



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Geografía

Análisis espacial de la morbilidad por
enfermedades respiratorias, gastrointestinales
y calidad ambiental en la Zona Metropolitana
de Toluca, 2015

TESIS

Para obtener el grado de:
Maestra en Análisis Espacial y Geoinformática

PRESENTA

Biól. Noelia Castillo Manjarrez

No. de cuenta: 2130802

COMITÉ TUTORAL:

Tutora Académica, Dra. Marcela Virginia Santana Juárez

Tutor adjunto, Dr. Luis Ricardo Manzano Solís

Tutor externo, Dr. Constantino González Salazar

Toluca Estado de México, 8 de septiembre de 2023

Índice	
Introducción.....	8
Antecedentes	11
Planteamiento del problema.....	15
Justificación.....	16
Objetivos	18
Capítulo 1 : marco teórico	19
1.1 Geografía.....	19
Análisis espacial y principios geográficos	19
1.2 Salud y ambiente	21
Geografía de la salud.....	21
Geografía ambiental.....	23
Salud Ambiental.....	24
1.3 Indicadores biofísicos.....	26
Temperatura de Superficie Terrestre	26
Vegetación urbana.....	26
Suelo transformado.....	27
1.4 Contaminación atmosférica.....	27
1.5 Geotecnologías.....	28
Geoinformática.....	28
Geotecnología.....	28
Percepción remota	29
Capítulo 2 : marco metodológico.....	31
2.1 Universo de estudio	31
2.2 Procesos y etapas.....	34
Cálculo del Índice de Calidad Ambiental.....	36
Indicadores sociodemográficos y de salud	40
Tasas de morbilidad.....	44
Análisis de componentes principales	45
Análisis bivariado	47
Análisis clúster.....	47
Capítulo 3 : Resultados	50
Índice de Calidad Ambiental	50

Indicadores de salud	57
Asociación entre variables	70
Análisis bivariado	70
Conclusiones	90
Recomendaciones	92
Bibliografía	94
Anexos	106

Índice de cuadros

Cuadro 1.1. Evolución de la relación ambiente-salud a través de diferentes eras y paradigmas.....	24
Cuadro 2.1. Municipios que conforman la ZMT, se resaltan en negrita aquellos con mayor densidad poblacional en el año 2015.	32
Cuadro 2.2. Fecha y hora de captura de las imágenes seleccionadas para el estudio.....	36
Cuadro 2.3. Indicadores biofísicos y su interpretación.	39
Cuadro 2.4. Indicadores sociodemográficos utilizados para el análisis de asociación entre variables (con mayor correlación).	43
Cuadro 2.5. Indicadores biofísicos y de calidad del aire utilizados para el Análisis de Componentes Principales (ACP).	46
Cuadro 3.1. Puntaje obtenido en el ACP.....	50
Cuadro 3.2. Medidas de adecuación muestral del ICA integrando indicadores biofísicos y de calidad del aire.....	52
Cuadro 3.3. Matriz de componente del ICA.....	52
Cuadro 3.4. Estimación de m ² de área verde por habitante para el año 2015.	56
Cuadro 3.5. Correlación de Pearson de los indicadores de vegetación (TSAVI), suelo edificado (NDBI) y temperatura de superficie terrestre (TST).....	56
Cuadro 3.6. Tasa de morbilidad (cada 100 mil habitantes) por egresos hospitalarios de enfermedades respiratorias de los municipios de la ZMT, por grandes grupos de edad, 2015.....	57
Cuadro 3.7. Tasa de morbilidad (cada 100 mil habitantes) por egresos hospitalarios de enfermedades infecciosas intestinales de los municipios de la ZMT, por grandes grupos de edad, 2015.	60
Cuadro 3.8. Correlación de contaminantes atmosféricos con la morbilidad por asma de la población en general y por grandes grupos de edad.	62
Cuadro 3.9. Tasa de morbilidad (cada 100 mil habitantes) de Asma de los municipios de la ZMT, por grandes grupos de edad, 2015.	64
Cuadro 3.10. Tasa de morbilidad (cada 100 mil habitantes) de infecciones respiratorias agudas de los municipios de la ZMT, por grandes grupos de edad, 2015.	66
Cuadro 3.11. Tasa de morbilidad (cada 100 mil habitantes) de neumonías y bronconeumonías de los municipios de la ZMT, por grandes grupos de edad, 2015.	68
Cuadro 3.12. Correlación de contaminantes atmosféricos con la morbilidad por neumonías y bronconeumonías de la población en general y por grandes grupos de edad.	68
Cuadro 3.13. Tasa de morbilidad (cada 100 mil habitantes) de enfermedades infecciosas intestinales de los municipios de la ZMT, por grandes grupos de edad, 2015.	70
Cuadro 3.14. Correlaciones significativas entre indicadores sociodemográficos, índices de calidad ambiental con indicadores de salud.....	72

Cuadro 3.15. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por asma y número de viviendas en vecindad o cuartería.	75
Cuadro 3.16. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por neumonía y bronconeumonía y número de viviendas en vecindad o cuartería.	76
Cuadro 3.17. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por asma y población de localidades urbanas \geq 2500 habitantes.	78
Cuadro 3.18. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por neumonía y bronconeumonía y población de localidades urbanas \geq 2500 habitantes.	80
Cuadro 3.19. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por asma y población de localidades urbanas \geq 15,000 habitantes.	82
Cuadro 3.20. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por neumonía y bronconeumonía y población de localidades urbanas \geq 15,000 habitantes.	84
Cuadro 3.21. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por asma y el Índice de Calidad Ambiental.	86
Cuadro 3.22. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por neumonía y bronconeumonía con el Índice de Calidad Ambiental.	88

Índice de figuras

Figura 2.1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	31
Figura 2.2. Mapa de presencia de ANP (por tipo) en los límites territoriales de la ZMT.....	33
Figura 2.3. Esquema metodológico de los procedimientos realizados.....	35
Figura 2.4. Dendograma de grupos para formación de clústeres en la ZMT.	49
Figura 3.1. Mapa de calidad ambiental para el año 2015 obtenido a partir de indicadores biofísicos y de calidad del aire.	51
Figura 3.2. Mapa de indicadores biofísicos de la ZMT para el año 2015, porcentaje por municipio de área edificada, superficie con vegetación y presencia de cuerpos de agua.	55
Figura 3.3. Distribución de los egresos hospitalarios de la ZMT por enfermedades respiratorias por mes, 2015.....	58
Figura 3.4. Mapa de distribución de los egresos hospitalarios por enfermedades respiratorias, 2015.....	59
Figura 3.5. Mapa de distribución de los egresos hospitalarios por enfermedades infecciosas intestinales, 2015.....	61
Figura 3.6. Distribución de los egresos hospitalarios de la ZMT por enfermedades infecciosas intestinales por mes, 2015.....	61
Figura 3.7. Mapa de distribución de la morbilidad por asma, 2015.	63
Figura 3.8. Mapa de distribución de la morbilidad por infecciones respiratorias agudas, 2015.....	65
Figura 3.9. Mapa de distribución de la morbilidad por neumonías y bronconeumonía, 2015.	67
Figura 3.10. Mapa de distribución de la morbilidad por enfermedades infecciosas intestinales, 2015.	69
Figura 3.11. Interpretación de cuadrantes del diagrama de dispersión.....	71
Figura 3.12. Mapa de asociación entre la morbilidad por asma y el número de viviendas en vecindad o cuartería.	75
Figura 3.13. Mapa de asociación entre la morbilidad por neumonía y bronconeumonía y viviendas en vecindad o cuartería.	77
Figura 3.14. Mapa de asociación entre la morbilidad por asma y población de localidades urbanas ≥ 2500 habitantes.	79
Figura 3.15. Mapa de asociación entre la morbilidad por neumonía y bronconeumonía y población de localidades urbanas ≥ 2500 habitantes.	81
Figura 3.16. Mapa de asociación entre la morbilidad por asma y población de localidades urbanas $\geq 15,000$ habitantes.	83
Figura 3.17. Mapa de asociación entre la morbilidad por neumonía y bronconeumonía con localidades urbanas $\geq 15,000$ habitantes.....	85
Figura 3.18. Mapa de asociación entre la morbilidad por asma y el Índice de Calidad ambiental.....	87
Figura 3.19. Mapa de asociación entre la morbilidad neumonía y bronconeumonía con el Índice de Calidad ambiental.....	89

Figura 3.20. Mapa del análisis clúster jerárquico para priorizar áreas de atención a la salud ambiental. 90

Índice de anexos

Anexo 1. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Almoloya de Juárez.	106
Anexo 2. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Almoloya de Calimaya.	108
Anexo 3. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Chapultepec.	109
Anexo 4. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Lerma.	110
Anexo 5. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Metepec. .	112
Anexo 6. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Mexicaltzingo.	114
Anexo 7. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Ocoyoacac.	115
Anexo 8. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Oztolotepec.	116
Anexo 9. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Rayón.	118
Anexo 10. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de San Antonio la Isla.	119
Anexo 11. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de San Mateo Atenco.	120
Anexo 12. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Temoaya.	122
Anexo 13. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Tenango del Valle.	124
Anexo 14. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Toluca....	126
Anexo 15. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Xonacatlán.	129
Anexo 16. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Zinacantepec.	132

Introducción

Históricamente la salud humana ha dependido en gran medida de la interrelación de las actividades humanas y los factores ambientales (bióticos y abióticos) que lo rodean (Rodríguez Morales et al. 2011; Cisneros, 2020). Actualmente se vive una crisis global ambiental, que vuelve inminente la necesidad de abordar investigaciones que permitan entender los mecanismos mediante los cuales, las interacciones sociedad-naturaleza afectan la salud humana. Dichas interacciones se han abordado bajo el enfoque de la Salud Ambiental (SA), entendiéndola como un área de la salud pública que se encarga de evaluar los riesgos y daños a la salud derivados de la degradación y contaminación ambiental, así como de proponer y evaluar programas para su reducción (Riojas-Rodríguez et al. 2013). En los últimos años la SA no solo se centra en el estudio de los factores físicos, químicos y biológicos del medio ambiente que afectan la salud, sino que también se incluyen los sociales y psicológicos (COFEPRIS, 2017).

