

Artículo de investigación

# Modelaje por conglomerados de enfermedad renal crónica en la zona metropolitana de San Luis Potosí, México.

Karla Issel Lara Rojas<sup>1\*</sup>, Jaqueline Calderón Hernández<sup>2</sup>, Idida Eunice Tello Cruz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

<sup>2</sup> Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

<sup>3</sup> Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

\* E-mail: [issellr@live.com](mailto:issellr@live.com)

Recibido: 6/11/2020; Aceptado: 26/02/2021; Publicado: 15/06/2021

## Resumen

La enfermedad renal crónica es un grave problema de salud pública, para valorar su magnitud, se debe establecer su comportamiento en el espacio geográfico y analizar los factores asociados en el acelerado incremento de su prevalencia. El objetivo fue identificar conglomerados de enfermedad renal crónica en la zona metropolitana del estado de San Luis Potosí, México, mediante la determinación del patrón geográfico de la prevalencia y su asociación con variables sociodemográficas y factores ambientales. Estudio retrospectivo, con enfoque espacial, se calculó la tasa de prevalencia a nivel de Área Geoestadística Básica. Usando el software SatScan™ se realizó un análisis puramente espacial para identificar conglomerados de la enfermedad. El análisis puramente espacial identificó tres conglomerados estadísticamente significativos ( $p \leq 0.05$ ) ubicados al centro-sur, sur-suroeste y noroeste de la zona de estudio, los cuales presentan un riesgo relativo de 5, 2 y 3 veces más de presentar la enfermedad, respectivamente. Al conocer el comportamiento observado de la enfermedad, se debe realizar la vigilancia epidemiológica de la misma.

**Palabras clave:** Enfermedad renal crónica; análisis por conglomerados; análisis espacial; vigilancia epidemiológica.

## Cluster modeling of chronic kidney disease in the metropolitan area of San Luis Potosi, Mexico.

### Abstract

Chronic kidney disease is a serious public health problem, to assess its magnitude, its behavior in the geographical space must be established and the factors associated with the accelerated increase in its prevalence must be analyzed. The objective was to identify conglomerates of chronic kidney disease in the metropolitan area of the state of San Luis Potosi, Mexico, by determining the geographical pattern of prevalence and its association with sociodemographic variables and environmental factors. Retrospective study, with a spatial approach, the prevalence rate was calculated at the level of the Basic Geostatistical Area. Using the *SatScan*™ software a purely spatial analysis was performed to identify disease clusters. The purely spatial analysis identified three statistically significant conglomerates ( $p \leq 0.05$ ) located in the center-south, south-southwest and northwest of the study area,

which present a relative risk of 5, 2 and 3 times more of presenting the disease., respectively. Knowing the observed behavior of the disease, epidemiological surveillance of it should be carried out.

**Keywords:** Chronic kidney disease, cluster analysis, spatial analysis, epidemiological surveillance

## 1. Introducción

La enfermedad renal crónica (ERC) (CIE-N18) se define como la disminución de la función renal, expresada por una tasa de filtración glomerular  $<60$  mL/min/1.73m<sup>2</sup>, así como la presencia de marcadores de daño renal de manera persistente al menos durante 3 meses (alteraciones histológicas, albuminuria  $\geq 30$  mg/24 horas, presencia de electrolitos y otras anormalidades debido a trastornos tubulares, alteraciones del sedimento urinario, o alteraciones de prueba de imagen) (CENETEC, 2019) (KDIGO, 2012).

La ERC es de evolución progresiva, degenerativa y sus defectos fisiológicos funcionales se presentan en etapas avanzadas, cuando es requerido un tratamiento sustitutivo como la diálisis peritoneal, hemodiálisis o el trasplante renal (OPS, 2013). Estas condiciones de discapacidad severa y crónica desencadenan muertes prematuras, las cuales pueden ser medidas mediante un indicador sintético de salud como lo son los años de vida ajustados por discapacidad (DALY, por sus siglas en inglés). Entre los años de 1990 a 2010, hubo un incremento del 58% de DALYs en América Latina y el Caribe (González-Bedat, et al, 2015). De acuerdo con datos del Instituto de Evaluación y Métrica en Salud (IHME, por sus siglas en inglés), los países con mayor número de DALYs en esta zona geográfica, en población de ambos sexos económicamente activa (15-49 años) son El Salvador (1001.3), Nicaragua (720.92), México (674.92) y Guatemala (554.08). Entre 1990 a 2017, bajo estos mismos indicadores sociodemográficos, en México la ERC ha presentado un incremento del 248.53% de DALYs, cambiado de la posición número 56 a la posición número 17 dentro de las primeras causas de morbilidad y muerte prematura. Los estados que más número de DALY registran debido a la enfermedad son Tlaxcala (901.99), Puebla (828.46) y Estado de México (869.94), mientras que San Luis Potosí, reporta 539.73 (IHME, 2019).

La complejidad de la enfermedad y su tratamiento; así como su elevada prevalencia, la ubican como uno de los principales problemas de salud pública a nivel internacional como nacional; que impone grandes desafíos para los sistemas de salud. En México, algunas condiciones asociadas al incremento constante de la ERC; son la ausencia de un registro unificado de enfermos renales a nivel nacional; que dificulta valorar la magnitud del problema. Por lo tanto, se genera la limitación del análisis de costos y uso de los recursos, la planeación de las acciones de prevención y detección oportuna; incrementándose la demanda de servicios especializados. Ello genera altos costos que consumen gran parte del presupuesto institucional y los gastos catastróficos que enfrentan familias con pacientes renales (Tamayo y Orozco, 2016).

