



Acta universitaria

ISSN: 0188-6266

ISSN: 2007-9621

Universidad de Guanajuato, Dirección de Investigación y  
Posgrado

Manzanares Rivera, José Luis  
Elementos causales en la epidemia de padecimientos renales en Sonora  
Acta universitaria, vol. 30, e2386, 2020, Diciembre  
Universidad de Guanajuato, Dirección de Investigación y Posgrado

DOI: <https://doi.org/10.15174/au.2020.2386>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41669751009>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

UAEM  
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

## Elementos causales en la epidemia de padecimientos renales en Sonora

Causal features of renal disease epidemic in Sonora

José Luis Manzanares Rivera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Estudios Urbanos y ambientales/Sede Nogales/El Colegio de la Frontera Norte. Av. Tecnológico No. 241, Col. Granja, Nogales, Sonora, México. CP 84065. Correo electrónico: jlmanzanares@colef.mx

\*Autor de correspondencia

### Resumen

Considerando los elementos causales de las condiciones de salud de la población, se analiza la presencia de los padecimientos renales crónicos (PRC) en el estado de Sonora en el periodo 1998-2015. La metodología se basa en un análisis exploratorio para datos de corte trasversal y series de tiempo a partir de microdatos sobre mortalidad y egresos hospitalarios en la última década. Los resultados sugieren la presencia de elementos causales de índole ambiental en la población de estudio y permiten identificar un área de oportunidad para el diseño de políticas públicas preventivas.

**Palabras clave:** Salud pública; calidad del agua; enfermedad renal crónica; Sonora.

### Abstract

The occurrence of chronic kidney disease is studied for the population in the state of Sonora, through an environmental causal features approach during the period 1998-2015. The study relies on an exploratory data analysis for two data structures: time series and cross section data. This methodology is applied to hospital admissions and mortality data for a time period covering the last decade. Results suggest the presence of socio environmental determinants consistent with the Mesoamerican nephropathy hypotheses and allow to identify an area of opportunity for policy makers to design preventive control measures.

**Keywords:** Determinants of health; water quality; chronic kidney disease; Sonora

Recibido: 09 de septiembre de 2018

Aceptado: 21 de febrero de 2020

Publicado: 25 de marzo de 2020

**Como citar:** Manzanares Rivera. J. L. (2020). Elementos causales en la epidemia de padecimientos renales en Sonora. *Acta Universitaria* 30, e2386. doi. <http://doi.org/10.15174/au.2020.2386>

## Introducción

En las últimas dos décadas las condiciones de salud en México han experimentado una continua transición hacia enfermedades crónico-degenerativas. Así, el patrón de mortalidad en el trinomio formado por hipertensión, diabetes mellitus tipo 2 y padecimientos renales (HDR), cuyo crecimiento en el periodo 1998-2015 fue de 178.37%, 90.13% y 58.74%, respectivamente, sugiere una trayectoria de consolidación en este proceso de transición epidemiológica que contrasta con el incremento observado por el resto de causas de muerte en el país (38.14% en el mismo periodo).

Las implicaciones de este fenómeno de salud pública representan una amenaza con importantes costos sociales. En el caso que se aborda en este trabajo se perciben notables retos para poblaciones específicas como aquellos segmentos en situación de pobreza, ya que el tratamiento de los padecimientos renales requiere de procedimientos médicos del alto costo como diálisis o, en etapas avanzadas del deterioro de la función renal, la realización de trasplantes.

Acorde con el diagnóstico que la Organización Mundial de la Salud (OMS) presenta en 2017 de este proceso, se trata de un fenómeno global que se asocia con elementos causales complejos como el cambio en los patrones de consumo de la población promovido, entre otras causas, por la creciente comercialización global de productos no saludables (OMS, 2017), lo que a su vez tiene influencia sobre los niveles observados en la condición de sobrepeso y obesidad, uno de los factores de riesgo principales para el desarrollo de este conjunto de afecciones de salud desde el punto de vista clínico (Tsuboi, Okabayashi, Shimizu & Yokoo, 2017).

En México, los datos oficiales reportados para 2016 por la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut) indican que el 37.18% de los adultos mayores de 18 años presentan un índice de masa corporal en el rango 25-30 (condición de sobrepeso) y un 35.6% adicional de la población en el país padece la condición de obesidad en sus diferentes grados de severidad (Instituto Nacional de Salud Pública [INSP], 2016), por lo que se estima que 7 de cada 10 adultos en México presentan actualmente este problema de salud que constituye un factor de riesgo clave para el desarrollo de los padecimientos en el trinomio HDR.

Si bien el diagnóstico de la OMS da cuenta de un problema estructural que no es exclusivo de México, estudios realizados recientemente para el caso de los padecimientos renales han permitido identificar rasgos distintivos en la etiología de este problema de salud en países de la región de Centroamérica, incluyendo a México, fenómeno que se ha denominado *enfermedad renal mesoamericana* (Moreno, Castro, Gómez, Cuero & Motta, 2017).

Sin embargo, es importante precisar que este fenómeno parte de una regularidad empírica en la que se combinan elementos causales de tipo ambiental (exposición a altas temperaturas) con factores sociales (ocupaciones específicas) observada en un conjunto de países en la región de Centroamérica (Weaver, Fadrowski & Jaar, 2015).

Por otro lado, en la vertiente de elementos causales se ha documentado que una vía de exposición a elementos tóxicos que inciden en la función renal se encuentra en la calidad de agua disponible para consumo doméstico (Zheng, Sanders, Saland, Wright & Arora, 2017); no obstante, la disponibilidad en América Latina de estudios que incorporen esta perspectiva al análisis con un enfoque local es aún limitada.

Los objetivos que se plantean en la presente investigación son los siguientes.

Como objetivo general, se realiza un análisis exploratorio de datos sobre los elementos causales en la manifestación de esta enfermedad con énfasis en el estado fronterizo de Sonora. En primer lugar, se aborda la estimación de las tasas de morbilidad ajustadas por estructura de edad a escala estatal para todo el país, para ofrecer un escenario base de la distribución espacial del fenómeno en México actualmente. En segundo lugar, se estudia la influencia de variables demográficas en la ocurrencia del padecimiento para el estado del Sonora. En tercer lugar, se documenta la evolución temporal del padecimiento para el estado de Sonora para 18 años de información (la totalidad de información disponible por los registros públicos de morbilidad del Sistema Nacional de Información en Salud [Sinais]). De forma complementaria, se ofrecerá una caracterización de los recursos hidráticos superficiales y los parámetros de calidad, debido a que constituyen vías de exposición relevantes desde la perspectiva ambiental para el desarrollo del problema de fallo renal.

## Estudios previos y consideraciones teóricas

Mientras los rasgos que definen a los padecimientos renales crónicos (PRC) han sido identificados con un alto grado de certidumbre internacionalmente y se basan en la medición demarcadores biológicos como la tasa de filtración glomerular (TFG), un indicativo primario de alteraciones en la función renal (Flores *et al.*, 2009), el consenso sobre la etiología en el desarrollo de fallas en el funcionamiento de los riñones aún no es determinado con total precisión (Weaver *et al.*, 2015).

El adecuado funcionamiento de los riñones es necesario para lograr el equilibrio metabólico en el organismo, por lo que una reducción en la capacidad funcional de estos órganos expresada por una TFG inferior a 60mL/min por 1.73 m<sup>2</sup> durante un periodo igual o mayor a tres meses (Haynes & Winearls, 2010) resulta en un serio problema de salud que compromete la vida del individuo que lo padece.

El padecimiento renal crónico se considera un padecimiento degenerativo, cuyo progreso ha sido clasificado en cinco etapas acorde con el grado de severidad observado por la reducción en la TFG; no obstante, se ha estimado que la probabilidad de muerte de un individuo diagnosticado con PRC es de cinco a 10 veces más elevada a la probabilidad de que el individuo progrese hasta la etapa 5 del padecimiento (Webster, Nagler, Morton & Masson, 2017).

La complejidad de las afectaciones vasculares generadas por el mal funcionamiento renal involucra la necesidad de costosos tratamientos como la realización de terapia de reemplazo renal, el cual incluye el procedimiento de diálisis. Este procedimiento implica que el paciente esté conectado periódicamente a una máquina para suplir su función renal; un procedimiento que en México tiene un costo (a precios de 2017) entre los 470 dólares y los 850 dólares mensuales (Arce *et al.*, 2018), lo que se traduce en una carga financiera, especialmente para aquellos individuos cuyo ingreso se halla por debajo de la línea de pobreza, para sus familias y, en última instancia, para la sociedad en su conjunto.