Las causas, condiciones o circunstancias que determinan la salud son considerados determinantes de la salud. Se han propuesto cuatro grandes grupos de determinantes: estilos de vida y conductas de salud, medio ambiente, la biología humana y el sistema de asistencia sanitaria (Laframboise, 1973). Dentro de los determinantes ambientales se incluyen, por ejemplo, la disponibilidad y calidad del agua, los servicios de saneamiento, la gestión de residuos sólidos, los entornos saludables y la planificación urbana, de tal forma que si hay deficiencia en dichos aspectos pueden generarse condiciones propicias para la transmisión de enfermedades (OPS, 2019). Además, se ha determinado que, al intervenir en estos determinantes, puede mejorarse directamente la salud de las poblaciones e indirectamente mejorar la productividad e incrementar el gozo del consumo de bienes y servicios no relacionados con la salud (OPS, 2010).

Es importante resaltar que existen riesgos ambientales ligados directamente con el desarrollo insostenible, tal es el caso de la contaminación hídrica por actividades industriales y de agricultura intensiva, la contaminación del aire urbano, deforestación y degradación del suelo, riesgo de enfermedades infecciosas nuevas y reemergentes, entre otros (Yassi et al. 2002). Ejemplo de ello es la Zona

Metropolitana de Toluca, cuya vulnerabilidad ambiental es alta y se ha propuesto que su proceso de peri-urbanización es insustentable debido a los impactos negativos de las actividades antrópicas que causan daño gradual y creciente al medio ambiente (Campos *et al.*, 2022). Investigaciones señalan que en la ZMT existen fuentes importantes de metales pesados como Cromo (Cr), Cobre (Cu), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) derivados de actividades antropogénicas como lo son procesos de combustión, emisiones de vehículos, quema de biomasa, emisiones de hornos de ladrillo, actividades agrícolas y ganaderas, industria manufacturera y redeposición por acción del viento, que pone en riesgo la salud de la población, teniendo mayor riesgo de exposición a dichos metales los municipios de Toluca, Metepec, San Mateo Atenco y Lerma, los cuales se caracterizan por contar con poca cobertura vegetal y su cercanía a parques industriales (Ávila-Pérez *et al.* , 2019) además de que estos municipios han experimentado una expansión urbana y cambios de uso de suelo considerables (Adame, 2020). De hecho, en el año 2018 Toluca el municipio central, ocupó el 9º lugar en contaminación en América Latina, de acuerdo con los registros de Material Particulado <10 µm (PM₁₀), superando incluso a la Ciudad de México (Espinoza, 2020). Situación que es preocupante debido a la diversidad de problemas de salud relacionados con la exposición al aire contaminado que se ha descrito en la literatura.

Con base en lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo analizar la calidad ambiental y su relación con la morbilidad por enfermedades respiratorias y gastrointestinales en la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT), para el año 2015. Para ello, se generó un Índice de Calidad Ambiental que permitió integrar información obtenida mediante percepción remota como la temperatura de superficie terrestre, la presencia de vegetación y suelo edificado, así como estimaciones de emisiones de PM₁₀, PM_{2.5}, Bióxido de azufre (SO₂), Monóxido de carbono (CO), Óxidos de nitrógeno (NO_x), Compuestos orgánicos volátiles (COV) y Amoniaco (NH₃) obtenidos del Inventario Nacional de Emisiones (2016), utilizando la técnica de componentes principales. Adicionalmente, se seleccionaron una serie de indicadores sociodemográficos que mediante el análisis bivariado permitieron

determinar la relación existente entre la calidad ambiental y las características sociodemográficas con la salud de la población.

Se espera que la presente investigación sirva como un aporte metodológico y aplicado para la evaluación del estado ambiental como base para las propuestas y aplicación de políticas públicas a niveles regionales, municipales y locales; cabe señalar que la metodología planteada es novedosa y puede replicarse en otros contextos territoriales, principalmente a zonas metropolitanas, en pro de una mejor calidad de vida y de salud, tendiente a coadyuvar al cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) aprobados por la ONU en 2015, particularmente al de salud y bienestar (ODS 3) así como ciudades y comunidades sostenibles (ODS, 11).

Antecedentes

Investigaciones en el contexto internacional

Alrededor de la cuarta parte de la carga mundial de morbilidad y, concretamente, más de un tercio de la carga de morbilidad infantil son consecuencia de factores ambientales modificables, es decir que pueden cambiarse mediante la aplicación de tecnologías, políticas y medidas de prevención y de salud pública disponibles. Cabe señalar que dentro de los factores ambientales fundamentales en el riesgo a la salud se encuentran la calidad del aire y el agua, el modo de uso de energía, y las modalidades de aprovechamiento de la tierra y planificación urbana. Particularmente, a la contaminación atmosférica pueden atribuirse alrededor de siete millones de muertes a nivel global y se estima que 9 de cada 10 personas respiran aire de mala calidad (OMS, 2022). Las principales enfermedades en las que se concentra dicha carga de morbilidad son: la diarrea, las infecciones de las vías respiratorias inferiores, distintos tipos de lesiones accidentales y el paludismo (Prüss-Üstün *et al.*, 2006).

En el marco de la SA, predominan investigaciones sobre contaminación atmosférica y las afectaciones a la salud. Se ha descrito que los contaminantes del aire más comunes son el ozono (a nivel del suelo) y las partículas en suspensión (PM), cuyos efectos en la salud dependen del tiempo de exposición. En tiempos cortos puede haber algunas molestias como irritación de los ojos, nariz, piel, garganta, sibilancias, tos y opresión en el pecho y dificultad para respirar mientras que tiempos prolongados de exposición pueden provocar estados de salud más graves, como asma, neumonía, bronquitis, otros problemas pulmonares y cardíacos, daño en el sistema neurológico, reproductivo, y renal, también algunos tipos de cáncer e incluso, en raras ocasiones, la muerte (Manisalidis *et al.*, 2020; Chen *et al.*, 2021).

Sólo en la región europea de la OMS, la exposición a PM₁₀, PM_{2.5} y partículas ultrafinas [PUF]) puede disminuir la esperanza de vida en un promedio de casi un año, debido al aumento del riesgo de enfermedades cardiovasculares, respiratorias y cáncer de pulmón (WHO, 2021). Un medio ambiente contaminado puede afectar negativamente la calidad de vida conduciendo a estrés y al deterioro de la salud de

la población (Greco, *et al.* 2020) siendo los jóvenes y adultos mayores los sectores de la población más afectados.

Otro de los factores que influye en el deterioro del medio ambiente es la presión demográfica y el déficit de la vivienda, de acuerdo con Patino y Siegel, (2018), cuando las condiciones de vivienda son deficientes, a menudo esas condiciones se correlacionan con una mayor exposición a contaminantes en interiores y, en última instancia, con efectos negativos para la salud. Relativo a la vivienda, la carencia de servicios de saneamiento como drenaje, agua potable y tratamiento de aguas residuales está relacionada con la prevalencia de enfermedades gastrointestinales (Celiz Bardález, 2021). Así mismo, se ha descrito que la precariedad de las viviendas y condiciones de higiene y saneamiento deficitarias explican altas cargas parasitarias en poblaciones aborígenes (Sy, 2009).

Desde la Geografía y con el uso de Sistemas de Información geográfica (SIG) se han hecho aportes importantes para explicar los patrones espaciales de la distribución de enfermedades. Se ha investigado la relación de la contaminación del aire con el tráfico vehicular y cómo ésta representa un factor de riesgo potencial para la salud respiratoria (Nuvolone *et al.*, 2011), mientras que Amsalu *et al.* (2019) analizaron la distribución espacial y determinantes de la infección respiratoria aguda entre los niños menores de cinco años en Etiopía a partir de muestreo por conglomerados y uso de SIG para visualizar los casos de neumonía en el país, lo cual permitió identificar zonas geográficas con alta carga de transmisión de enfermedades.