La ERC se desarrolla como resultado de complicaciones de otras enfermedades, tales como diabetes mellitus (DM) e hipertensión arterial (HTA) (Ávila-Saldívar et al, 2013); estos padecimientos han sido reconocidos como uno de los factores de riesgo de acuerdo a la Guía de Práctica Clínica del Sistema de Salud Mexicano (CENETEC, 2019). Sin embargo, hay evidencia del desarrollo de la enfermedad no relacionada a DM e HTA; esta se le ha denominado ERC por causa no especificada (ERCne), debido a que se relaciona con factores ambientales tales como la exposición a la aristoloquina (Grollman, et al, 2007), plaguicidas (Payán-Rentería et al, 2016) (Jayasinghe, 2014) (García-Trabanino et al, 2016), metales pesados (plomo, cadmio), arsénico (As) y flúor (F) (Rango et

al, 2015) (Wasana et al, 2016), así como por estrés térmico y deshidratación al realizar trabajos prolongados en campos agrícolas (Roncal-Jiménez et al, 2015) (García-Trabanino et al, 2015). La ERCne se caracteriza porque esta se encuentra presente en ciertas zonas geográficas como el caso de los Balcanes en Europa (Grollman et al, 2007), en Centroamérica (El Salvador, Guatemala, Nicaragua) (Payán-Rentería et al, 2016) y Sri Lanka (Wasana et al, 2016), sin embargo, los factores de riesgo medio ambiental involucrados en el desarrollo de la enfermedad difieren en cada zona identificada; es decir que esta presenta variación geográfica en su comportamiento.

Para atender y valorar la magnitud de la ERC, se debe considerar no sólo la etiología de la enfermedad y del estadio de pacientes registrados, sino además, establecer el comportamiento de la misma en el espacio geográfico (a través de los datos domiciliarios de los pacientes) y analizar los factores asociados en el acelerado incremento de su prevalencia y dada la dificultad para contar con información que permita visualizar el comportamiento de la enfermedad en el espacio; este trabajo emplea técnicas de epidemiología espacial para llevar a cabo un estudio cuantitativo de la enfermedad, mediante el uso del software *SatScan*<sup>TM</sup> para llevar a cabo la vigilancia geográfica de la ERC mediante la identificación de conglomerados (zona geográfica con exceso de casos de la enfermedad de interés) estadísticamente significativos para comprobar si la enfermedad, principalmente la ERCne, se distribuye aleatoriamente en el espacio o tiene un componente geográfico y con ello las posibles causas asociadas con la enfermedad (Kulldorf, 2018) (SatScan, 2005). El objetivo del presente estudio es identificar los conglomerados de ERC en la zona metropolitana de la capital del estado de San Luis Potosí (SLP), México, mediante la determinación del patrón geográfico de la prevalencia y su posible asociación con variables sociodemográficas y factores de riesgo medio ambientales.

## 2. Materiales y métodos

*2.1. Obtención de datos y georreferenciación:* Este estudio forma parte de una investigación sobre la distribución espacial de la ERC en el estado de SLP, México, realizada por dichos autores.

Se llevó a cabo un estudio retrospectivo, a través de datos secundarios con enfoque espacial, de los derechohabientes diagnosticados clínicamente con ERC que reciben tratamiento sustitutivo de diálisis peritoneal o hemodiálisis dentro de los límites geográficos del estado de SLP, el tiempo de recolección de los datos comprendió de mayo del 2018 a mayo del 2019. Para ello se siguieron los lineamientos éticos y legales con previa autorización del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)-BIENESTAR y del Padrón de Beneficiarios del Seguro Popular (SP) pertenecientes al Programa de Desarrollo Integral de la Familia (DIF) estatal. Los criterios de inclusión comprendieron: casos vivos, ambos sexos, todas las edades, aquellos incidentes al momento de la investigación, que contaran con expediente clínico en estado físico o electrónico y que residieran en el espacio geográfico de estudio, siendo esta las ciudades de SLP y de Soledad de Graciano Sánchez (SGS), las cuales en conjunto forman la zona metropolitana (ZM) del estado de SLP, México.

Para la georreferenciación de los datos, se consideró cualquier componente geográfico como el domicilio, colonia o código postal de residencia de los casos. Mediante la herramienta Google maps, se obtuvieron las ubicaciones correspondientes en el sistema de coordenadas World Geodetic System 1984 (WGS84).

Utilizando el *Mapa Digital de México* versión 6.3.0 (INEGI, 2020), con previa activación de las capas del Marco Geoestadístico Nacional 2019, se introdujeron cada una de las coordenadas en el buscador de esta herramienta para vincular la ubicación de los casos; ya sea a un Área Geoestadística Básica (AGEB) (mínima división territorial) que, debido a las características del tipo de uso de suelo pueden ser AGEB urbano (conjunto de manzanas delimitadas por calles, avenidas, andadores; cuyo

uso de suelo es habitacional, comercial, de servicios, etc.) o AGEB rural (uso de suelo agropecuario o forestal), así como también obtener la identidad (clave geoestadística) de los AGEB vinculados. De acuerdo al Marco Geoestadístico Nacional, la identidad a nivel AGEB, está compuesta por una clave numérica de 3 dígitos que identifican la localidad y la manzana, seguido un número que va del 0 al 9 o la letra A al final, siendo estas claves únicas e irrepetibles dentro de cada municipio y a nivel nacional (INEGI, 2010).

2.2. *Cálculo de la tasa de prevalencia (TP) correspondiente:* Se obtuvo el número de casos de ERC por cada AGEB identificado, de los cuales se calculó la edad promedio. Se utilizó el *Sistema de Consulta de Información Censal 2019* versión 05/2012 (INEGI, 2012), para conocer la población residente en cada AGEB ajustada por edad.

Se calculó la TP de ERC para cada AGEB por cada 100 habitantes mediante la siguiente fórmula:

$$TP = \frac{\text{Número total de casos existentes al momento } t}{\text{Total de la población en el momento } t} \times 100$$

2.3. *Identificación de los conglomerados:* El modelo de distribución de probabilidad se basó en un modelo discreto de Poisson, debido a que el número esperado de casos en cada AGEB es proporcional al tamaño de la población. Se realizó un análisis puramente espacial con el número de casos de ERC por AGEB de la ZM-SLP-SGS usando el software *SatScan*<sup>TM</sup> versión 9.6 circular de ventana móvil de escaneo múltiple. La hipótesis se planteó que, en cada sitio dentro de los límites geográficos, así como dentro del conglomerado, no existe una proporción elevada de casos de enfermedad en comparación con los otros lugares que están fuera de éste. El software se basó en las observaciones y el número de casos esperados en el círculo, del cual obtuvo la razón del logaritmo de verosimilitud y el riesgo relativo (RR) para cada círculo, bajo una simulación de Monte Carlo de 999 replicaciones aleatorias del conjunto de AGEB obteniendo un valor de significancia de  $p (\leq 0.05)$  (Kulldorf, 2018) (SatScan, 2005).

