

Análisis espacio-temporal de enfermedades no transmisibles

en la subcuenca Almoloya-Otzolotepec, México

Análise espaço-temporal das doenças não transmissíveis na
sub-bacia hidrográfica de Almoloya-Otzolotepec, México

Spatio-temporal analysis of non-communicable diseases in
the Almoloya-Otzolotepec Sub-basin, Mexico

Raúl Camacho Sanabria¹, Marcela Virginia Santana Juárez² y Arturo Sánchez Porras³

¹ Estancias Posdoctorales por México, Secretaria de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI)
/ Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Geografía

² Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Geografía

³ Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida
r_3camacho@hotmail.com; mvsantana@uaemex.mx; sp.arturo@gmail.com

Camacho: <https://orcid.org/0000-0002-0877-4743>

Santana: <https://orcid.org/0000-0002-8639-2767>

Sánchez: <https://orcid.org/0000-0002-1691-286X>

Resumen

La subcuenca Almoloya-Otzolotepec (SAO) perteneciente a la cuenca del río Lerma designada como Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA), enfrenta una grave crisis de contaminación que impacta la salud pública, observándose una tendencia global creciente de Enfermedades No Transmisibles (ENT). La investigación tuvo como objetivo analizar espacial y temporalmente las ENT en la subcuenca estudiada. Se calcularon las incidencias acumuladas para 27 enfermedades (2011-2025) a nivel municipal, utilizando datos de egresos hospitalarios. La prueba de *Mann-Kendall* se aplicó para determinar tendencias significativas. Se identificaron seis ENT con tendencia creciente, incluyendo diversos tipos de cáncer, diabetes mellitus tipo 2 y enfermedad renal crónica (ERC) etapa V, sugiriendo una posible asociación con la exposición a factores ambientales, socioeconómicos y estilos de vida. Estos hallazgos refuerzan la hipótesis de la crisis sanitaria en la región y de que la contaminación ambiental es un determinante crucial en la distribución de las ENT.

PALABRAS CLAVE: salud pública; incidencia; región de emergencia sanitaria y ambiental.

Resumo

A sub-bacia Almoloya-Otzolotepec (SAO), pertencente à bacia do rio Lerma e designada como Região de Emergência Sanitária e Ambiental (RESA), enfrenta uma grave crise de poluição que impacta a saúde pública, com uma crescente tendência global de Doenças Não Transmissíveis (DNTs). O objetivo da pesquisa foi analisar as doenças não transmissíveis (DNTs) na Área do Atlântico Sul (AAS) espacial e temporalmente. As incidências cumulativas de 27 doenças (2011–2025) foram calculadas em nível municipal utilizando dados de alta hospitalar. O teste de Mann-Kendall foi aplicado para determinar tendências significativas. Foram identificadas seis DNTs com tendência crescente, incluindo diversos tipos de câncer, diabetes mellitus tipo 2 e doença renal crônica (DRC) estágio V, sugerindo uma possível associação com a exposição a fatores ambientais, socioeconômicos e de estilo de vida. Esses achados reforçam a hipótese de uma crise de saúde na região e de que a poluição ambiental é um determinante crucial na distribuição das DNTs.

PALAVRAS-CHAVE: saúde pública; incidência; região de emergência sanitária e ambiental

Abstract

The Almoloya-Otzolotepec Sub-basin (SAO), which belongs to the Lerma River Basin, designated as a Sanitary and Environmental Emergency Region (RESA), faces a serious pollution crisis that impacts public health, with a globally growing trend of Non-Communicable Diseases (NCDs). The research aimed to analyze non-communicable diseases (NCDs) in the SAO spatially and temporally. Cumulative incidences for 27 diseases (2011–2025) were calculated at the municipal level using hospital discharge data. The Mann-Kendall test was applied to determine significant trends. Six non-communicable diseases (NCDs) with an increasing trend were identified, including various cancers, type 2 diabetes mellitus, and stage V chronic kidney disease (CKD), suggesting a possible association with exposure to environmental, socioeconomic, and lifestyle factors. These findings reinforce the hypothesis of a health crisis in the region and that environmental pollution is a crucial determinant in the distribution of NCDs.

KEYWORDS: public health; incidence; region of health and environmental emergency

1. Introducción

Los adelantos en la medicina lograron reducir las enfermedades transmisibles, incrementando también la esperanza de vida, gracias a los avances alcanzados en materia de antibióticos, vacunas y a las mejoras en las condiciones de vida de la población; sin embargo, esto produjo el surgimiento de una problemática ligada a las enfermedades no transmisibles (ENT), principalmente en los países industrializados, donde patologías como la diabetes, el cáncer en sus diferentes tipos, las enfermedades cardiovasculares, respiratorias (enfermedades pulmonares crónicas) y mentales, se volvieron un problema para los sistemas de salud en países desarrollados. En consecuencia, las ENT se extendieron a escala mundial, con una tendencia creciente hacia los países menos desarrollados (CEPAL, 2021; NHI, 2025; OMS, 2025a; OMS, 2025b).

Las ENT son un grupo de enfermedades no causadas por infecciones, ya que su origen se vincula a factores genéticos, fisiológicos, ambientales y estilos de vida, las cuales como resultado pueden traer consecuencias a la salud a mediano y largo plazo, pues recurrentemente es necesario llevar un tratamiento y cuidados de por vida. Entre estas afecciones se tienen: el cáncer, la diabetes, las enfermedades respiratorias y las cardiovasculares (OMS, 2025a; OPS, 2025).

De acuerdo con un estudio realizado por la Secretaría de Salud (2022a) sobre el panorama epidemiológico de las ENT en México, las mayores tasas de incidencia se presentaron en padecimientos como úlceras, gastritis y duodenitis, hipertensión arterial, diabetes mellitus no insulino dependiente (Tipo II), obesidad, depresión, asma, enfermedad isquémica del corazón, enfermedad cerebro vascular, entre otras. Con relación a la mortalidad, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2024), reportó de enero a junio de 2023 a las enfermedades del corazón como la primer causa de mortalidad a escala nacional, con 97.187 casos, seguidos por la diabetes mellitus con 55.885 defunciones y tumores malignos con 45.409 muertes.

Diversos estudios vinculan a la contaminación ambiental como causa para el desarrollo de ENT, factor de riesgo que aumenta las probabilidades de morir por dichas enfermedades (Schraufnagel *et al.*, 2019; Khomenko *et al.*, 2021; Rojas-Rueda *et al.*, 2021; Bronte-Moreno *et al.*, 2023; OPS, 2025). Es así que, el desarrollo socioeconómico de algunos territorios, está influenciado por la industrialización, que implica en muchos casos, impactos negativos hacia el ambiente y la salud, puesto que este sector es responsable de verter sustancias tóxicas a los ríos o cuerpos de agua y liberar cantidades importantes de contaminantes al aire y suelo (Carrasco, 2025; Olmos-Palma y Octavio-Aguilar, 2022; Pérez *et al.*, 2023; Ramírez *et al.*, 2023).

Dado que en la actualidad la contaminación ambiental actúa como un factor importante en la generación de ENT, en México se han determinado Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA), que corresponden a áreas geográficas donde la integración de actividades económicas y los procesos contaminantes, han producido un deterioro ambiental significativo y daños a la salud de su población (CONAHCYT, 2023).

La subcuenca Almoloya-Otzolotepec pertenece a la cuenca del río Lerma, México, la que ha sido catalogada como RESA, ya que es un territorio que enfrenta una grave crisis de contaminación industrial y doméstica, con serias afectaciones a la salud de sus pobladores. Diversos estudios evidencian que uno de los principales factores de contaminación en el río Lerma, es provocada por más de 500 industrias multisectoriales (alimenticia, automotriz, farmacéutica, metalmecánica, plásticos, química y textil) que se encuentran ligadas al corredor industrial Toluca-Lerma, siendo una de las zonas industriales más importante del país. Estas industrias producen aguas residuales que contienen productos químicos (mercurio, plomo, cadmio, tolueno y benceno) tóxicos y metales pesados nocivos para la salud y el ambiente (Controlar innovating industry, 2024).