En investigaciones como la de Tuoane-Nkhasi y van Eeden (2017) han utilizado el índice de Moran, el análisis de puntos calientes y la regresión ponderada geográficamente para medir la autocorrelación espacial de las tasas de mortalidad estandarizadas por edad; identificar municipios de alto riesgo de muerte debido a enfermedades no transmisibles seleccionadas; y factores socioeconómicos y demográficos asociados, Asri *et al.* (2021) utilizaron el Índice Global de Moran y la estadística G_i^* de Getis y Ord (1992) para la identificación de patrones espaciales y

el análisis de puntos calientes de las infecciones del tracto respiratorio inferior y su asociación con el material particulado fino (PM_{2.5}).

Respecto a los determinantes sociales estos se han estudiado en la Geografía de la salud con una mirada de equidad en salud y constatando lo que se conoce como Geografía de las desigualdades (Temes-Cordovez, 2017). Otro de los enfoques es sobre injusticias ambientales, mediante el cual se evalúa de manera rigurosa la existencia de desigualdades en la afección o disfrute humanos asociados a causas ambientales, por ejemplo, en Argentina se ha estudiado la inequidad espacial, sus interacciones ambientales y socio territoriales en términos de justicia social y ambiental (Lacabana *et al.*, 2016), de igual forma se estudiaron grupos sociodemográficos y zonas de la ciudad de Santa Fe de la Vera Cruz (Argentina) que han sufrido sobre afección calificable de injusta, para ello utilizaron indicadores que expresan vulnerabilidad y privaciones humanas mediante el uso de SIG y el método de χ^2 (Bosisio y Moreno, 2019).

Otras investigaciones se centran únicamente en la evaluación del ambiente, tal es el caso de Valero Carbajal (2017) quién utilizó métodos basados en índices espectrales para la determinación de zonas con mayor estabilidad ambiental, con el mismo enfoque metodológico Musse *et al.* (2018); Tello-Cifuentes y Díaz-Paz (2021) y Phuong *et al.* (2021) construyeron un Índice de Calidad Ambiental Urbana usando técnicas de teledetección y análisis componentes principales a partir de indicadores físicos, así como el desarrollo de un índice integrado para evaluar la Calidad Ambiental Natural Urbana a partir de la tecnología de teledetección.

Krishnan y Firoz (2020) construyeron un Índice de Calidad Ambiental incorporando parámetros ecológicos, meteorológicos y socioeconómicos implementando análisis multivariado y análisis de componentes principales, así como su representación espacial. En el mismo sentido, Liao y Jiang (2020) propusieron el uso de datos MODIS en la plataforma Google Earth Engine (GEE) para establecer un modelo de evaluación de la calidad eco ambiental de teledetección para China.

Recientemente Javanbakht *et al.*, (2021) llevaron a cabo un modelado espacial y temporal simultáneo de parámetros relacionados con el entorno físico, el área construida y los peligros naturales mediante la adaptación de lógica difusa y Proceso de Red Analítica para modelar la Calidad Ambiental Urbana en Teherán, Irán.

Investigaciones en el contexto nacional

En México, se han usado herramientas analíticas y geoestadísticas para estimar los coeficientes de peligro y de riesgo para poblaciones expuestas al arsénico a través de las fuentes de abastecimiento de la red de agua potable del estado de Colima (Mendoza-Cano *et al.*, 2017). Yáñez Quijada y Camarena Gómez (2019) evaluaron la situación de salud ambiental que exhiben localidades agrícolas de un Distrito de Desarrollo Rural en Sonora mediante un estudio exploratorio-descriptivo, basado en información científica publicada en artículos y documentos oficiales entre 1988 y 2018.

Por su parte Rodríguez-Orozco (2020) realizó un análisis espacial de la morbilidad por asma en una muestra de pacientes que residían en la ciudad Morelia, en el estado de Guerrero; Villerías Salinas *et al.* (2020) analizaron espacialmente la vulnerabilidad y riesgo en salud por COVID-19 mientras que Santana Juárez (2021) analizó el comportamiento espaciotemporal de COVID-19 en México a partir de Condicionantes Socio Espaciales de la Salud.

Referente a calidad ambiental, Cantú *et al.*, (2000) propuso evaluar la calidad ambiental, a partir indicadores ambientales y la aplicación del método de valores residuales para la obtención de un índice, la determinación de un coeficiente de especialización funcional aunado a un análisis de agrupamiento jerárquico. Con un enfoque más aplicativo, Avalos, (2014) desarrolló un sistema espacial de soporte de decisiones, para evaluar la calidad ambiental en la ciudad de Morelia, Michoacán implementando decisión espacial multicriterio, SIG y Proceso Analítico Jerárquico.

Respecto al área de estudio, un estudio reciente sugiere que en la ZMT existen fuentes importantes de metales pesados como Cromo (Cr), Cobre (Cu), Plomo (Pb)

y Zinc (Zn) derivados de actividades antropogénicas como lo son procesos de combustión, emisiones de vehículos, quema de biomasa, emisiones de hornos de ladrillo, actividades agrícolas y ganaderas, industria manufacturera y redistribución por acción del viento, teniendo mayor riesgo de exposición a dichos metales áreas de los municipios de Toluca, Metepec, San Mateo Atenco y Lerma, los cuales se caracterizan por contar con poca cobertura vegetal y su cercanía a parques industriales (Ávila-Pérez *et al.* , 2019).

Particularmente el municipio de San Mateo Atenco y la zona del Aeropuerto Internacional de Toluca presentan un alto contenido de Pb suspendido en el aire debido a que estas áreas tienen un flujo vehicular intensivo (Romero Guzmán *et al.*, 2018). Estos metales y otras partículas como esporas, virus o bacterias suelen clasificarse dentro del material particulado PM_{2.5} y PM₁₀. Dichas partículas cobran importancia debido a que son capaces por su pequeño tamaño, de introducirse en las vías respiratorias e incluso pueden alcanzar el torrente sanguíneo causando enfermedades respiratorias, cardiovasculares y otros problemas serios de salud.

En la ZMT se cuenta con la Red Automática de Monitoreo Atmosférico la cual ofrece el Índice Aire y Salud, sin embargo, existen más factores que intervienen en el deterioro de la salud además de la mala calidad del aire, tal es el caso del cambio de uso de suelo y expansión urbana.

Planteamiento del problema

La ZMT está sometida a fuertes transformaciones derivadas del propio proceso de metropolización que conlleva a estados de presión ambiental que afectan la salud de la población. Se ha identificado que la zona de estudio presenta problemas importantes de contaminación atmosférica y que existen municipios más expuestos que otros (Romero Guzmán *et al.*, 2018; Ávila-Pérez *et al.*, 2019) por lo tanto, es necesario averiguar los factores que pudieran explicar dichas diferencias y cómo se ve afectada la salud de la población.

Para ello se propone un análisis espacial de la morbilidad por enfermedades respiratorias, gastrointestinales y calidad ambiental del año 2015 que permite

evaluar la presión y distribución de los factores biofísicos, de calidad del aire y condiciones sociodemográficas sobre la salud.

Se plantea la siguiente pregunta de investigación, ¿Cuál es la influencia de la calidad ambiental y características sociodemográficas en la distribución espacial de la morbilidad por enfermedades gastrointestinales y respiratorias de la ZMT?

Justificación

Las zonas metropolitanas, albergan una gran cantidad de habitantes, a menudo en áreas urbanas donde se llevan a cabo actividades industriales, económicas y de servicios que impactan negativamente el medio ambiente. Esto aunado a la carencia de servicios básicos de la vivienda y la falta de áreas verdes, influye en la salud de la población promoviendo la aparición de enfermedades de tipo respiratorio y gastrointestinales, por citar algunas. De hecho, a nivel nacional, la causa de atención a la salud de hombres más frecuente en 2015 fueron las infecciones respiratorias agudas, con 12.1 millones de casos, lo que representa >60% del total de casos de enfermedad, mientras que en segundo lugar lo ocuparon las infecciones intestinales, con 2.27 millones de casos (Secretaría de Salud, 2015).

La problemática de la calidad ambiental y de salud es de gran relevancia y se aborda tanto en las agendas internacionales como nacionales. Tal es el caso de los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible en la Agenda 2030 aprobados por la Organización de las Naciones Unidas. La presente investigación se enmarca en los objetivos 11: lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Particularmente a la meta 11.6 sobre reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo; así como el objetivo 3: garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades; la meta 3.9 establece que para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo (PNUD, 2022).

Si bien se han hecho esfuerzos por estudiar la salud ambiental en el contexto internacional, a nivel nacional y local (ZMT) son pocas las investigaciones que desde la geografía y los SIG tratan de explicar la calidad ambiental y su relación con la salud, por ello la presente investigación propone un enfoque metodológico que permite integrar algunos de los determinantes en salud relacionados con enfermedades respiratorias y gastrointestinales para el año 2015, esperando que los resultados sean de utilidad para la gestión, planificación y aplicación de estrategias de mitigación del deterioro ambiental, enfocadas en la promoción de la salud y prevención de enfermedades.

Hipótesis

La distribución espacial de la morbilidad por enfermedades respiratorias y gastrointestinales en la Zona Metropolitana de Toluca está influenciada por la calidad ambiental, por las condiciones sociodemográficas y por la localización y distribución de los municipios que la conforman, centrales o exteriores, de tal forma que la calidad ambiental tendrá mayor relación con las enfermedades respiratorias y habrá mayores tasas de morbilidad en los municipios centrales; mientras que las condiciones sociodemográficas influirán en las enfermedades gastrointestinales albergando tasas más altas en los municipios exteriores.

