



Prevalencia de enfermedades asociadas al uso de agua contaminada en el Valle del Mezquital

Prevalence of diseases associated with the use of contaminated water in the Mezquital Valley

Hugo Nathanael Lara Figueroa^{a*}, Edith Miriam García Salazar^{b**}

RESUMEN

Objetivo: determinar la prevalencia de enfermedades gastrointestinales vinculadas al uso de aguas contaminadas en los hogares con carencia de acceso a agua potable y saneamiento en el Valle del Mezquital en Hidalgo, México.

Método: se utilizaron datos obtenidos de la *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de 2012*; se elaboró un modelo logístico binomial considerando variables sociodemográficas y otras relacionadas con las fuentes de abastecimiento de agua y saneamiento en los hogares.

Resultados: existen diferencias estadísticamente significativas en la probabilidad de presentar eventos de enfermedad en función al origen de la fuente del agua que llega a los hogares, la frecuencia de ésta, así como por la carencia de drenaje y de descarga directa en el sanitario.

Limitaciones: los resultados son representativos de la región, pero no de cada municipio que lo conforma.

Principales hallazgos: la falta de servicios básicos y de acceso a agua potable incrementa la probabilidad de eventos de enfermedad de tipo gastrointestinal en los hogares del Valle del Mezquital. Se recomienda implementar estrategias de política pública en términos de cobertura de servicios básicos, así como programas de tratamiento de agua que minimicen las afectaciones en la salud por el uso doméstico.

ABSTRACT

Purpose: To determine the prevalence of gastrointestinal diseases associated with the use of contaminated water in households lacking drinking water and sanitation in the Mezquital Valley in Hidalgo.

Methodology: Data from the 2012 National Health and Nutrition Survey was used. A binomial logistic model was developed which considered sociodemographic variables as well as others related to the sources of water supply and sanitation in households.

Results: There are statistically significant differences in the probability of becoming infected with a disease depending on the origin of the water source that reaches households, its frequency as well as lack of drainage and direct discharge in the toilet.

Limitations: The results are representative of the region but not of each municipality that integrate it.

Main findings: Lack of basic services and access to drinking water increase the probability of gastrointestinal events in households in the Mezquital Valley. The implementation of public policy strategies in terms of coverage of basic services is recommended as well as water treatment programs that minimize the effects on health due to domestic use.

*Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec,

**El Colegio del Estado de Hidalgo



Recibido: 13 de mayo de 2019;
aceptado: 18 de octubre de 2019.



Palabras clave:
agua potable, saneamiento, política pública, aguas residuales, salud.



Keywords:
Drinking water, sanitation, public policy, wastewater, health.



Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación. CC-BY-NC-ND



DOI: 10.22201/enesl.20078064e.2019.21.69636

© ENES Unidad León/UNAM

INTRODUCCIÓN

La región del Valle del Mezquital (VM) ubicada en el estado de Hidalgo se caracteriza por recibir, desde hace más de 100 años, aguas residuales provenientes de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) para fines de irrigación y, de manera indirecta, para uso doméstico —cuando se obtiene vía acarreo de pozos, ríos, lagos o arroyos contaminados—. 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.

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. De los primeros destacan: la escasez de aguas alternativas para el riego y el aumento de la demanda urbana de agua potable. De los segundos, la reducción de los costos al sustituir la compra de fertilizantes artificiales, lo que ha hecho posible la generación de altos rendimientos por unidad cultivada (Cifuentes *et al.*, 1994; Hernández, 2011; Hussain y Hanjra, 2004). 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 es una alternativa para aumentar la disponibilidad local de recursos hídricos y por su aporte de nutrientes-fertilizantes para las plantas; resalta también la importancia de tomar medidas para evitar riesgos en la salud humana y en los ecosistemas (FAO, 2017).

En el caso de la región del VM las aguas residuales que llegan son de origen industrial y doméstico; la evidencia empírica ha logrado identificar la presencia de metales pesados, aceites, coliformes fecales, detergentes, diversas sustancias químicas, así como protozoarios, bacterias, hongos y virus (Cisneros, Gonzales y Fuentes, 2001; Cifuentes, 1998; Siebe y Cifuentes, 1995). Si bien estos estudios muestran que el uso para fines de riego genera eventos de enfermedad de la piel, la información es escasa cuando lo que se pretende es determinar el grado de afectación que ésta tiene cuando se emplea en los hogares para fines distintos al riego (lavado de alimentos, aseo personal, descarga sanitaria).

En este sentido, del análisis sobre la carencia de servicios de agua potable y saneamiento aunado a la falta de tratamiento de aguas residuales que llegan al VM resulta

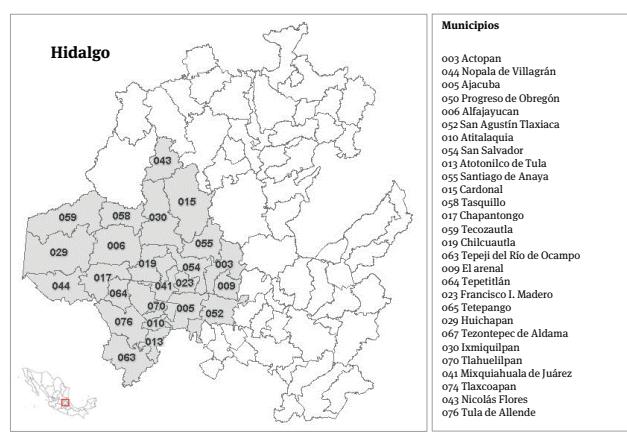
una investigación que cobra relevancia debido a que, en años recientes, se ha podido observar un incremento importante en el uso de éstas para fines agropecuarios que, ante la falta de tratamiento, una lenta cobertura de servicios básicos, así como un aumento en la contaminación de aguas superficiales de la región, ha provocado que muchos hogares recurran a su utilización para fines domésticos. Respecto a los riesgos existentes cuando se consume directa (beber) e indirectamente (aseo, lavado de alimentos), diversos estudios han documentado como ésta puede influir en la aparición de enfermedades infecciosas estomacales (parasitarias y gastrointestinales), problemas de la piel (ante la exposición directa) e incluso, cuando las aguas contienen metales pesados, cierto tipo de cánceres (Carrasco, 2013; Cifuentes, 1998; Cifuentes *et al.*, 1994; Cisneros *et al.*, 2001; Contreras *et al.*, 2017; Monteverde, Cipponeri y Angelaccio, 2010; Nuñez, 2015; Ramos, 2018; Siebe y Cifuentes, 1995). Para el caso del VM, los estudios más relevantes se remontan a los años noventa destacando el trabajo de Cifuentes *et al.* (1994) y más recientemente el trabajo de Contreras *et al.* (2017) donde se confirma la prevalencia de problemas de salud en la piel ante la exposición de las comunidades que utilizan este tipo de aguas.

A fin de determinar las implicaciones en la salud de los hogares del VM asociadas a la carencia de los servicios de agua potable, saneamiento y al empleo de aguas contaminadas para fines domésticos, el presente estudio se divide en cinco secciones. En la primera, se caracteriza de manera breve la región de VM; las principales características del sector de agua, su relación con el agua residual y las implicaciones de ésta en la salud; en la segunda, se estima un modelo logístico binomial donde se mide la probabilidad de presentar algún evento de enfermedad gastrointestinal derivada del uso de agua contaminada; en la tercera, se presenta el análisis de los resultados obtenidos; en la cuarta, se presenta un apartado de discusión y, en la última, las conclusiones del estudio.

REGIÓN DEL VALLE DEL MEZQUITAL EN HIDALGO

La región del VM es una zona conformada por 28 municipios que se encuentra ubicada en el estado de Hidalgo, México (figura 1). Cuenta con una superficie total de 642 653 hectáreas; su principal actividad es la agricultura y se caracteriza por ser una zona semiárida, con temperaturas muy calientes por el día, bajas por la noche y con escasa precipitación pluvial (García, 2019).