Desde el punto de vista del sistema de salud, y considerando los gastos ambulatorios, hospitalarios y farmacológicos, este padecimiento es clasificado como de alto impacto financiero y se estima que México destina 10263 millones de pesos anuales (un equivalente a 603.7 millones de USD) para atender a los pacientes con insuficiencia renal crónica en terapia de reemplazo tan solo en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), que en México es el mayor proveedor público de servicios de salud en México (IMSS, 2017).

Este rasgo particular en la estructura de costos distingue a los padecimientos renales del conjunto de los padecimientos crónicos e indica la relevancia de su estudio. Esto es porque mientras el costo agregado de los otros dos padecimientos crónicos de mayor incidencia en el país (diabetes mellitus e hipertensión arterial) es superior dado la magnitud en el número de pacientes, la proporción que ocupa el rubro de gastos hospitalarios, un rubro de interés en la perspectiva de la capacidad del sistema de salud para atender este fenómeno, es considerablemente superior para los padecimientos renales y representa el 60% del total de gastos médicos de la enfermedad, comparado con el 5% en hipertensión arterial y el 14% para diabetes. De igual forma, la carga directa para el paciente es considerablemente superior, ya que los costos farmacológicos erogados triplican el monto requerido por pacientes con diabetes y es siete veces superior al correspondiente para los pacientes con hipertensión arterial (IMSS, 2007).

Más aún, etapas avanzadas del padecimiento implican la realización de trasplantes, un procedimiento complicado, considerando: a) la escasez de donantes (Calderón & Elbittar, 2010); de acuerdo con los registros del Centro Nacional de Trasplantes (Cenatra), durante 2017 en México se tienen registradas 13512 solicitudes para recibir un trasplante de riñón, mientras se reporta la realización de 2550 procedimientos en el mismo periodo (Cenatra, 2017), lo que representa una brecha mayor al 400% entre la demanda y la disponibilidad<sup>1</sup>; y b) las posibles complicaciones implícitas durante la fase quirúrgica y la necesidad del seguimiento de una terapia de por vida con el uso de medicamentos inmunosupresores para prevenir el rechazo del órgano transplantado (Baquero & Alberú, 2011).

En los países de América Latina, especialmente, se observa baja actividad en la aplicación de terapia de reemplazo en el rubro de trasplantes de riñón. Si bien se observan destacados ejemplos de los avances en este aspecto en países como Costa Rica y Cuba, México, por su parte, presenta un rezago considerable comparado con países de la región, incluso con una proporción<sup>2</sup> inferior a la registrada en Chile, Brasil o Argentina (White, Chadban, Jan, Chapman & Cass, 2008).

Para lograr el control del incremento de casos por PRC, comprender la etiología de la enfermedad es crucial. Al respecto, los avances de investigación disponibles permiten identificar al menos dos hipótesis principales. La primera es considerada como uno de los factores causales de la presencia de diabetes e hipertensión. Esta hipótesis, denominada para efectos del presente trabajo como hipótesis de etiología tradicional (HET), sugiere que el incremento en PRC observado a nivel global es secundario al incremento registrado por los padecimientos crónico-degenerativos señalados (Levin et al., 2017). Es una hipótesis que ha ganado considerable aceptación y muestra un consenso internacional, sobre todo por la consistencia empírica observada en diversos países (Webster et al., 2017).

Una segunda hipótesis con un alto grado de aceptación es la denominada enfermedad renal mesoamericana (ERM). Esta vertiente explicativa se sustenta en una observación empírica más que en una concepción teórica aprobada de manera general por la comunidad científica, en la que, aún en ausencia de los elementos causales tradicionales, como la comorbilidad con diabetes mellitus e hipertensión arterial, se detecta una prevalencia notable de padecimientos crónicos, afectando a países en Centroamérica, principalmente (Correa-Rotter, Wesseling & Johnson, 2014).

La evidencia en este caso indica que variables sociales como los hábitos de hidratación y el desempeño de actividades laborales de alta demanda física en entornos con temperaturas extremas se

<sup>1</sup>En promedio se realizaron 2842 trasplantes de riñón por año en el periodo 2014-2016.

<sup>2</sup>Proporción estimada entre el número de procedimientos realizados y la demanda para trasplante observada en cada país. En el caso de México es de 19%, mientras en Cuba de 40.08% y en Costa Rica alcanza el 79%.

vinculan a la aparición del fenómeno en un conjunto de países muy focalizado, incluyendo México (Lozier, Turcios-Ruiz, Noonan & Ordunez, 2016).

Moreno *et al.* (2017) estudian el caso de Panamá, mientras Kupferman *et al.* (2016) analizan la incidencia en Nicaragua; ambos concuerdan que una posibilidad de este brote se vincula con las condiciones de hidratación locales. Derivado de las regularidades observadas en esta última hipótesis, la atención en la agenda de investigación se ha dirigido recientemente a una escala de análisis local, siendo uno de los mecanismos causales no convencionales de interés la relación con la calidad de los recursos hídricos utilizados para consumo doméstico.

### Elementos causales de salud, un enfoque teórico integrador

El estudio de los elementos causales ambientales de las condiciones de salud es un área que ha generado creciente atención, entre otras cosas, por su potencial para el diseño de políticas públicas que permitan implementar estrategias preventivas. Actualmente, se estima que un tercio de la carga de salud global puede atribuirse a elementos de naturaleza ambiental (Zhenget *et al.*, 2017), y diversos estudios enfocados en los países de América Latina documentan cada vez con mayor frecuencia el crecimiento en los padecimientos asociados a la presencia de contaminantes en el medio ambiente. Esta realidad ha contribuido al reconocimiento de la necesidad por integrar elementos explicativos desde una perspectiva multidisciplinaria que complementa el análisis tradicional cuyo centro de atención a menudo se orienta sobre las manifestaciones clínicas acotadas a la esfera biológica.

En términos teóricos, y de forma paralela a esta perspectiva, la consolidación de enfoques analíticos como la epidemiología social expuesta por Krieger (1994) o el paradigma denominado determinantes sociales de salud abordado por Marmot & Wilkinson (2006), entre otros, dan cuenta de un abordaje cada vez más robusto, menos dependiente del individualismo médico y orientado a la comprensión de los mecanismos causales y la producción social de los fenómenos de salud pública. Esta base teórica se retoma en este trabajo, ya que enfatiza el contexto en el cual ocurren los padecimientos renales, posibilita identificar su heterogeneidad geográfica y aporta información para el entendimiento sobre el papel de elementos locales de riesgo.

La incorporación de la dimensión geográfica es un aporte metodológico clave para el análisis del crecimiento en afecciones de salud como los PRC, ya que, a pesar de la multitud de los elementos causales documentados, los avances recientes de investigación indican que variables como la calidad de los recursos hídricos resultan ser un elemento fundamental para el desarrollo de esta afección de salud.

El presente trabajo aborda la ocurrencia de los PRC en conjunto con los datos sobre la distribución espacial de las fuentes de contaminación y abastecimiento de agua potable, enfoque que puede ser útil para detectar patrones que ayuden a mitigar la exposición a factores de riesgo en sitios específicos. Una segunda dimensión analítica que se propone bajo esta perspectiva teórica es la incorporación de la evolución temporal. Esta posibilita identificar tendencias y patrones sistemáticos, descartando la presencia del fenómeno debido a brotes esporádicos.

Desde el terreno empírico, uno de los elementos causales estudiados con mayor profundidad es el relativo al vínculo de los PRC con la calidad de los recursos hídricos, tal como lo documentan Navarro, González, Júnez-Ferreira, Bautista & Cardona (2017); ya sea que la calidad del agua se vea afectada por actividades antropogénicas o, bien, por elementos de ocurrencia natural.

En regiones de México, como el estado de Aguascalientes, estudios realizados por Hernández *et al.* (2003) documentan la importancia de estudiar la presencia de elementos de ocurrencia natural que contaminen el agua, en tanto constituyen posibles vías de exposición crónica. Los autores encuentran que la mayor parte de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano de ese estado presentan un contenido de fluoruros superior a 1.5 mg/L, mientras la evidencia internacional reportada sobre el consumo a largo plazo de este elemento indica una asociación con dañosa la función renal (Wickramarathna, Balasooriya, Diyabalanage & Chandrajith, 2017).