Consecuente con la problemática ambiental y de salud presente en el territorio, el objetivo de

la investigación fue analizar espacial y temporalmente las ENT en la subcuenca Almoloya-Otzolotepec (SAO).

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

La SAO pertenece a la cuenca Lerma-Toluca, de la región hidrológica Lerma-Santiago. Su ubicación geográfica corresponde a las coordenadas 19° 31' 27" norte, 99° 3' 15" sur, 99° 18' 12" este y 99° 44' 40" oeste, y su superficie es de 1.325,58 km². Desde el punto de vista político-

administrativo, este territorio integra 21 municipios, los cuales se distribuyen de la siguiente manera: al norte Otzolotepec, Xonacatlán y Lerma; al este Capulhuac, Ocoyoacac, Santiago Tianguistenco y Xalatlaco; al sur Almoloya del Río, Atizapán, Joquicingo, Ocuilan, Rayón, San Antonio la Isla, Tenango del Valle y Texcalyacac; y al Oeste Calimaya, Chapultepec, Metepec, Mexicaltzingo, Toluca y San Mateo Atenco (FIGURA 1), (INEGI, 2025). Respecto a su población, alberga un total de 2 736 153 habitantes (CONAPO, 2025).

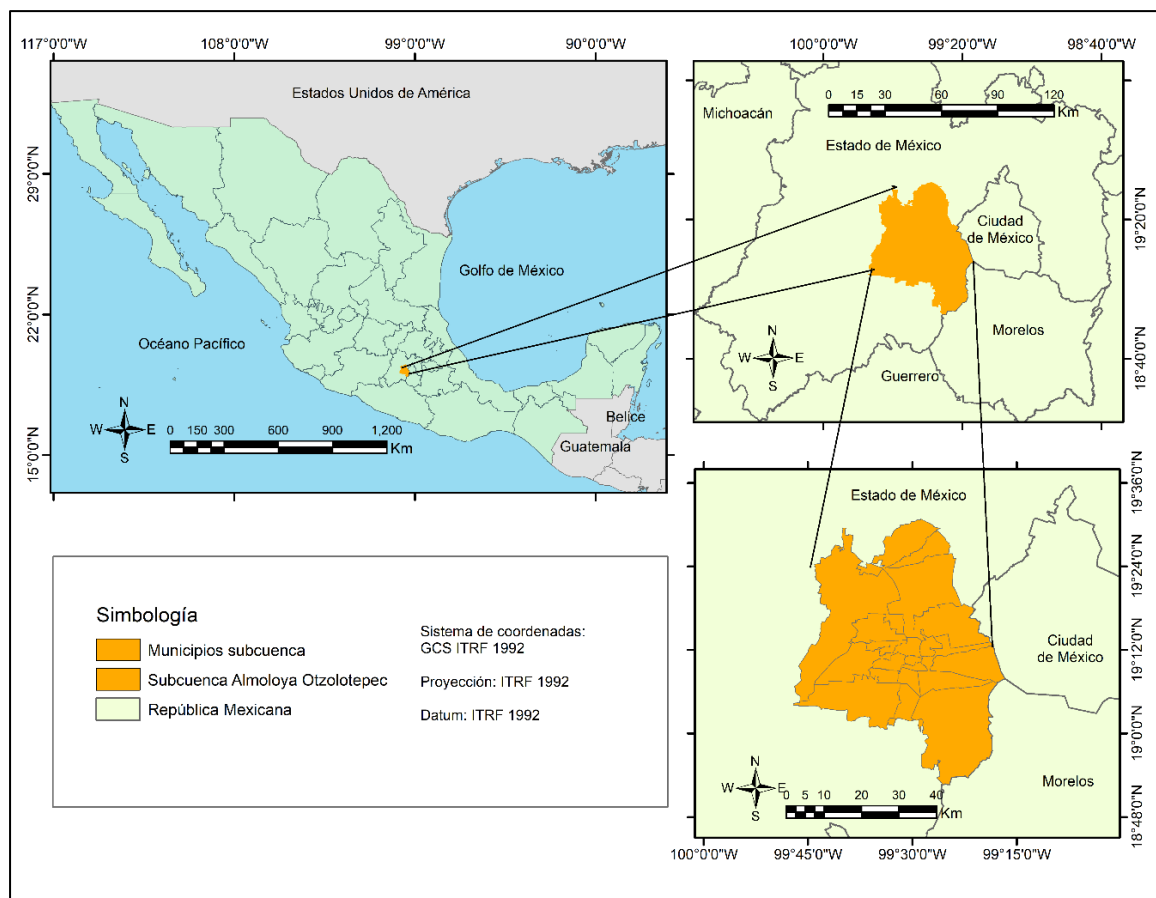


FIGURA 1. Subcuenca Almoloya-Otzolotepec en el contexto estatal y nacional

2.2 Enfermedades

Las enfermedades consideradas en el estudio fueron un total de 27 (TABLA 1), pertenecientes a 6 grupos de enfermedad, según la Clasificación

Internacional de Enfermedades (CIE-10) de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2008).

TABLA 1. Enfermedades no transmisibles en la SAO

Grupo	Enfermedad
Tumores (neoplasias)	Tumor maligno del estómago, parte no especificada (C169)
	Tumor maligno del recto (C20X)
	Melanoma y otros tumores malignos de la piel (C43)
	Otros tumores malignos de la piel (C44)
	Tumor maligno de la mama (C50)
	Tumor maligno del cuello del útero, sin otra especificación (C539)
	Tumor maligno del endometrio (C541)
	Tumor maligno del ovario (C56X)
	Tumor maligno de la próstata (C61X)
	Tumor maligno del testículo, no especificado (C629)
	Tumor maligno del riñón, excepto de la pelvis renal (C64X)
	Tumor maligno de la glándula tiroides (C73X)
	Leucemia linfoblástica aguda (C910)
Enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas	Diabetes mellitus no insulino dependiente, con complicaciones renales (E112)
	Diabetes mellitus no insulino dependiente, con otras complicaciones especificadas (E116)
	Diabetes mellitus no insulino dependiente, con complicaciones múltiples (E117)
	Diabetes mellitus no insulino dependiente, sin mención de complicación (E119)
Enfermedades del sistema nervioso	Enfermedad de Parkinson (G20X)
	Enfermedad de Alzheimer de comienzo tardío (G301)
Enfermedades del sistema circulatorio	Hipertensión esencial (primaria) (I10X)
	Enfermedad cardíaca hipertensiva con insuficiencia cardíaca (congestiva) (I110)
	Enfermedad renal hipertensiva con insuficiencia renal (I120)
Enfermedades del sistema respiratorio	Enfisema, no especificado (J439)
	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica, no especificada (J449)
Enfermedades del sistema genitourinario	Enfermedad renal crónica, etapa V (N185)
	Enfermedad renal crónica, no especificada (N189)
	Insuficiencia renal no especificada (N19X)

2.3 Fuentes de datos

Las bases de datos de morbilidad fueron obtenidas a través de la plataforma de la Dirección General de Información en Salud (DGIS), a cargo de la Secretaría de Salud (SSA, 2025), donde se trabajó a partir de los egresos hospitalarios por lugar de residencia.

Para poder realizar el cálculo de las incidencias acumuladas, fue necesaria la descarga de datos de población, obtenidos de las proyecciones de población a mitad de año por municipio y grupos quinquenales de edad (1990-2040), de la Secretaría General del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2025).

Las bases de datos se descargaron para los 21 municipios de la subcuenca Almoloya-Otzolotepec, abarcando cada uno de los años correspondientes a la serie de tiempo de 2011-2025.

2.4 Incidencia acumulada

Se calcularon las incidencias para las 27 enfermedades en cada municipio de la SAO, de acuerdo a la disponibilidad de datos para el periodo 2011-2025 (año 2025 de enero a octubre), mediante la siguiente ecuación (SSA, 2025):

$$IA = \left[\frac{\text{Número de egresos hospitalarios por lugar de residencia (año)}}{\text{Total de población (año)}} \right] \times 100\,000 \text{ hab.}$$

2.5 Tendencia y selección de enfermedades

A partir del cálculo de las incidencias acumuladas de las 27 enfermedades previamente referidas, se aplicó la prueba estadística de Mann-Kendall para conocer la tendencia (creciente o decreciente) y significancia de dichas enfermedades. Con los resultados obtenidos de la prueba, se realizó la selección de enfermedades para representación y análisis.