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



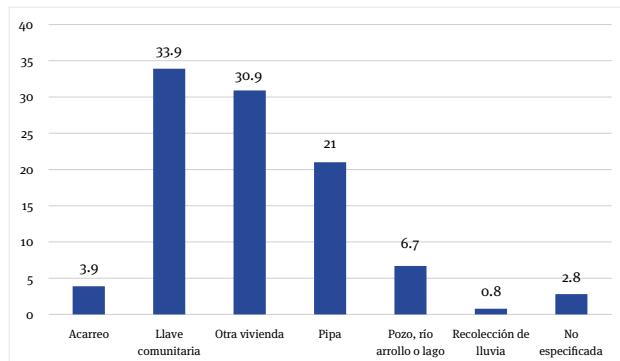
Fuente: elaboración propia con información de Inegi, 2016.

La región se abastece de agua principalmente de los cauces afluentes de ríos (Tula, San Juan, Alfajayucan, Arroyo Zarco, Rosas, Salado, Tecozautla, Tlautla y Actopan), así como de cuerpos de agua y presas (Endhó, Vicente Aguirre (Las Golondrinas), Javier Rojo Gómez (La Peña), Requena y Taximay) en las que se han encontrado cantidades importantes de metales pesados (plomo, mercurio, cianuro, nitratos, fosfatos, aceites y detergentes, entre otras sustancias químicas) y coliformes fecales tanto en las presas abastecedoras como en aguas subterráneas, lo anterior derivado, en parte, de la falta de tratamiento de aguas residuales que llegan de la ZMVM y que desembocan en éstas desde hace más de 100 años (Comisión Nacional del Agua [Conagua], 2015).

Acceso a servicios de agua potable y saneamiento, de seguridad social y niveles de pobreza

En términos del sector hídrico, el volumen de agua concedido para la región del VM corresponde a 1 992, 17 hectómetros cúbicos distribuidos principalmente para uso agrícola (92 % del total) y, en menor medida, para abastecimiento público, termoeléctricas e industria autoabastecida (3, 4 y 1 %, respectivamente) (Conagua, 2016). De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi, 2016), del total de la población del VM, 96.93 % de las viviendas cuentan con disponibilidad de agua entubada (57.1 % dentro de la vivienda y 42.9 % fuera, pero dentro el terreno), 3 % la obtienen por acarreo y 0.07 % no lo especifican. Al desagregar la información entre aquellos hogares que no cuentan con acceso dentro de la vivienda se observa que éstas se abastecen principalmente de llaves comunitarias o de otras viviendas (ver gráfica 1). Si bien podría hablarse de que, en términos porcentuales, gran parte de la región cuenta con una cobertura del servicio, resalta la existencia de municipios donde el abastecimiento es inferior a 80 % (Inegi, 2016). Si a ello aunamos que la Organización de las Naciones Unidas [ONU] (2017) ha advertido que "...esas cifras, por impresionantes que sean, no reflejan más que la existencia de algún tipo de cobertura infraestructural, no el alcance real del acceso al agua y el saneamiento en los hogares de las personas, que es considerablemente inferior" (p. 7), se podría concluir que la cobertura no necesariamente ha garantizado su disponibilidad.

Gráfica 1. Fuentes de abastecimiento de viviendas sin disponibilidad de agua entubada en el Valle del Mezquital (%)

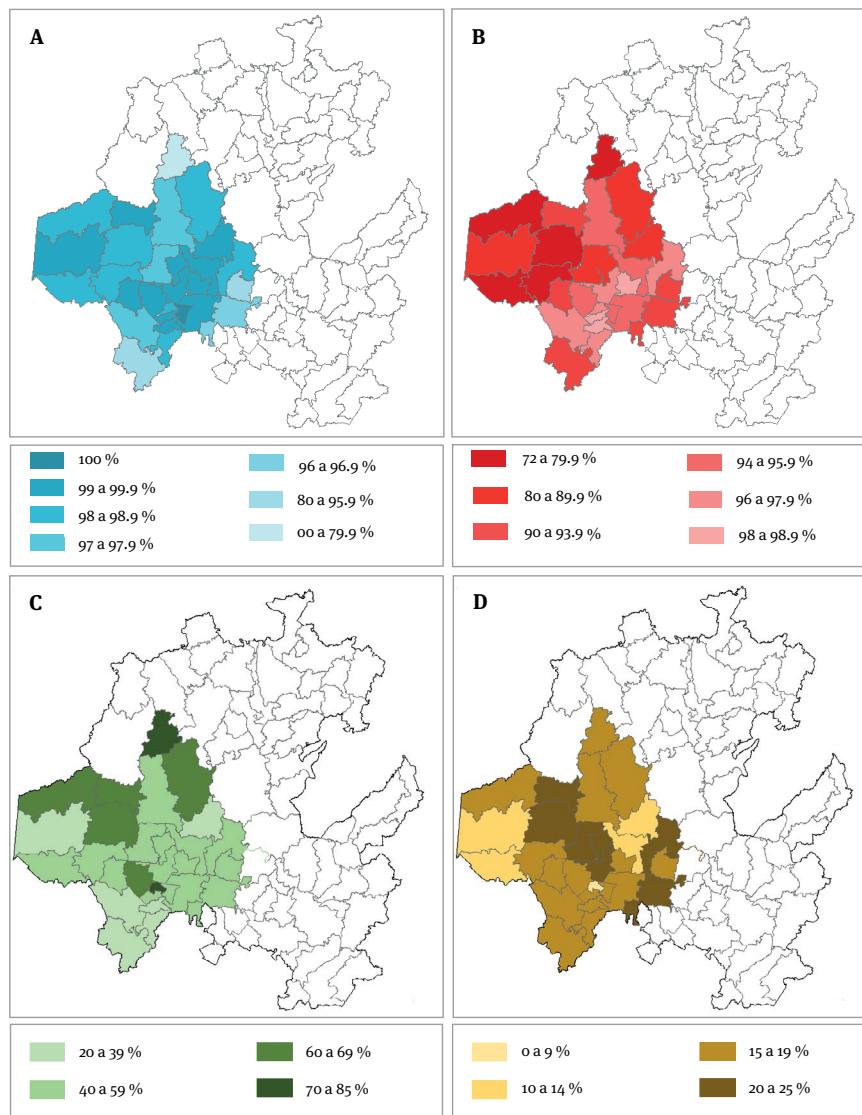


Fuente: elaboración propia con información del Inegi, 2016.

Cuando se analiza la información de la región en términos de disponibilidad de servicios básicos, tales como alcantarillado y saneamiento básico (figura 2), se encuentra que, si bien la zona cuenta con una cobertura que puede ser considerada alta (92.6 %), existen municipios que presentan menos de 80 % de suministro y disponibilidad en ambos rubros. Un elemento adicional y no menos importante tiene que ver con que 46.7 % de la población del VM se encuentra en pobreza (40.3 % está en pobreza moderada y 6.4 % en pobreza extrema), además

de que, 18 % de su población no cuenta con cobertura en servicios de salud,¹ razón por la cual, la presencia de algún evento de enfermedad derivado del consumo de aguas contaminadas podría profundizar su condición de pobreza al no contar con algún mecanismo de protección financiera para prevenir o atender problemas de salud sin tener que realizar gasto de bolsillo, endeudarse, o vender activos del hogar, por mencionar algunos.

Figura 2. Porcentaje de población en el Valle del Mezquital: a) con acceso al servicio de agua potable entubada; b) con acceso al servicio de alcantarillado y saneamiento básico; c) en Pobreza; y d) con carencia de servicios de salud



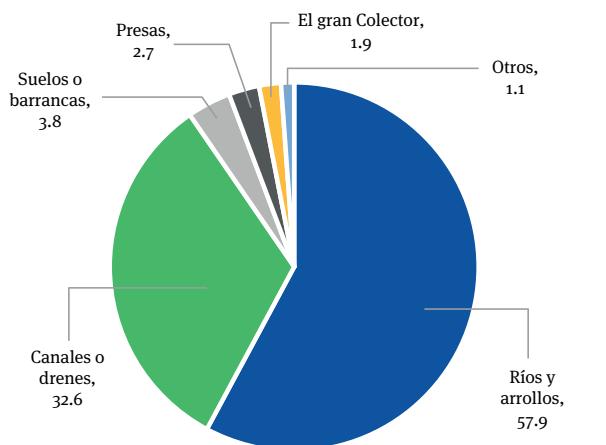
Fuente: elaboración propia con datos de Conagua (2018), Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [Coneval] (2015), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat] (2019) y Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica [SNIIG] (2019).