Objetivos

General

- Analizar la relación entre la calidad ambiental e indicadores sociodemográficos con la morbilidad por enfermedades respiratorias y gastrointestinales en la Zona Metropolitana de Toluca, 2015.

Específicos

- Construir un Índice de Calidad Ambiental (ICA) y analizar su distribución espacial.
- Analizar la distribución espacial de la morbilidad por enfermedades gastrointestinales y respiratorias de la ZMT con el propósito de conocer los municipios con mayor incidencia.
- Analizar la asociación de la calidad ambiental, así como de características sociodemográficas en la distribución espacial de la morbilidad por enfermedades gastrointestinales y respiratorias de la ZMT para identificar municipios vulnerables.

Capítulo 1 : marco teórico

1.1 Geografía

Es importante definir a la Geografía y hacer una revisión sobre su desarrollo para identificar la manera en que este campo disciplinario permite un abordaje adecuado de la problemática planteada. Etimológicamente, la palabra Geografía proviene del griego geos “tierra” y grafos “descripción” es decir significa “descripción de la tierra”; sin embargo, en la actualidad la Geografía estudia procesos físicos y sociales del espacio geográfico y su interacción con la sociedad con la finalidad de mejorar la planeación y solución de problemas socio territoriales (Carreto Bernal y González Pérez, 2014). De manera general la Geografía puede dividirse en dos grandes ramas de estudio, la Geografía física y la Geografía humana, auxiliándose de otras ciencias que posibilitan el estudio de fenómenos naturales y sociales.

Desde su consolidación como disciplina científica en el siglo XIX, la Geografía ha evolucionado según las corrientes de pensamiento de cada época dando lugar a paradigmas y escuelas con la finalidad de estudiar las relaciones del hombre y el entorno físico. Tal es el caso del surgimiento de la Geografía de la salud y la Geografía ambiental.

Análisis espacial y principios geográficos

La focalización espacial es un componente central de la Geografía tradicional de orientación Regional, fue tomada por la Geografía Cuantitativa, trasladada a la Geografía Automatizada a través del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y divulgada ampliamente en el ámbito científico a través de la Geografía Global (Buzai, 1999).

La incorporación de la dimensión espacial a la realidad ha sido posible gracias al desarrollo de los SIG. De acuerdo con Buzai (2015), el análisis espacial incorpora el análisis geográfico en una escala intermedia que puede ampliarse en función de la circulación de datos geográficos masivos con base en las actuales tecnologías digitales.

Desde un punto de vista temático, el Análisis Espacial constituye una serie de técnicas matemáticas y estadísticas aplicadas a los datos distribuidos sobre el espacio geográfico. Cuando se enfoca desde la tecnología de SIG se considera sinónimo de su subsistema de tratamiento que aparece como su núcleo de especificidad por contener las herramientas que permitirá la aplicación de procedimientos (Buzai *et al.*, 2019).

Existen principios geográficos fundamentales para el análisis espacial con el uso de SIG a través de sus conceptos derivados.

El primer principio es el de *localización*, éste se refiere a que todos los hechos geográficos sean físicos o humanos, tienen una ubicación sobre la Tierra obedeciendo a factores vinculados o relacionados con su apoyo terrestre, esta ubicación puede ser vista de dos maneras complementarias. Si se apela al denominado espacio absoluto corresponde a un sitio específico y fijo de emplazamiento sustentado por la topografía local y si se apela al denominado espacio relativo corresponde a una posición específica y cambiante respecto de otros sitios con los cuales se pueden establecer vínculos funcionales (Buzai y Baxendale, 2015; Moreno-Hernández *et al.*, 2021).

El segundo principio, de *distribución*, considera que el conjunto de entidades estudiadas junto a sus atributos se reparte de forma específica sobre la superficie terrestre, dichas entidades pueden ser puntos, líneas o polígonos con diferentes atributos asociados en sistema vectorial, o localizaciones dispersas que representan puntos y zonas con clases similares contiguas en sistema ráster. Grupos de entidades geográficas puntuales pueden ser transformadas como áreas de diferente forma y extensión (Buzai y Baxendale, 2015; Cuétara López, 2018). Para buscar la mayor aptitud en un análisis espacial posterior se realizan transformaciones espaciales de formato por ejemplo de entidades ráster a vectorial y de vectorial a ráster en sistema SIG. Generalmente las características medidas en entidades de naturaleza espacial son heterogéneas

El tercer principio, *asociación espacial*, considera el estudio de las semejanzas encontradas al comparar distintas distribuciones espaciales donde la forma de

comparación más clara y directa es el análisis visual que se puede realizar con posterioridad a la superposición cartográfica de dos distribuciones. A través de este procedimiento, una distribución espacial A se puede superponer a una distribución espacial B y de esa manera verificar su grado de asociación en base a una proporción de correspondencia. Cuanto más grande sea la superficie de superposición mayor será la asociación existente entre ellas (Buzai y Baxendale, 2015).

Interacción espacial, es el cuarto principio, este concepto considera la estructuración de un espacio relacional en el cual las localizaciones (sitios) distancias (ideales o reales) y vínculos (flujos) resultan fundamentales en la definición de espacios funcionales. Corresponde a la conceptualización de los componentes básicos que se consideran en el análisis sistémico (Buzai y Baxendale, 2015). Por último, el principio de *evolución espacial* considera la incorporación de la dimensión temporal a través de la permanente transición de un estado a otro.

Los estudios geográficos son básicamente abordajes del presente, sin embargo, incluir la dimensión temporal es importante en un análisis geográfico completo. Centrarse en el dónde corresponde a una visión basada en la localización y en el cuándo en una visión basada en el tiempo. El cómo, desde un punto de vista espacial, presentaría el camino evolutivo espaciotemporal (Buzai y Baxendale, 2015; Buzai *et al.*, 2019).

1.2 Salud y ambiente

Geografía de la salud

De acuerdo con Buzai y Santana (2018), las enfermedades presentan una distribución espacial asociada a determinados factores, por ejemplo, las enfermedades crónico-degenerativas como lo son las enfermedades isquémicas del corazón y la diabetes mellitus mantienen relación directa con factores culturales como el estilo de vida y son favorecidas por dietas inadecuadas y el sedentarismo propio de las áreas urbanas. Las enfermedades infecciosas se vinculan con factores

geográficos, ambientales y socioeconómicos como el clima y la altitud, principalmente en ámbitos rurales. Mientras que, en ámbitos urbanos, las respiratorias son más intensas debido a la contaminación atmosférica. Estas aproximaciones pueden hacerse desde la Geografía de la Salud pues esta ha sido una de las líneas temáticas que ha podido tener mayor receptividad al uso de las tecnologías digitales basadas en la cuantificación y ha incorporado un amplio espectro de posibilidades (Fuenzalida *et al.*, 2015). De hecho, la Geografía de la salud reconoce dos campos de acción bien definidos, el tradicional conocido también como Geografía de las patologías o nosogeografía, encaminada a identificar y analizar patrones de distribución espacial de las enfermedades y sus determinantes, y el contemporáneo sobre Geografía de los servicios de salud (Íñiguez y Barcellos, 2003).

Esta rama de la Geografía humana es una de las que ha conformado la disciplina geográfica desde sus inicios, sin embargo, su objeto de estudio, los temas de interés de sus investigaciones y su finalidad han variado y aumentado hacia los años de la década del setenta.

En la actualidad, la Geografía de la salud busca comprender el contexto en el que ocurren los problemas de salud, para poder actuar sobre territorios, no sobre los individuos ni sobre los organismos. En este sentido, y diferente de otras disciplinas, la Geografía busca una perspectiva macroscópica de los problemas, permitiendo comprender la dinámica del proceso salud-enfermedad (Barcellos *et al.*, 2018).

En cuanto a factores de morbilidad, su estudio a una escala macro y micro puede ser de utilidad para la prevención de enfermedades ya que una enfermedad es multicausal y depende de una red de polideterminaciones o suma de factores. Por ejemplo, algunos de los factores medioambientales de morbilidad como el clima, la topografía, la hidrogeografía, edafología y geología, la fauna y flora como factores de salud, las catástrofes naturales, entre otros juegan un papel importante en la presencia de enfermedades (Olivera, 1993).

Geografía ambiental

Por su parte, la Geografía ambiental ofrece un campo teórico interdisciplinario que permite un mejor entendimiento del ambiente y sus problemáticas ya que se ocupa del estudio del ambiente como constructo social, es decir como resultado de la actividad humana. Esta rama de la Geografía describe y explica los aspectos espaciales de las relaciones entre los seres humanos y su entorno social y natural (Awate, 2016).

Un antecedente importante de la Geografía ambiental es la propuesta de H. Barrows empleando el concepto de “ecología humana” y, más tarde, el impulso cobrado por el enfoque sistémico, ayudaron a poner el énfasis sobre las relaciones sociedad-naturaleza. Esta visión más holística y relacional fue retomada por la Geografía en las décadas de 1980 y 1990, ante los estragos que la sociedad tecnológica y consumista generaba a nivel ambiental, hasta cierto punto la Geografía ambiental puede ser vista como un sucesor de la antropogeografía física (Cuadra, 2014; Awate, 2016).