En este mismo sentido, Góngora-Ortega *et al.* (2008) reporta prevalencias de enfermedad renal crónica en niños con una estimación de 700 casos por cada 100000 habitantes en el estado de Aguascalientes, fenómeno que ha atraído la atención pública ante el aparente misterio en la etiología de dicho brote con proporciones epidémicas.

Otros estudios recientes sobre la incidencia de PRC para entidades en la región central del país como Ortega-Romero, Hernández, Medeiros-Domingo & Barbier (2016), al analizar el caso del estado de Tlaxcala, encuentran que los egresos hospitalarios en la entidad prácticamente se triplicó durante el periodo 2004-2012, afectando principalmente a pacientes menores de 25 años, siendo la presencia de fluoruros y la exposición a otros contaminantes ambientales uno de los mecanismos causales de interés.

Por su parte, el impacto que la actividad antropogénica ejerce sobre las fuentes de abastecimiento para consumo doméstico, es una vertiente ampliamente documentada; en particular, actividades económicas como la minería destacan por su potencial para incidir negativamente en la calidad de los recursos hídricos a escala local (Liao *et al.*, 2016). Al respecto, uno de los rasgos de esta actividad es el manejo de substancias tóxicas residuales que, por su persistencia en el medioambiente, resulta un foco de atención.

En el norte de México, el estudio de la relación entre elementos causales ambientales de exposición y las condiciones de salud es aún limitado. En estados como Sonora, que históricamente presenta una vocación productiva con fuerte presencia minera, recientemente se han realizado esfuerzos por documentar este vínculo, sobre todo en el marco de las contingencias ante la ocurrencia de eventos climáticos extremos que involucran derrames de substancias tóxicas reconocidas por su impacto adverso para la salud humana hacia las principales corrientes de agua superficiales que atraviesan la entidad (Manzanares, 2016).

## Materiales y Métodos

El trabajo presenta un análisis estadístico exploratorio empleando dos estructuras de información: datos de corte transversal y series de tiempo. El análisis se organiza en dos fases, en la primera se realiza una caracterización de la incidencia de los padecimientos renales en el contexto de los padecimientos causales más comunes identificados por estudios previos. Mientras la segunda fase del estudio consiste en aplicar técnicas de análisis espacial para aproximar la calidad de los recursos hídricos que abastecen la demanda para consumo doméstico.

En la primera fase se utiliza como fuente primaria de información micro datos oficiales recopilados por el Sinais sobre egresos hospitalarios. Con esta información se estiman las tasas de morbilidad ajustadas por estructura de edad para los 32 estados en los que se divide el territorio mexicano para el año 2015, considerando la causa del egreso hospitalario, lo que permite obtener la distribución espacial de este fenómeno.

Para generar estimados comparables en el contexto internacional, se definen los PRC siguiendo los siguientes códigos de la clasificación internacional de enfermedades: CIE-10: N18: Enfermedad renal crónica; N180: Insuficiencia renal terminal; N181: Enfermedad renal crónica, etapa 1; N182: Enfermedad renal crónica, etapa 2; N183: Enfermedad renal crónica, etapa 3; N184: Enfermedad renal crónica, etapa 4; N185: Enfermedad renal crónica, etapa 5; N188: Otras insuficiencias renales crónicas; N189: Enfermedad renal crónica, no especificada; y N19X: Insuficiencia renal no especificada<sup>3</sup>.

Para obtener más información sobre el comportamiento de los PRC en el estado de Sonora se examinan los registros por defunciones contrastando la estructura de edad respecto a las otras causas de muerte mediante la construcción de funciones de densidad Kernel, las cuales permiten comparar la distribución por edades e identificar posibles grupos vulnerables.

Así mismo, para determinar la influencia que variables demográficas como el sexo y la edad tienen, se construye un modelo de regresión logística con información de 9227200 pacientes, correspondiente al año 2015, el más reciente de la base de datos. Se determinan los radios de momios (RM) y el contraste con las probabilidades asociadas entre el escenario nacional y el estado de Sonora.

La especificación del modelo de regresión es la siguiente:

$$Y = \frac{1}{1+e^{-(\alpha+\sum \beta_i x_i)}} \quad (1)$$

donde la variable binaria dependiente  $Y$  toma el valor 1 si se trata de un individuo en el rango de códigos CIE-2010: N170-N19x, 0 en caso contrario. Las variables de control  $x_1$ =Sexo con valores: 1: Hombre, 2: Mujer;  $x_2$ =Edad expresada en años.

Para ubicarla incidencia de padecimientos renales en el contexto de comorbilidades precursoras tradicionales, se estiman las tasas de crecimiento de las defunciones por diabetes mellitus e hipertensión en el periodo 1998-2015.

En particular, en el caso de defunciones por diabetes se documenta su evolución temporal estimando el cociente de localización (LQ), una medida de concentración relativa para un total de 17 años de información en el periodo 1998-2015.

Esta medida relativa permite controlar el tamaño de población en cada entidad federativa para determinar la concentración de casos por diabetes entre las diferentes áreas geográficas. Es un indicador que, dado su potencial para detectar patrones espaciales, ha sido aplicado previamente por estudios empíricos que analizan tendencias de mortalidad en el contexto geográfico en países de América Latina (Manzanares, 2017).

El indicador LQ para un momento del tiempo determinado se construye usando la siguiente especificación:

<sup>3</sup>En el análisis estadístico se incluyen también los padecimientos renales agudos que representan una fracción marginal del fenómeno. Los siguientes códigos de la clasificación son incluidos en la estimación: N170: Insuficiencia renal aguda con necrosis tubular; N171: Insuficiencia renal aguda con necrosis cortical aguda; N172: Insuficiencia renal aguda con necrosis medular; N178: Otras insuficiencias renales agudas; N179: Insuficiencia renal aguda, no especificada.

$$LQ_t = \left(\frac{c}{T}\right)_j / \left(\frac{c}{T}\right)_N \quad (2)$$

donde  $C$  corresponde al número de registros por defunciones para las causas en el rango E100-E149,  $T$  corresponde con el número total de defunciones en el año  $t$ ,  $j$  representa una entidad federativa particular de la república mexicana y  $N$  indica el escenario nacional para un momento en el tiempo ( $t$ ). En ambas escalas geográficas la proporción entre el número de defunciones por diabetes y el total de defunciones es comparado para el periodo  $t=1998$ ,  $t=2015$ . Por definición, el umbral  $LQ=1$  indica una situación en la que la proporción de casos observada, tanto en la entidad como en la escala nacional (ámbito de referencia), es la misma, de modo tal que valores  $LQ > 1$  indican una proporción superior en la entidad  $j$  relativa al nivel nacional y, por ende, constituyen un área de interés para los fines de este trabajo.

Consecuentemente, valores  $LQ < 1$  permiten inferir una proporción menor en el estado  $j$  relativa al escenario nacional, es decir, áreas que no representan una incidencia particularmente relevante.

En la segunda fase se analiza la información generada por la Comisión Nacional del Agua (Conagua), como parte del proyecto de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad de las Aguas Nacionales 2016, que incluye una muestra de 5000 sitios a nivel nacional para evaluar la calidad del agua en el país (Conagua, 2016).

Esta base de datos incluye los siguientes parámetros básicos de calidad de agua: DBOmg/L: Demanda Bioquímica de Oxígeno; DQOmg/L: Demanda Química de Oxígeno; SSTmg/L: Sólidos Suspendidos Totales; SDTmg/L: Sólidos Disueltos Totales.

Según los niveles de los contaminantes detectados en cada sitio de la muestra, la base de datos permite definir el siguiente semáforo de clasificación:

Verde: El agua del sitio se encuentra dentro de los rangos de calidad excelente, buena calidad y aceptable, en todos los indicadores; Amarillo: El agua del sitio se encuentra contaminada con Sólidos Suspendidos Totales (SST); Rojo: El agua del sitio se encuentra contaminada con Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) o con Demanda Química de Oxígeno (DQO); Morado: El agua del sitio no se encuentra dentro del rango de cumplimiento en sólidos disueltos totales (SDT); Azul: El agua del sitio se encuentra dentro del rango de cumplimiento en SDT.

La segunda representación sobre posibles vías de contaminación de los recursos hídricos de la entidad incluye la red hidrológica superficial del estado con la que se propone la regionalización de la entidad, integrando la localización de los sitios de actividad minera en la entidad, sitios reconocidos por su potencial para impactar negativamente la calidad de los recursos hídricos locales.