¹ De acuerdo con datos del Coneval (2015).

El agua residual en el Valle del Mezquital

El uso de agua residual para fines agropecuarios pone a México como el segundo país a nivel mundial en su uso, después de China (Jiménez y Chávez, 2004; Ontiveros, *et al.*, 2013), con una utilización a nivel nacional 4 731 km³ al año para fines de riego; de éstos, 9.2 % es tratada (lo que equivale a la irrigación de 70 mil hectáreas), mientras que el resto no pasa por ningún proceso de potabilización (4.33 km³, 387 mil hectáreas regadas) (FAO, 2016). De acuerdo con Lesser *et al.* (2011), del total de éstas, aproximadamente 22 % corresponden al VM. De manera general, los distritos de riego de Tula, Alfajayucan y Ajacuba, ubicados en la región, son los principales puntos de descarga y colecta de las aguas residuales provenientes de ZMVM. Además, en el estado se han identificado 440 puntos de agua residual: 49 % se encuentran localizados en el VM y desembocan principalmente en los ríos y arroyos (ver gráfica 2), todos éstos, considerados como las principales fuentes de abastecimiento de agua de la región.

Gráfica 2. Principales puntos de descarga de aguas residuales en el Valle del Mezquital



Fuente: elaboración propia con información de Inegi (2016).

Si bien la llegada de este tipo de agua provocó efectos positivos en los ingresos de los trabajadores del campo al reducir los costos de producción, principalmente de alfalfa y maíz, mediante la sustitución de la compra de fertilizantes artificiales y la generación de altos rendimientos por unidad cultivada (Cifuentes *et al.*, 1994;

Hernández, 2016; Hussain y Hanjra, 2004), también provocó efectos negativos al incrementar la contaminación de aguas superficiales y presas, llevando a que algunos hogares, al no contar con servicios de saneamiento y agua potable, se abastecieran de dichas fuentes con altas probabilidades de presentar eventos de enfermedad asociadas a su uso o consumo.²

En este sentido, el recurso del agua en el caso del VM se torna de gran interés por su relación estrecha con el uso de las aguas residuales, principalmente, para el desarrollo de la actividad agrícola y su impacto positivo en los ingresos del sector agrícola, pero también, en términos de pérdida de calidad en la salud ante la presencia de enfermedades e, incluso, la muerte. No obstante, parte de la población ha aceptado la merma en su salud con tal de mejorar sus condiciones de vida en términos de ingreso.

Consumo de agua contaminada y sus implicaciones en la salud. Evidencia empírica

El análisis y estudio sobre los efectos del consumo de agua contaminada en la salud ha sido abordado ampliamente en diversas investigaciones tanto en el ámbito nacional como internacional. De manera general, se pueden encontrar trabajos donde se documenta cómo la descarga de residuos domésticos e industriales puede afectar la calidad de las aguas superficiales (Gómez, 2018; Islas, 2011; Tarqui *et al.*, 2016); la llegada de aguas contaminadas a los hogares ante la falta de potabilización, así como la relación existente entre el uso de éstas con enfermedades cancerígenas y de la piel (Echeverry *et al.*, 2015; Núñez, 2015), gastrointestinales (Gómez, 2018; Guzmán, Nava y Díaz, 2015; Hernández *et al.*, 2011; Monteverde *et al.*, 2010; Ramos, 2018; Ríos, Agudelo y Gutiérrez, 2017; Rodríguez, C. García y J. García, 2016; Sánchez, Vargas y Méndez, 2000; Tarqui *et al.*, 2016) y con la mortalidad (Guzmán, *et al.*, 2015) en diversos países. Al respecto y

² Por ejemplo, en el municipio de Francisco I. Madero el canal principal la Tumba y el Alto Requena; en Tlahuelipan el canal principal la Tumba; en Atitalaquia la presa derivadora Tlalaco-Juando; en Tula de Allende la presa Requena; en Tepeji del Río de Ocampo el canal Caltengo y el río Tepeji; en Tepetitlán el canal Endhó; en Tecozautla el río San Juan; y, en Alfajayucan el río Alfajayucan y el canal del Centro. Cabe destacar que los habitantes de esta región tienen como fuentes de abastecimiento estos cuerpos de agua, por lo que su contaminación incide en su consumo y uso.

entre los principales resultados se puede destacar que la contaminación de aguas superficiales, en combinación con características socioeconómicas y demográficas (ingreso, sexo del jefe de familia, grado de vulnerabilidad de los hogares, problemas de acceso al agua potable, carencia de servicios básicos y cercanía con basureros) juegan un papel preponderante en la morbilidad de los hogares que la emplean.

Respecto a los estudios realizados en el VM, se ha identificado la presencia de sustancias y gérmenes nocivos en el agua como resultado de la descarga de aguas residuales de tipo doméstico e industrial proveniente de la ZMVM; los primeros, con la presencia de gérmenes patógenos (virus, bacterias, protozoos y helmintos), sólidos insolubles y detergentes, mientras que los provenientes de zonas industriales contienen compuestos tóxicos (cloruro y sulfatos), profundizándose el grado de contaminación ante la descarga de residuos de industrias tales como las cementeras, refinerías y termoeléctricas, ubicadas en el municipio de Tula (Islas, 2011).

Adicionalmente, existen estudios que han hecho hincapié en la importancia que la llegada de éstas ha tenido en el crecimiento y desarrollo económico de la región (Cifuentes *et al.*, 1993; Hussain y Hanjra, 2004). Sin embargo, y a pesar de que se ha documentado el impacto que las aguas contaminadas tienen en la salud, son escasos los estudios sobre sus implicaciones en la región en términos de salud. Al respecto, sobresalen los trabajos de Cifuentes *et al.* (1993), Cifuentes *et al.* (1994) y Contreras *et al.* (2017) y Siebe (1994), donde se comparan los diferenciales existentes en la presencia de eventos de enfermedad de la piel ante la exposición a aguas residuales para fines de riego. No obstante, a la fecha no existen investigaciones que midan los efectos de ésta en la prevalencia de otras enfermedades, cuando llega de manera indirecta a los hogares para fines domésticos, o bien, cuando los hogares no cuentan con servicios básicos; específicamente, drenaje, disponibilidad de agua en el hogar y sanitarios sin descarga directa.

Derivado de lo anterior, en el presente estudio se estima el impacto que la carencia de agua o el uso de agua contaminada tiene en la probabilidad de presentar eventos de enfermedad gastrointestinal en la población que la utiliza para fines domésticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios relacionados con el uso de fuentes de agua contaminadas y sus efectos en la salud se han caracterizado por el empleo de análisis de casos de carácter descriptivo y exploratorio de tipo no experimental en los cuales, la atención se ha centrado en la medición de sustancias contaminantes en fuentes naturales que pueden poner en riesgo la salud de quienes tienen contacto directo.

Fundamentalmente, este tipo de estudios han empleado métodos comparativos de pruebas estadísticas tales como la chi-cuadrada (Sánchez *et al.*, 2000) que permiten identificar la prevalencia de enfermedades diarreicas ante el consumo de aguas contaminadas. Existen, además, investigaciones epidemiológicas con grupos tratamiento y control que han medido el impacto que tienen factores como la edad, el sexo y el lugar en el que viven (región), en la presencia de enfermedades diarreicas (Fuentes *et al.*, 2008; Mariños *et al.*, 2014).