3. Resultados y discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos de la prueba de Mann-Kendall, se seleccionaron las

enfermedades que presentaron tendencia creciente y significativa (FIGURA 2), siendo las siguientes: Tumor maligno del estómago, parte no especificada (C169); Tumor maligno del recto (C20X); Leucemia linfoblástica aguda (C910); Diabetes mellitus no insulínica dependiente, con otras complicaciones especificadas (E116); Enfermedad cardíaca hipertensiva con insuficiencia cardíaca (congestiva) (I110) y Enfermedad renal crónica, etapa V (N185).

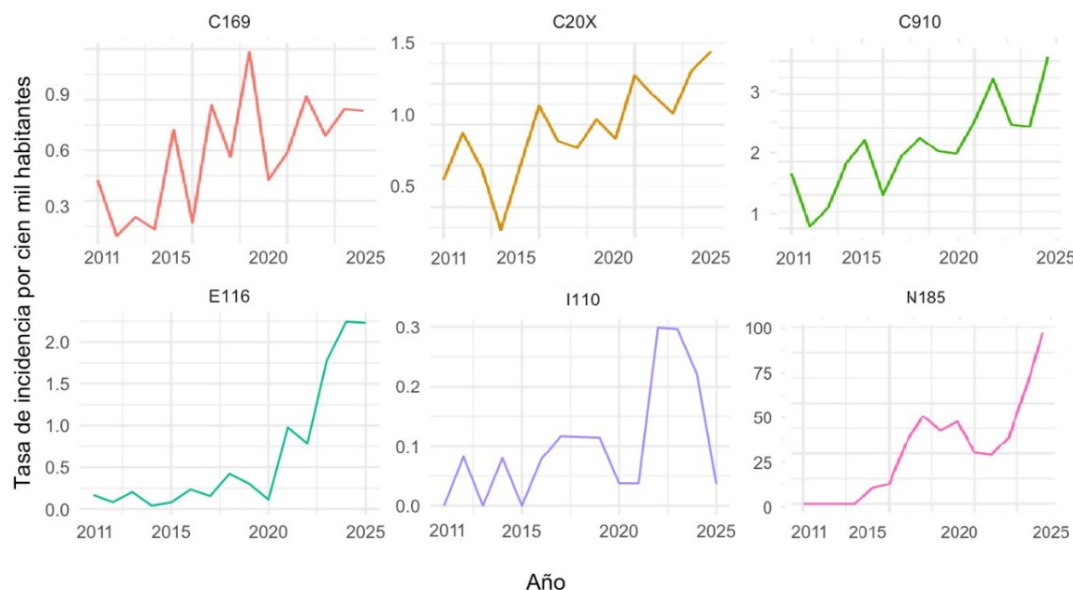


FIGURA 2. Tendencias de enfermedades no transmisibles en la SAO

3.1 Tumores (neoplasias)

3.1.1 Tumor maligno del recto

El cáncer colorrectal es un término general para los tumores originados en el colon o recto, y en la FIGURA 3 se muestra la distribución del tumor maligno del recto a nivel municipal en la subcuenca Almoloya-Otzolotepec, donde se identifican las áreas con las tasas de incidencia

más altas (color más oscuro) y más bajas (color más claro). En México, se presenta una alta incidencia de cáncer colorrectal, enfermedad que se vincula con el consumo de alimentos ricos en grasas animales, carnes rojas y procesadas, y

bajos en fibra, combinados con sedentarismo (INSBI, 2023; ACS, 2025; AMLCC, 2025).

El municipio que presenta las tasas de incidencia más altas (1,61 – 2,00) para el tumor maligno del recto es Tenango del Valle, localizado en la porción suroeste de la subcuenca, seguido de municipios con valores altos (1,21 – 1,60) como Almoloya del Río, Calimaya, Mexicaltzingo, Ocoyoacac y Xonacatlán, ubicados en las porciones centro, centro-oeste, centro-este y norte de la zona de estudio (FIGURA 3). Es probable que los municipios con mayor incidencia en el mapa citado, puedan tener relación con los

estilos de vida (alimentación y sedentarismo) referidos y con comorbilidades como la obesidad y la diabetes mellitus tipo 2, siendo factores de riesgo, pues es común que las zonas metropolitanas del estado de México presenten altas tasas de estas comorbilidades (Jaramillo-Vargas, 2019; INSABI, 2023). También es importante contextualizar que el cáncer de recto, representa cerca del 40% de los casos de carcinomas colorrectales, con una tasa de mortalidad en incremento y presente en personas menores de 50 años (Frias, 2024; Álvarez *et al.*, 2025).

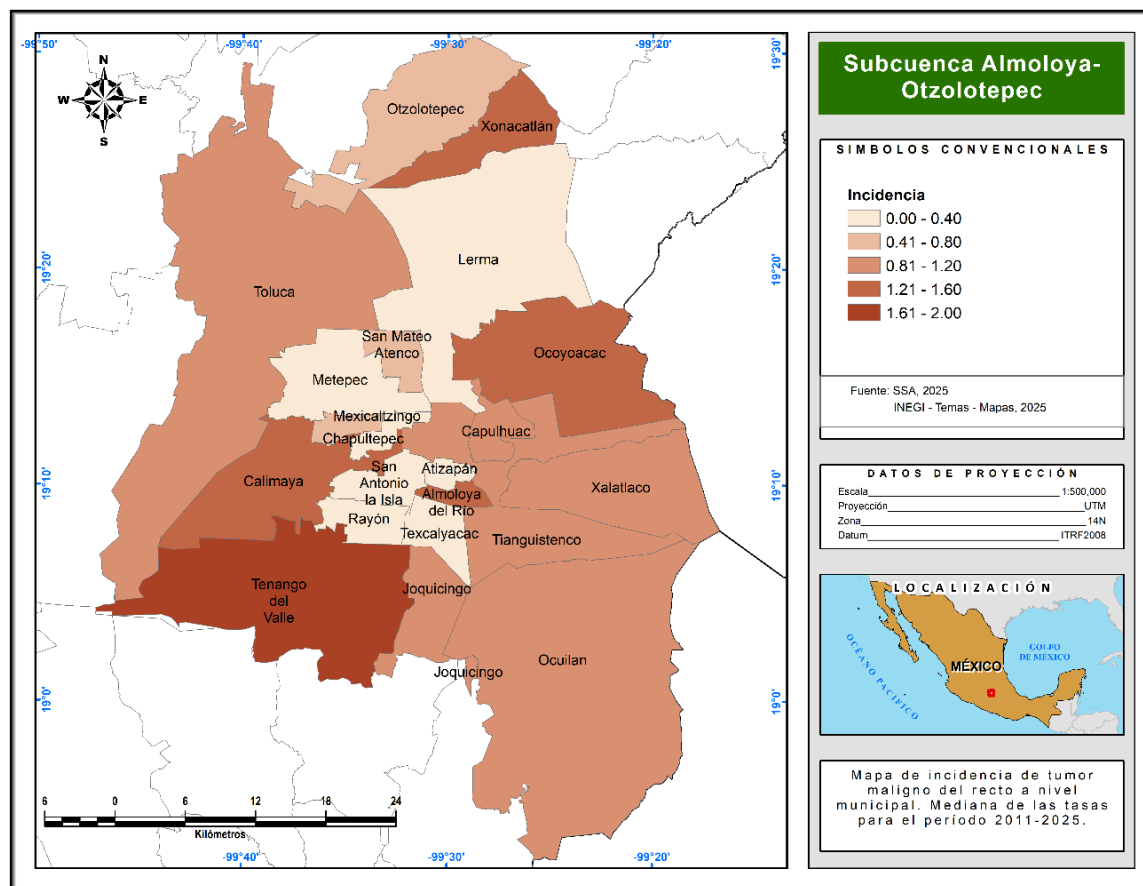


FIGURA 3. Incidencia de tumor maligno del recto en la SAO

3.1.2 Tumor maligno del estómago, parte no especificada

El cáncer de estómago o gástrico, hace referencia a la presencia de tumores malignos en dicho órgano, perteneciente al sistema digestivo; la FIGURA 4 muestra la distribución de dicho

padecimiento a nivel municipal en la subcuenca Almoloya-Otzolotepec. A escala mundial es la enfermedad que ocupa el quinto lugar por su incidencia y en México, representa uno de los

problemas de salud pública, considerada como la sexta neoplasia maligna más recurrente y la quinta causa de mortalidad por cáncer (Díaz-Romero *et al.*, 2023).

