales y evitar potenciales infecciones; se llevó un equipo de cubre bocas, guantes largos de látex, gel antibacterial, botas a la rodilla y un líquido esterilizador.

También, se implementaron mínimas medidas de identificación, es decir, gafetes con logos correspondientes y nombres de cada uno de los integrantes del equipo, así como chalecos de trabajo, este último permitió la identificación a distancia e incluso disminuyendo la desconfianza entre los pobladores de los asentamientos irregulares.

El cálculo *in situ* de los efluentes recolectados se hizo a través del método volumétrico, es decir, hacer la relación entre volumen y tiempo (l/s), mediante un recipiente de plástico graduado de 20 litros adherido a una extensión de madera de 1.5 metros y un cronometro.

El cálculo individual se hizo en dos partes del día (mañana y tarde) y tres veces por cada uno hasta obtener un promedio. El muestreo por cada uno de los puntos seleccionados al azar bajo estos parámetros se realizó durante un mes y medio, abarcó enero y parte de febrero del 2018. Este periodo fue elegido tratando de evadir la temporada de lluvias, debido a que la infraestructura de la red de drenaje también se conecta al sistema pluvial y eso sesgaría el resultado muestral del caudal generado.

RESULTADOS

Los 74 puntos de la muestra representativa acumulan 118.34 l/s distribuidos en 7 usos de suelo principalmente, pero que en realidad corresponden a una cuarta parte del total de los puntos registrados. No obstante, el método estadístico permite calcular el valor aproximado de un grupo más grande mediante una porción menor de todo el universo, con la mayor precisión posible. Es decir, el resultado sería de 490.52 l/s generados en los 311 puntos de descarga que se distribuyen por todo el municipio.

Los usos de suelo que aportan mayor volumen de agua residual a las barrancas son el H2 (habitacional, 101 a 200 hab. / ha) con 84.64 l/s. El segundo en aportación es el CU (Centro Urbano) con 11.69 l/s, asimismo

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Revista Perspectivas Rurales by Universidad Nacional is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.
 Creado a partir de la obra en <http://revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales>.

el uso H1 (51 a 100 hab/ha) aporta 8.134 l/s y el H6 (417 a 600 hab/ha) con 6.88 l/s.

Además, los usos de suelo que menor volumen generan son C (comercial), H05 (0 a 50 hab/ha) y H4 (201 a 416 hab/ha) con 3.11, 2.426 y 1.458 l/s, respectivamente. Con base en este análisis, tomando en cuenta 24 horas del día y considerando un caudal constante, el 64 % de las viviendas que vierte hacia la red pública generan un total de 15 469 038.72 millones de m³ de aguas residuales anuales, cifra equivalente al 70 % de la cantidad de agua extraída-utilizada, es decir, 7 de cada 10 litros van a parar hacia las barrancas.

Ahora bien, Cuernavaca en su totalidad vista como unidad territorial genera poco más de 25 millones de metros cúbicos al año, produciendo un *desecho* per cápita de 66.18 m³/anuales, cifra equivalente a llenar una cisterna de 4 m por lado por persona al año. Con base en lo anterior, puede apreciarse que hay una generación de residuos líquidos proporcional a la población total por municipio.

Debido a que las condiciones de contaminación son relativamente homogéneas en los territorios vecinos, basado en el comportamiento de la unidad territorial analizada y del funcionamiento del *paradigma arquitectónico y urbanístico del diseño de la infraestructura de drenaje y alcantarillado*, se calcula que la subcuenca del Apatlaco recibe poco más de 75 millones de metros cúbicos anuales, lo cual puede observarse distribuido por municipios que integran la subcuenca, ver tabla 1.

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Revista Perspectivas Rurales by Universidad Nacional is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.
Creado a partir de la obra en <http://revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales>.