Si bien todas estas investigaciones han realizado contribuciones importantes, el no incluir las características de los hogares en términos de disponibilidad de agua y servicios básicos hace que a la fecha se desconozca el efecto que tiene la carencia de agua y el empleo de fuentes de abastecimiento posiblemente contaminadas en la salud de los hogares de la región. A fin de contribuir con los hallazgos de los estudios antes mencionados, en el presente trabajo son incorporadas dichas características y su relación con enfermedades gastrointestinales mediante la estimación de un modelo logístico aplicado en el Valle del Mezquital.

Especificación del modelo

La modelización logística es un instrumento estadístico de gran utilidad cuando se tiene una variable dependiente cualitativa con dos o más valores posibles (dicotómica) y un conjunto de m variables independientes cuantitativas (covariables) o categóricas (de tipo nominal u ordinal).

Su empleo se realiza con la finalidad, dependiendo del área de investigación en la que ésta sea utilizada, de predecir, por ejemplo, la ausencia o presencia de ciertas prevalencias (enfermedades específicas) o bien, la ocurrencia de algún evento (acudir a un lugar, tener algún

accidente, si lloverá etc.). A partir de ello, se pueden determinar los factores que aumentan o disminuyen el evento o prevalencia de interés. En este sentido, el peso que cada una de las variables predictoras incorporadas al modelo tienen para incrementar la probabilidad dependerá de los atributos de los sujetos de estudio (edad, sexo, estado civil, etc.), pero también, de características sociodemográficas del lugar en que radican (hogar, región, grado de marginación, nivel de ingreso, precipitación pluvial de la zona, etc.). Con ello, resulta posible predecir estimaciones puntuales para cada uno de los sujetos de estudio, independientemente de su estado real y actual (Maddala, 1983).

Una vez realizada la modelización logística se puede establecer que, cuanto más coincidan los estados pronosticados con los estados reales de los sujetos, mejor ajuste tiene el modelo. Para conocer la adecuación y el poder explicativo de éste, se puede emplear el indicador de doble logaritmo estadístico de verosimilitud (*likelihood*) con el que se comparan los valores pronosticados con los valores reales antes de incluir las variables explicativas (solo con la constante de la ecuación) y, en un segundo momento, cuando se introducen en la ecuación (método por pasos). La interpretación de dicho indicador establece que un valor que tienda a cero reflejará una mayor precisión de los valores pronosticados y, como consecuencia, un modelo mejor ajustado.

Modelización del estudio

Para determinar la prevalencia de enfermedades asociadas al uso o consumo de aguas contaminadas en el VM se realizó inicialmente un modelo logístico multinomial donde la variable dependiente contaba con tres valores posibles: no haber acudido a recibir atención médica por motivos de alguna enfermedad gastrointestinal o de la piel (0); presentar algún evento de enfermedad gastrointestinal (1) y haber acudido a recibir atención médica por motivos de enfermedad en la piel (2). Sin embargo, y debido a que la tercera categoría arrojó resultados estadísticamente no significativos, se optó por mantener únicamente las dos primeras, dando como resultado un modelo logístico binomial. Respecto a la información utilizada, el modelo se realizó con datos obtenidos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) publicada por el Instituto Nacional de Salud

Pública (INSP) en 2012. El diseño muestral es probabilístico, polietápico, estratificado y por conglomerados. El tamaño de la muestra tiene un nivel de confianza de 95 % y una tasa de no respuesta de 15 % (Gutiérrez *et al.*, 2012).

Para el caso del estado de Hidalgo, la encuesta cuenta con información de 1 555 hogares y 5 790 cuestionarios individuales de los cuales fueron seleccionadas variables relacionadas con: características sociodemográficas y económicas (edad, sexo y quintiles de ingreso) de las personas que presentaron algún evento de enfermedad de tipo diarreico o gastrointestinal, así como variables de interés que caracterizan al hogar (fuente de abastecimiento de agua, frecuencia de agua en el hogar a la semana, disponibilidad de drenaje, estrato de localidad –rural, urbano o metropolitano–).

Durante el análisis fue necesario restringir la información a modo de incluir solamente a aquellos hogares ubicados en el VM, mismos en los que al menos un integrante tuvo necesidad de recibir atención por motivos de enfermedad durante las dos semanas previas al levantamiento de la encuesta. Con esta especificación, se obtuvo una muestra que, ponderada con base en los factores de expansión, equivale a 23 792 y 87 876 hogares e individuos, respectivamente, que reportaron algún tipo de enfermedad en el universo de estudio.

En el caso del modelo utilizado, la función logística quedó especificada de la siguiente manera:

$$P[Y = \frac{1}{x_1, x_2, \dots, x_k}] = \frac{1}{1 + e^{(-B_0 - B_1 x_1 - B_2 x_2 - \dots - B_k x_k)}}$$

Al simplificar la ecuación queda:

$$\text{Prob}[Y_i = 1] = \frac{e^{X_i \beta}}{1 + e^{X_i \beta}},$$

Considerando que las probabilidades se estimaron para cada individuo (*i*) del universo de estudio y que la variable dependiente sólo pudo tomar dos valores: $Y_i = \{0\}$ –no haber recibido atención médica por algún tipo de enfermedad– y 1 –haber recibido atención por este tipo de enfermedad–, en la parte del numerador e es el valor esperado; el vector fila X'_i representa las variables explicativas incorporadas al modelo –individuales y del hogar descritas– y β representa la constante de la ecuación de la categoría “no recibió atención médica”; la simbología del denominador representa las mismas

variables, con la diferencia de que éstas corresponden a la categoría de quienes “sí recibieron algún tipo de atención”. Finalmente, el resultado que se obtiene (cociente) representa la probabilidad de la categoría de referencia (no haber recibido atención médica por enfermedades diarreicas o gastrointestinales).

Para estimar la probabilidad de ocurrencia del evento de interés se hicieron pruebas del modelo incorporando las variables explicativas en su forma original y, posteriormente de manera lineal (sexo, quintiles, estrato, disponibilidad de agua, sanitario y drenaje en categorías y edad en forma continua) las variables independientes. Luego de comparar los resultados obtenidos, se optó por mantener únicamente las variables de sexo y estrato de manera categórica, dejando de manera continua el resto ya que esta estructura fue la que presentó el mejor ajuste en el modelo.

En resumen, la variable dependiente quedó definida como: $Y_i = 0$ (Sin enfermarse = 0) si el individuo durante las dos semanas previas al levantamiento de la encuesta no presentó ningún evento de enfermedad de tipo gastrointestinal. Por su parte, la categoría $Y_i = 1$ (Enfermó = 1) indica si el individuo recibió atención médica por enfermedades como: diarrea, gastritis, colitis, parasitosis intestinal y dolor o infección en el estómago,³ mismas que en su conjunto y de acuerdo con la información equivalen a 8 611 casos (casi 10 % del total de las enfermedades reportadas en el VM), mientras que las variables explicativas quedaron definidas como se especifica a continuación:

Tabla 1. Variables incluidas en el modelo

Variable	Especificación
Edad	Variable continua que indica la edad del individuo.
Sexo	Variable categórica con 2 valores posibles: 0 cuando el género es hombre y 1 cuando es mujer.
Quintiles	Variable continua con 5 valores posibles que representan el nivel de ingreso del hogar y de los individuos.
Estrato de urbanidad	Variable categórica con 3 valores posibles: 1 cuando la localidad es rural, 2 cuando es urbana y 3, cuando ésta es metropolitana.
Disponibilidad de agua	Variable continua que refleja en una escala de 1 a 5 la fuente de abastecimiento de agua en el hogar (cuando proviene de un río, lago, arroyo o el mar, cuando el agua es acarreada, de una red pública y cuando el agua se obtiene fuera o dentro del hogar).
Frecuencia de agua	Variable continua que indica el número de días que el hogar recibe agua.
Sanitario	Variable continua con 3 valores posibles: 1 cuando el sanitario cuenta con descarga directa de agua, 2 cuando se le tiene que arrojar agua de una cubeta y 3, cuando no se le puede echar agua.
Drenaje	Variable continua con 5 valores posibles que indican el tipo de drenaje con que cuenta el hogar (red pública, fosa séptica, tubería que va a dar a un barranco o grieta, tubería que va a dar a un río o lago; que no cuenta con drenaje).