Finalmente, para determinar áreas puntuales de contaminación, se aplica el método estadístico Kriging empírico Bayesiano para generar una superficie que muestre la densidad de las concesiones por descargas de agua residual en Sonora, para lo cual se consideran micro datos del Registro Público de Derechos de Agua (Repda, 2015), una fuente de información oficial bajo la responsabilidad de Conagua y referencia estándar en estudios sobre calidad de agua en México.

## Resultados

En primera instancia, se realiza la estimación de las tasas de morbilidad de padecimientos renales ajustadas por estructura de edad y sexo para los 32 estados del país con la información más reciente disponible, correspondiente al año 2015. El resultado se muestra en la figura 1.

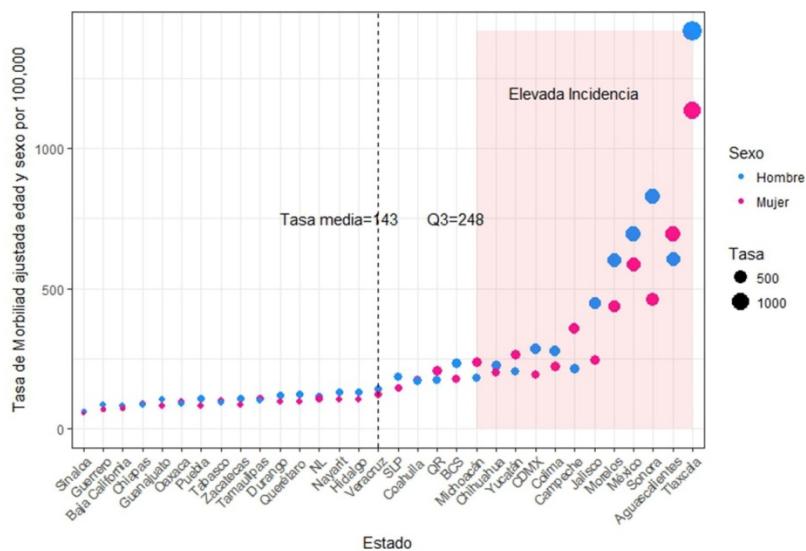


Figura 1. Padecimientos renales. Tasa de morbilidad ajustada por estructura de edad y sexo, según entidad 2015.

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema Nacional de Información en Salud (Sinais, 2015).

La estimación sugiere que se trata de un fenómeno de alcance nacional; no obstante, es posible detectar un subconjunto de entidades del país con un patrón de particular alta incidencia; este subconjunto representa el 34% de los estados del país (área marcada por el rectángulo de la derecha).

En segunda instancia se observa que, entre aquellas entidades de mayor tasa de morbilidad, la población del sexo masculino es la que tiene una mayor incidencia. Se encuentra también que Sonora se halla entre las tres entidades de mayor incidencia del país con una tasa de morbilidad de 827 personas por cada 100 000 habitantes para los hombres, mientras registra una tasa de 461 personas para el sexo femenino, con lo cual es evidente una clara diferencia por sexo.

Como se discutió en la sección previa, la explicación tradicional sobre las causas de este crecimiento observado en los padecimientos renales es asociada con el crecimiento de otras afecciones de salud como sobrepeso, diabetes e hipertensión arterial y es referida como un problema de carácter estructural derivado del cambio en patrones de consumo que ha tenido lugar en el mundo, en particular, en el caso de México desde la entrada al país a esquemas comerciales como el Tratado de Libre Comercio (Loria & Salas, 2014). Para indagar el comportamiento de estos padecimientos se estima a continuación la tasa de crecimiento de defunciones por diabetes y enfermedad renal hipertensiva (ERH) durante la última década; los resultados se muestran en la figura 2.

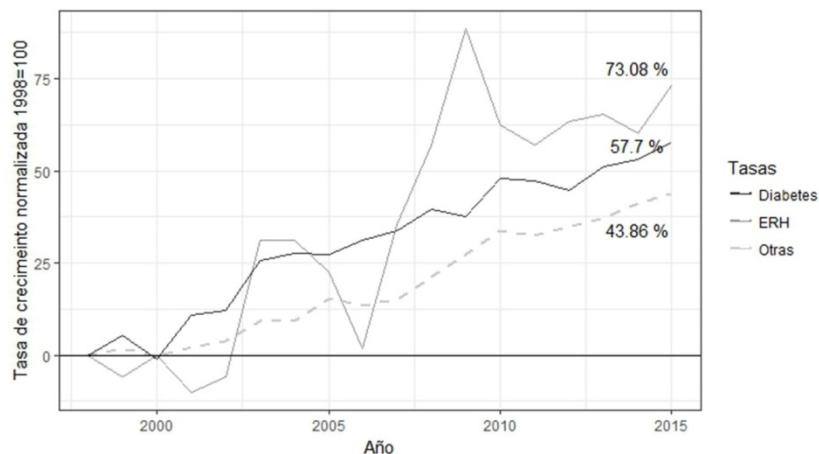


Figura 2. Crecimiento de padecimientos crónicos, diabetes y enfermedad renal hipertensiva con falla renal (ERH) vs. otras causas de muerte en Sonora (1998-2015).

Fuente: Elaboración propia con datos de Sinais (1998-2015).

Nota: Enfermedad renal hipertensiva con insuficiencia renal (ERH): Código I120 de la Clasificación Internacional de Enfermedades.

La estimación indica una clara brecha en la trayectoria de crecimiento de padecimientos como diabetes respecto al resto de causas de muerte, particularmente a partir del año 2007 que da cuenta de una tendencia sistemática. El ritmo de crecimiento anual alcanzado en diabetes en el periodo es 4.29%, cifra que prácticamente duplica el crecimiento promedio anual en el resto de las causas de muerte (2.58%), por su parte la enfermedad renal hipertensiva (ERH) tiene una trayectoria de crecimiento que supera al del resto de causas de muerte, pero no supera al crecimiento de muertes por diabetes. Para validar este comportamiento nominal observado, se controla enseguida por la estructura poblacional de la entidad. Se utiliza el LQ para medir la incidencia relativa al contexto nacional una vez que se considera el tamaño de la población estatal de referencia.

La figura 3 muestra el resultado del cálculo del LQ para diabetes en cada año durante el periodo 1998-2015 a escala estatal.

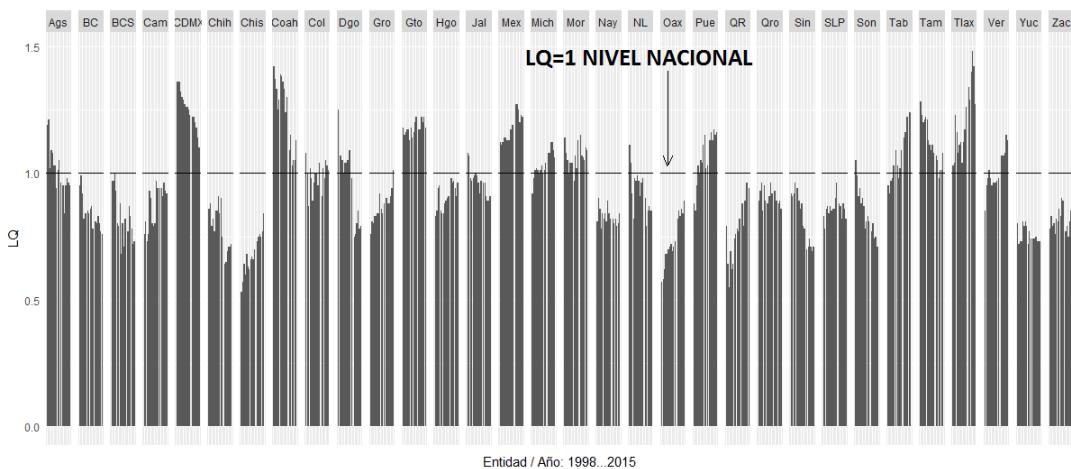


Figura 3. Cociente de localización (LQ). Mortalidad por diabetes Mellitus según entidad federativa (1998-2015).

Fuente: Elaboración propia con datos de Sinais (1998-2015).

Si bien es posible observar que el crecimiento en la mortalidad por diabetes es un fenómeno generalizado en México que afecta especialmente a siete entidades en el periodo de estudio (Coahuila CDMX, Guanajuato, Estado de México, Morelos, Tamaulipas y Tlaxcala), la estimación muestra que existen notables diferencias regionales en la evolución temporal de este padecimiento. En el caso de Sonora, la concentración relativa es decreciente a pesar de que durante los primeros años del periodo estudiado se tuvo una concentración superior al nivel nacional.