Los municipios de la subcuenca con la tasa de incidencia más alta (1,61 – 2,00) de tumores en el estómago son Almoloya del Río (porción central) y Xalatlaco (centro-este), seguidos con valores medios (0,81 – 1,20) por Toluca y Mexicaltzingo en las áreas centro-oeste (FIGURA 4). En México, la incidencia por cáncer de estómago se asocia a

múltiples factores modificables y no modificables, uno de ellos (también vinculado a nivel mundial) es la infección crónica por *Helicobacter pylori* (*H. pylori*), generando lesiones gástricas premalignas, pero a su vez, es importante considerar la exposición a factores ambientales (carcinógenos, radiación e industrias de caucho y carbón), hídricos (saneamiento y suministro), alimenticios (carcinógenos dietéticos) y socioeconómicos (Cruz, 2025; Hernández, 2025; NHI, 2025; SEOM, 2025).

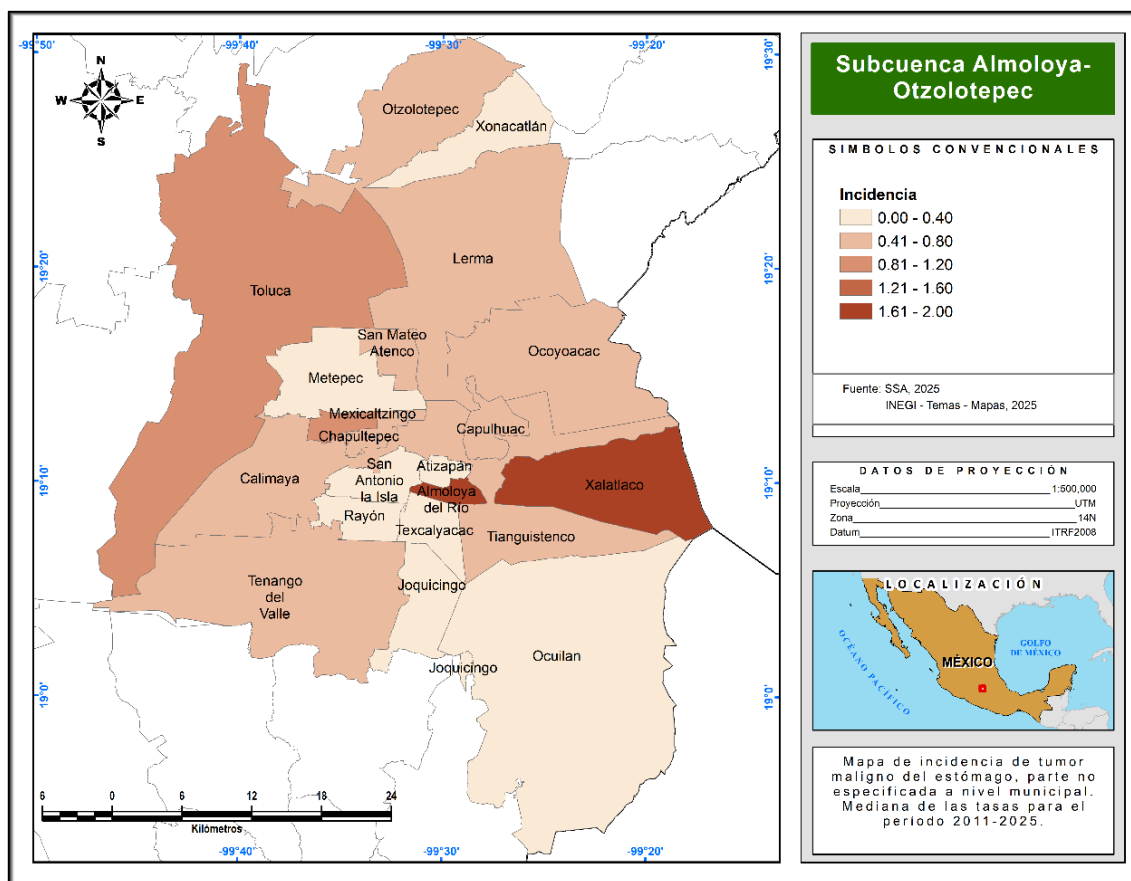


FIGURA 4. Incidencia de tumor maligno del estómago, parte no especificada en la SAO

3.1.3 Leucemia linfoblástica aguda (LLA)

La leucemia linfoblástica aguda es un tipo de cáncer de la sangre y la médula ósea, que se produce cuando la médula desarrolla demasiados linfocitos inmaduros o anormales. El Gobierno de México (2020), a través de su 'proposición con punto de acuerdo para implantar políticas públicas eficientes y

evaluables en el corto, mediano y largo plazo para sanear el río Lerma y frenar los efectos ambientales', plantea que la LLA afecta principalmente a niños y se ha relacionado en varios estudios, con la exposición a contaminantes ambientales como pesticidas, benceno y otros compuestos orgánicos volátiles.

Los valores más altos de incidencia (8,81-11,00) para leucemia linfoblástica aguda en la subcuenca se presentan en el municipio de Ocuilan, ubicado en la porción sureste, mientras que municipios como Capulhuac, Joquicingo, San Mateo Atenco, Otzolotepec, Tianguistenco, Toluca, Xalatlaco y Xonacatlán concentrados en las zonas sur, centro-este, oeste y norte (FIGURA 5), contienen incidencias de 2,21 y 4,40. En diversas investigaciones en México se sustenta que la LLA se debe a factores multifactoriales, no necesariamente genéticos, ya que 9 de cada 10

casos se deben a factores socioambientales (agentes cancerígenos), ligando regiones con alta densidad poblacional, actividad industrial y agrícola, como es el caso de la SAO (Mata, 2017; Poy, 2023; Romero, 2024; MSKCC, 2025). Además, es importante referir que muchos de los municipios con altas incidencias son agrícolas y florícolas, actividades con excesivo uso de agroquímicos, herbicidas y pesticidas, cuyo escurrimiento y volatilidad se consideran factores de alto riesgo en la generación de cáncer (Gobierno de México, 2020).