Tabla 1. Generación de efluentes residuales anuales con base en una unidad territorial

	Municipio	Población Municipal	Población Estatal	% respecto a la Población Estatal	Aguas Residuales per cápita (m3)	Aguas Residuales Anuales (m3)
1	Huitzilac	24,515		1.24		1,622,642.95
2	Cuernavaca	378,476		19.20		25,051,250.74
3	Temixco	122,263		6.20		8,092,563.52
4	Jiutepec	215,357		10.92		14,254,436.76
5	Emiliano Zapata	107,053		5.43		7,085,816.66
6	Tlaltizapán	52,399	1,971,520	2.66	66.1898	3,468,279.33
7	Zacatepec	36,094		1.83		2,389,054.64
8	Jojutla	57,682		2.93		3,817,960.04
9	Tlaquiltenango	33,789		1.71		2,236,487.15
10	Puente de Ixtla	40,018		2.03		2,648,783.42
11	Xochitepec	73,539		3.73		4,867,531.70
	total vertido en la subcuenca					75,534,806.91

Nota: calculo propio con base en (Montes y Monroy, 2020; INEGI, 2020a).

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



La escala de generación de aguas residuales es importante, con tal cantidad sería posible llenar hasta 213.71 veces el estadio Azteca. No obstante, al considerar la población total de los 11 municipios que tienen una incidencia directa con la subcuenca del río Apatlaco, o bien, contabilizando a los habitantes de las manzanas urbanas que se encuentran dentro de la subcuenca para estimar su generación de efluentes, se calculan poco más de 53 millones de metros cúbicos vertidos directamente en el Apatlaco; esta cifra solo bastaría para llenar el estadio Azteca casi 150.58 veces.

A pesar de tener una menor proporción respecto a la estimación anterior, la cifra es suficiente para cuestionarse del riesgo de la irrigación de la seguridad alimentaria asociado a la calidad del agua superficial y del porque la subcuenca del Apatlaco es una de las más contaminadas del país, ver tabla 2.

Tabla 2. Generación de efluentes residuales anuales delimitando la población de la subcuenca del río Apatlaco

Municipio	Población de la Subcuenca	Población Municipal	Aguas Residuales per cápita (m3)	Aguas Residuales Anuales (m3)
1 Huitzilac	12,870	24,515		851,862.73
2 Cuernavaca	351,896	378,476		23,291,925.86
3 Temixco	104,461	122,263		6,914,252.70
4 Jiutepec	105,780	215,357		7,001,557.04
5 Emiliano Zapata	95,882	107,053		6,346,410.40
6 Tlaltizapán	17,030	52,399	66.1898	1,127,212.29
7 Zacatepec	31,526	36,094		2,086,699.63
8 Jojutla	10,233	57,682		677,320.22
9 Tlaquiltenango	1,352	33,789		89,488.61
10 Puente de Ixtla	15,627	40,018		1,034,348.00
11 Xochitepec	57,440	73,539		3,801,942.11
total vertido en la subcuenca				53,223,019.61

Nota: calculo propio con base en (Montes y Monroy, 2020; INEGI, 2020a).

Parece un hecho que la subcuenca del río Apatlaco hace las veces de una *resbaladilla* de coliformes fecales, ya que se encarga de distribuir los efluentes sin tratamiento hacia el sur de la entidad, generando desequilibrios en el ecosistema y un riesgo en la salud humana vinculada a la sumatoria de contaminación de los cuerpos superficiales.