2.4. *Representación espacial:* La distribución espacial de los casos, los AGEB identificados con su respectiva TP y el RR de los conglomerados se representaron en un SIG mediante el software *ArcGIS* versión 10.2 (Environmental Systems Research Institute, 2013) en el sistema de coordenadas WGS84 escala 1: 150,000

### 3. Resultados

De un total de 751 casos de ERC que se distribuyen dentro de los límites geográficos del estado de SLP, el 38.8% se concentra en la ZM SLP-SGS. Se observa que la enfermedad afecta más a los hombres (55.7%) que las mujeres (44.3%). El rango de edad de los casos oscila entre los 14 a 93 años, su distribución por grupo de edad en años, es la siguiente:  $\leq 15$  (1%), de 16 a 35 (14.1%), de 36 a 55 (27.5%), de 56 a 75 (49.5%) y  $\geq 76$  (7.9%).

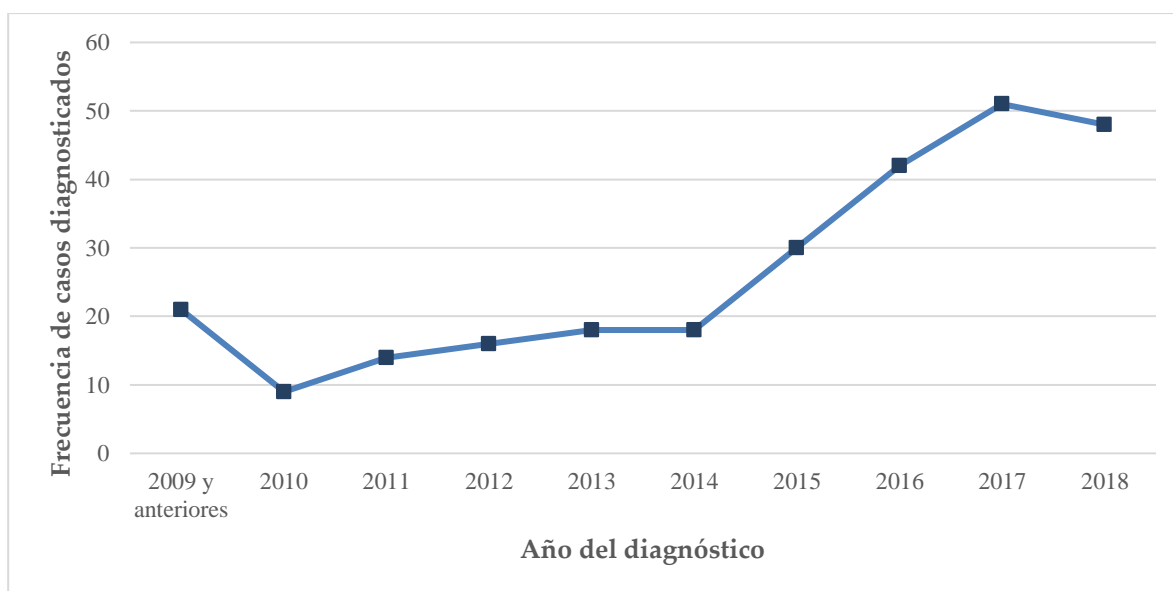
En el tipo de derechohabencia, los casos del ISSSTE aportan el mayor número de casos (65.6%); dentro de los cuáles, el 88.5% reciben el servicio médico de nefrología y hemodiálisis en la clínica de especialidades y el 11.5% son atendidos en el hospital general dentro del servicio de diálisis peritoneal. En menor porcentaje, se encuentran los beneficiarios del SP (33.7%) que reciben apoyo para el tratamiento de hemodiálisis por parte del DIF estatal y con el 0.7% los que se atienden por parte del IMSS-BIENESTAR.

De acuerdo a los datos obtenidos en la revisión de la historia clínica realizada por el médico nefrólogo en cada uno de los expedientes; en el 84.2% de los casos, la ERC se desarrolló secundariamente por complicaciones debidas a DM e HTA; el 8.9% se diagnosticó como ERCne y, en

el 6.9% la enfermedad se desarrolló debido a otras causas como glomerulonefritis, tuberculosis renal, hipoplasia renal, falla de injerto renal, uropatía obstructiva, nefropatía y amiloidosis renal.

En cuanto a la fecha del diagnóstico clínico de la enfermedad, los registros muestran que desde el año 2001 existen casos que ingresaron a terapia sustitutiva. Se observa que el periodo entre los años 2001 a 2009 hay un total de 21 casos acumulados, sin embargo, a partir del año 2010, el número de casos anuales de ERC va en incremento, siendo el año 2017 con la mayor cantidad de casos registrados (**Gráfico 1**).

**Gráfico 1.-** Frecuencia de pacientes diagnosticados clínicamente con ERC de acuerdo al año de diagnóstico en la ZM SLP-SGS