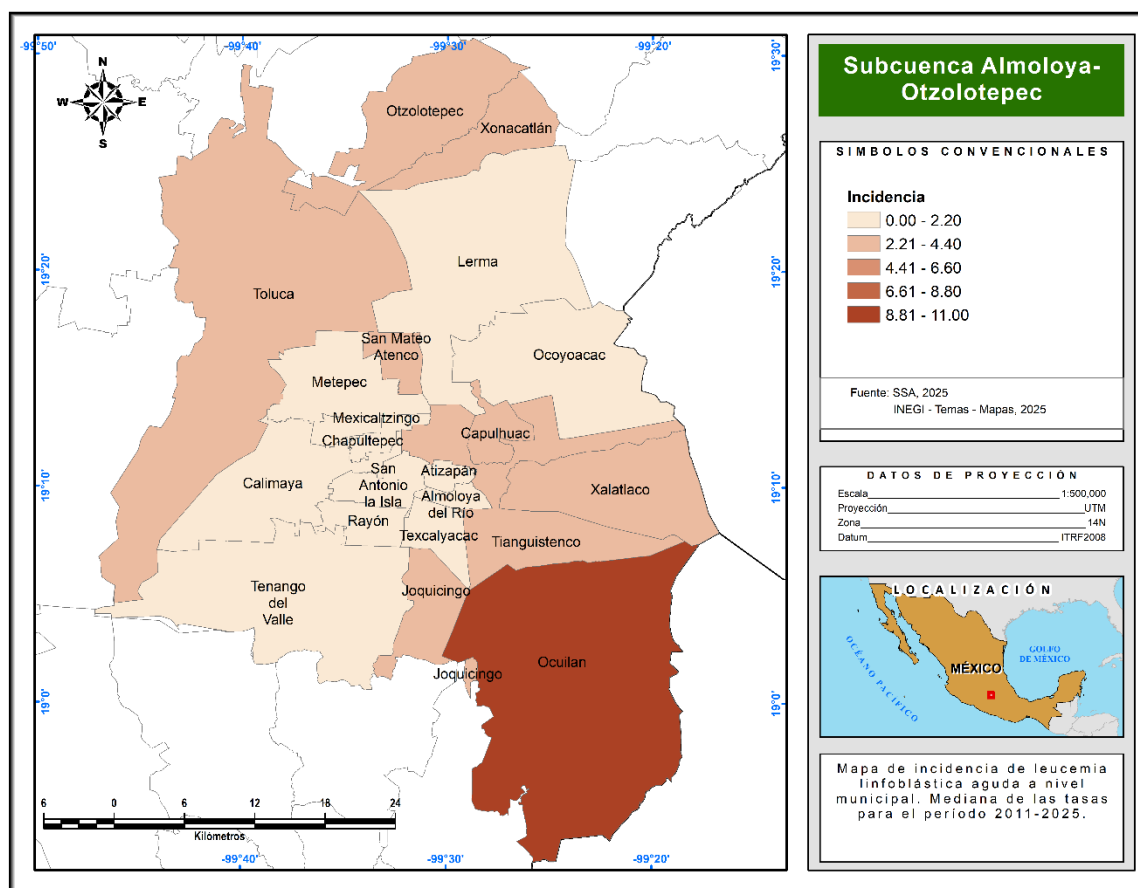


FIGURA 5. Incidencia de leucemia linfoblástica aguda en la SAO

3.2 Enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas

3.2.1 Diabetes mellitus no insulino dependiente con otras complicaciones especificadas

De acuerdo a la *American Diabetes Association* (ADA, 2024), para este tipo de diabetes no insulino dependiente, las complicaciones son

generalmente crónicas y van dirigidas a diferentes órganos del cuerpo, que pueden ser microvasculares (neuropatía, nefropatía,

retinopatía, etc.) o macrovasculares (enfermedad cardíaca, accidente cerebrovascular, enfermedad arterial periférica, entre otras).

La FIGURA 6 representa la distribución diabetes mellitus no insulín dependiente con otras complicaciones especificadas a nivel municipal en la subcuenca Almoloya-Otzolotepec, misma que exhibe que el municipio de Xalatlaco (porción este) cuenta con las tasas de incidencia más altas (9,61 – 12,00) para la enfermedad citada. Luego, le siguen del municipio de Tianguistenco (centro-este) con valores altos (7,21 – 9,60) y Almoloya del Río y Capulhuac con

valores intermedios (4,81 – 7,20). De acuerdo a Montoya *et al.* (2023), México enfrenta una fuerte epidemia ligada a la diabetes tipo 2, pues en el año 2022, se estimó que el 18% de los adultos mayores de 20 años vivían con la enfermedad a nivel nacional, siendo la principal causa de pérdida de salud y responsable de una significativa carga de enfermedad (cuarto país del mundo). Es importante valorar el impacto a la salud en los municipios de la SAO, dado que algunas de las complicaciones de esta diabetes, se ligan a la enfermedad arterial periférica que puede llevar a la amputación (ADA, 2024).

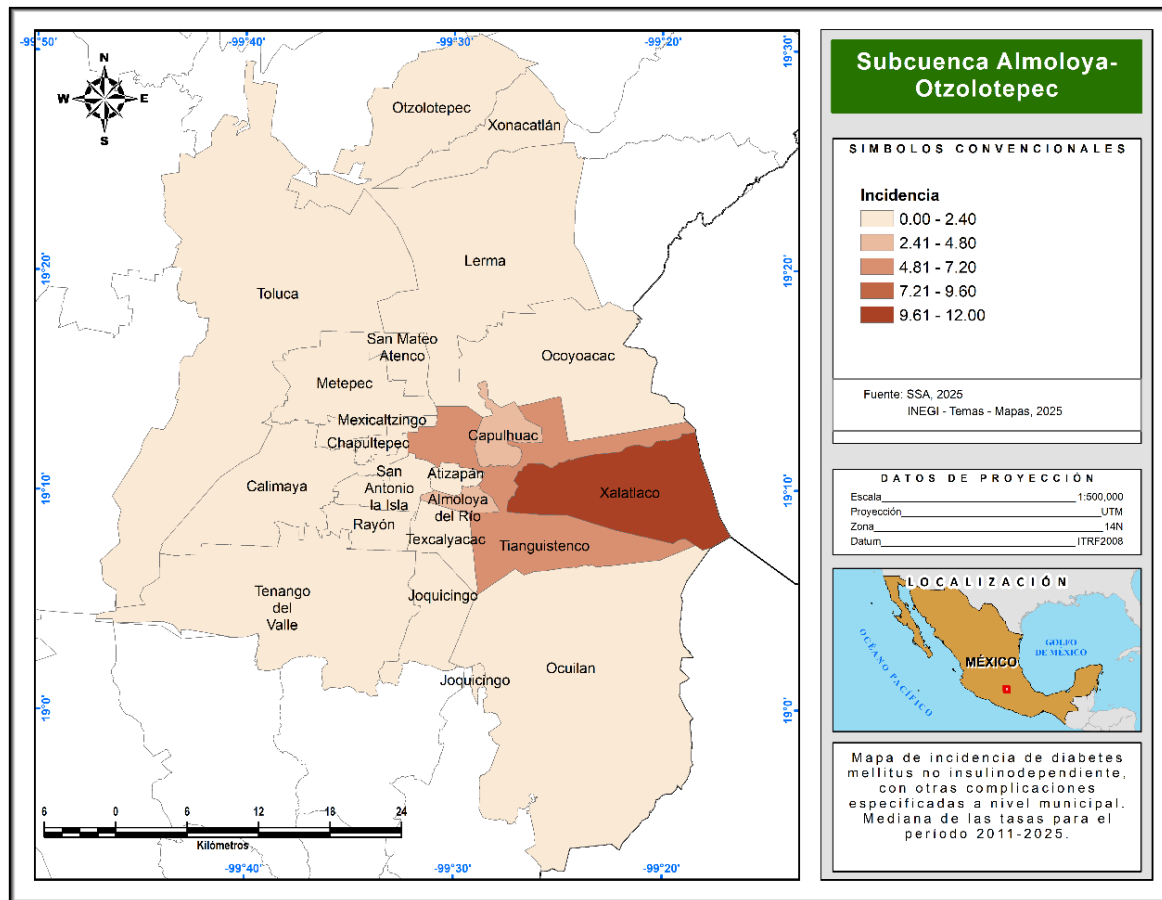


FIGURA 6. Incidencia de diabetes mellitus no tipo 2 con otras complicaciones en la SAO

3.3 Enfermedades del sistema circulatorio

3.3.1 Enfermedad cardíaca hipertensiva con insuficiencia cardíaca (congestiva)

Esta enfermedad funge como una afección en la que la presión arterial alta crónica (hipertensión),

provoca que el corazón trabaje más de lo normal, forzando su funcionamiento (Cleveland Clinic,

2025). Para el caso de México, las enfermedades cardiovasculares, y particularmente las relacionadas con la hipertensión, representan una de las principales causas de muerte y discapacidad (INEGI, 2023).