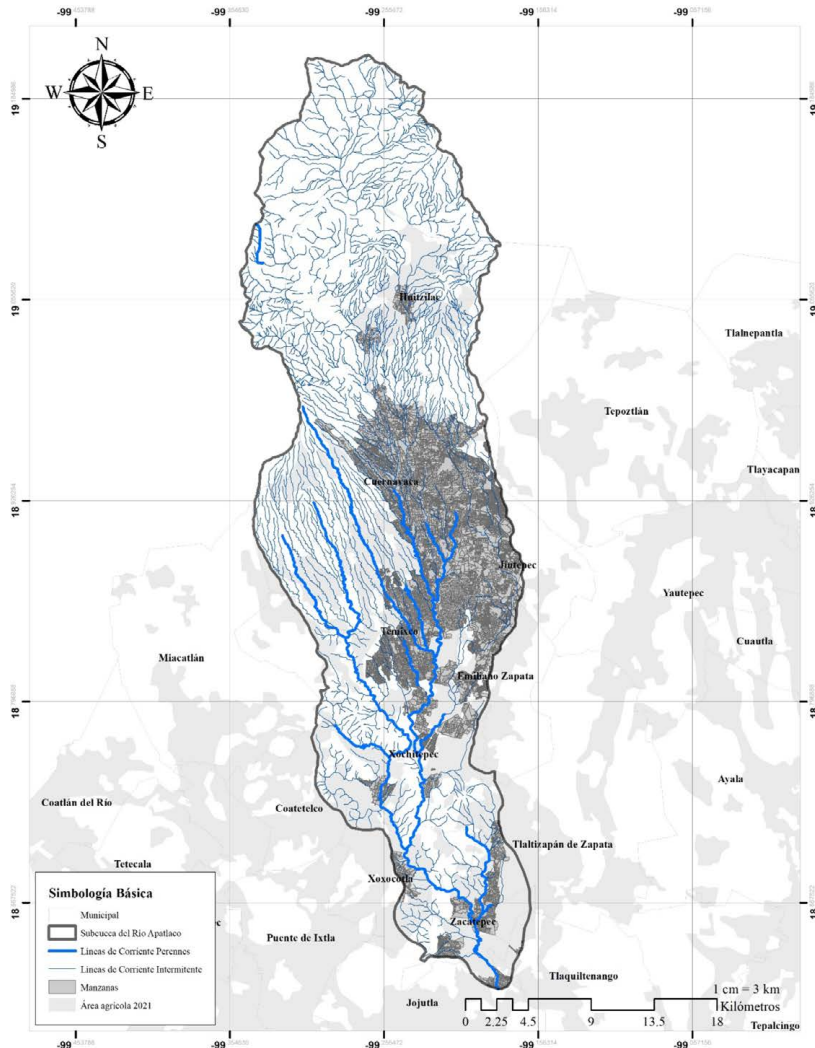
Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Podría incluso afirmarse que la subcuenca hace las veces de una *infraestructura natural de drenaje y alcantarillado*, porque cuenta con 1 082 km de canales naturales o líneas de corrientes superficiales, entre perenes e intermitentes, importantes en el abastecimiento y aprovechamiento del agua en la agricultura de los municipios del sur-oeste, ver figura 4.

Figura 4. Red hidrográfica de la subcuenca del río Apatlaco y manzanas urbanas



Nota: elaboración propia basado en (INEGI, 2022; INEGI, 2021; INEGI, 2020; INEGI, 2010).

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Revista Perspectivas Rurales by Universidad Nacional is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Creado a partir de la obra en <http://revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales>.

La red hidrográfica de la subcuenca actúa como una *carretera federal* que permite transportar el afluente natural y efluentes residuales urbanos del noroeste del estado hacia el suroeste, permitiendo que *los de arriba defequen a los de abajo*; de hecho, es federal porque durante su recorrido no hay casetas de cobro al brincar de municipio en municipio, es decir, una socialización de los efectos.

En efecto, por las condiciones topográficas las aguas residuales que se generan en las áreas urbanas de los municipios del Norte son una fuente constante y susceptible de ser utilizadas en las actividades productivas, principalmente en las agrícolas de las localidades rurales en la zona sur de la entidad, ver figura 5 y 6.

El área agrícola dentro de la subcuenca es significativa porque equivale a 21 645. 29 ha según el SIG de las Áreas agrícolas 2021, o bien, 28 637.37 ha que registra el SIAP, 2020. Comparado con las 231 353.25 ha totales (sembradas y no sembradas) estatales, el primer dato representa el 10.68%, aunque comparado solo con las 132 173.56 ha de área agrícola sembrada representaría el 21. 69 % de las zonas productivas de Morelos; ahora bien, el 90 % de las áreas agrícolas de esta franja son de riego y solo el 10 % depende de las lluvias.

De hecho, solo 2 productos agrícolas (sorgo y maíz) producidos en estas áreas son de temporal y el resto (caña de azúcar, jitomate, cebolla, chile, pepino, arroz, tomate, y calabacita) de riego, sin incluir los de uso ornamental como la rosa, la noche buena y el pasto, ver figura 7.