Fuente: elaboración propia con información de INSP (2012).

Una vez presentado el tratamiento de las variables explicativas y a fin de facilitar la interpretación, los resultados se presentan mediante las razones de momios (*odds ratio*) tomando como valor de referencia el no haber acudido a recibir atención por motivos de alguna enfermedad gastrointestinal. Posteriormente, fueron estimadas probabilidades condicionales haciendo variar los valores de aquellas variables donde se observa un factor de riesgo mayor a uno a partir de la categoría de referencia, manteniendo constantes el resto.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran el riesgo de no presentar alguna enfermedad gastrointestinal ante el uso o consumo de agua por diferentes fuentes de abastecimiento, así como ante la disponibilidad de algunos servicios básicos de los hogares. Del total de las variables incorporadas al modelo se obtuvieron valores estadísticamente significativos, mismas en las cuales pueden encontrarse, para el caso de las variables sociodemográficas, similitudes con los resultados de otras investigaciones; en las variables referidas a las características del hogar resulta posible observar que éstas tienen también una incidencia importante en la prevalencia de eventos de enfermedad asociados al origen de la fuente de agua del hogar, así como de la frecuencia de ésta en los hogares y en la disponibilidad de servicios básicos.

³ La variable dependiente se hizo tomando como referencia la pregunta u201 del cuestionario de utilizadores de la ENSANUT (INSP, 2012) en la que se le pregunta al enfermo cuál fue el motivo por el que buscó consulta. Las opciones de respuesta corresponden a un catálogo de 44 enfermedades, así como la opción específica; de las primeras, se seleccionaron las enfermedades de tipo gastrointestinal (diarrea, gastritis, colitis y parasitosis –opciones 17, 18, 19 y 20 respectivamente–, mientras que en la opción otra, se encontró la opción dolor o infección en el estómago, misma que también fue incorporada en la categoría 1 (recibió atención por enfermedades gastrointestinales).

Adicional a ello, el poder explicativo del modelo fue de 86 %, es decir, las variables incorporadas lograron explicar 86 % de los casos reales del estudio. Con ello se concluye que la presencia de enfermedades gastrointestinales se encuentra asociada al tipo de abastecimiento de agua, su frecuencia, así como la disponibilidad de ésta en servicios específicos (drenaje y sanitario).

Tabla 2. Estimación del modelo logístico binomial.
Resultados

		LR chiz(9) =	8991.48			
Logistic regression		Prob > chi2 =	0			
		Pseudo R2 =	0.1623			
Loglikelihood = -23212.387						
Enfermedades vinculadas al uso/consumo de agua						
Variables	Odds Ratio (Exp)	Std. Err.	z			
Sociodemográficas			P>z	[95% Conf.	Interval]	
Sexo	3.133255	0.0817941	43.7	0	2.976973	3.29774
Edad	1.009777	0.000474	20.7	0	1.008849	1.010707
Quintiles	1.710628	0.0166215	55.2	0	1.678359	1.743518
Estrato						
Urbano	0.8076799	0.0208549	-8.2	0	0.7678221	0.8496066
Metropolitano	1.115105	0.0406331	2.9	0.003	1.038243	1.197657
Variables relacionadas al uso y consumo de agua						
Fuente de agua	2.869216	0.0972133	31.1	0	2.68487	3.066219
Frecuencia semanal de agua (un día como referencia)	1.274026	0.0104374	29.5	0	1.253733	1.294648
Disponibilidad de agua en sanitario	0.4308085	0.0176135	-20.6	0	0.3976335	0.4667513
Tipo de drenaje	0.2933407	0.0122532	-29.3	0	0.2702816	0.3183671
_cons	0.0019178	0.0002215	-54.1	0	0.0015292	0.002405
Correctly classified						86.0 %

Fuente: elaboración propia.

Variables sociodemográficas y económicas

De acuerdo con la tabla 2, las variables sexo, edad y quintiles muestran valores superiores a la unidad, lo cual indica que la prevalencia de no presentar enfermedades gastrointestinales es casi tres veces menor en las mujeres, ligeramente menor cuando la edad aumenta, y casi el doble para los quintiles superiores. Para el caso de la variable estrato de localidad se observa una menor prevalencia de no presentar este tipo de enfermedades cuando los hogares se encuentran en localidades metropolitanas, ello en comparación con aquellos que habitan localidades rurales o urbanas, esta última con un factor de protección cercano a uno.

Los resultados obtenidos en estas variables, salvo el

caso de la variable sexo, son coincidentes con los obtenidos en otros estudios en los cuales se documenta cómo diversos factores sociodemográficos tienen un peso importante en la presencia de enfermedades gastrointestinales (Fuentes *et al.*, 2008; Mariños *et al.*, 2014; Alvarado y Vásquez, 2006). Un caso particular lo presenta la variable sexo donde se ha encontrado que las mujeres son quienes tienen una mayor probabilidad de presentar este tipo de enfermedades. Sobre este punto, los resultados sugieren que, debido a que la mayoría de las personas que trabajan en la región son hombres y que las actividades económicas se encuentran asociadas principalmente a la producción de diversos cultivos, son éstos quienes podrían presentar una mayor presencia de dichas enfermedades debido a su exposición directa con aguas contaminadas para fines de riego.

Variables del hogar

Respecto a las variables referidas a las características del hogar se observa, para el caso de las variables fuente de agua y frecuencia semanal que llega a los hogares, una razón de momios de casi tres cuando el abastecimiento se tiene dentro del hogar, y ligeramente superior a uno cuando aumenta el número de días que ésta llega al domicilio. En el caso de las variables disponibilidad en el sanitario y tipo de drenaje, existen valores inferiores a la unidad, lo cual indica que aquellas personas que cuentan con agua en el sanitario y drenaje se encuentran más protegidas ante la presencia de estas enfermedades. Al igual que en los casos anteriores, los resultados obtenidos guardan una relación parecida con estudios realizados en otras regiones donde se ha demostrado el impacto que tiene la falta de servicios básicos y la carencia de agua en el hogar para la presencia de enfermedades gastrointestinales.

Estimación de probabilidades

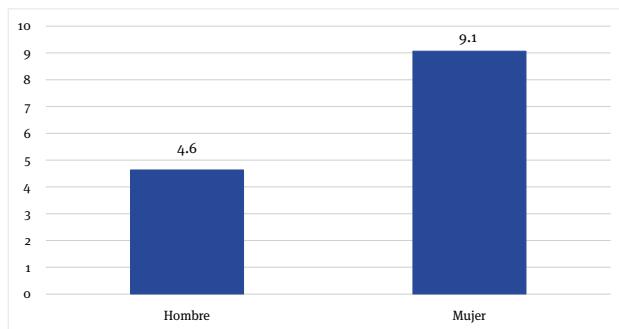
La interpretación de los resultados puede apreciarse mejor si se calculan las probabilidades de no presentar algún evento de enfermedad diarreica o gastrointestinal ante diversos atributos del individuo y del hogar en el que residen. Para ello, se hicieron variar las variables sexo, edad, quintiles, fuente de abastecimiento y fre-

cuencia de disponibilidad de agua, manteniendo constantes el resto de las variables independientes.⁴

Variables socioeconómicas

Cuando se estiman probabilidades por sexo (gráfica 3), se observa que los hombres tienen una menor probabilidad de no presentar algún evento de enfermedad. Con ello, se corroboran los efectos nocivos que puede tener la exposición directa o indirecta a aguas contaminadas.