La Geografía ambiental, alineada con otras disciplinas, ha contribuido enormemente en materia educativa, en la concienciación social, en la investigación, en estudios y en evaluaciones ambientales, con el objetivo de prevenir, reducir y solucionar problemáticas concretas en espacios geográficos de diferentes países (Cuadra, 2014). Así la Geografía ambiental representa un conjunto de herramientas analíticas de importancia crítica para evaluar el impacto de la presencia humana en el medio ambiente. En la Geografía ambiental como resultado de un esfuerzo interdisciplinario convergen los intereses y visiones de la Geografía física y la Geografía humana.

Para el desarrollo de la investigación se vuelve imprescindible mencionar a la geoinformática ya que esta disciplina permitirá la incorporación de geotecnologías para el estudio del medio ambiente y la salud.

La presente investigación se fundamentará en la teoría general de Salud Ambiental y se abordará con un enfoque geográfico cuyos aportes teóricos y metodológicos posibilitan una mejor comprensión de la problemática planteada.

Salud Ambiental

La relación de los factores ambientales externos de una persona que podrían incidir en la salud se estudia a partir de lo que se conoce como salud ambiental, la cual relaciona la prevención de las enfermedades y la creación de ambientes propicios para la salud (Hernández-Flórez, *et al.*, 2016). Los estudios sobre salud ambiental han sido comúnmente abordados desde áreas como la medicina y la epidemiología, sin embargo, en la actualidad existen aproximaciones multidisciplinarias que hacen aportaciones valiosas desde otros campos como lo son la historia, antropología, la Geografía entre otras. Los orígenes de la teoría de salud ambiental están relacionados con la ecología y la manera en cómo se articula con la salud pública para conocer el papel que desempeña el medio ambiente en la salud de los seres humanos. El ambiente ha ido relacionándose con la salud a partir de diferentes eras y paradigmas (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Evolución de la relación ambiente-salud a través de diferentes eras y paradigmas.

Era	Época	Paradigma	Relación salud-ambiente	Aporte
Sanitarista	Siglo XVII hasta principios del Siglo XIX	Miasma	La morbilidad de las poblaciones determinada por contaminaciones del agua, aire y tierra. Las exposiciones son únicamente de origen ambiental.	Avances en salud pública como la implementación de medidas de saneamiento ambiental.

De las enfermedades infecciosas	Segunda mitad del Siglo XIX y principios del siglo XX	Germen	Agentes específicos se relacionaban con enfermedades infecciosas.	Descubrimiento de agentes bacterianos, investigación epidemiológica, desarrollo de investigación científica experimental y las vacunas.
De las enfermedades crónicas	Segunda mitad del Siglo XX	Caja negra	Varios factores intervienen en la aparición de la enfermedad.	Identificación de factores y grupos de riesgo a nivel individual y poblacional. Tríada epidemiológica (agente-huésped-ambiente). Enfoque de historia natural de la enfermedad (prevención primaria, secundaria y terciaria)
Modelo “eco-epidemiológico”	Década de los noventa	Caja china	Emerge como un análisis de eventos y sus determinantes en diferentes niveles de organización: biológico, clínico y social	Implementación de nuevas medidas terapéuticas y preventivas. Lo biológico está imbricado en lo social y en lo ambiental

Fuente: Elaboración propia a partir de Hernández-Girón *et al.*, (2012) y Sarmiento, *et al.*, (2017).

1.3 Indicadores biofísicos

Se refieren a aquellas estimaciones que permiten determinar la estructura del paisaje ejemplo de ellos son:

Temperatura de Superficie Terrestre

Los flujos de energía de la superficie y de la atmósfera afectan la temperatura (Fernández Sarriá, 2018). Se sabe que la urbanización tiene efectos locales en el clima, particularmente sobre la temperatura siendo que conforme crece la mancha urbana incrementa la temperatura (efecto de islas de calor urbano) y se ha encontrado que a su vez se puede alterar o modificar la temperatura del aire (Araiza-Olivares, 2022). El incremento de la temperatura de superficie tiene impactos negativos tanto en la población como en el hábitat, por lo tanto, la temperatura de superficie es un indicador determinante en el estudio de procesos físicos y biológicos. (Albaladejo-García *et al.*, 2021).

Vegetación urbana

Es la vegetación que se encuentra inmersa en áreas urbanas y forma parte de los elementos del paisaje, ofrece funciones vitales para las ciudades como el filtrado de contaminantes y mejora de la calidad del aire, en el suelo evita la erosión producida por los vientos, las lluvias u otras corrientes de agua, o la compactación producida por el tránsito de distinta índole. Tener acceso a áreas verdes urbanas puede mejorar la salud física y mental de los habitantes (ONU,2021). También reduce la evaporación de la humedad y contribuye al desarrollo de la biodiversidad subterránea. Respecto al clima, la vegetación ayuda a mitigar la radiación del sol generando superficies sombreadas. Dependiendo de su disposición y volumen, puede conformar una barrera o canalizador de vientos, reduce las temperaturas extremas del ambiente, mediante la regulación de la humedad relativa, creando o modificando un microclima. La vegetación reduce el riesgo de inundaciones y la escorrentía del agua que corre en superficies duras, disminuye malos olores y ruido en las ciudades (Carrere y Vila, 2020).

Suelo transformado

El suelo es un elemento clave para el mantenimiento de la vida sobre la tierra, sostiene la vegetación, es hábitat de la biodiversidad y es un importante elemento para el desarrollo humano. Cuando el suelo se transforma en plano urbano se pierden muchos de los servicios ecosistémicos que nos proporciona (por ej. producción de alimentos y captación de agua) por lo tanto, la transformación y degradación del suelo es una seria amenaza para los ecosistemas y la humanidad (FAO, 2021).

1.4 Contaminación atmosférica

Se refiere a presencia en la atmosfera de sustancias en cantidades superiores son nocivas y podrían provocar daño a la salud de las personas y a los ecosistemas (Oyarzún, 2010). La contaminación inicia por la emisión al aire de diferentes contaminantes. Una vez en la atmósfera estos contaminantes pueden permanecer más o menos tiempo, dependiendo de su reactividad química, del lavado de la atmósfera que efectúa la lluvia y de la capacidad del medio para dispersarlos (Bacardit, *et al.*, 2018).

Dado que la naturaleza de los contaminantes es variada, así como su presencia, y efectos en la salud, la Environmental Protection Agency (EPA) los clasificó con fines regulatorios en contaminantes criterio y contaminantes no criterio (Ubilla y Yohannessen, 2021).

De acuerdo con García-Reynoso *et al.* (2007) los contaminantes criterio son sustancias que se liberan en grandes cantidades de gran variedad de fuentes y presentan un riesgo a la salud y bienestar humano en grandes regiones dichos contaminantes son, el material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} , dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2), ozono (O_3) y plomo (Pb).

Se entiende como PM_{10} a aquellas partículas que poseen un diámetro aerodinámico menor a 10 micrómetros, y se pueden dividir por su tamaño: la fracción gruesa (cuyo diámetro aerodinámico se encuentra entre 2.5 y 10 micrómetros, $PM_{10-2.5}$), fracción fina que incluye a las partículas con diámetro aerodinámico menor a 2.5 micras

(PM_{2.5}) y la fracción ultrafina que se refiere a las partículas menores de 0.1 micras. Este material proviene principalmente de materiales de la corteza terrestre y se originan en su mayoría, por procesos de desintegración de partículas más grandes. Estas partículas pueden contener material biológico como polen, esporas, virus o bacterias o provenir de la combustión incompleta de combustibles fósiles.

Cabe señalar que los óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV) son los principales precursores del ozono (O₃) (INECC, 2016) mientras que el amoniaco (NH₃) es un precursor de partículas finas y que, si bien no se consideran contaminantes criterio, su presencia en el ambiente es preocupante.

1.5 Geotecnologías

Geoinformática

La geoinformática es una disciplina que se apoya en métodos y técnicas de la geodesia y el insumo de diversos tipos de datos (geográficos, espaciales, geológicos, biológicos, geofísicos, etcétera), a través de un enfoque integrativo en el análisis, modelado, gestión y almacenaje de éstos, en la que los SIG y otras geotecnologías como la percepción remota son el núcleo. Así la geoinformática posibilita la incorporación de las metodologías geográficas del análisis espacial cuantitativo en el ambiente computacional (Buzai, 1992; Fuenzalida *et al.*, 2015).

Geotecnología

La Geotecnología, se presenta como una nueva visión del espacio geográfico que valoriza el campo de la informática utilizando aparatos y sistemas cibernéticos, humanos y electrónicos para el análisis de sistemas físicos y sociales (Buzai *et al.*, 2003), en particular las geotecnologías provenientes del campo de la electrónica, computación y telecomunicaciones, se han establecido ampliamente y han sacudido profundamente a la Geografía. Tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y Percepción Remota (PR), son componentes de un sistema de información, que permite el modelamiento y análisis espacial para la búsqueda de soluciones específicas a problemas reales

y actuales de la sociedad (Pombo y Uncal, 2017). Tal es el caso del estudio del impacto ambiental, el cual puede ser avaluado mediante la construcción de indicadores a partir de PR.