Por consecuencia, los municipios dentro de la subcuenca tienen una participación importante en la producción agrícola, principalmente los del sur del estado de Morelos. Como se observa en la figura 8, Tlaquiltenango, Tlaltizapán, Puente de Ixtla y Jojutla tienen una superficie sembrada para el 2020 de más de 4 mil hectáreas; seguido de Huitzilac con un área de más de 2 mil hectáreas.

Por último, los municipios que cuentan con un aproximado de mil hectáreas o menos, son el de Jiutepec, Cuernavaca, Emiliano Zapata, Temixco y Zacatepec. Es importante señalar que los primeros 4 se encuentran dentro de la zona metropolitana de Cuernavaca y, por consiguiente, concentran la mayor proporción del área urbana del estado de Morelos.

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Revista Perspectivas Rurales by Universidad Nacional is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Creado a partir de la obra en <http://revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales>.

Figura 5. *Cultivo de arroz en las periferias de Temixco regadas con agua contaminada*



Nota: imagen propia.

Figura 6. *Cultivo de arroz dentro del área urbana de Temixco regado con agua contaminada*

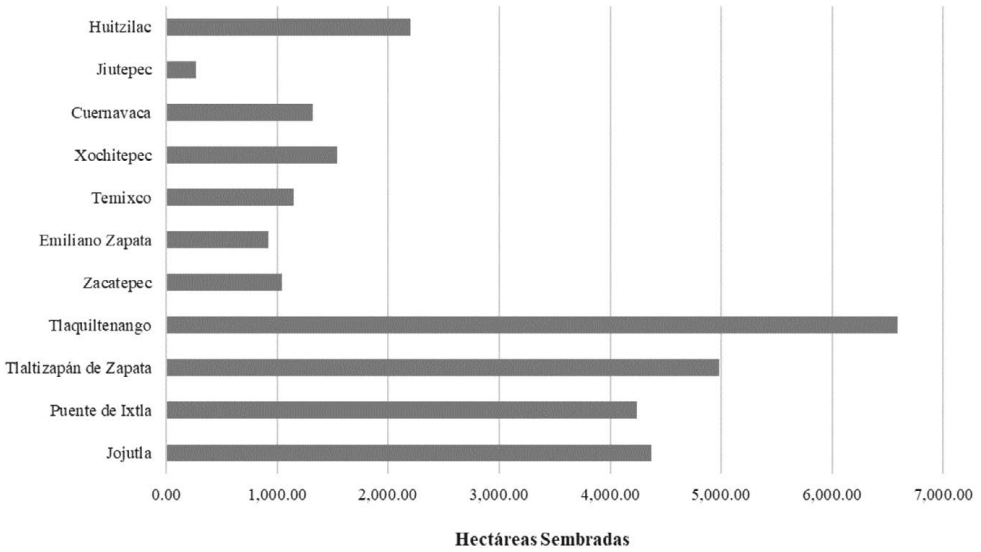


Nota: imagen propia.

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)
Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Figura 8. Hectáreas sembradas por municipio en la subcuenca del río Apatlaco



Nota: elaboración propia basado en (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2020).

La zona sur de la subcuenca del río Apatlaco concentra las mayores proporciones de área productiva cultivable asociada a la disponibilidad constante de agua superficial para el riego de cultivos que aseguren su producción; sin embargo, la disponibilidad no significa que sea completamente de calidad.

La subcuenca funge como una *resbaladilla* de aguas negras de las zonas urbanas que se encuentran en los municipios del norte, implicando que las aguas superficiales sean la fuente constante para el riego de los cultivos: a través de una infraestructura que comienza desviando el agua del río a un canal primario o apantle, y seguido por canales subsecuentes o secundarios de menor envergadura que a través de compuertas, irrigan el agua hacia los terrenos, ver figura 9.

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)
Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Figura 9. *Relación entre las áreas agrícolas y las aguas residuales en el municipio de Xochitepec*



Nota: imagen propia.

La utilización de aguas negras no tratadas para el riego de cultivos, particularmente en los productos agroalimentarios, se relaciona directamente con efectos en la salud humana susceptible a diferentes enfermedades; se reconoce que esta acción pone en riesgo la integridad física de los trabajadores y de las personas que consumen los alimentos cultivados cerca del suelo o con una abundante concentración de agua.