La siguiente estimación incorpora la proporción de la población que se clasifica con sobrepeso, según el índice de masa corporal según los datos de la Ensanut (INSP, 2016). La proporción de personas con sobrepeso en la población es una variable de interés comúnmente documentada en la literatura como determinante principal en el desarrollo de diabetes. La figura 4 representa para 2015 el LQ en el eje de las abscisas, la proporción de la población estatal en la condición de sobrepeso en el eje de las ordenadas al origen y la tasa de morbilidad por padecimientos renales representada mediante el tamaño de la circunferencia en cada observación para los 32 estados del país.

Para facilitar la interpretación se incluye una línea vertical de referencia en el valor LQ=1. Esta indica la proporción observada a escala nacional, de tal manera que los estados que se encuentran a la derecha presentan una concentración relativa superior y viceversa. Las entidades se agrupan en tres regiones: Frontera Norte, comprende aquellos estados que colindan con Estados Unidos de América; Frontera Sur, que comprende aquellos estados en la península de Yucatán o que se colindan con Guatemala y Belice; y región centro para el resto de las entidades.

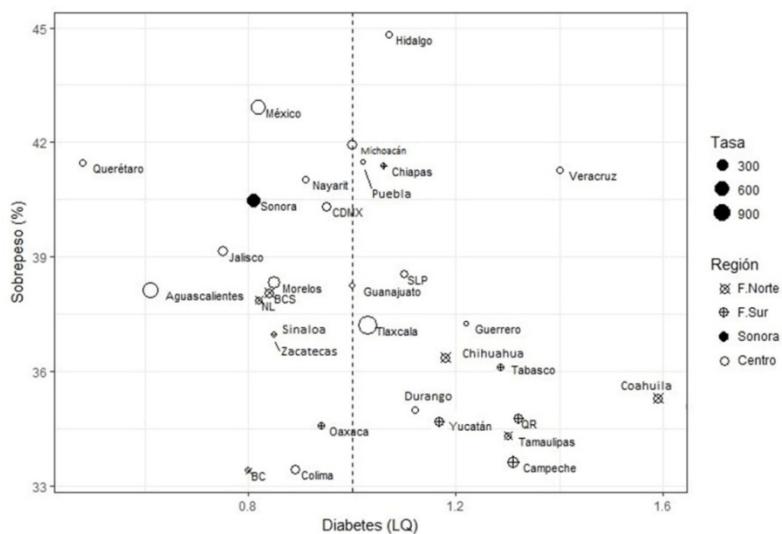


Figura 4. Tasa de morbilidad ajustada por edad y sexo, padecimientos renales y determinantes clínicos tradicionales: Diabetes y sobrepeso según región del país (2015).

Fuente: Elaboración propia con datos de Sinais (2012) y Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut).

Si bien se valida una relación positiva entre los determinantes sobrepeso y el patrón de concentración por casos de diabetes en algunas entidades como Aguascalientes, Jalisco, México Nayarit, Michoacán, Hidalgo, en el caso de Sonora, en particular, a pesar de que registra una proporción superior al 40% de su población con sobrepeso y una de las tasas de morbilidad por padecimientos renales más elevadas en el país, su posición en el indicador de concentración relativa LQ para diabetes muestra que

actualmente no presenta un escenario elevado de concentración en el contexto nacional, lo que sugiere la necesidad de considerar elementos causales adicionales para comprender la etiología en esta entidad.

A continuación, se presenta la distribución de edades de los pacientes diagnosticados con padecimientos renales, para lo cual se construyen curvas de densidad considerando dos elementos de contraste: El primero contempla en el panel a) el caso de Sonora en relación a la distribución de edades en el ámbito nacional, mientras que el segundo, indicado con el panel b), contrasta la edad de egresos hospitalarios por padecimientos renales respecto a otras causas de morbilidad únicamente para los casos en el estado de Sonora.

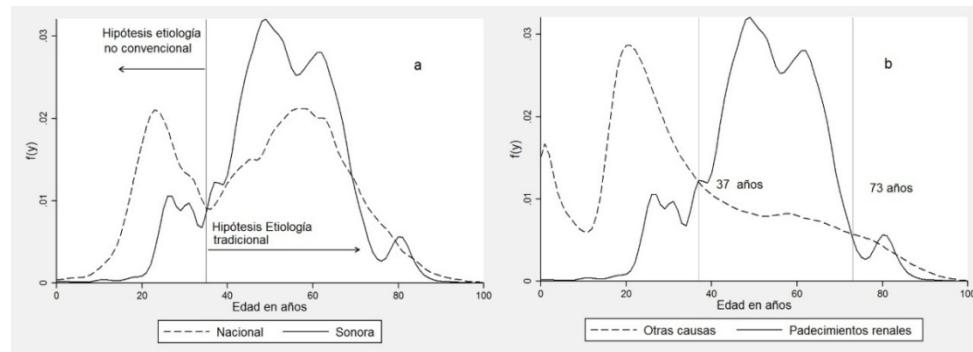


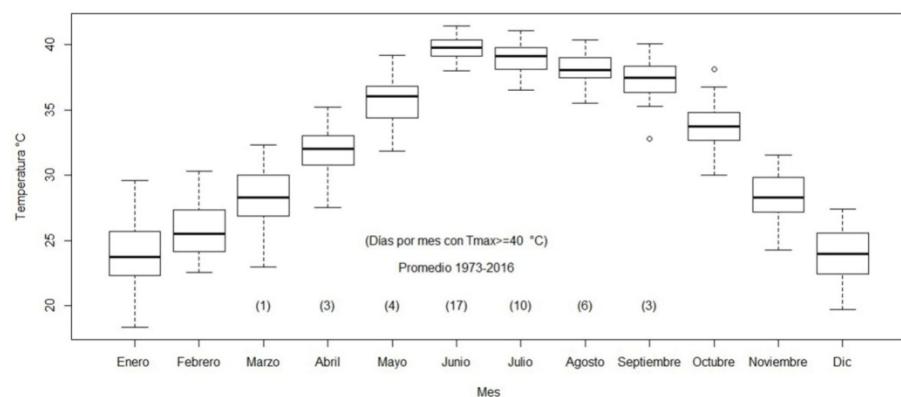
Figura 5. Distribución de edad de egresos hospitalarios en padecimientos renales (2015).  
Fuente: Elaboración propia con datos de Sinais (2015).

La estimación permite observar un patrón consistente con el postulado de la HET discutida previamente, en el que se asume que los padecimientos renales son generalmente un resultado del avance de otros padecimientos crónicos de salud, como diabetes e hipertensión, por lo que su manifestación es a una edad relativamente avanzada en la vida de los individuos. La figura 2 b) muestra una concentración mayoritaria de los casos en un rango de edades que oscila entre los 37 y los 73 años para el caso de Sonora.

La estimación permite advertir, además, la presencia de un conjunto de pacientes que está registrando este padecimiento a una edad temprana (panel a). Es precisamente este conjunto de personas que han despertado el interés por la investigación de los posibles elementos causales, ya que la manifestación del padecimiento presenta rasgos no convencionales en cuanto a la etiología que pueden ser consistentes con otras causas.

Una de las principales líneas de investigación se ha dirigido hacia la investigación de la calidad de los recursos hídricos a nivel local, así como también sobre los hábitos de hidratación. La evidencia empírica muestra que estos factores pueden incidir en la función renal, sobre todo ante la exposición de largo plazo a elementos nocivos.

El caso de Sonora es especial en cuanto al tema de los hábitos de hidratación, ya que presenta uno de los regímenes climáticos más extremos del país; de hecho, acorde con información de la estación climatológica 26138: Hermosillo II, que es operada por el sistema meteorológico nacional, durante los últimos 43 años se han registrado temperaturas superiores a los 40 °C en un promedio de 17 días para los meses de junio y en 10 días en los meses de julio. La gráfica muestra el comportamiento climático en esta zona del país.



**Figura 6.** Caracterización histórica de temperatura en Hermosillo (estación climatológica 26138) 1973-2016.

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (Estación climatológica 26138). Hermosillo II (DGE)  
Latitud: 0029.099; Longitud: -110.954; Altitud: 221 msnm.

Enseguida se emplea la herramienta estadística de regresión logística para estimar los cocientes de momios y las probabilidades asociadas a presentar un caso de padecimiento renal en Sonora, en contraste al ámbito nacional, incluyendo la interacción con las variables demográficas edad y sexo. La tabla 1 muestra los coeficientes estimados y la figura 7 indica la representación de las probabilidades correspondientes.