El presente y futuro de la Geografía resulta inconcebible sin ese potente y versátil conjunto de aparatos y sistemas con los que conviven a diario científicos, profesionales y, cada vez más, ciudadanos (Fuenzalida *et al.*, 2015).

Percepción remota

La percepción remota, teledetección o teleobservación es cualquier procedimiento o técnica de adquisición de información de objetos sin tener contacto directo con ellos. De modo más restringido, y en el ámbito de las ciencias de la Tierra, la percepción remota es entendida como una Técnica que pretende la captura, tratamiento y análisis de imágenes digitales tomadas desde satélites artificiales (Perez y Muñoz, 2006).

La tecnología de percepción remota está restringida a medidas de radiación electromagnética, incluyendo luz visible e infrarroja, al igual que ondas de radio y calor. Para ello entre la superficie de la tierra y el sensor debe existir una interacción energética, bien por reflexión de la energía solar o de un haz energético artificial, o por emisión propia. A su vez, es preciso que ese haz energético recibido por el sensor se transmita a la superficie terrestre, donde la señal detectada pueda almacenarse y, en última instancia, ser interpretada para una aplicación determinada.

La información se transmite a Tierra como señal digital en forma de una matriz numérica, el primer tratamiento de la imagen ocurre en los sistemas de recepción depurando algunos errores geométricos o radiométricos antes de ser distribuida al usuario. Finalmente, la imagen en formato digital se analiza por los usuarios. Una vez que se aplican procesos de tratamiento visual o digital, se obtienen nuevos datos que pueden convertirse en mapas temáticos o de tablas estadísticas sobre el comportamiento de una determinada variable espacial (Flores, 2017), tal es el caso de índices espectrales que permiten estimar la presencia de vegetación.

La percepción remota ofrece ventajas para la supervisión a gran escala y en tiempo real de condiciones ambientales, de tal forma que es ampliamente utilizada en el campo de la evaluación ecológica y se ha convertido en un enfoque valioso en la evaluación ambiental (McCarthy, *et al.*, 2017).

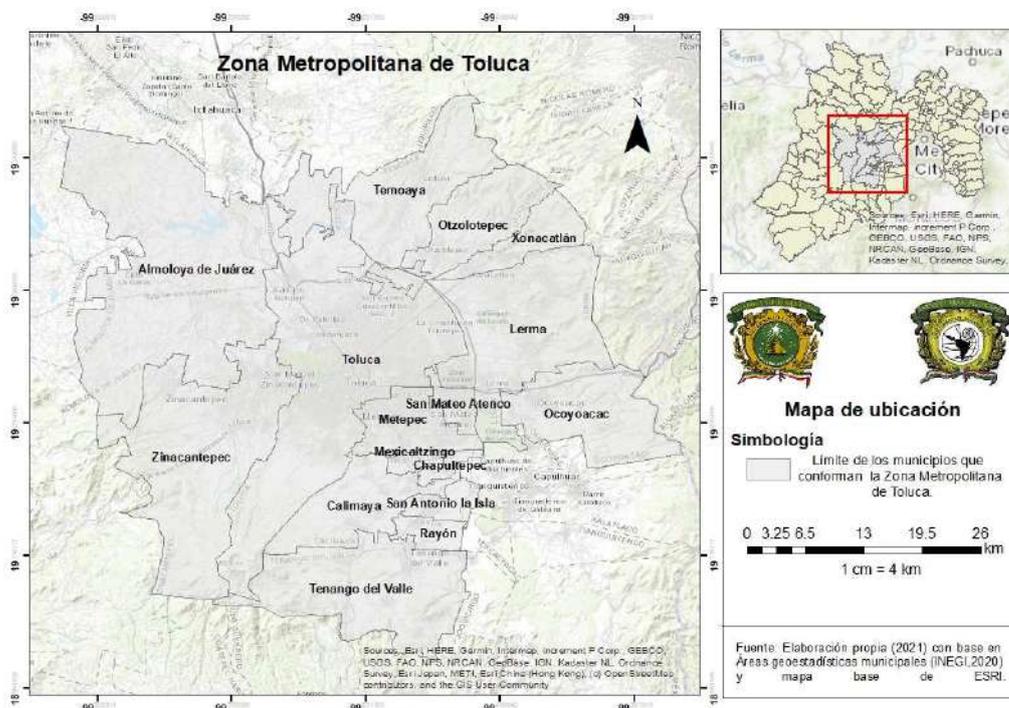
Capítulo 2 : marco metodológico

El tipo de estudio a realizar es de tipo cuantitativo y contempla la obtención de un ICA para cada uno de los municipios de la ZMT a partir de indicadores biofísicos y de calidad del aire para evaluar su relación con indicadores de salud e indicadores sociodemográficos.

2.1 Universo de estudio

La Zona Metropolitana de Toluca (ZMT) está conformada por 16 municipios ubicados al sur del Valle, nueve de ellos son municipios centrales Almoloya de Juárez, Calimaya, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Otzolotepec, San Mateo Atenco, Toluca y Zinacantepec; seis, municipios exteriores por integración funcional Chapultepec, Ocoyoacac, Rayón, San Antonio la Isla, Temoaya y Xonacatlán; un municipio exterior por política urbana, Tenango del Valle. Esta es considerada una de las metrópolis más importantes del centro del país y cuenta con una superficie territorial de 2,410.5 km² (Figura 2.1).

Figura 2.1. Mapa de ubicación del área de estudio.



Para el año 2020 se estimó que, en la ZMT habitaban 2,202,886 personas, lo que representa el 13.1% de la población total de la entidad, estimando su tasa de crecimiento medio anual en 1.9% y una densidad media urbana de 64.4 hab/0.01km², de hecho, a nivel nacional la considerada la quinta metrópoli más poblada del país (SEIM, 2021).

Los municipios más poblados son Toluca, Metepec y Zinacantepec, estos tres municipios aportan el 61.0% del total de la población de la zona metropolitana (SEIM, 2021) mientras que los municipios con mayor densidad son San Mateo Atenco, Metepec y Toluca (Cuadro 2.1).

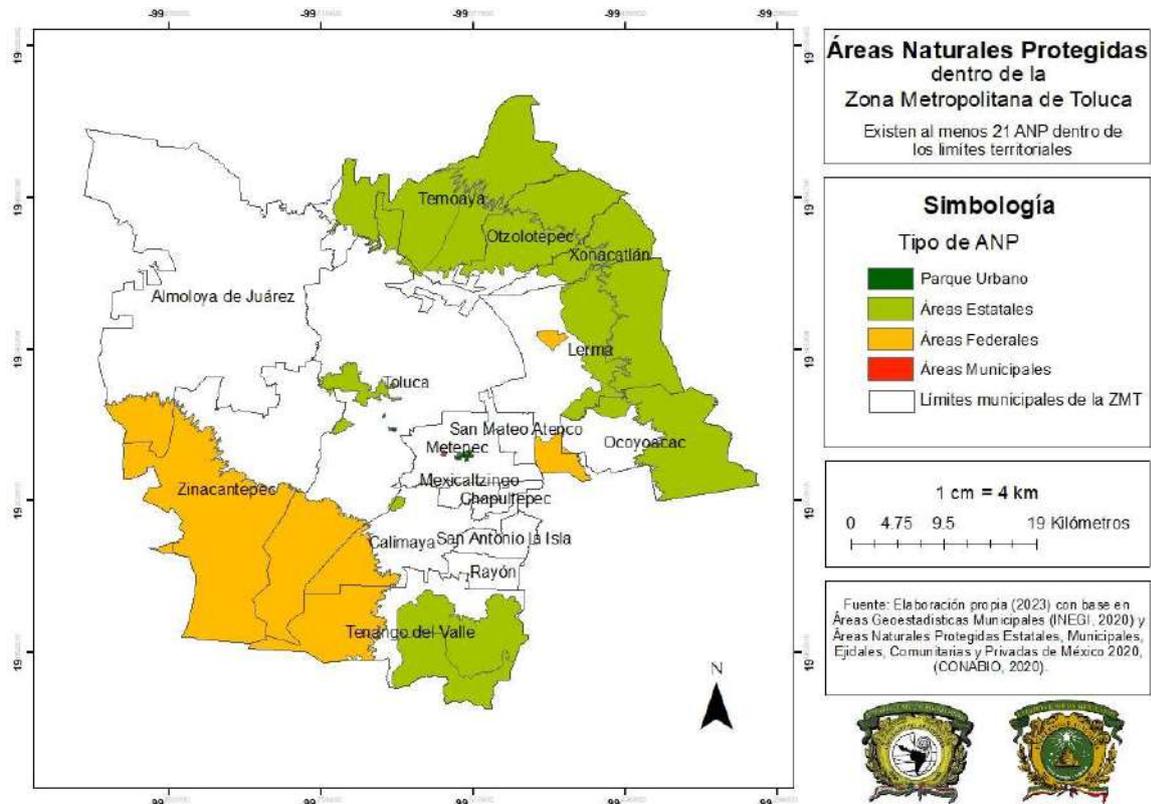
Cuadro 2.1. Municipios que conforman la ZMT, se resaltan en negrita aquellos con mayor densidad poblacional en el año 2015.