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)
Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Revista Perspectivas Rurales by Universidad Nacional is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.
Creado a partir de la obra en <http://revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales>.

Tal es el caso de tubérculos, hortalizas, e incluso los que se encuentran en la milpa, ya que tienen la capacidad de absorción de residuos contaminantes de los efluentes a un ritmo mayor comparado con otras especies agrícolas (Pérez, 2015). En este caso particular, los alimentos producidos en la subcuenca que tienen esas características son diversos, incluyendo: arroz, caña, frijol, calabacita, cebolla, papa, pepino, jitomate y tomate.

Como se observa en la figura 10, el municipio con mayor rendimiento es Xochitepec con una producción de 900.45 toneladas de arroz, 3 202.50 toneladas de jitomate, 26.61 toneladas de tomate, 389.20 toneladas de calabacita, 3 013.20 toneladas de cebolla y 2 149.95 toneladas de pepino, sumando un rendimiento total de 9 681.91 toneladas.

El municipio de Emiliano Zapata tiene una producción de 1 738.88 toneladas de arroz, 3 459.69 toneladas de jitomate, 116.65 toneladas de tomate, 366.66 toneladas de calabacita, 501.79 toneladas de cebolla, 24.58 toneladas de frijol y 2 208.41 toneladas de pepino, con un total de 8 416.66 toneladas en su rendimiento.

El municipio de Jojutla tiene una producción de 7 789.80 toneladas de jitomate, 236.90 toneladas de arroz y 211.23 toneladas de tomate acumulando en total 8 237.93 toneladas de productos agroalimentarios. Por otro lado, hay otros productos alimentarios como el maíz y la caña de azúcar que también son de suma importancia por su producción en Morelos.

En el primer caso, Tlaquiltenango fue el de mayor siembra de maíz, registrando 8 294.78 toneladas para el 2020. También se puede observar que el municipio de Tlaltizapán tuvo una producción de caña de azúcar de 312 900 toneladas para el 2020, por arriba de otros alimentos que son considerados *fundamentales* para conservar la seguridad alimentaria.

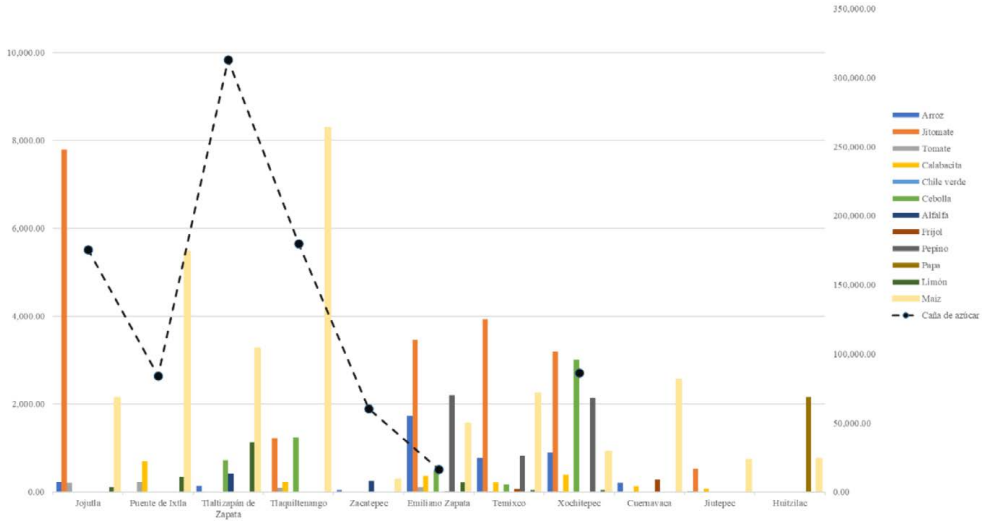
Entonces, a pesar que la caña de azúcar ha sido un producto agrícola importante para la economía del estado de Morelos, los alimentos vueltos mercancías en el Apatlaco se ven vulnerados por la escala y el ritmo de la economía global que responden al mercado y no a la alimentación local.

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Figura 10. Producción agrícola por tonelada de alimentos de los municipios de la subcuenca del río Apatlaco



Nota: elaboración propia basado en (SIAP, 2020).