Fuente: Elaboración propia

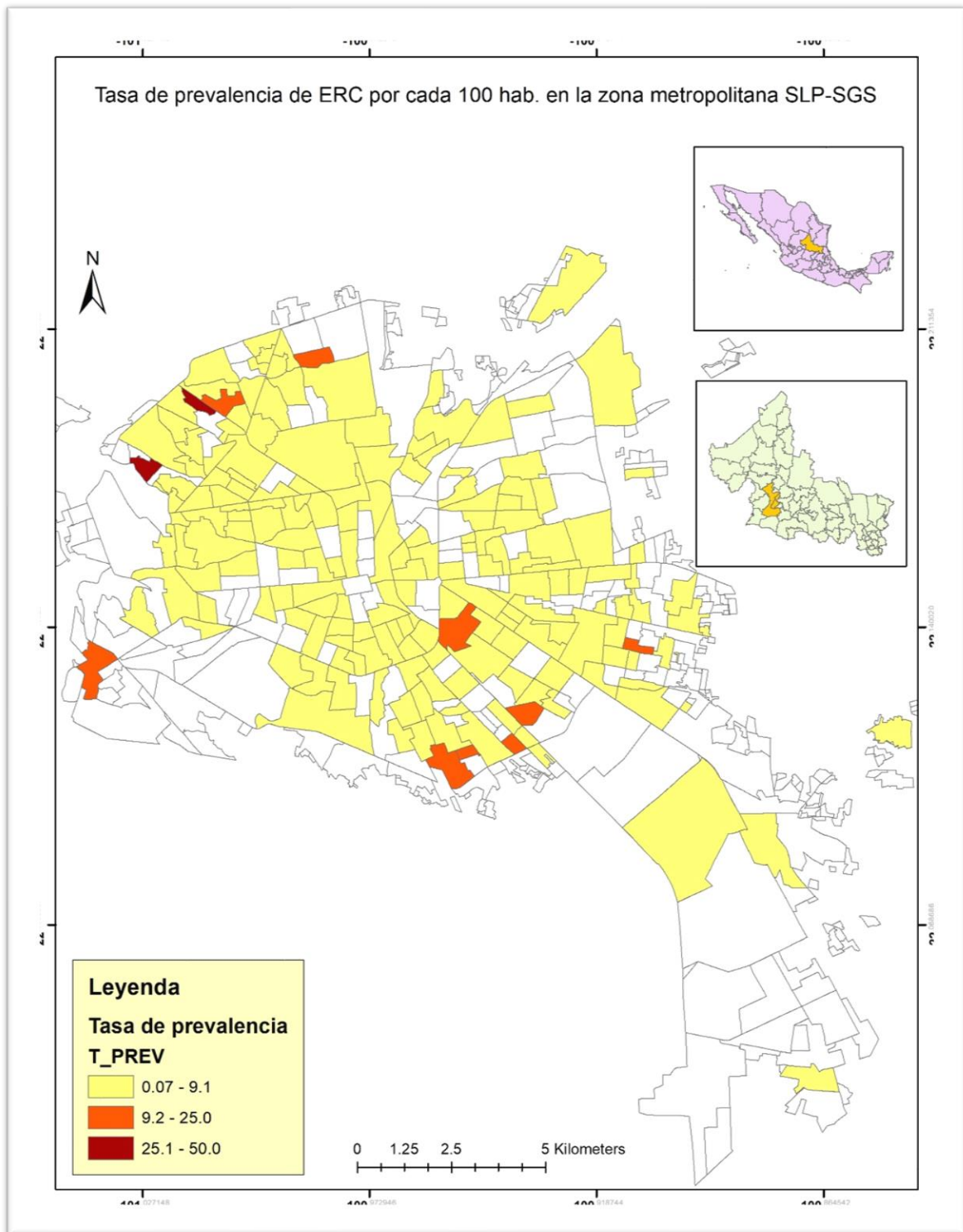
De un total de 407 AGEB (tanto urbanos como rurales) que componen el espacio geográfico de la ZM SLP-SGS, los casos de ERC se ubican espacialmente en 106 (26%) de estos AGEB, todos ellos son de tipo urbano.

Las TP de la enfermedad ajustadas por edad, varían en un rango de 0.07 a 50 casos por cada 100 habitantes en la zona de estudio, las cuales se estratificaron en tres grupos.

Con TP entre 0.07 a 9.1, se observa que presenta una distribución espacial en 95 AGEB (89.6%), prácticamente sobre toda la ZM.

En 9 AGEB (8.5%), la TP varía entre 9.2 a 25, los cuales se distribuyen espacialmente en tres ubicaciones dentro de la ZM; al sureste los AGEB identificados con las claves Geoestadísticas 2736 (colonia Rancho Viejo 2ª. Sección), 2268 (colonia San Patricio) y en conjunto, formando un patrón espacial, los AGEB 2963 (colonia Salk), 3834 (colonia San Salvador), 3177 y 4372 (colonia Simón Díaz). Al suroeste, el AGEB 343A (colonia Loma Verde) y al noroeste los AGEB 3228 (colonia Salazares) y 3266 (colonia Las Flores). Las TP más elevadas, en el rango de 25.1 a 50, se presentan en 2 AGEB (1.9%) que se ubican hacia al noroeste, con las claves Geoestadísticas 3529 (condado del Sauzal) y 4141 (colonia San Ángel) (**Figura 1**).

Figura 1



Fuente: Elaboración propia

El análisis puramente espacial realizado con el software *SatScan*<sup>TM</sup> identificó tres conglomerados estadísticamente significativos ( $p \leq 0.05$ ), en ellos, el número de casos de ERC existentes exceden al número de casos esperados. Estas zonas geográficas se conforman por 30 AGEB, los cuales concentran el 37.1% (n =108) de los casos. En cuanto a su distribución, se observa un patrón espacial conformado por dos de los conglomerados. El primero de ellos, se ubica hacia la zona centro-sur, de manera contigua, se encuentra el otro conglomerado en dirección sur-suroeste en el borde de la periferia de la ciudad, estos se conforman por 7 y 16 AGEB urbanos, respectivamente. El tercer conglomerado se ubica en dirección noroeste, muy cerca de la periferia de la ZM, compuesto por 7 AGEB urbanos.

Además, se observa que en estos el número de casos existentes de ERC excede al número de casos esperados y el RR en los primeros dos conglomerados, es de 5 y 2 veces más respectivamente y en el tercer conglomerado, es de 3 veces más de desarrollar la enfermedad con respecto al resto de los 407 AGEB que conforman la ZM SLP-SGS (Tabla 1) (Figura 2).