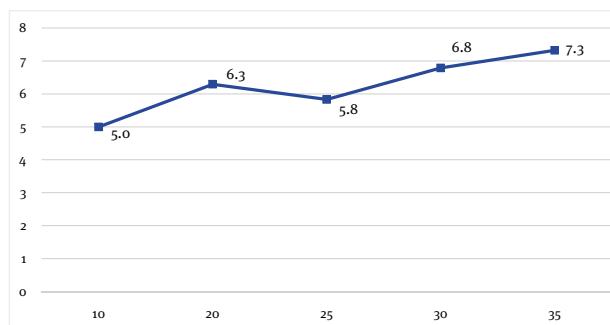
Gráfica 3. Probabilidad de no presentar algún evento de enfermedad gastrointestinal por sexo (%)



Fuente: elaboración propia.

Por su parte y para el caso de la variable edad (gráfica 4) se encontró una tendencia creciente que muestra cómo al aumentar la edad, la probabilidad de presentar alguna enfermedad gastrointestinal tiende a disminuir, hecho que se puede documentar en estudios donde los niños son quienes más presentan este tipo de enfermedades, mismas que, sin un tratamiento oportuno, pueden ocasionarles la muerte (Alvarado y Vásquez, 2006; Fuentes *et al.*, 2008 y Mariños *et al.*, 2014).

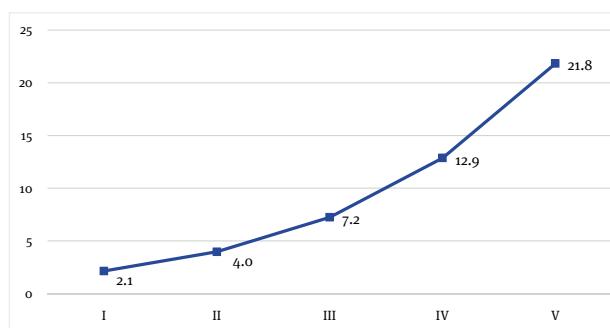
Gráfica 4. Probabilidad de no presentar algún evento de enfermedad por edad (%)



Fuente: elaboración propia.

Respecto a la probabilidad de no presentar este tipo de enfermedades por nivel de ingreso (gráfica 5), los resultados obtenidos muestran que, en la medida en que los hogares cuentan con mayor poder adquisitivo, la presencia de este tipo de enfermedades disminuye, pasando de 2.1 % en el primer quintil, a 21.8 % para el quintil más alto.

Gráfica 5. Probabilidad de no presentar algún evento de enfermedad por quintiles de ingreso (%)



Fuente: elaboración propia.

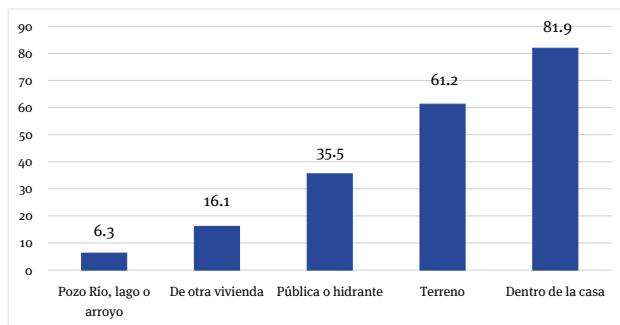
Variables del hogar

Al estimar las probabilidades de no presentar algún evento de enfermedad por tipo de abastecimiento se encontró que el factor más importante de protección es la fuente de abastecimiento dentro de la casa y fuera de ella, pero en el terreno (gráfica 6). Como contraparte, el obtener agua para uso doméstico vía pozos, ríos, lagos o arroyos implica un factor de protección sumamente bajo en comparación con las categorías antes mencionadas. Con dichos resultados, no sólo se corrobora la

⁴ Para la estimación de las probabilidades se fijaron las categorías y valores promedio de las variables explicativas, a excepción de aquella en la que se estimaba la probabilidad de interés.

importancia que tiene dar tratamiento a estas fuentes de abastecimiento naturales, sino también, el abastecer a los hogares de agua potabilizada.

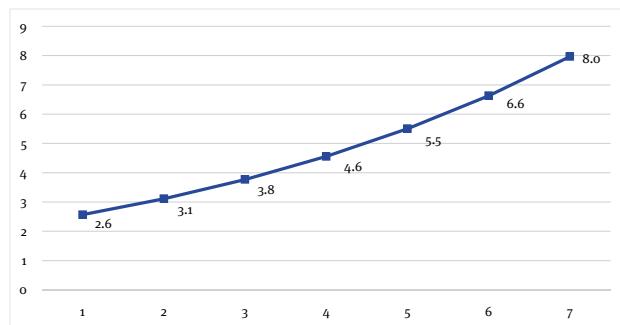
Gráfica 6. Probabilidad de no presentar algún evento de enfermedad por fuente de abastecimiento (%)



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, y con respecto a la variable disponibilidad de agua en el hogar (gráfica 7) se encontró, al igual que en el caso anterior, que al aumentar el número de días que el agua llega a los hogares, la probabilidad de presentar enfermedades gastrointestinales tiende a disminuir, al pasar de 2.5 % cuando ésta llega solo una vez a la semana, a 8 % cuando la frecuencia es diaria. La explicación de esta tendencia bien podría deberse a que existe la posibilidad de que las personas tienden a buscar fuentes de abastecimiento alternativas, no necesariamente potabilizadas, cuando la llegada de ésta a los hogares no es recurrente.

Gráfica 7. Probabilidad de no presentar algún evento de enfermedad gastrointestinal por frecuencia de disponibilidad de agua en el hogar (%)



Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

El principal objetivo del presente trabajo fue conocer la incidencia que tienen las variables relacionadas con el acceso a servicios de agua y saneamiento proveniente de diferentes fuentes de abastecimiento en los hogares, su frecuencia, así como la existencia de servicios básicos de las viviendas en la prevalencia de enfermedades gastrointestinales de la región del VM. Los resultados obtenidos muestran un poder explicativo de 86 % de las variables incorporadas al modelo, con valores estadísticamente significativos para todas las variables.

La mayor probabilidad de presentar enfermedades en aquellos hogares donde las fuentes de abastecimiento provienen de ríos, arroyos o lagos de la región, la frecuencia de agua potabilizada en el hogar, la carencia de drenaje, así como la descarga directa de agua en el sanitario, corroboran los hallazgos de los estudios que han documentado el peso que tienen estos factores en la presencia de enfermedades gastrointestinales (Gómez, 2018; Guzmán *et al.*, 2015; Monteverde *et al.*, 2010; Ramos, 2018; Ríos *et al.*, 2017; Sánchez *et al.*, 2000; Tarqui *et al.*, 2016; Hernández *et al.*, 2011; Rodríguez *et al.* 2016). Los resultados obtenidos en el presente estudio fungen, en este sentido, como una herramienta de política pública correctiva y preventiva que puede minimizar este tipo de padecimientos en la región. Si bien los resultados son consistentes con otros estudios, resulta necesario resaltar que el presente documento contribuye no solo a confirmar lo encontrado en otras regiones, sino también los efectos que otras variables tales como la frecuencia (disponibilidad) de agua y su origen tienen en eventos de enfermedad, variables que, a la fecha, no habían sido documentados, al menos en la región.

Un caso especial lo presenta la variable sexo donde, y a diferencia de lo observado en los estudios antes mencionados, se observa en las mujeres una menor probabilidad de presentar este tipo de enfermedades, lo cual sugiere que dadas las actividades predominantes en el VM (producción agrícola) y a los roles que tanto éstas como los hombres realizan (el hogar y la producción respectivamente), colocan en una condición de mayor riesgo a estos últimos.

En suma, la evidencia sugiere que los hogares con disponibilidad de agua entubada, una frecuencia recurrente de ésta y que disponen de drenaje y descarga directa en el sanitario, presentan menores riesgos de padecer enfermedades gastrointestinales. Este hecho

pone en relieve la urgencia de extender la cobertura en servicios básicos en las viviendas, así como del diseño de políticas públicas que permitan reducir los niveles de contaminación de las fuentes de abastecimiento, mismas que han sido contaminadas principalmente por aguas residuales provenientes del Valle de México.