Los municipios que presentan las tasas de incidencia más altas (0,5761 – 0,7200) por enfermedad cardíaca hipertensiva con insuficiencia cardíaca (congestiva), se localizan en la porción centro y centro-este de la subcuenca, (Capulhuac y Xalatlaco), luego aparece el municipio de Ocuilan con valores medios (0,2881

– 0,4320), ubicado en la porción sureste de la zona de estudio (FIGURA 7). Uno de los principales factores de la enfermedad referida, es la elevada prevalencia de hipertensión arterial, el mal manejo de la misma y la falta de un diagnóstico oportuno, favorecido por factores socio-económicos, ambientales, estilos de vida, calidad de acceso a la salud en áreas específicas y a comorbilidades como la diabetes mellitus no insulino dependiente (SSA, 2022b; OMS, 2023), dichas determinantes, pueden ser elementos que inciden a la incidencia observada en la SAO.

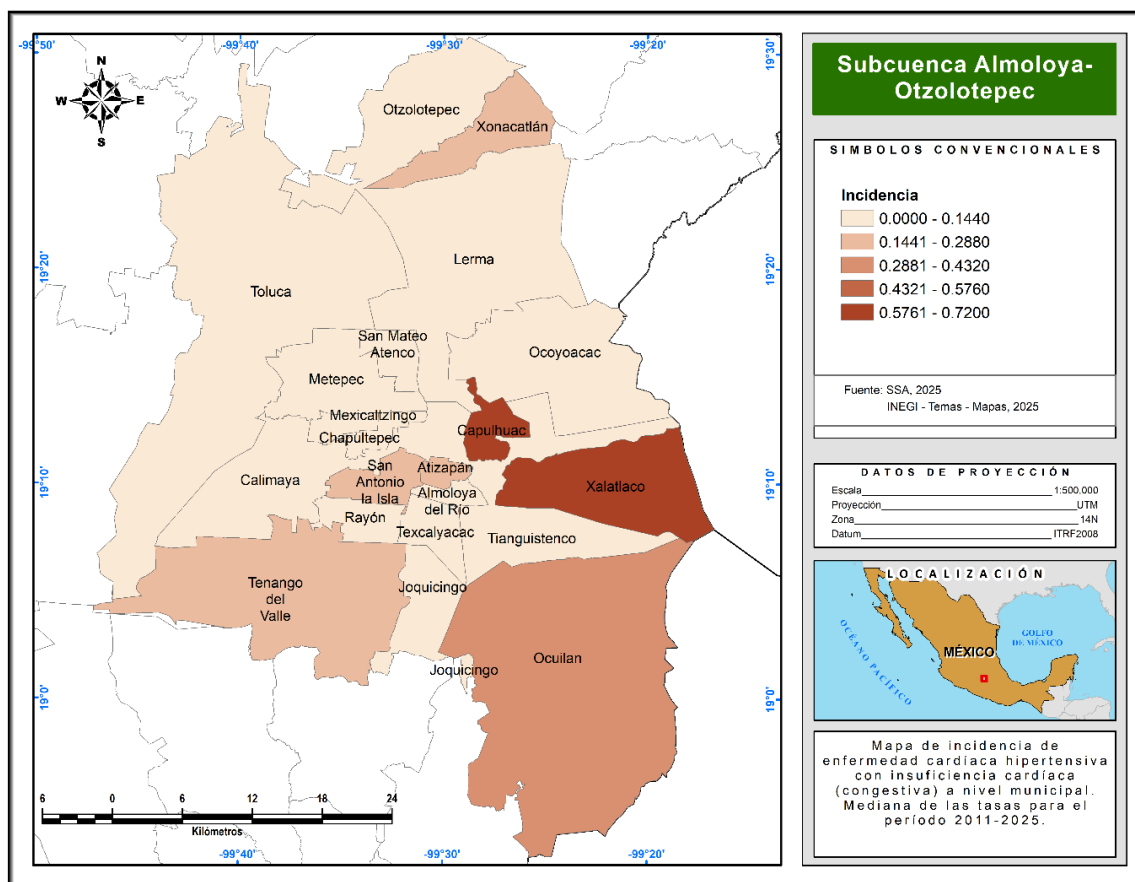


FIGURA 7. Incidencia de enfermedad cardíaca hipertensiva con insuficiencia cardíaca en la SAO

3.4 Enfermedades del sistema genitourinario

3.4.1 Enfermedad renal crónica (ERC), etapa V

La enfermedad renal crónica (etapa V) también es conocida como insuficiencia renal o enfermedad renal terminal. A nivel mundial es una enfermedad catalogada como una epidemia silenciosa, misma que genera años de vida

ajustados por discapacidad (AVAD) y mortalidad (*Global Burden of Disease Study*, 2020). En el contexto nacional, la ERC ha desarrollado un crecimiento preocupante, rebasando recurrentemente los valores presentes en otras naciones

de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Dicho proceso se vincula a factores de riesgo como las comorbilidades por diabetes mellitus no insulino dependiente y la hipertensión arterial sistémica (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, 2023).

Los municipios de la subcuenca con la tasa de incidencia más alta (96,61 – 117,00) por enfermedad renal crónica son Joquicingo y Ocuilan en la zona sur y sureste, seguido con valores altos (70,21 – 93,60) Almoloya del Río en la porción central, y con valores medios (46,81 – 70,20) Tenango del Valle y Texcalyac al centro-sur y suroeste del territorio en estudio (FIGURA 8). La concentración espacial de la ERC, etapa V en la

SAO, incita a conocer los posibles factores (determinantes locales y ambientales) que propician la agrupación de la enfermedad (porciones centro, sur, sureste y suroeste de la zona de estudio), pues la mayor parte de los municipios afectados se localizan en zonas agrícolas y florícolas, actividades que pueden generar exposición ocupacional o alterar la calidad del agua, con la contaminación de metales pesados (como cadmio o plomo) o plaguicidas, además como ya fue referido y es fundamental considerar, la SAO es un territorio con una crisis ambiental importante tanto en el aire como en el agua (AGOLABS, 2021; Ortega *et al.*, 2023).