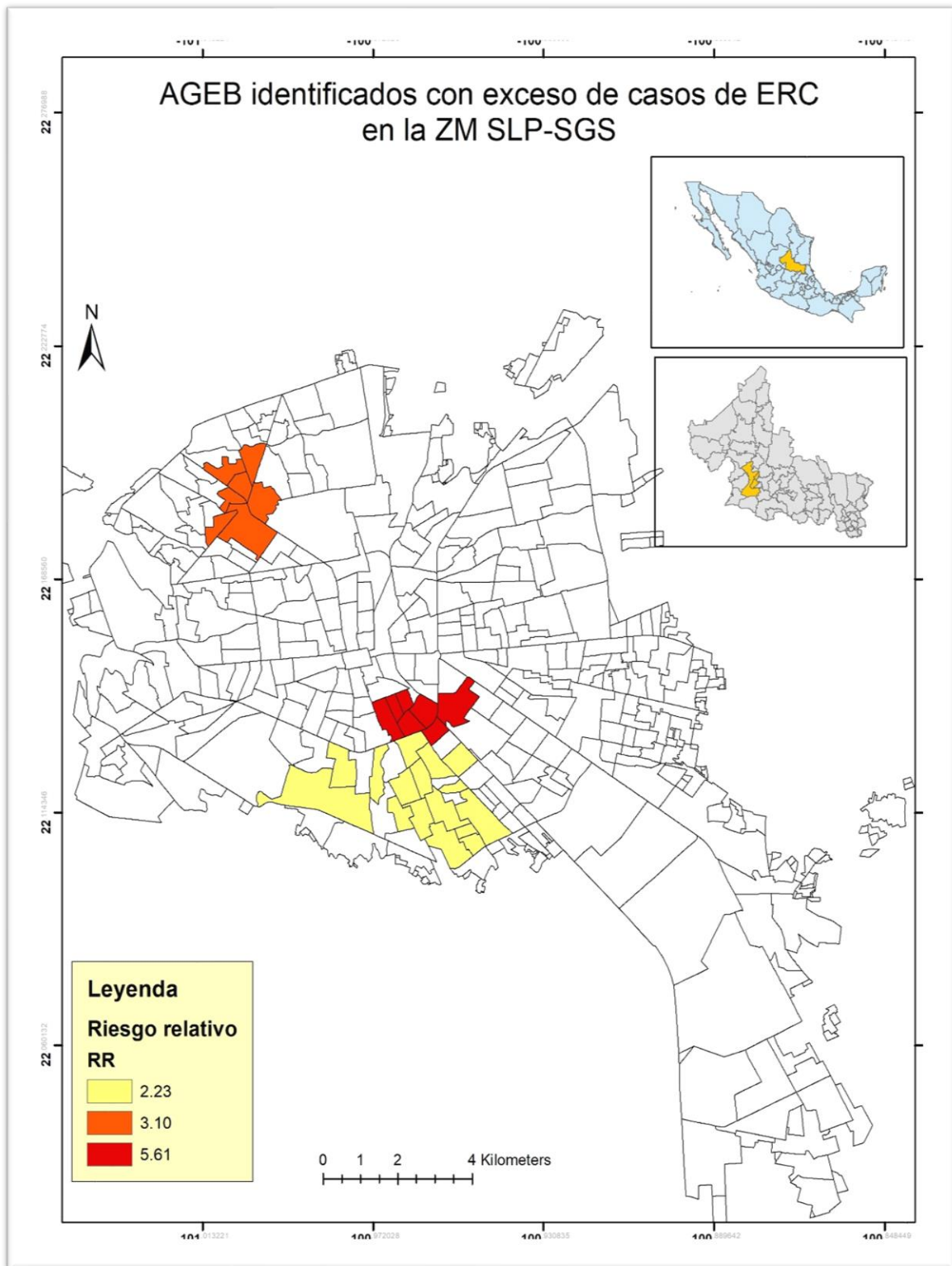
**Tabla 1.- AGEB identificados con exceso de casos de ERC en la ZM SLP-SGS**

	Conglomerado 1	Conglomerado 2	Conglomerado 3	
	2234	1359	2855	3177
	2249	2709	0859	4372
	0755	1880	2446	2431
<b>AGEB identificados</b>	3355	3552	0863	0793
<b>(Clave geoestadística)</b>	0740	2643	2450	1077
	2268	3228	2412	3181
	0717	3035	2499	254A
			1486	0844
<b>Tipo de AGEB identificados</b>	Urbanos	Urbanos	Urbanos	
<b>Ubicación</b>	Centro-sur	Noroeste	Sur-suroeste	
<b>Población (habitantes)</b>	805	1 237	3 816	
<b>No. de casos existentes</b>	29	25	54	
<b>Casos esperados</b>	5.5	8.4	25.8	
<b>Casos esperados/100 mil hab.</b>	3 605	2 022	1 416	
<b>Riesgo relativo</b>	5.61	3.10	2.23	
<b>Índice de verosimilitud</b>	25.54	11.02	12.56	
<b>p-valor</b>	<0.001	0.005	0.001	

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos con *SatScan*<sup>TM</sup>

De las características sociodemográficas de los 108 casos residentes dentro de los 3 conglomerados, se destaca que la ERC afecta más a los hombres (62.9%), que a las mujeres (37.1%), el grupo de edad con mayor frecuencia es el de 56 a 75 años (48.2%), pero es de notar que el grupo de población joven económicamente activa de 36 a 55 años contribuye con el 25.9% de los casos, de acuerdo a sus características sociodemográficas predomina la escolaridad básica (21.9%), estar jubilado/pensionado (39.7%), pero también realizar las actividades del hogar (36.9%).

Figura 2



Fuente: Elaboración propia



En cuanto al diagnóstico clínico, el 71.3% de los casos, desarrolló ERC secundaria a complicaciones por DM e HTA y el 2.8% secundaria a glomerulonefritis, mientras que el 25.9% presenta ERCne (Tabla 2).

**Tabla 2.-** Características sociodemográficas y clínicas de los casos residentes en los conglomerados identificados, 2019

Características	No.1		No. 2		No. 3	
	n	%	n	%	n	%
<b>Sexo</b>						
Femenino	14	48.3	10	40	16	29.6
Masculino	15	51.7	15	60	38	70.4
<b>Grupo de edad (años)</b>						
≤ 15	0	0	1	4	0	0
16 - 35	4	13.8	3	12	12	22.2
36 - 55	7	24.1	4	16	17	31.5
56 - 75	15	51.7	14	56	23	42.6
≥ 76	3	10.4	3	12	2	3.7
<b>Escolaridad</b>						
Sin escolaridad	2	6.9	0	0	2	3.7
Básica	6	20.7	6	24	11	20.4
Media superior	1	3.4	0	0	3	5.5
Superior	2	6.9	6	24	2	3.7
No especificado	18	62.1	13	52	36	66.7
<b>Actividad económica</b>						
Hogar	4	13.8	3	12	6	11.1
Oficios	4	13.8	1	4	4	7.4
Servicios profesionales	0	0	0	0	2	3.7
Jubilado/pensionado	4	13.8	6	24	1	1.9
Invalidez por ERC	0	0	2	8	5	9.2
No especificado	17	58.6	13	52	36	66.7
<b>Diagnóstico clínico</b>						
ERC secundaria a DM e HTA	20	68.9	18	72	39	72.2
ERCne	8	27.7	7	28	13	24.1
ERC secundaria a glomerulonefritis	1	3.4	0	0	2	3.7