Municipio	Extensión territorial Km ²	Población	Densidad (Hab/km ²)
Almoloya de Juárez	476.8	176,237	370
Calimaya	102.4	56,574	552
Chapultepec	11.5	11,764	1,023
Lerma	229.5	146,654	639
Metepec	67.2	227,827	3,390
Mexicaltzingo	11.7	12,796	1,094
Ocoyoacac	138	66,190	480
Otzolotepec	113.9	84,519	742
Rayón	22.9	13,261	579
San Antonio la Isla	25.2	27,230	1,081
San Mateo Atenco	20.9	75,511	3,613
Temoaya	185.2	103,834	561
Tenango del Valle	210	86,380	411
Toluca	424.5	873,536	2,058
Xonacatlán	53.2	51,646	971
Zinacantepec	308.7	188,927	612

Fuente: Elaboración propia con base en Encuesta Intercensal INEGI (2015).

Cabe señalar que a nivel nacional el Estado de México es la entidad que cuenta con el mayor número de áreas naturales protegidas (ANP), con un total de 90 áreas que suman un total de 999,718.32 Has., lo que representa aproximadamente un 44.46 % del territorio estatal, de estas, al menos 21 se encuentran en los límites de la ZMT (CEPANAF, 2021), figura 2.2.

Figura 2.2. Mapa de presencia de ANP (por tipo) en los límites territoriales de la ZMT.



Estas áreas son importantes ya que dan refugio a una diversidad importante de especies de flora y fauna, que también se ven afectadas como consecuencia del deterioro ambiental. De acuerdo con registros del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBif, por sus siglas en inglés) la cual provee datos internacionales con estándares comunes y herramientas de código abierto que permiten compartir información sobre el lugar y fecha en que se han registrado especies disponible en <https://www.gbif.org/es/occurrence/search> , en el polígono de la ZMT se han registrado al menos 3,122 distintas especies de animales vertebrados, de las cuales 7 se encuentran en peligro crítico de acuerdo con la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, por sus siglas en inglés).

Tal es el caso del pulpo del Lerma (*Alganosea barbata*), el charal de la caldera (*Chiostoma bartoni*), el charal de Santiago (*Chiostoma riojai*), el ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*), la salamandra pie plano (*Chioproterotriton chioproterus*), la rana de Tláloc (*Lithobates tlaloci*) y el tlaconete de Roberts (*Pseudoeurycea robertsi*).

Estas especies en su mayoría habitan en ecosistemas acuáticos, por lo que queda de manifiesto la necesidad de implementar estrategias que beneficien a conservación de estos sitios tan importantes.

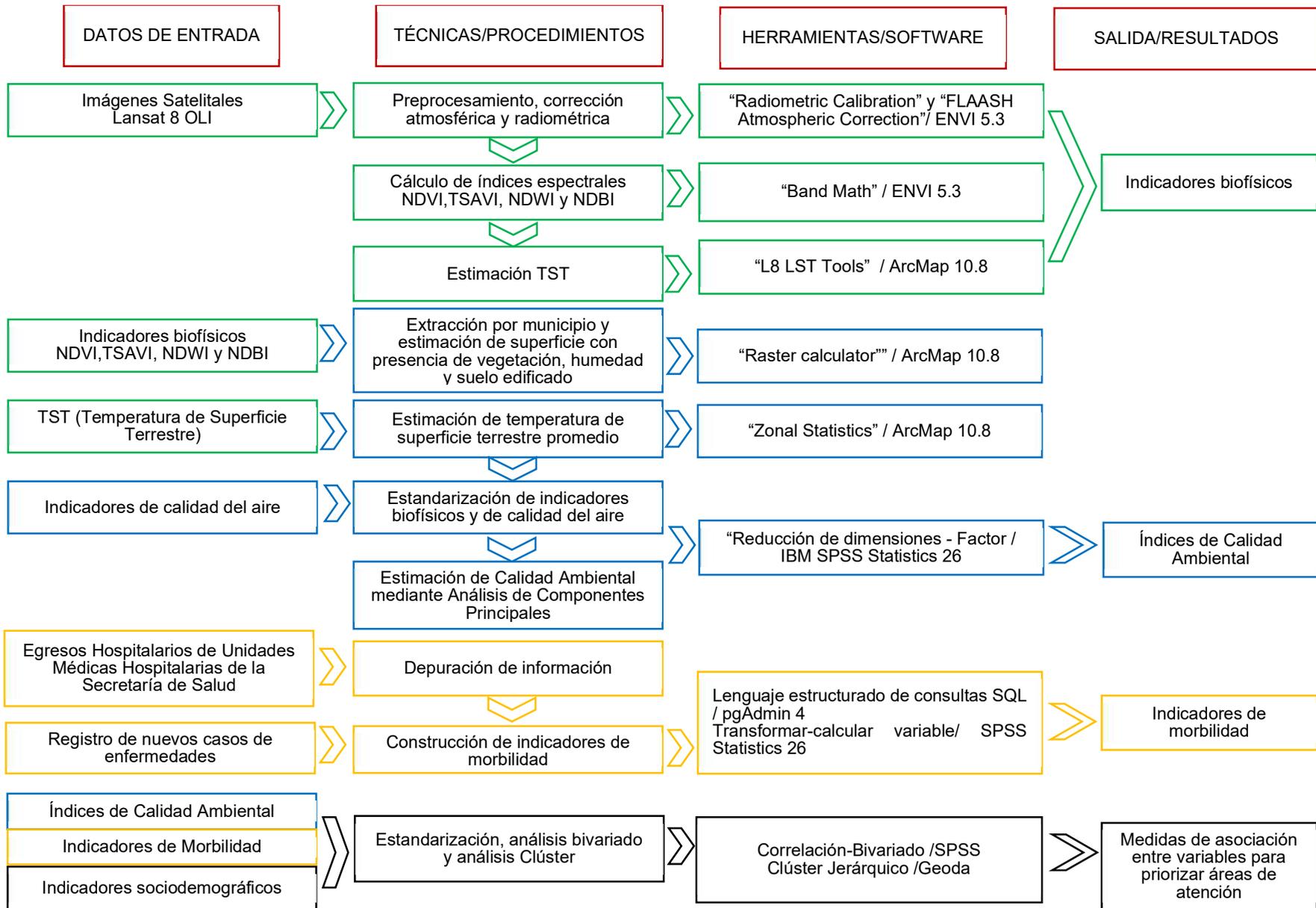
Respecto a plantas, hay por lo menos 4,450 registros de distintas especies de ellas la gediondilla (*Cestrum flavescens*) y el chícharo de olor (*Lathyrus odoratus*) se encuentran el peligro crítico de acuerdo con la lista roja de la UICN.

Se obtuvieron 692 registros de especies distintas de hongos, algunos se encuentran catalogados por la UICN como especies de preocupación menor tal es el caso del champiñón silvestre, (*Agaricus campestris*), el agarico de color vino o champiñón grande (*Agaricus subrutilescens*), el hongo yema de huevo (*Amanita caesarea*), la amanita rojiza (*Amanita novinupta*) entre otros hongos comestibles. El resto de los registros corresponden a protozoos (21 spp), bacterias y cromistas (13 spp).

2.2 Procesos y etapas

Los procesos y etapas para la realización del proyecto se resumen a continuación en el esquema metodológico, cabe señalar que el orden obedece a los objetivos específicos planteados (Figura 2.3).

Figura 2.3. Esquema metodológico de los procedimientos realizados.



Fuente: Elaboración propia (2023).

Cálculo del Índice de Calidad Ambiental

Indicadores biofísicos

Para estimar los siguientes indicadores, Temperatura de Superficie Terrestre (TST), Índice de Vegetación Normalizado (NDVI), Índice de Vegetación Ajustado al Suelo Transformado (TSAVI), Índice de Diferencia Normalizada del Agua (NDWI) y el Índice de Diferencia Normalizada Edificada (NDBI) se obtuvieron imágenes del satélite Lansat 8 OLI del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés). Debido a que el área de estudio no es cubierta en su totalidad por una sola imagen se utilizaron 2 tomas de diferente fecha (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Fecha y hora de captura de las imágenes seleccionadas para el estudio.

Fecha	Hora de captura	Imagen
10/02/2015	12:06:02	Lansat 8 OLI Nivel 1, Colección 1, <30 % de nubosidad
19/02/2015	11:59:49	Lansat 8 OLI Nivel 1, Colección 1, <30 % de nubosidad

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Preprocesamiento de las imágenes

Para asegurar un mejor resultado se preprocesaron las imágenes a fin de disminuir los efectos del ruido geométrico y radiométrico, dicho procedimiento se realizó en el Software ENVI, con el uso de la herramienta "Radiometric Calibration", este procedimiento permitió convertir los a valores de radiancia. Para la corrección atmosférica se empleó la herramienta "FLAASH Atmospheric Correction" del mismo software, con este proceso se eliminó la influencia de la atmósfera en la reflectancia de la superficie.

Una vez obtenidas las imágenes se procedió al cálculo de los indicadores, excepto TS, ya que para calcularla se requiere como dato de entrada la imagen original.