**Tabla 1.** Modelo de regresión logística. Padecimientos renales crónicos, Sonora, México, 2015. **Variables dependiente: PRC.**

	RM	SE	Z	P>z	[95% CI]
Edad	1.02	0.0	263.0	0.0	1.020
Sonora	1.59	0.0	22.4	0.0	1.524
<i>Categoría base: incidencia nacional</i>					
Sonora-Edad	1.01	0.0	31.4	0.0	1.010
<i>Categoría base: Nacional</i>					
Sexo	0.42	0.0	-230.8	0.0	0.415
<i>Categoría base: Hombres</i>					
Sexo-Sonora	0.76	0.0	-16.7	0.0	0.741
<i>Categoría base: H-Nacional</i>					
Constante	0.00	0.0	-777.5	0.0	0.026

Fuente: Elaboración propia con datos de Sinais (2015).

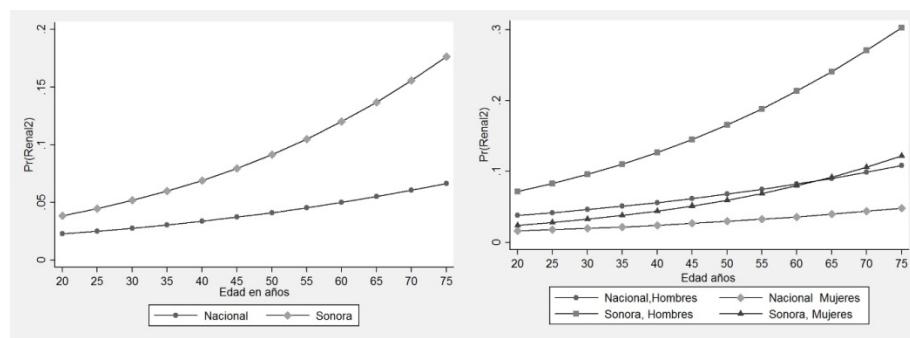


Figura 7. Probabilidades estimadas, modelo logístico, padecimientos renales Sonora, México, 2015.

Fuente: Elaboración propia con datos de Sinais (2015).

La estimación permite corroborar la evidencia encontrada por el cálculo de las tasas de morbilidad y confirma la información observada mediante el análisis exploratorio de la estructura de edad de los pacientes. Así, la población en el estado de Sonora presenta una probabilidad superior estadísticamente significativa en relación con el contexto nacional de presentar PRC, esta probabilidad se incrementa con la edad y es estadísticamente mayor para el sexo masculino.

A continuación se ofrece una primera aproximación para analizar la calidad de los recursos hídricos en la entidad; la siguiente estimación presenta los resultados del proyecto de monitoreo de calidad de agua realizados por la Conagua en 2016 en conjunto con la red hidrológica superficial del estado; en particular, se destaca la ubicación del río Sonora por su importancia como medio de transporte de recursos hídricos hacia las obras de almacenamiento que abastecen a la capital del estado, la ciudad de Hermosillo.

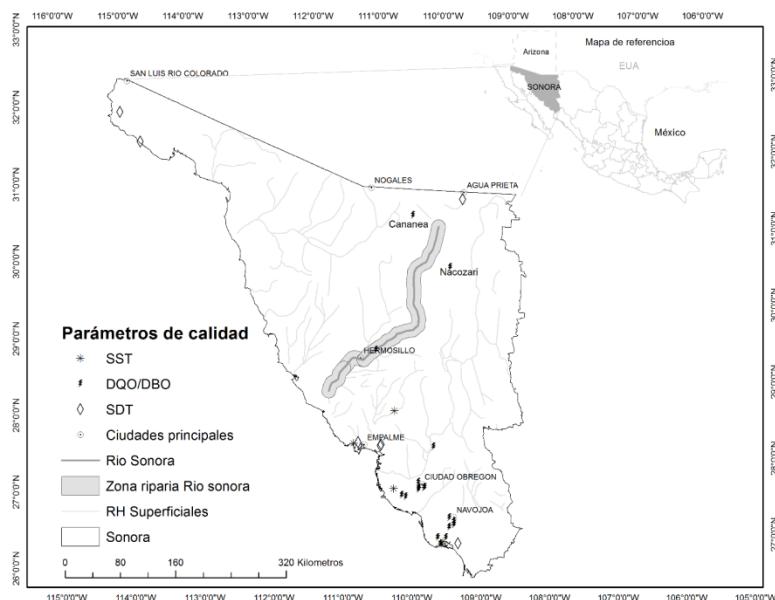


Figura 8. Red de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, Sonora, 2016.

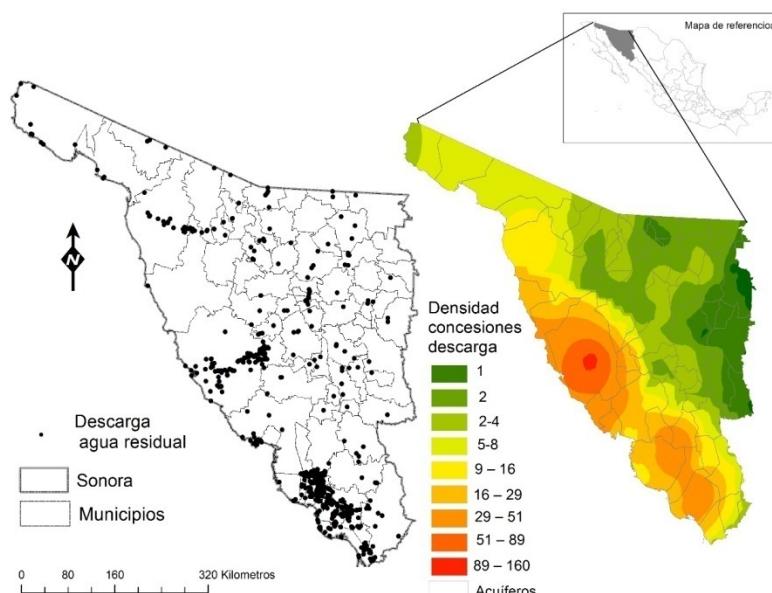
Fuente: Elaboración propia con datos de Conagua. Proyecto red de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos.

La estimación muestra los parámetros de calidad asociados con los sitios de monitoreo considerados en la entidad. En las inmediaciones de áreas poblacionales en el estado como Navojoa y Ciudad Obregón se observa presencia de sitios contaminados que superan la norma en parámetros como demanda bioquímica de oxígeno (DBO) o demanda química de oxígeno (DQO), lo que implica la presencia de aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales. El problema de calidad de los recursos hídricos, es también evidente en la región norte del estado principalmente en las inmediaciones de importantes sitios de actividad minera como las ciudades de Cananea y Nacozari, en donde se ubican los dos complejos principales productores de cobre en México, las minas: Buenavista del cobre y La Caridad.

Estos son particularmente relevantes, ya que se ubican en los linderos del principal río del estado (el río Sonora<sup>4</sup>) que atraviesa la entidad para desembocar en la presa El Molinito y Abelardo R. Rodríguez, sitios de suministro de agua para consumo doméstico en la ciudad de Hermosillo, la capital del estado.

Adicionalmente, se observa contaminación por SDT y, en menor medida, sitios que rebasan la norma por sólidos suspendidos totales, principalmente en áreas poblacionales de la costa como Empalme.

La figura siguiente presenta el resultado del modelo Kriging empírico Bayesiano para la estimación de la superficie de densidad de concesiones para descarga de agua residual en la entidad, esta es una variable de interés dado el potencial para incidir de forma negativa en la calidad de los recursos hídricos.



**Figura 9.** Localización de las concesiones para descarga de agua residual, Sonora, 2015.  
Fuente: Elaboración propia con datos del Registro Público de Derechos de Agua (Repda), 2015.