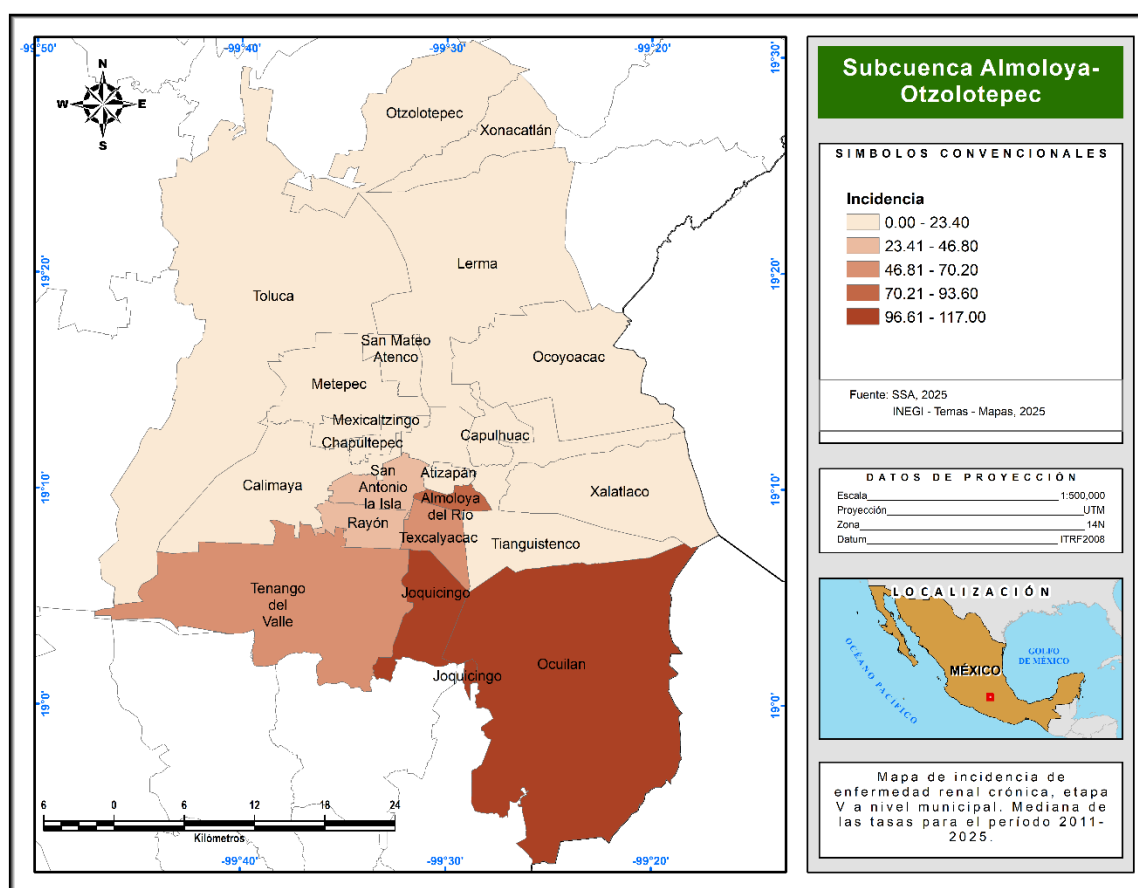


FIGURA 8. Incidencia de enfermedad renal crónica, etapa V

4. Conclusiones

Los resultados del análisis espacio-temporal en la subcuenca Almoloya-Otzolotepec resaltan la

tendencia creciente y significativa de enfermedades no transmisibles seleccionadas a

partir de la prueba de Mann-Kendall, lo que puede marcar una crisis sanitaria regional que se superpone y probablemente es agravada por la problemática ambiental del territorio.

La selección de las seis ENT con tendencia creciente (diversos tipos de cáncer, diabetes mellitus tipo 2, enfermedad cardíaca hipertensiva y enfermedad renal crónica) demuestra una consolidación del patrón epidemiológico en países y regiones industrializadas, como es el caso de la SAO, territorio con importante actividad industrial y deterioro ambiental, lo cual atribuye una demanda creciente en los sistemas de salud locales y regionales.

Los municipios más recurrentes con tasas de incidencia muy altas y altas en las diversas enfermedades son Xalatlaco en el centro-este; Ocuilan, Joquicingo y Tenango del Valle en las zonas sur, suroeste y sureste; Almoloya del Río, Calimaya, Mexicaltzingo y Capulhuac en las porciones centro; Ocoyoacac en el este; y Xonacatlán al norte.

La distribución espacial de las ENT más relevantes (leucemia linfoblástica aguda, cáncer de recto y enfermedad renal crónica etapa V) muestra una concentración en municipios específicos que probablemente comparten características de exposición ambiental y actividades económicas de riesgo. La incidencia alta de LLA y ERC etapa V, en municipios como Joquicingo y Ocuilan (sur y sureste), sugiere una asociación con el uso intensivo de agroquímicos y plaguicidas en actividades como la agricultura y floricultura dominantes en estas regiones. La exposición ocupacional y la contaminación de los recursos hídricos por metales pesados (cadmio y

plomo) y químicos son probables factores determinantes.

La alta incidencia de cáncer de recto en Almoloya del río, Calimaya, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Tenango del Valle y Xonacatlán puede estar vinculada a una composición de factores dietéticos, sedentarismo y comorbilidades como la obesidad y la diabetes tipo 2.

Se observa una interconexión entre las enfermedades, pues como fue referido existen diversas comorbilidades que se vinculan con algunas enfermedades con tendencia creciente en la SAO. La alta prevalencia de diabetes tipo 2 e hipertensión arterial sistémica, pueden asociarse con la tendencia de la enfermedad cardíaca hipertensiva, actuando como un factor de riesgo modificable y principal precursor de la ERC etapa V, lo cual enfatiza la necesidad de estrategias de salud pública que aborden estas comorbilidades de forma integral.

Como fue referida, la SAO pertenece a la cuenca del río Lerma, misma que ha sido catalogada como Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA), designación que puede ser fundamentada de acuerdo a los resultados y análisis de las enfermedades seleccionadas, pues aportan a la hipótesis de la problemática ambiental y de salud en dicho territorio. Además, la concentración espacial y la tendencia temporal creciente de estas seis ENT en la SAO, permite inferir que la contaminación funge como un factor importante para la generación de enfermedades y su distribución, más allá de los factores genéticos o de estilos de vida.

5. Referencias citadas

AGOLABS. 2021. *Análisis de cadmio en suelos y fertilizantes agrícolas*. Disponible en: <https://agqlabs.pe/2021/06/03/analisis-de-cadmio-en-suelos-y-fertilizantes-agricolas/> [Consulta: noviembre, 2025].

ÁLVAREZ, A.; PALACIO, L. y J. E. HERNÁNDEZ. 2025. "Mortalidad por cáncer de colon en México: una llamada a la adopción de un estilo de vida saludable". *Revista Universitaria*, 8(55): 82-85. Disponible en: <https://siid.insp.mx/> [Consulta: noviembre, 2025].

- AMERICAN CANCER SOCIETY (ACS). 2025. *Factores de riesgo del cáncer colorrectal*. Disponible en: <https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-colon-o-recto/causas-riesgos-prevencion/factores-de-riesgo.html> [Consulta: noviembre, 2025].
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION (ADA). 2024. "Microvascular complications and foot care: Standards of medical care in diabetes-2024". *Diabetes Care*, 47(1): 216-298. Disponible en: <https://doi.org/10.2337/dc24-S012>
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LUCHA CONTRA EL CÁNCER (AMLCC). 2025. *Cáncer Colorrectal*. Disponible en: <https://amlcc.org/que-es-el-cancer/tipos-de-cancer/cancer-colorrectal/> [Consulta: noviembre, 2025].
- BRONTE-MORENO, O.; GONZÁLEZ-BARCALA, F. J.; MUÑOZ-GALL, X.; PUEYO-BASTIDA, A.; RAMOS-GONZÁLEZ, J. & I. URRUTIA-LANDA. 2023. "Impact of air pollution on Asthma: A scoping review". *Open Respiratory Archives*, 5(2): 100229.
- CARRASCO, J. 2025. *Percepción de la contaminación por metales pesados y riesgos en la salud en la población de dos distritos en Cerro de Pasco*. Escuela Universitaria de Posgrado, Universidad Nacional Federico Villareal. Lima, Perú. Tesis de Doctorado.
- CLEVELAND CLINIC. 2025. *Enfermedad cardíaca hipertensiva*. Disponible en: <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/21840-hypertensive-heart-disease> [Consulta: noviembre, 2025].
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA y EL CARIBE (CEPAL). 2021. *La alta prevalencia de enfermedades no transmisibles en el Caribe está exacerbando el impacto de la pandemia y dificultando el avance de la subregión hacia el desarrollo sostenible*. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/> [Consulta: octubre, 2025].
- CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES, CIENCIAS y TECNOLOGÍAS (CONAHCYT). 2023. *Las Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA) en México: avances, balance críticos y perspectivas a futuro. ¿Qué son las Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA)?: definición del concepto y ubicación geográfica*. Junio 2023. Disponible en: <https://www.youtube.com/live/Ylz8tMzKldM?si=HCZo-XsC1dAhqN4h>
- CONSEJO NACIONAL DE POBLACIÓN (CONAPO). 2025. *Población a mitad de año por municipio y grupos quinquenales de edad (1990-2040)*. Disponible en: <https://datos.gob.mx/> [Consulta: octubre, 2025].
- CONTROLAR INNOVATING INDUSTRY. 2024. *CNA collects eggshell to clean the Lerma River*. Disponible en: <https://controlar.com/en/cna-collects-eggshell-to-clean-the-lerma-river/> [Consulta: octubre, 2025].
- CRUZ, A. 2025. *En 70% de mexicanos, bacteria asociada al cáncer gástrico*. La Jornada. Disponible en: <https://www.jornada.com.mx/noticia/2025/11/07/> [Consulta: noviembre, 2025].