Fuente: Elaboración propia

#### 4. Consideraciones finales

Se estima que en México presenta una TP de ERC de 1 142 por cada millón de habitantes; sin embargo, como se comentó anteriormente, no existe un sistema de datos renales a nivel nacional que permita conocer a ciencia cierta la magnitud del problema (Méndez-Durán et al, 2010). Debido a que el sistema de salud mexicano está dividido en diversas instituciones, el tipo de derechohabencia que se le otorga a la población se cubre en diferentes proporciones. De acuerdo a los casos que conforman la base de datos unificada para realizar este análisis, estos representan en conjunto aproximadamente un 47% (López-Cervantes et al, 2009) de la población renal que reside en la ZM SLP-SGS. Sin embargo, aún con esta cobertura, el análisis espacial de la ZM SLP-SGS a un nivel de desagregación de AGEB, muestra que la TP de la enfermedad calculada (rango entre 0.07 y 50 por cada 100 habitantes) es superior a lo que se estima en nuestro país; por lo que el problema de la ERC se ha estado subestimando y aunque se observa que la enfermedad se distribuye sobre toda la zona de estudio, con el uso de un análisis puramente espacial se pudieron identificar tres zonas específicas que presentan exceso de casos de ERC.

Para conocer el comportamiento de la enfermedad en los conglomerados de la ZM SLP-SGS, se deben relacionar el exceso de casos con factores de riesgo que pudiesen estar involucrados; principalmente es de notar que, en el estudio realizado, el 25.9% de los casos que se concentran en los tres conglomerados identificados en el análisis espacial, están diagnosticados con ERCne, que de acuerdo a la literatura científica, se ha relacionado con la exposición a agentes nefrotóxicos presentes en el medio ambiente, que pueden acumularse y causar daño funcional y estructural en las células del túbulo proximal del riñón (Rango et al, 2015) (Dharma-wardana, 2018). Como ya se mencionó previamente, algunos de estos son F y As, los cuales se encuentran presentes en el agua subterránea y su principal medio de exposición es a través del agua para consumo humano y para la preparación de alimentos (Dharma-wardana, 2018) (Reimann et al, 2003) (OPS, 2013).

Desde la década de los años 90, se detectó la presencia de F en el agua subterránea del Valle de conforma la ZM SLP-SGS, el cual supera la concentración de 1.5 mg/dL; valor máximo permisible establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2017 para agua de uso y consumo humano (DOF, 2019) (Grimaldo et al, 1995) y consecutivamente, diversos autores han documentado la presencia de este elemento debido a la naturaleza geológica del subsuelo potosino (Carrillo-Rivera et al, 2002) (López-Álvarez et al, 2013) (Cardona, 2018).

En éste contexto, los conglomerados detectados en el centro-sur (compuesto por las colonias San Luis Rey, Julián Carrillo y San Juan de Guadalupe) y al suroeste (conformado por las colonias Satélite, Simón Díaz, General I. Martínez, Francisco I. Madero) se encuentran en la periferia de la ZM, junto a una importante sierra que predomina en el área, denominada Sierra de San Miguelito, de naturaleza geoquímica volcánica, formada de riolitas, en las que el F se aloja y concentra en las fases minerales magmáticas, donde a través de la movilización geogénica se libera hacia el agua subterránea que alimenta la zona de estudio (Cardona, 2018).

Este comportamiento en el que las concentraciones de F presentes en el agua superan la normatividad nacional, se han demostrado en diversas investigaciones. En 2009, se muestrearon diversos pozos para determinar la calidad del agua del flujo subterráneo de la ZM SLP-SGS (Hergt, 2009), de acuerdo

a los resultados de los parámetros fisicoquímicos que se realizaron, en la búsqueda de información, se logró identificar que el AGEB 2249 perteneciente al primer conglomerado; así como el 0863 y 254A del tercer conglomerado ubicado al noroeste (conformado por las colonias División del Norte, San Ángel, De la Cruz, Sauzalito, Salazares y Rural Atlas), presentaron una concentración de F de 2.05, 3.0 y 3.12 mg/L de F respectivamente y en los AGEB continuos a estas zonas identificadas, algunos pozos de abastecimiento de agua potable muestreados, contenían concentraciones de F en un rango de 2.8-3.96 mg/L.

En 2012, otra investigación acerca de la vulnerabilidad hídrica de la ZM SLP-SGS, se identificó que, aproximadamente el 80% de los pozos que abastecen agua potable en la ciudad exceden el valor de F establecido en la NOM-127, siendo las zonas más afectadas las que se ubican al suroeste de la ZM y las cuales presentan la mayor concentración de F (3-5.8 mg/L), seguidas de las que se ubican hacia el noreste (1.5-2.99 mg/L) (Stevens-Vázquez, 2012) y que de acuerdo al análisis puramente espacial que se realizó en esta investigación, los conglomerados identificados con exceso de casos de ERC se ubican en estas zonas.

Sobre el As, esta misma investigación revela que 91 pozos profundos que abastecen agua potable distribuidos en toda la ZM, en ninguno de ellos se excede el límite establecido en la NOM-127 ( $\leq 0.05$  mg/dL); aunque 53 de estos pozos sobrepasan la concentración de  $0.010 \mu\text{g/L}$  ( $0.0001$  mg/L); que es el valor máximo permisible de As en agua de bebida que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020) (Stevens-Vázquez, 2012).

Puesto que la ERCne también se ha asociado a la realización de actividades agrícolas, se identifica que, en dirección noroeste, se forma marcadamente la periferia de la ZM, en donde los AGEB urbanos se unen con los AGEB rurales. De acuerdo a datos del INEGI, en base al Marco Censal Agropecuario 2016, a una distancia de 1.1 km del tercer conglomerado, se encuentran dos campos agrícolas con clave geoestadística 9051 (perteneciente al municipio aledaño de Mexquitic de Carmona) y 0005 (perteneciente al municipio de SLP) los cuales tienen 112.04 y 24.56 hectáreas de superficie respectivamente, la cual se destina el 20% para cultivar frijol, 29.1% maíz y 50.9% alfalfa (INEGI, 2020).