No obstante lo anterior, se requiere de la profundización y actualización de estudios sobre la carencia de ésta y sus repercusiones en la salud de la población del VM, lo anterior debido a que gran parte de los estudios que se han realizado son de la década de los noventa, además de que los resultados obtenidos son representativos a nivel región, lo cual limita el poder predictivo de fuentes de abastecimiento específico (distintos grados de contaminación en puntos de descarga de los diversos ríos, arrollo y presas de la región), así como de cada una de las localidades que lo conforman.

CONCLUSIONES

Si bien la reutilización de aguas con fines de riego puede generar efectos positivos para el desarrollo de la actividad agrícola, lo cierto es que también las afectaciones en términos de salud pueden convertirse en un elemento que revierte los beneficios obtenidos en términos económicos, particularmente, si éstas no son utilizadas con estándares internacionales mínimos. En el caso de la región del VM, el agua residual que arriba es un factor que incide en la contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua de la población, aunque también se ha documentado la presencia de heces fecales en pozos que distribuyen agua a los hogares. Por lo tanto, la disponibilidad del agua entubada dentro o fuera de la vivienda, y su adecuado tratamiento y potabilización son mecanismos valiosos para la contención de enfermedades asociadas al uso o consumo indirecto de aguas residuales.

En suma, los resultados obtenidos llevan a impulsar en la región un conjunto de herramientas en materia de política pública desde dos vertientes: el correcto diseño y apego de programas públicos en materia de vivienda, junto con una adecuada regulación del mercadomobiliario que garantice el acceso a agua entubada, drenaje y letrina, y la generación de infraestructura para un ade-

cuado tratamiento y saneamiento de ésta, para el óptimo desarrollo de la región.

Generación de programas públicos en materia de vivienda e infraestructura de servicios

Actualmente, existe en nuestro país el Programa Apoyo a la Vivienda (antes Vivienda Digna y Vivienda Rural) quien, a través del Fideicomiso Fondo Nacional de Habitaciones Populares (FONHAPO), otorga subsidios a los hogares mexicanos en situación de pobreza con ingresos por debajo de la línea de bienestar, con carencia de calidad y espacios de la vivienda. Dicho programa, define en sus reglas de operación a la vivienda digna como aquella que “Debe brindar protección al intemperismo, al vandalismo, ser un sitio de descanso, ser limpia, sana, higiénica con baño y servicios de agua potable y su saneamiento” (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [Sedatu], 2017).

El considerar la disponibilidad de servicios de agua potable junto con un baño reflejan el interés del gobierno por garantizar el derecho al agua que tanto individuos como hogares tienen para mejorar su calidad de vida y bienestar. Este hecho se ha visto materializado a través de la ampliación y cobertura del programa. No obstante y quizás una de las mayores limitantes de dicho programa, consiste en que los apoyos se han concentrado en la adquisición de viviendas nuevas, o bien, para la ampliación o el mejoramiento de la vivienda, sin contemplar aquellos hogares que no cuentan en la actualidad con servicios básicos (agua o drenaje principalmente) pero, sobre todo, a la ausencia de políticas complementarias que generen infraestructura en la dimensión local, para contrarrestar los efectos negativos que se han originado por la ausencia de obras de drenaje o de disponibilidad de agua en el hogar (lo que provoca la utilización de fuentes de agua contaminadas).

Ante tal situación, el reto de los gobiernos locales de la región que conforman el VM consiste en la generación de obras de drenaje y suministro de agua a partir de los recursos provenientes del Ramo 33, específicamente, de los fondos para la Infraestructura Social Básica (FAIS-FAISM para los municipios-) y del Fondo de Aportaciones para el Fortalecimiento Municipal y de las Demarcaciones Territoriales del Distrito Federal (FORTAMUN). El adecuado ejercicio financiero en térm-

nos de inversión para este tipo de obras será crucial para la minimizar la prevalencia de enfermedades derivadas del uso de agua tratada para el consumo directo o indirecto, con lo cual, resultará posible beneficiar a sectores de la población que se encuentren en condiciones de rezago social y pobreza extrema en rubros tales como agua potable, alcantarillado, drenaje y letrinas.

REFERENCIAS

- Alvarado, B. y Vásquez, L. (2006). Determinantes sociales, prácticas de alimentación y consecuencias nutricionales del parasitismo intestinal en niños de 7 a 18 meses de edad en Guapi, Cauca. *Biomédica*, 26(1), 82-94. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/843/84326111.pdf>
- Carrasco, F. (2013). Impacto del consumo de agua potable sobre la salud de los hogares del Perú. *Comunicación: Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo*, 4(2), 38-52. Recuperado de <https://www.comunicacionunap.com/index.php/rev/article/view/45>
- Cifuentes, 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.
- Cifuentes, E., Blumenthal, U., Ruiz, P. G., Bennett, S., Quigley, M., Peasey, A., y Romero, A. H. (1993). Problemas de salud asociados al riego agrícola con agua residual en México. *Salud Pública de México*, 35(6), 614-619. Recuperado de <http://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/5708/6275>
- 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, México. *Salud Pública de México*, 36(1), 3-9. Recuperado de <http://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/5724/6307>
- Cisneros, O., González, J., y Fuentes, C. (2001). *Perspectiva de aprovechamiento de las aguas residuales en la agricultura*. Recuperado de <http://cenca.imta.mx/pdf/43978Pri.pdf>
- Comisión Nacional del Agua [Conagua]. (2015, abril 20). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle del Mezquital (1310), Estado de Hidalgo*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Comisión Nacional del Agua [Conagua]. (2016). *Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, edición 2016*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/184667/DSAPAS_2016_web_Parte1.pdf
- Comisión Nacional del Agua [Conagua]. (2018). *Sistema Nacional de Información del Agua*. Recuperado de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [Coneval]. (2015). *Pobreza a Nivel Municipio 2015, Hidalgo*. Recuperado de https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Hidalgo/Paginas/pobreza_municipal2015.aspx
- Contreras, J., Meza, R., Siebe, C., Rodríguez, S., López, Y., Castillo, G.,... Eisenberg, J. (2017). Health risks from exposure to untreated wastewater used for irrigation in the Mezquital Valley, Mexico: A 25-year update. *Water Research*, 123, 834-850. DOI: 10.1016/j.watres.2017.06.058
- Echeverry, G., Zapata, A., Páez, M., Méndez, F., y Peña, M. (2015). Valoración del riesgo en salud en un grupo de población de Cali, Colombia, por exposición a plomo, cadmio, mercurio, ácido 2,4-diclorofenoxiacético y diuron, asociada al consumo de agua potable y alimentos. *Biomédica*, 35(2), 110-119. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/843/84340725012.pdf>
- Fuentes, Z., Rodríguez, O., Salazar, M., y Rodríguez, O. H. (2008). Factores de riesgo de las enfermedades diarreicas agudas en menores de cinco años. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 12(2), 1-8. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552008000200004&lng=es&tlang=es
- García, E. (2019). El agua residual como generadora del espacio de la actividad agrícola en el Valle del Mezquital en Hidalgo. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(54), 1-35. Recuperado de <https://www.ciad.mx/estudiossociales/index.php/es/article/view/741/492>
- Gómez, O. (2018). Contaminación de agua en países de