Se identifican dos centros de atención. El primero comprende a los municipios de Cajeme, Navojoa y Huatabampo, principalmente en la porción sur del estado donde se observa la presencia de aguas

<sup>4</sup>Si bien históricamente el estado de Sonora presenta una vocación minera y es actualmente un líder nacional en esta actividad, la relación de la mina Buena Vista del cobre y el río Sonora adquiere pertinencia en el contexto de la calidad de los recursos hídricos, sobre todo ante la ocurrencia de eventos como el derrame de 40 mil m<sup>3</sup> de una solución de sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>) en las inmediaciones del río Bacanuchi, afluente del río Sonora, en agosto de 2014. Esta contingencia ambiental derivó, entre otros impactos, en la sanción económica más alta de la historia impuesta por la legislación ambiental en México.

superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales, consistente con las mediciones de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad de las Aguas Nacionales en esta zona, mismas que rebasan los límites en parámetros de calidad como demanda bioquímica de oxígeno (DQO) superiores a 200mg/L, lo que implica un área de atención con potencial impacto negativo para la salud. Un segundo centro de atención es el área de la costa de Hermosillo, que es de consideración dada la relevancia de la principal área urbana del estado y donde se tiene importante actividad agroindustrial.

Con la finalidad de tener una perspectiva con mayor detalle de la interacción de los recursos hídricos superficiales del estado con las potenciales fuentes contaminantes de origen antropogénico, se propone a continuación la regionalización de la entidad, considerando como unidad de integración la cuenca hidrográfica.

Asimismo, se incorporan las principales corrientes superficiales de la entidad y la ubicación de los sitios de actividad minera, actividad que es reconocida por su notable emisión de elementos contaminantes que en su interacción con los recursos hídricos representa un mecanismo de exposición a elementos que impactan la salud de las poblaciones. Este criterio permite clasificar a la entidad en cinco regiones<sup>5</sup>. El resultado se muestra en la figura 8.

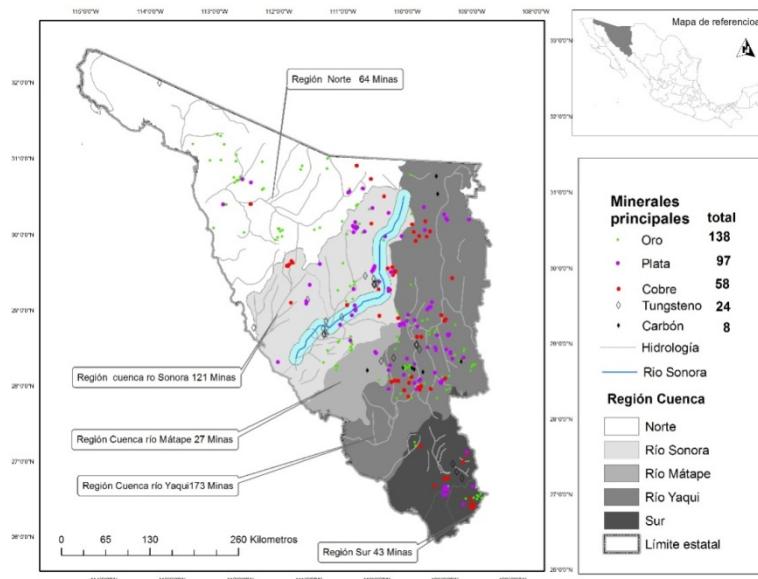


Figura 10. Localización de sitios de actividad minera en el estado.

Fuente: Elaboración propia con datos de Conagua (INEGI, 2002): Conjunto de datos vectoriales Geológicos (Escala 1:1 000 000).

La regionalización permite tener un contexto de la presión antropogénica que se ejerce sobre los recursos de la entidad y, en especial, la configuración hidrográfica del estado y su conexión con los principales centros poblacionales indican la existencia de riesgos de la contaminación de los recursos hídricos locales. Se observa que la región del Río Yaqui, cuyo centro poblacional principal es ciudad Obregón contiene la

<sup>5</sup>Región 1 (Sur): integrada por las cuencas de los ríos Mayo, Fuerte y el estero de Bacorehuis, con 43 minas. Región 2 (río Yaqui): Integrada por la cuenca del río Yaqui, con 173 minas. Región 3 (empalme): integrada por la cuenca del río Matapé, con 27 minas. Región 4 (río Sonora): integrada por las cuencas del río Sonora y río Bacoachi, con 121 minas. Región 5 (Norte): integrada por las cuencas Bacanora-Mejorada, río Colorado, Desierto de Altar-río Bamorí, río. Región 5 (Norte): integrada por las cuencas Bacanora-Mejorada, río Colorado, Desierto de Altar-río Bamorí, río Concepción-Arroyo Cocospera, San Ignacio, con 64 minas.

mayor proporción de sitios mineros con el 40.04% del total; sin embargo, la región del río Sonora, que representa el 28.2% del total de los sitios con actividad minera del estado, es una región particularmente vulnerable debido a la conexión que el río Sonora representa entre Hermosillo y las ciudades de Cananea y Nacozari en el noreste de la entidad, donde se localizan los complejos de extracción de cobre más grandes del país.

## Discusión

La evidencia presentada con relación a la distribución espacial de los padecimientos renales en México permite identificar que el estado de Sonora representa un centro de atención para este problema de salud pública.

La evolución temporal observada en el estado da cuenta de un fenómeno que avanza a un ritmo considerablemente superior al resto de las causas de mortalidad en la entidad. Sin embargo, mientras los resultados del análisis exploratorio de datos sobre los determinantes muestran rasgos consistentes con los postulados de la hipótesis de la etiología tradicional, también se detectó un patrón en el desarrollo de la enfermedad para individuos en rangos de edades que no corresponden con el cuadro clásico en el marco de la evolución de diabetes e hipertensión.

Esa evidencia sugiere que, en el caso del estado de Sonora, el desarrollo de padecimientos renales, además de mostrar un fuerte componente tradicional, coexiste con un importante grupo poblacional, cuya incidencia se asocia a elementos consistentes con la hipótesis de enfermedad renal mesoamericana, discutida por autores como Lozier *et al.* (2016), Moreno *et al.* (2017), entre otros. En particular, los resultados sobre la tendencia decreciente observada durante los 17 años de información comprendidos desde 1998 hasta el 2015 en el indicador relativo de concentración LQ para los casos de diabetes, indicador que alcanzó como valor promedio en todo el periodo  $LQ=0.83$ , permiten suponer que otros elementos causales están impactando el crecimiento observado en los casos de padecimientos renales en la entidad.

Considerando las características climáticas extremas únicas de Sonora, en conjunto con la evidencia presentada sobre la calidad de los recursos hídricos en la entidad ante la vocación productiva del estado, se considera que existen elementos que muestran la necesidad de indagar la hipótesis de enfermedad renal mesoamericana con mayor detenimiento.

Por su parte, los resultados obtenidos por el modelo de regresión logística, sugieren la necesidad de realizar estudios focalizados dirigidos a la población masculina, ya que la relación de causalidad en este caso es más compleja del planteamiento al que se limita la hipótesis de etiología tradicional (HET). ,

A pesar de que la información analizada con relación a la calidad de los recursos hídricos no permite hacer inferencias definitivas sobre la relación de causalidad, se argumenta que la integración de los elementos presentados aporta un escenario base para el desarrollo de investigaciones dirigidas a grupos poblacionales específicos a una escala local consistente con la propuesta de estudios pioneros en esta perspectiva, como los trabajos de Góngora-Ortega *et al.* (2008) y Ortega-Romero *et al.* (2016).

Más aún, dado el ritmo de crecimiento documentado de este fenómeno de salud pública en Sonora, y considerando la estructura de costos para la atención de los padecimientos renales en México que muestra que los costos por hospitalización representan el 60% de la estructura total de gasto en esta enfermedad, se proyecta la necesidad de inversiones adicionales para satisfacer la demanda generada por este grupo de pacientes a corto plazo, y se percibe este fenómeno de salud pública como una prioridad desde el punto de vista de la sostenibilidad del sistema de salud en México, por lo que integrar los elementos

expuestos sobre los determinantes ambientales permitiría contribuir al diseño de estrategias preventivas focalizadas que permitan realizar una asignación eficiente de los recursos disponibles en este caso.