Con la presencia de estos factores de riesgo dentro de los conglomerados, surgen diversas hipótesis, una de ellas es que el exceso de casos en los conglomerados del centro-sur y sur-suroeste se pudieran explicar a la exposición crónica al F y al As y por otra parte, en cuanto a los casos residentes en el conglomerado ubicado al noroeste, pudiese estar relacionado a la realización de actividades en los campos agrícolas, siendo que los datos obtenidos muestran que el 25.9% de los casos residentes en estas zonas están diagnosticados con ERCne y se observa que la población económicamente activa (16 a 55 años) aporta el 43.5% de los casos sugiriendo una exposición in utero.

Además, se han descrito otros mecanismos de acción, el F se ha asociado al desarrollo de HTA (Amini et al, 2011) y el As al desarrollo de DM (Izquierdo-Vega et al, 2006), los datos obtenidos muestran que en el 71.3% de los casos dentro de los conglomerados, la ERC se desarrolló secundariamente a DM e HTA, por lo que se debería considerar ésta evidencia científica como un mecanismo alternativo de acción; considerando que existe un crecimiento poblacional, se disminuyen las áreas rurales para incrementar la zona urbana y con ello, se ha requerido de satisfacer el abastecimiento de agua potable,

situación que he llevado a perforar a más de 250 metros de profundidad para extraer el vital líquido, donde las concentraciones al F y el As superan los valores permitidos en la NOM-127 (López-Álvarez et al, 2013), tal como lo muestra el gráfico No. 1, en el que se observa como los casos de ERC se han incrementado considerablemente a partir del año 2014.

Anudado a esto, la salud está relacionada y se ve afectada por los determinantes sociales; de acuerdo a datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2020), los AGEB urbanos identificados en el conglomerado ubicado al centro-sur presentan un índice de marginación medio y los ubicados al suroeste y noroeste, el índice de marginación es alto, lo que coincide en las características sociodemográficas de los casos que habitan estas zonas, el 25% de los casos no tienen escolaridad o sólo cuentan con escolaridad básica, estar jubilado/pensionado (39.7%) y realizar actividades del hogar (36.9%), se consideran en desventaja social y económica que limitan el desarrollo de conductas de higiene, con ausencia de información sobre los efectos negativos que ejercen los factores de riesgo ambiental involucrados y aunado a esto, el acceso al servicio médico, la detección temprana dentro de los primeros estadios de la enfermedad, así como un tratamiento médico es un tema crítico dentro del sistema de salud mexicano, contribuyendo así al exceso de casos.

En este estudio, haciendo uso del análisis puramente espacial con el software SatScan™, nos permitió llevar a cabo una “vigilancia epidemiológica pasiva” (Caplin et al, 2019); es decir; que, en base a datos secundarios, se identificaron los AGEB específicos con exceso de casos de la enfermedad, partiendo de estos hallazgos se debe continuar esta vigilancia epidemiológica, pero ahora de manera activa, incluyendo casos incidentes en estos AGEB, realizar monitoreos preventivos en la población con métodos que midan la función renal (tasa de filtración glomerular, depuración de creatinina, filtración glomerular de cisteína); llevar a cabo historias clínicas que permitan incluir principalmente determinantes espaciales, sociales, y seguir identificando la exposición a factores de riesgo (Caplin et al, 2019) medioambiental y sociodemográficos de los cuales se deben dirigir investigaciones usando otras técnicas de modelado espacial que permitan conocer la correlación entre estas variables reconocidas y la enfermedad (las cuales se discutirán en la segunda parte de este artículo) y en conjunto diseñar estrategias específicas en materia de salud preventiva que permitan caracterizar mejor el comportamiento de la enfermedad en el nivel primario de atención, con el objetivo de disminuir y saturar los servicios de salud otorgando una mejor calidad de vida a los habitantes de la ZM SLP-SGS.

### Referencias bibliográficas

Amini H, Taghavi Shahri SM, Amini M, Ramezani Mehriani M, Mokhayeri Y, Yunesian M. (2011). *Drinking water fluoride and blood pressure? An environmental study*. Biological Trace Elem. Research; 144 (1-3): 157-163.

Ávila-Saldívar M, Conchillos-Olivares G, Rojas-Báez IC, Ordoñez-Cruz AE, Ramírez-Flores HJ. (2013). *Enfermedad renal crónica: causa y prevalencia en la población del Hospital General La Perla*. Medicina Interna de México; 29: 473-478.

Caplin B, Yang WC, Anand S, Levin A, Madero M, Saran R, et al. (2019). *The International Society of Nephrology's International Consortium of Collaborators on Chronic Kidney Disease of Unknown Etiology*:

report of the working group on approaches to population-level detection strategies and recommendations for a minimum dataset. *Kidney International*; 95: 4-10.

Cardona A, Banning A, Carrillo-Rivera JJ, Aguillón-Robles A, Rude TR, Aceves de Alba J. (2018). *Natural controls validation for handling elevated fluoride concentrations in extraction activated Tóthian groundwater flow systems: San Luis Potosi, Mexico*. *Environmental Earth Sciences*; 77 (121).

Carrillo-Rivera JJ, Cardona A, Edmunds WM (2002). *Use of abstraction regime and knowledge of hydrogeological conditions to control high-fluoride concentration in abstracted groundwater: San Luis Potosi basin, Mexico*. *Journal of Hydrology*; 261 (1-4): 24-47.

Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC) (2019); *Guía de Práctica Clínica: Prevención, Diagnóstico y Tratamiento de la Enfermedad Renal Crónica, evidencias y recomendaciones*; Catálogo maestro de guías de práctica clínica GPC-IMSS-335-19; Consejo de Salubridad General, México.

Consejo Nacional de Población (CONAPO) (2020). *Índice de marginación (carencias poblacionales) por localidad, municipio y entidad*. Gobierno de México.

Dharma-wardana MWC (2018). *Chronic kidney disease of unknown etiology and the effect of multiple-ion interactions*. *Environmental Geochemistry Health*; 40: 705-719.

Diario Oficial de la Federación (2019). *Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-127-SSA-2017, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua*. Secretaría de Gobernación, Ciudad de México, México.

Environmental Systems Research Institute. *ArcGis version 10.2 for desktop*. c1999-2013. California, USA. <https://www.arcgis.com>

García-Trabanino R, Jarquín E, Wesseling C, Johnson RJ, González-Quiroz M, Weiss I, et al (2015). *Heat stress, dehydration, and kidney function in sugarcane cutters in Salvador-A cross- shift study workers at risk of Mesoamerican nephropathy*. *Environmental Research*; 142: 746-755.