- bajos y medianos recursos es un problema de salud pública global. *Revista de la Facultad de Medicina*, 66(1). DOI: 10.15446/revfacmed.v66n1.70775
- Gutiérrez, J. P., Rivera, J., Shamah, T., Villalpando, S., Franco, A., Cuevas, L., Romero, M., y Hernández, M. (2012). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales*. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública.
- Guzmán, B., Nava, G., y Díaz P. (2015). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbilidad en Colombia, 2008-2012. *Biomédica*, 35 (suplemento 2), 177-190. DOI: 10.7705/biomedica.v35i0.2511
- Hernández, C. 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, C. 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, 115-148. Recuperado de <http://cienciayuniversidad.com/images/revistas/34/5cyu34%20Hernandez%20Suarez.pdf>
- Hernández, C., Aguilera, M., y Castro, G. (2011). Situación de las enfermedades gastrointestinales en México. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología*, 31(4), 137-151. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/micro/ei-2011/ei114f.pdf>
- Hussain, I., y Hanjra, M. (2004). Irrigation and Poverty Alleviation: Review of the empirical evidence. *Irrigation and Drainage*, 53(1), 1-15. DOI: 10.1002/ird.114
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi]. (2016). *Anuario Estadístico y Geográfico de Hidalgo 2016*. México: Inegi.
- Instituto Nacional de Salud Pública [INSP]. (2012). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados nacionales*. México: INPS.
- Islas, O. (2011). *Resultados del estudio de diagnóstico Sectorial en el Estado de Hidalgo 2010*. Recuperado de <https://docplayer.es/10681820-Resultados-del-estudio-de-diagnóstico-sectorial-en-el-estado-de-hidalgo-2010.html>
- 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 Sci Technol*, 50(2), 269-276. DOI: 10.2166/wst.2004.0141
- Lesser, L., Lesser, J., Arellano, S. y González, D. (2011). Balance hídrico y calidad del agua subterránea en el acuífero del Valle del Mezquital, México central. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 28(3). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1026-87742011000300001
- Maddala, G. S. (1983). *Limited-dependent and qualitative variables in econometrics*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press. DOI: 10.1017/CBO9780511810176
- Mariños, C., Uchuya, J., Medina, J., Vidal, M., y Valdez, W. (2014). Determinantes sociales de la enfermedad diarreica aguda, como identificar el riesgo y la protección para la intervención sanitaria multivalente en los niños menores de tres años en el Perú. *Revista Peruana de Epidemiología*, 18(1), 1-8. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/2031/203132677005.pdf>
- Monteverde, M., Cipponeri, M., y Angelaccio, C. (2010). Saneamiento, educación, medio ambiente y diarreas: el caso del conurbano bonaerense. *Revista Latinoamericana de Población*, 3(6), 57-59. Recuperado de <http://sociales.redalyc.org/articulo.oa?id=323828603004>
- Núñez, A. (2015). *Caracterización de la problemática de las aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo* (Tesis de licenciatura). Recuperado de http://dcsh.itz.uam.mx/licenciaturas/geografia_humana/wp-content/uploads/2015/09/Tesina-Ana-Laura-Nu%C3%B3ez-2015.pdf
- Ontiveros, R., Diakite, L., Álvarez, M., y Coras, P. (2013). Evaluación de aguas residuales de la ciudad de México utilizadas para riego. *Tecnología y ciencias del agua*, 4(4), 127-140. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222013000400008&lng=es&tlang=es
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2017). *Informe del Relator Especial sobre el derecho humano al agua potable y el saneamiento acerca de su misión a México*. Recuperado de https://www.hchr.org.mx/images/doc_pub/G1722952.pdf

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO, por sus siglas en inglés]. (2016). *Sitio web AQUASTAT*. Recuperado de http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/indexesp.stm
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO, por sus siglas en inglés]. (2017). *Reutilización de aguas para agricultura en América Latina y el Caribe. Estado, principios y necesidades*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i7748s.pdf>
- Ramos, A. (2018). *Evaluación de impacto del consumo de agua no potable en la morbilidad para el sector Yanicco-Paucarcolla-Puno: años 2014-2015* (Tesis de licenciatura). Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8761>
- Ríos, S., Agudelo, R., y Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236-247. DOI: 10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08
- Rodríguez, J., García, C., y García, J. (2016). Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia. *Revista de Salud Pública*, 18(5), 738-745. DOI: 10.15446/rsap.v18n5.54869
- Sánchez, H., Vargas, M., y Méndez, J. (2000). Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas. *Salud Pública de México*, 42(5), 397-406. Recuperado de <http://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/6257>
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [SEDATU]. (2017, diciembre 30). *Reglas de Operación del Programa de Apoyo a la Vivienda, para el ejercicio fiscal 2018*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat]. (2019). *Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales*. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-informacion-ambiental-y-de-recursos-naturales>
- Siebe, C. (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. Recuperado de <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/30146>

- Siebe, C. y Cifuentes, E. (1995). Environmental impact of wastewater irrigation in central Mexico: An overview. *International Journal of Environmental Health Research*, 5(2), 161-173. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/09603129509356845>
- Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica [SNIEG]. (2019). *Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica*. Recuperado de <http://www.snieg.mx/>
- Tarqui, C., Álvarez, D., Gómez, G., Valenzuela, R., Fernández, I., y Espinoza, P. (2016). Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. *Revista de Salud Pública*, 18(6), 904-912. DOI: 10.15446/rsap.v18n6.55008

NOTAS DE AUTOR

^a Doctor en Ciencias Sociales por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Es Profesor-Investigador en el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec y miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel C en la línea de investigación de Políticas Públicas. Actualmente funge como responsable técnico del proyecto titulado *Carenica de acceso a servicios para la salud y de seguridad social. Un análisis sobre el gasto catastrófico y empobrecedor y su incidencia en la pobreza por ingresos en los hogares del municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México* financiado por el Fondo Sectorial Conacyt-Coneval en la convocatoria de investigación sobre pobreza, monitoreo y evaluación 2018 - 1. Correo electrónico: hugolara@tese.edu.mx

Últimas publicaciones:

- Velázquez, M. A., y Lara, H. N. (2019). Política Pública en materia de fomento gubernamental. Determinantes de la demanda turística en 30 destinos en México. Cap. II. En *Revista Científica de Estudio urbanos y Regionales*. México;
- Lara H. N. (2017). Sostenibilidad de los servicios de salud como proporción del gasto por tipo de aseguramiento. Un análisis comparativo entre lo rural y urbano Cap. IV. En *Estudios de*



- los problemas y la realidad urbana actual en México. Hidalgo, México. El Colegio del Estado de Hidalgo. ISBN: 978-607-8082-17-9,
- Velázquez, M. A., y Lara Figueroa, H. N. (2017). El fomento y la promoción del sector turístico en México. Estudios de caso y recomendaciones de política. Monterrey, Nuevo León, México: Tilde editores. ISBN: 978-607-8082-13-1.
- ^b Doctora en Ciencias Económicas por la Universidad Autónoma Metropolitana. Actualmente es catedrática Conacyt en El Colegio del Estado de Hidalgo. Sus líneas de investigación son economía ecológica y ecología industrial. Participó en la elaboración del “Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuenta Satélite de la Cultura de México 2008-2011. Año Base 2008”, publicada en 2014, por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Ha impartido docencia en el Colegio de Tamaulipas, en la Facultad de Economía de la UNAM y en la Universidad del Papaloapan, Campus Tuxtepec. Actualmente desarrolla el proyecto Cátedra Conacyt “Gestión y desarrollo regional en Hidalgo”, en el Colegio del Estado de Hidalgo, dentro del cual trabaja temas del sector hídrico desde la perspectiva de economía ecológica. Correo electrónico: mgarcia@elcolegio-dehidalgo.edu.mx

Últimas publicaciones:

- García-Salazar, E.M. (2019). El agua residual como generadora del espacio de la actividad agrícola en el Valle del Mezquital en Hidalgo. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(54), 1-34.
- García-Salazar, E.M. (2018). Impactos sociales y ambientales del uso de aguas residuales en el Valle del Mezquital. En J. Trinidad Sáenz Reyes, Gerardo Barrera Camacho y José Mariano López Fuentes (Compiladores), *Sexto Congreso Nacional Mitigación Daño Ambiental en el Sector Agropecuario y Forestal de México*. Memoria, Año 2, Vol. 1, Núm. 1, pp. 253-256.
- García-Salazar, E.M. (2018). El principio de precaución y el derecho humano al acceso al agua. El caso de la exploración y explotación de gas shale en Tamaulipas. *Revista de Economía Crítica*, (25), 47-70.