## Referencias

- Arce, F., Salvatierra-Izaba, B., Nazar, A., Zapata, E., Sánchez, G., & Mariaca, R. (2018). Gasto familiar del tratamiento con hemodiálisis en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, para población abierta y afiliada a los servicios de salud. *Población y Salud en Mesoamérica*, 16(1), 1-21. doi: <https://doi.org/10.15517/psm.v1i1.30937>.
- Baquero, A., & Alberú, J. (2011). Desafíos éticos en la práctica de trasplantes en América Latina: Documento de Aguascalientes. *Revista Nefrología*, 31(3), 275-285. doi: <https://doi.org/10.3265/Nefrologia.pre2011.Feb.10820>
- Calderón, G., & Elbittar, A. (2010). Asignación de trasplantes renales en México: Estimación de un sistema de puntaje. *El Trimestre Económico*, 77(305), 43-67.
- Centro Nacional de Trasplantes (Cenatra). (2017). ¿Cuántas personas requieren recibir un trasplante? [En línea]. Recuperado el 09 de abril de 2018 de [http://cenatra.salud.gob.mx/transparencia/trasplante\\_estadisticas.html](http://cenatra.salud.gob.mx/transparencia/trasplante_estadisticas.html)
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2016). Red Nacional de Monitoreo de la Calidad de las Aguas Nacionales de Conagua. [En línea]. Recuperado el 13 de enero de 2018 de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/red-nacional-de-monitoreo-de-la-calidad-de-las-aguas-nacionales-de-conagua>
- Correa-Rotter, R., Wesseling, C., & Johnson, R. (2014). CKD of unknown origin in Central America: The case for a Mesoamerican nephropathy. *American Journal of Kidney Diseases*, 63(3), 506-520. doi: <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2013.10.062>
- Flores, J., Alvo, M., Borja, H., Morales, J., Vega, J., Zúñiga, C., Müller, H., & Münzenmayer, J. (2009). Enfermedad renal crónica: Clasificación, identificación, manejo y complicaciones. *Revista Médica de Chile*, 137(1), 137-177. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872009000100026>
- Góngora-Ortega, J., Serna-Vela, F., Gutiérrez-Mendoza, I., Pérez-Guzmán, C., Hernández-Garduño, E., & Ron-Torres, O. (2008). Prevalencia de enfermedad renal crónica en niños de Aguascalientes, México. *Salud Pública de México*, 50(6), 436-437.
- Haynes, R., & Winearls, C. (2010). Chronic kidney disease. *Surgery*, 28(11), 525-529. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2010.08.003>
- Hernández, V., Bueno, J., Sánchez, A., García, J., Trejo, R., Bonilla, A., & Márquez, C. (2003). Fluorosis y caries dental en niños de 9 a 11 años del estado de Aguascalientes, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 19(4), 197-204.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2002). Conjunto de datos vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Minas otras ubicaciones geológicas. Recuperado el 20 de diciembre de 2016 de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267612>
- Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). (2007). Evaluación de los riesgos considerados en el programa de administración de riesgos institucionales 2007. Recuperado el 08 de enero de 2017 de <http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/pdf/estadisticas/PARI/parievaluacion2007.pdf>
- Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). (2017). Informe al Ejecutivo Federal y al Congreso de la Unión 2016-2017. Recuperado el 25 de marzo de 2018 de <http://www.imss.gob.mx/conoce-al-imss/informe-2016-2017>
- Instituto Nacional de Salud Pública (INSP). (2016). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut) 2016. Recuperado de <http://ensanut.insp.mx/>
- Krieger, N. (1994). Epidemiology and the web of causation: Has anyone seen the spider? *Social Science & Medicine*, 39(7), 887-903. doi: [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(94\)90202-X](https://doi.org/10.1016/0277-9536(94)90202-X)
- Kupferman, J., Amador, J., Lynch, K., Laws, R., López-Pilarte, D., Ramírez-Rubio, O., Kaufman, J., Lau, J., Weiner, D., Robles, N., Verma, K., Scammell, M., McClean, M., Brooks, D., & Friedman, D. (2016). Characterization of Mesoamerican

- nephropathy in a kidney failure hotspot in Nicaragua. *American Journal of Kidney Diseases*, 68(5), 716-725. doi: <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2016.06.012>
- Levin, A., Tonelli, M., Bonventre, J., Coresh, J., Donner, J., Fogo, A., Fox, C., Gansevoort, R., Heerspink, H., Jardine, M., Kasiske, B., Kötgen, A., Kretzler, M., Levey, A., Luyckx, V., Mehta, R., Moe, O., Obrador, G., Pannu, N., Parikh, C., Perkovic, V., Polloc, C., Stenvinkel, P., Tuttle, K., Wheeler, D., & Eckardt, K. (2017). Global kidney health 2017 and beyond: A roadmap for closing gaps in care, research, and policy. *The Lancet*, 390, 1888-1917. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30788-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30788-2)
- Liao, J., Wen, Z., Ru, X., Chen, J., Wu, H., & Wei, C. (2016). Distribution and migration of heavy metals in soil and crops affected by acid mine drainage: Public health implications in Guangdong Province, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 124, 460-469. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.11.023>
- Loria, E., & Salas, E. (2014). Sobre peso e integración económica en México. *Economía Informa*, 2014(389), 3-18. doi: [https://doi.org/10.1016/S0185-0849\(14\)72171-1](https://doi.org/10.1016/S0185-0849(14)72171-1)
- Lozier, M., Turcios-Ruiz, R., Noonan, G., & Ordunez, P. (2016). Chronic kidney disease of nontraditional etiology in Central America: A provisional epidemiologic case definition for surveillance and epidemiologic studies. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 40(5), 294-300.
- Manzanares, J. (2017). Type 2 diabetes mortality at Mexican borders. *Población y Salud en Mesoamérica*, 14(2), 1-21. doi: <http://dx.doi.org/10.15517/psm.v14i2.27028>
- Manzanares, J. (2016). Calidad de los recursos hídricos en el contexto de la actividad económica y patrones de salud en Sonora, México. *Salud Colectiva*, 12(3), 39-414. doi: <https://doi.org/10.18294/sc.2016.811>
- Marmot, M., & Wilkinson, R. (2006). *Social determinants of health*. Oxford: Oxford University Press.
- Moreno, I., Castro, F., Gómez, B., Cuero, C., & Motta, J. (2017). Chronic kidney disease in Panama: Results from PREFREC study and national mortality trends. *Kidney International Reports*, 2(6), 1032-1041. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2017.05.016>
- Navarro, O., González, J., Júnez-Ferreira, H., Bautista, C., & Cardona, A. (2017). Correlation of arsenic and fluoride in the groundwater for human consumption in a semiarid region of Mexico. *Procedia Engineering*, 186, 333-340. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.259>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). Ten years in public health, 2007–2017: Report by Dr Margaret Chan. Director-General, Geneva. Recuperado de <http://www.who.int/publications/10-year-review/en/>
- Ortega-Romero, M., Hernández, A., Medeiros-Domingo, M., & Barbier, O. (2016). Evaluation of risk factors for renal disease in a pediatric Mexican mestizo population from Apizaco in Tlaxcala Mexico. *Toxicology Letters*, 259, 1-242. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.toxlet.2016.07.581>
- Registro Público de Derechos de Agua (Repda). (2015). Descargas de aguas residuales. Recuperado el 15 de junio de 2017 de <https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx>
- Servicios Meteorológico Nacional (SMN). (2017). Estaciones Meteorológicas Automáticas. Recuperado el 27 de febrero de 2018 de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>
- Sistema Nacional de Información en Salud (Sinais). (2015). Egresos hospitalarios, bases de datos en formato estándar. Recuperado de [http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/sinais/s\\_index.html](http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/sinais/s_index.html)
- Tsuboi, N., Okabayashi, Y., Shimizu, A., & Yokoo, T. (2017). The renal pathology of obesity. *Kidney International Reports*, 2(2), 251-260. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2017.01.007>
- Weaver, V., Fadrowski, J., & Jaar, B. (2015). Global dimensions of chronic kidney disease of unknown etiology (CKDu): A modern era environmental and/or occupational nephropathy? *BMC Nephrology*, 16(145), 1-8. doi: <https://doi.org/10.1186/s12882-015-0105-6>
- Webster, A., Nagler, E., Morton, R., & Masson, P. (2017). Chronic Kidney Disease. *The Lancet*, 389(10075), 1238-1252. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)32064-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(16)32064-5)

White, S., Chadban, S., Jan, S., Chapman, J., & Cass, A. (2008). How can we achieve global equity in provision of renal replacement therapy? *Bulletin of the World Health Organization*, 86(3), 229-237.

Wickramarathna, S., Balasooriya, S., Diyabalanage, S., & Chandrajith, R. (2017). Racing environmental a etiological factors of chronic kidney diseases in the dry zone of Sri Lanka—A hydrogeochemical and isotope approach. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 44, 298-306. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2017.08.013>

Zheng, L., Sanders, A., Saland, J., Wright, R., & Arora, M. (2017). Environmental exposures and pediatric kidney function and disease: A systematic review. *Environmental Research*, 158, 625-648. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.029>.