La producción de alimento en la subcuenca del río Apatlaco podría otorgar bienestar a la población local; por ejemplo, la obtención de arroz en todos los municipios que la integran alcanzaría para alimentar a 402 889 personas durante un año; el jitomate a 1 503 409 morelenses; la calabacita tiene la suficiencia para satisfacer a 1 325 156 individuos locales; la cebolla cubriría las necesidades de 601 876 personas; y por último, la cantidad total de pepino sería suficiente para 1 995 173 personas, equivalente a todos los habitantes del estado de Morelos (SIAP, 2021). Sin embargo, son *alimentos mercancia* que satisfacen otros mercados.

Estos productos agroalimentarios fueron obtenidos en su mayoría por la agricultura de riego, debido a la cercanía y disponibilidad del agua superficial como ríos, que se bifurcan y son sostenidos por compuertas hasta convertirse en los indispensables canales de riego, ver figura 11.

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)
Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Revista Perspectivas Rurales by Universidad Nacional is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.
Creado a partir de la obra en <http://revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales>.

Figura 11. Riego de cultivo de caña en el municipio de Xochitepec



Nota: imagen propia.

No obstante, el paradigma de diseñar para no otorgar tratamiento al efluente líquido que se genera en las zonas urbanas, está provocando que la seguridad alimentaria de los municipios del sur y de los que integran la misma zona metropolitana, entren en un relativo *estado de emergencia* que pone en riesgo la salud de las personas que producen e ingieren alimentos que no responden a la calidad suficiente.

De hecho, múltiples investigaciones reconocen que la irrigación de áreas agrícolas con aguas residuales sin tratamiento y el consumo de sus alimentos influye en la generación de enfermedades, incluyendo la ascariasis (González y Chiroles, 2011), ver tabla 3.

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)
Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Tabla 3. Riesgos para la salud asociados con el uso de agua residual en la agricultura

Grupo expuesto	Infecciones por helmintos	Infecciones por bacterias y virus	Infecciones por protozoos
Consumidores	Significativo	Cólera, fiebre tifoidea, <i>shigellosis</i>	Evidencia en superficies vegetales pero sin evidencia directa en transmisión de enfermedad
Trabajadores agrícolas y familias	Significativo	Incremento de riesgo a enfermedades diarreicas. Riesgo mayor a infección por <i>salmonella</i> en niños expuestos a agua residual sin tratar	Riesgo significativo por <i>Giardia intestinalis</i> y <i>amebiasis</i> por contacto con agua residual

Nota: elaboración propia basada en (González y Chiroles, 2011).

REFLEXIONES FINALES

El análisis de las condiciones de contaminación en la subcuenca del río Apatlaco, México revela que las descargas de efluentes residuales vertidas directamente sin tratamiento hacia los cuerpos de agua superficial aumentan el deterioro socio-ambiental vinculado con el riego de áreas agrícolas con aguas negras de los 11 municipios involucrados.

El proceso de concebir la idea del diseño de la infraestructura arquitectónica y urbanística debe considerarse central y responsable en la dinámica de contaminación de la subcuenca del Apatlaco y del mundo subdesarrollado que replica los mismos patrones. Dicha contaminación no es estática sin embargo, es acumulable.

La metástasis de la idea se replica mil veces debido a los efectos del actuar del *mercado de ideas*; este comienza por la obligación de comprar un retrete, un lavabo, una regadera, un mingitorio, una lavadora, un lavadero, una coladera que deben ser conectados por una tubería retorcida (PVC para el caso mexicano) y dirigida hacia la fosa séptica, pozo de absorción, o bien, como el caso del Apatlaco, hacia un tubo más grande oculto en calles principales y secundarias movida por la gravedad y que vierte su contenido sin tratamiento hacia el afluente.

Esta lógica establecida con éxito en el mundo actual pero agudizado en el sur subdesarrollado, disminuye el porcentaje de otorgar tratamiento a los

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)
Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



efluentes domésticos urbanos, ya que tenemos una infraestructura homogénea poco pensada para un mundo subdesarrollado heterogéneo y desigual.