- DÍAZ-ROMERO, M. C.; CALDERILLO, G.; MIYAGUI, S. M.; LEÓN, A.; HERRERA, M. y E. RUIZ. 2023. "Oncoguía de cáncer gástrico 2023". *Latin American Journal of Clinical Sciences*, 14: 115-124. <https://lajclinsci.com/vD-6-36>
- FRÍAS, L. 2024. *Alcanza a menores de 50 cáncer rectal*. Gaceta UNAM. Disponible en: <https://www.gaceta.unam.mx/> [Consulta: noviembre, 2025].
- GLOBAL BURDEN OF DISEASE STUDY. 2020. "Global, regional, and national burden of chronic kidney disease, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019". *The Lancet*, 395(10228): 1.546-1.563.
- GOBIERNO DE MÉXICO. 2020. *Proposición con punto de acuerdo para implantar políticas públicas eficientes y evaluables en el corto, mediano y largo plazos para sanear el Río Lerma y frenar los efectos ambientales*. Cámara de Diputados del Congreso de la Unión. Disponible en: <http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/> [Consulta: noviembre, 2025].
- HERNÁNDEZ, L. 2025. *Bacteria en México puede derivar cáncer; recomiendan expertos (2025)*. Grupo Milenio. Disponible en: <https://www.milenio.com/ciencia-y-salud/bacteria-mexico-derivar-cancer-recomiendan-expertos> [Consulta: noviembre, 2025].
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA y GEOGRAFÍA (INEGI). 2025. *Marco geoestadístico*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#descargas> [Consulta: octubre, 2025].
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA y GEOGRAFÍA (INEGI). 2024. *Estadísticas de Defunciones Registradas (EDR) enero a junio 2023*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2024> [Consulta: octubre, 2025].
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA y GEOGRAFÍA (INEGI). 2023. *Estadísticas de defunciones registradas (EDR)*. Comunicado de Prensa Núm. 433/23. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/> [Consulta: octubre, 2025].
- INSTITUTO DE SALUD PARA EL BIENESTAR (INSABI). 2023. *Día Mundial contra el Cáncer de Colon*. Gobierno de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/insabi/articulos/-cancer-de-colon-31-de-marzo> [Consulta: noviembre, 2025].
- JARAMILLO-VARGAS, G.; MANRIQUE, M. A.; CHÁVEZ-GARCÍA, M. A.; CISNEROS, A. A.; ÁLVAREZ-CASTELLO, R.; PÉREZ-CORONA, T.;... J. F. MOLINA-RODRÍGUEZ. 2019. "Factores epidemiológicos del cáncer colorrectal en mayores de 50 años en el Hospital Juárez de México". *Endoscopia*, 31(Supl. 2): 286-289. Disponible en: <https://doi.org/10.24875/end.m19000110>
- KHOMENKO, S.; CIRACH, M.; PEREIRA-BARBOZA, E.; MUELLER, N.; BARRERA-GÓMEZ, J.; ROJAS-RUEDA, D.;... & M. NIEUWENHUIJSEN. 2021. "Premature mortality due to air pollution in European cities: a health impact assessment". *Lancet Planet Health*, 5(3): 121-134.
- MATA, M. 2017. *Hay más cáncer cerca del río Lerma: AMANC*. Milenio. Disponible en: <https://www.milenio.com/estados/> [Consulta: noviembre, 2025].

- MEMORIAL SLOAN KETTERING CANCER CENTER (MSKCC). 2025. *Factores de riesgo de la leucemia*. Disponible en: <https://www.mskcc.org/es/cancer-care/types/leukemias/risk-factors> [Consulta: noviembre, 2025]
- MONTOYA, A.; GALLARDO, H.; SILVA, R.; GARCÍA, R.; RAZO, C., ONG, L.;... y S. BARQUERA. 2023. "Epidemia de diabetes tipo 2 en México. Análisis de la carga de la enfermedad 1990-2021 e implicaciones en la política pública". *Gaceta Médica de México*, 159(6): 488-500.
- NATIONAL CANCER INSTITUTE (NHI). 2025. *Causas y factores de riesgo del cáncer de estómago*. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/tipos/estomago/causas-factores-riesgo> [Consulta: noviembre, 2025].
- OLMOS-PALMA, D. y P. OCTAVIO-AGUILAR. 2022. "Efectos sobre la salud por agua contaminada con metales pesados". *Herreiana*, 4(1): 43-47. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/herreriana/issue/archive>
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 2025a. *Enfermedades no transmisibles*. Notas descriptivas. Disponible en: <https://www.who.int/es/> [Consulta: octubre, 2025].
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 2025b. *Logros para la salud pública a lo largo de los años*. Disponible en: <https://www.who.int/es/> [Consulta: octubre, 2025].
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 2023. *Hipertensión*. Disponible en: <https://www.who.int/es/> [Consulta: noviembre, 2025].
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 2008. *Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud, 10a. revisión*. Washington, USA. Disponible en: <https://ais.paho.org/classifications/chapters/pdf/volume1.pdf> [Consulta: septiembre, 2025].
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). 2025. *Enfermedades no transmisibles*. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/> [Consulta: octubre, 2025].
- ORTEGA, O.; ZÁRATE, J.; ALBA, C. M.; JIMÉNEZ, M. y N. RAMÍREZ. 2023. "Enfermedad renal crónica asociada a la exposición a metales pesados y productos agroquímicos en Latinoamérica". *Enfermería Nefrológica*, 26(2): 120-131.
- PÉREZ-CASTRESANA G.; CAMACHO-SANABRIA R.; ROMERO-NATALE A.; SÁNCHEZ-PORRAS A.; ARROYO-ORTEGA I. y D. JIMÉNEZ-RAMOS. 2023. *Salud ambiental en la Cuenca del Alto Atoyac: situación, peligros ambientales y acciones para reducir el riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT)*. Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías. Ciudad de México, México. Disponible en: <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/60>
- POY, L. 2023. *Factores ambientales causan 9 de cada 10 casos de leucemia linfoblástica aguda*: CONACYT. La Jornada. Disponible en: <https://www.jornada.com.mx/> [Consulta: noviembre, 2025].

- RAMÍREZ, M.; ESCOBAR, O. y M. BETANCOURT. 2023. "Metales pesados: antagonistas de la salud en México". *Ciencia*, 74(3). Disponible en: <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/> [Consulta: octubre, 2025].
- ROJAS-RUEDA, D.; MORALES-ZAMORA, E.; ALSUFYANI, W. A.; HERBST, C. H.; ALBALAWI, S. M.; ALSUKAIT, R.;... & M. ALOMRAN. 2021. "Environmental Risk Factors and Health: An Umbrella Review of Meta-Analyses". *Int J Environ Res Public Health*, 18(2).
- ROMERO, M. 2024. *Identifican alta incidencia de cáncer infantil atribuida a contaminación en 5 municipios*. Diario Portal. Disponible en: <https://diariportal.com/> [Consulta: noviembre, 2025].
- SCHRAUFNAGEL, D.; BALMES, J.; COWL, C.; MATTEIS, S.; JUNG, S.; MORTIMER, K.;... & D. WUEBBLES. 2019. "Air pollution and noncommunicable diseases: A review by the forum of International Respiratory Societies Environmental Committee, Part 2". *Air Pollution and Organ Systems*, 155(2): 417-426. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.10.041>
- SECRETARÍA DE SALUD (SSA). 2025. *Dirección General de Información en Salud*. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/> [Consulta: octubre, 2025].
- SECRETARÍA DE SALUD (SSA). 2022a. *Dirección general de información en salud*. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/> [Consulta: octubre, 2025].
- SECRETARÍA DE SALUD (SSA). 2022b. *Manejo de la Hipertensión Arterial y sus Complicaciones*. Guía de Práctica Clínica. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/> [Consulta: octubre, 2025].
- SISTEMA NACIONAL DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA. 2023. *Informe anual de la incidencia de enfermedad renal crónica*. Secretaría de Salud. México.
- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ONCOLOGÍA MÉDICA (SEOM). 2019. *Cáncer gástrico*. Disponible en: <https://seom.org/info-sobre-el-cancer/> [Consulta: noviembre, 2025].

Lugar y fecha de finalización del artículo:

Toluca, México; noviembre, 2025

Fecha de revisión y corrección:

Toluca, México; marzo, 2026