García-Trabanino R, Hernández C, Rosa A, Domínguez-Alonso J. (2016). *Incidencia, mortalidad y prevalencia de la enfermedad renal crónica terminal en la región Bajo Lempa, El Salvador: 10 años de registro comunitario*. *Nefrología* 2016; 36 (5): 517-522.

González-Bedat MC, Rosa-Diez GJ, Fernández-Cean JM, Ordúñez P, Ferreiro A, Douthat W. (2015) *Los registros nacionales de diálisis y trasplante renal en América Latina: cómo implementarlos y mejorarlos*. *Revista Panamericana de Salud Pública*; 38 (3): 254-260.

Grimaldo M, Borja-Aburto VH, Ramírez AL, Ponce M, Rosas M, Díaz-Barriga F. (1995) *Endemic fluorosis in San Luis Potosi, Mexico. I. Identification of risk factors associated with human exposure to fluoride*. Environmental Research; 68 (1): 25-30.

Grollman AP, Jelaković B. (2007). *Role of the environmental toxins in Endemic (Balkan) Nephropathy*. Journal of American Society of Nephrology. November; 18 (11): 2817-2823.

Hergt T. (2009). *Diseño optimizado de monitoreo de la calidad del agua de los sistemas de flujo subterráneo en el acuífero 2411 "San Luis Potosí": Hacia un manejo sustentable*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí; México.

Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) (2019). GBD Compare Viz Huz (2020). Universty of Washington, USA. <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010). *Manual de cartografía geoestadística, Censo de población y vivienda*, México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2012). *Sistema para la Consulta de Información Censal. Versión 15/2012*, México. <http://gaia.inegi.org.mx/scince2/viewer.html>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020). *Mapa Digital de México. Versión 6.3.0.*, México. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/>

Izquierdo-Vega JA, Soto CA, Sánchez-Peña LC, De Vizcaya-Ruiz A, Del Razo LM. (2006). *Diabetogenic effects and pancreatic oxidative damage in rats subchronically exposed to arsenite*. Toxicology Letters; 160 (2): 135-142.

Jayasinghe S. (2014). *La enfermedad renal crónica de etiología desconocida debe ser renombrada como nefropatía crónica por agroquímicos*. MEDICC Review; 2 (16).

KDIGO International Society of Nephrology (2013). *Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease*. Official Journal of the International Society of Nephrology Kidney International Supplements 3 (1).

Kulldorf M. (2018). *SatScan™ User guide, Software for the spatial, temporal, and space-time scan statistics*. Harvard Medical School and Pilgrim Health Care Institute, Boston, USA.

López-Álvarez B, Ramos-Leal JA, Moran-Ramírez J, Cardona A, Hernández G. (2013). *Origen de la calidad del agua del acuífero colgado y su relación con los cambios de uso de suelo en el valle de San Luis Potosí*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana; 65 (1): 9 -26.

López-Cervantes M, Rojas-Russell ME, Tirado-Gómez LL, Durán-Arenas L, Pacheco-Domínguez RL, Venado-Estrada AA, et al. (2009). *Enfermedad renal crónica y su atención mediante tratamiento sustitutivo en México*. 1ª Ed. México D.F.: Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de México.

Méndez-Durán A, Méndez-Bueno JF, Tapia-Yáñez T, Muñoz-Montes A, Aguilar-Sánchez L. (2010). *Epidemiología de la insuficiencia renal en México*. *Diálisis y Trasplante*; 31 (1): 7-11.

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2020). *Arsénico: datos y cifras*. Centro de prensa: Ginebra, Suiza.

Organización Panamericana de la Salud(OPS) (2013). *La OPS/OMS y la Sociedad Latinoamericana de Nefrología llaman a prevenir la enfermedad renal y a mejorar el acceso al tratamiento*. Centro de prensa. Washington, USA.

Payán-Rentería R, Garibay-Chávez G, Rangel-Ascencio R, Preciado-Martínez V, Muñoz-Islas L, Beltrán-Miranda C, et al. (2016). *Effect of chronic pesticide exposure in farm workers of a Mexico community*. *Archives of Environmental & Occupational Health* 2016; 67 (1)

Rango T, Jeuland M, Manthrilake H, McCornick P. (2015). *Nephrotoxic contaminants in drinking water and urine, and chronic kidney disease in rural Sri Lanka*. *Science of the Total Environment*; 518-519: 574-585.

Reimann C, Bjorvatn K, Frengstad B, Melaku Z, Tekle-Haimanot R, Siewers U. (2003). *Drinking water quality in the Ethiopian section of the East African Rift I-data and health aspects*. *Science of the Total Environment*; 311 (1-3): 65-80.

Roncal-Jimenez C, Lanaspá MA, Jensen T, Sanchez-Lozada LG, Johnson RJ. (2015). *Mechanisms by which dehydration may lead to chronic kidney disease*. *Annals of Nutrition and Metabolisms*; 66 (suppl 3): 10-13.

SatScan.org (2005). *Software for the spatial, temporal, and space-time scan statistics Version 9.6*; Harvard Medical School and Pilgrim Health Care Institute, Boston, USA. <https://www.satscan.org/>

Stevens-Vázquez GS. (2012). *Análisis espacial de la vulnerabilidad hídrica en la zona metropolitana de la ciudad de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, México*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

Tamayo y Orozco JA., Lastiri Quirós HS. (2016). *Implicaciones de la ERC para pacientes, familias y sociedad La enfermedad renal crónica en México*. La enfermedad renal crónica en México: Hacia una política nacional para enfrentarla. México, D.F.: Intersistemas Editores. p. 19-21.

Wasana HMS, Aluthpatabendi D, Kularatne WMTD, Wijekoon P, Weerasooriya R, Bandara J. (2016). *Drinking water quality and chronic kidney disease of unknown etiology (CKDu)*. Environmental Geochemistry Health; 38: 157-168.



Esta obra se encuentra bajo Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0. Internacional. Reconocimiento - Permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas siempre y cuando reconozca y cite al autor original. No Comercial – Esta obra no puede ser utilizada con fines comerciales, a menos que se obtenga el permiso.