La metástasis de la idea abarca a los 11 municipios, todos localizados a lo largo de la subcuenca del río Apatlaco que absorbe sus desechos sin tratamiento desde los tubos de albañal o plástico que se asoman en las laderas; basta con echar ojo a la demanda de orden federal, la cual exige a los municipios que la integran principalmente, detectar los puntos de descarga que vierten aguas residuales urbanas, para posteriormente, darle solución al agudo problema de contaminación.

Resulta interesante que, desde la demanda en 2016, no se han tomado medidas y se continúa contaminando la subcuenca, y aún más, que con la escala de generación de aguas residuales de los 11 municipios sea posible llenar hasta 150 veces el estadio Azteca. Entonces, se puede afirmar incluso, que la metástasis de la idea ha convertido a la subcuenca en una *tubería natural* que colecta una exponencial cantidad de desechos líquidos, la que por siglos se ha encargado de surtir de agua de calidad a los cultivos agrícolas de riego.

El paradigma de diseñar para no otorgar tratamiento al efluente líquido que se genera en las zonas urbanas que integran la subcuenca, está provocando *expresiones urbanas inesperadas*, incluyendo que la seguridad alimentaria de los municipios cuenca abajo entren en un relativo estado de emergencia que pone en riesgo la salud de las personas.

La producción e ingesta de alimentos como el arroz, la caña de azúcar, el frijol, la calabacita, la cebolla, la papa, el pepino, el jitomate, el tomate, el maíz, la rosa y algunos frutales ponen en duda la calidad de vida de los involucrados por el hecho de ser regados con aguas negras sin tratamiento, aunque su producción sea suficiente para la demanda del consumo local, rural y comunitario.

Si bien la producción agrícola de los terrenos que tocan las aguas de la subcuenca sería suficiente para un desarrollo rural y comunitario de la población morelense (sin necesidad de importar alimento), si las investigaciones precedentes logran validar la calidad de los productos, dicho desarrollo sería contradictorio, al poner en riesgo la salud humana generada por la ingesta agrícola contaminada con agentes patógenos, bioacumulación de desechos tóxicos, o hasta por el desarrollo de actividades de recreación humana.

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Revista Perspectivas Rurales by Universidad Nacional is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Creado a partir de la obra en <http://revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales>.

REFERENCIAS

- Batllori, A. (2001). Los problemas ambientales del Estado de Morelos: la educación como parte de la solución. *Gaceta ecológica*,(61), 47-60.
- Bellamy, J. (2000). *La ecología de Marx. Materialismo y naturaleza: traducción de Carlos Martín y Carmen González*. Ediciones de Intervención Cultural el Viejo Topo.
- Cantoni N. (2009). “Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa”, *Revista Argentina de Humanidades y Ciencias Sociales*, 7 (2), 1-5, https://www.sai.com.ar/metodologia/rahycs/rahycs_v7_n2_06.htm
- Comisión Nacional del Agua. (2016). *Situación del subsector agua, drenaje y saneamiento*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/184667/DSAPAS_2016_web_Parte1.pdf
- Dorfman, M. (2004). *Swimming in sewage: The Growing Problem of Sewage Pollution and How the Bush Administration Is Putting Our Health and Environment at Risk*. Natural Resources Defense Council and Environmental Integrity Project. <https://search.issuelab.org/resource/swimming-in-sewage-the-growing-problem-of-sewage-pollution-and-how-the-bush-administration-is-putting-our-health-and-environment-at-risk.html>
- Food and Agricultural Organization. (2002). *Agua y cultivos. Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura*. <https://www.fao.org/3/Y3918S/y3918s.pdf>
- Food and Agricultural Organization. (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura: cómo gestionar los sistemas en peligro*. <https://www.fao.org/3/i1688s/i1688s.pdf>
- Food and Agricultural Organization. (2015). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. La protección social y la agricultura: romper el ciclo de la pobreza rural*. <https://www.fao.org/3/i4910s/i4910s.pdf>
- Food and Agricultural Organization. (2016). *Migración, agricultura y desarrollo rural: Abordar las causas subyacentes de la migración y aprovechar su potencial para el desarrollo*. <https://www.fao.org/3/i6064s/i6064s.pdf>
- Food and Agricultural Organization. (2020). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020. Superar los desafíos relacionados con el agua en la agricultura*. <https://doi.org/10.4060/cb1447es>
- Food and Agricultural Organization. (2021). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura - Sistemas al límite informe de síntesis 2021*. <https://doi.org/10.4060/cb7654es>
- Gobierno Municipal de Cuernavaca. (2016-2018). *Programa de desarrollo urbano de centro de población de Cuernavaca*. Carta Urbana de Cuernavaca. https://www.cuernavaca.gob.mx/?page_id=8601

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Revista Perspectivas Rurales by Universidad Nacional is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Creado a partir de la obra en <http://revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales>.

- González, M. y Chiroles, S. (2011). Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura. *Revista Cubana de Salud Pública*, 37 (1), 61-73. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21417788007>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). *Red hidrográfica. Escala 1:50 000. Edición 2.0. Subcuenca hidrográfica RH18Fd R. Apatlaco. Cuenca R. Grande de Amacuzac. R. H. Balsas*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/hidrogeolo/subcuencas_2.0/889463129837_s.zip
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). *Manchas urbanas y rurales, 2015, escala: 1:250000*. Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/dipol/mupal/mun22gw
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Descarga masiva: manzanas 2020*. Sistemas de consulta. https://www.inegi.org.mx/contenidos/masiva/indicadores/inv/17_Manzanas_INV2020_shp.zip
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020a). *Número de habitantes por municipio*. Información de México para niños. <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mor/poblacion/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). *Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250 000, Serie VII*. Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/usv/inegi/usv250s7gw
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). *División política municipal, 1:250000*. Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/dipol/mupal/mun22gw
- Montes G. M., Monroy-Ortiz R. (2020). Ravines of “Eternal Spring,” the Second Drainage System of Cuernavaca. In: Otazo-Sánchez E., Navarro-Frómata A., Singh V. (eds) *Water Availability and Management in México*. Water Science and Technology Library, vol 999. Springer, Cham.
- Peña, F. (2011). Problemas sociales en la utilización de aguas residuales urbanas en la agricultura. En Spring, O., U. (ed.), 2011. *Retos de la investigación del agua en México*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pérez, I. (2015). *Las “aguas negras” y sus beneficios*. Ambiente y Naturaleza. http://ciencia.unam.mx/leer/425/Las_%E2%80%9Caguas_negras%E2%80%9D_y_sus_beneficios
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). *Objetivo 2: poner fin al hambre*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Revista Perspectivas Rurales by Universidad Nacional is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.
Creado a partir de la obra en <http://revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales>.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2008). *La cuenca del río Apatlaco: recuperemos el patrimonio ambiental de los morelenses*. http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/cuenca_rio_apatlaco.pdf
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2020). *Estadística de producción agrícola*. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2021). *Panorama agroalimentario 2021*. https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2021/Panorama-Agroalimentario-2021
- Shiva, V. (2003). *Las guerras del agua. Privatización, contaminación y lucro*. Siglo XXI Editores, México.
- United Nations World Water Assessment Programme. (2015). *The United Nations World Water Development Report 2015. Water for a sustainable world: facts and figures*. Italy, UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002322/232273e.pdf>
- United Nations World Water Assessment Programme. (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource*. Paris, UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247153/PDF/247153eng.pdf.multi>
- World Wildlife Fund. (2016). *Informe Planeta Vivo 2016. Riesgo y resiliencia en el Antropoceno*. https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/informe_planeta_vivo_2016_2.pdf
- Zavala, L. (2021). Río Apatlaco. Breves apuntes sobre la gestión local del agua en la subcuenca. *Revista HYPATIA*. https://www.revistahypatia.org/rio-apatlaco.html?tmpl=component&componentStyle=blog_3&print=1

Riesgo de la seguridad alimentaria en la subcuenca del río Apatlaco (México)

Giovanni Marlon Montes Mata • Rafael Monroy Ortiz • Rodrigo Flores Reséndiz • Columba Monroy Ortiz



Revista Perspectivas Rurales by Universidad Nacional is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.
Creado a partir de la obra en <http://revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales>.