Índice de vegetación normalizado (NDVI)

Existen diversas combinaciones matemáticas que permiten estimar índices de vegetación. El índice de vegetación normalizado NDVI, permite identificar la vegetación fotosintéticamente activa (Gonzaga Aguilar, 2014) y se calcula mediante la siguiente ecuación (1):

$$NDVI = \frac{BIRC - BR}{BR + BIRC} \quad (1)$$

Donde *BIRC* es banda del infrarrojo cercano y *BR* es la banda del rojo visible.

Índice de vegetación ajustado al suelo transformado (TSAVI)

El índice TSAVI es un ajuste al NDVI en el que se busca corregir el efecto del brillo del suelo en zonas con escasa cobertura vegetal (Boix, 2016). Se calcula a partir de la ecuación 2:

$$TSAVI = \frac{BIRC - (sR + a)}{\frac{1}{s}[aBIRC + BR - (sa) + 0.08(1 + s^2)]} \quad (2)$$

En esta ecuación el numerador aparece con la diferencia entre el valor de la banda BIRC y el valor que tendría esta banda si toda la luz en el rojo procediese del suelo, y el denominador pretende corregir los efectos a la visión del suelo entre la vegetación, *s* y *a* son la pendiente y el intercepto con el suelo.

Índice de diferencia normalizada del agua (NDWI)

El índice de diferencia normalizada del agua permite medir los cambios en el contenido de agua de la vegetación, permitiendo identificar el nivel de saturación de humedad de la vegetación (Xu, 2006). La ecuación 3 muestra como calcular el NDWI

$$NDWI = \frac{BG - BIRC}{BG + BIRC} \quad (3)$$

Donde BG es la banda verde.

Índice de Diferencia Normalizada Edificada (NDBI)

Permite analizar la cantidad de suelo edificado que abarca la superficie urbana, indicando que a mayor área construida los valores son más altos (Álvarez Mendoza y Padilla Almeida, 2016), para estimarlo se utilizan las bandas de análisis del infrarrojo a través de las bandas SWIR y NIR como se muestra en la ecuación 4:

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \quad (4)$$

Donde SWIR es la banda correspondiente al infrarrojo de onda corta y NIR corresponde a la banda del infrarrojo cercano.

Temperatura de Superficie Terrestre

La temperatura de la superficie se calculó en el software ArcGIS usando la herramienta "L8 LST Tools" la cuál estima la TST a partir de la siguiente ecuación (5):

$$TST = \frac{\tau_1}{1 + \left(\frac{\lambda \tau_1}{\rho}\right) * \ln \varepsilon} \quad (5)$$

Donde τ_1 es la temperatura de brillo superficial obtenida en función de las constantes de calibración del sensor, $\lambda = 0.00115 \mu\text{m}$ es la longitud de onda media de la banda térmica, $\rho = 1.438 * 10^{-2} \text{ mK}$ y ε es la emisividad de la superficie, la cual se calcula teniendo en cuenta la proporción de vegetación (Vargas y Olave, 2011).

Una vez construidos los indicadores se realizó un mosaico para unir las dos imágenes satelitales y cubrir el área de estudio. Finalmente, se obtuvo el porcentaje de superficie de cada municipio con presencia de vegetación, presencia de vegetación con mayor saturación de humedad, con vegetación ajustada al suelo, superficie edificada o con infraestructura y la temperatura promedio de superficie terrestre para cada municipio, para este último indicador se utilizó la herramienta de estadísticos zonales de ArcGIS para obtener el valor promedio del ráster por municipio. Para el resto de los indicadores biofísicos se utilizó la herramienta calculadora ráster del mismo software para extraer los valores más significativos considerando como referencia los siguientes valores (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3. Indicadores biofísicos y su interpretación.

Indicador	Rango de valores del ráster	Interpretación	Valor considerado para la extracción
Índice de Vegetación Normalizado (NDVI)	-1 a 1	El resultado de este índice proviene de la relación entre la reflectancia de la superficie terrestre en dos regiones del espectro electromagnético, la luz roja e infrarroja. Una baja reflectancia en el color rojo combinada con una alta reflexión en el infrarrojo indica mayor actividad fotosintética. Valores positivos de este índice indican la presencia de vegetación, pero los cercanos a 1 representan la vegetación más saludable.	≥ 0.5
Índice de Vegetación Ajustado al Suelo Transformado (TSAVI)	-1 a 1	Este índice complementa al NDVI ya que minimiza la influencia del brillo del suelo en el resultado final. Es útil para el análisis de regiones áridas con escasa vegetación y superficies expuestas.	≥ 0.5
Índice de Diferencia Normalizada del Agua (NDWI)	-1 a 1	Este índice se basa en las longitudes de onda del verde y el infrarrojo cercano, La relación entre estas regiones del espectro electromagnético permite maximizar la reflectancia del agua por lo tanto valores positivos pero cercanos a cero indican la presencia de vegetación bajo estrés hídrico mientras que los valores cercanos a 1 indican la presencia de cuerpos de agua.	≥ 0.5
Índice de Diferencia Normalizada Edificada (NDBI)	-1 a 1	Este índice se basa en la combinación del a región del infrarrojo cercano y el infrarrojo de onda corta para resaltar edificaciones. Esta relación mitiga los efectos de las diferencias de iluminación del terreno, así como los efectos atmosféricos. Valores positivos indican la presencia de	≥ 0.000001

		suelo edificado mientras que valores negativos indican la presencia de suelo desnudo o con vegetación.	
--	--	--	--

Fuente. Elaboración propia con base en Rouse, et al. (1974); Huete (1988); Gao (1995) y Zha et al. (2003).

Indicadores de calidad del aire

Para completar la información de calidad ambiental se obtuvieron las estimaciones de la emisión en toneladas de contaminantes criterio obtenidos del resumen municipal del Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio INEM, 2016. Este inventario integrado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) contiene información de emisiones de contaminantes criterio PM₁₀, PM_{2.5}, Bióxido de azufre (SO₂), Monóxido de carbono (CO), Amoníaco (NH₃) y los precursores de ozono (O₃), Óxidos de nitrógeno (NO_x) y Compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos por fuentes fijas. Por su naturaleza los inventarios son herramientas de información que permiten suministrar datos que alimentan otros instrumentos para la gestión de la calidad del aire, de hecho, es útil para el pronóstico del comportamiento de un inventario de un año base hacia adelante o atrás en el tiempo (SEMARNAT, 2019).

Indicadores sociodemográficos y de salud

Algunos de los indicadores seleccionados para el análisis se obtuvieron del visor del Atlas Cibernético del Estado de México (2015), tal es el caso de Participación de la población en el sector primario, secundario y terciario, estos datos corresponden al porcentaje de la población ocupada con relación al sector económico en el que labora. Atención a la educación media superior, es decir porcentaje de la población entre 15 y 17 años con acceso a la educación y Atención a la educación superior a la población entre 18 y 22 años.

Grado de marginación, el cual permite captar la dimensión espacial, la intensidad diferencial y la forma o magnitud que adopta el fenómeno de la marginación en el ámbito estatal, municipal y local, a partir de indicadores de educación, empleo, vivienda y distribución de la población en el territorio (CONAPO, 2015); el número

de viviendas vecindad o cuartería y la Tasa de urbanización municipal, la cual corresponde al porcentaje de la población que vive en localidades urbanas de 15,000 y más habitantes.

Otro grupo de indicadores se obtuvo a partir de las estimaciones de la encuesta intercensal INEGI, 2015. Los datos fueron procesados en el Software estadístico IBM SPSS Versión 26, ponderando los casos por el factor de expansión, este factor obtiene el producto de cada uno de los elementos en la muestra para estimar el universo de estudio.

Se estimó la densidad poblacional, para lo cual se utilizó el cociente entre el número total de habitantes por municipio y la superficie total del municipio en km² como se muestra a continuación en la ecuación 6.

$$DenPob = \frac{PobTot}{Sup} \quad (6)$$

Donde DenPob es el número de habitantes por km², PobTot es el número total de habitantes por municipio y Sup es la superficie del municipio en km². Así mismo se obtuvo el porcentaje de viviendas con electricidad, agua entubada, drenaje, servicio de recolección de basura, alcantarillado y saneamiento básico, para ello se utilizó la siguiente expresión (7):

$$IndSocio = \frac{No.Viv}{Tot.Viv} \quad (7)$$

Donde IndSocio es cualquiera de los indicadores mencionados anteriormente, No. Viv corresponde al número de viviendas que cuenta con el servicio y Tot. Viv corresponde a la estimación del número total de viviendas habitadas.

En el caso del hacinamiento, se obtuvieron las viviendas con más de 3 habitantes por dormitorio y se utilizó la siguiente expresión (8):

$$Hac = \frac{V3}{Tot.Viv} \quad (8)$$

Donde Hac corresponde al porcentaje de viviendas con hacinamiento, V3 es el número de viviendas con más de 3 personas por dormitorio y Tot. Viv corresponde a la estimación del número total de viviendas habitadas. Finalmente se estimó el

número de habitantes que habita en localidades de más de 15,000 habitantes, así como superiores a 2,500 habitantes y se obtuvo la tasa de urbanización como se muestra a continuación (9).

$$TU = \frac{HabLU}{PobTot} \quad (9)$$

Donde TU es la tasa de urbanización, HabLU corresponde al número de habitantes en localidades urbanas y PobTot es la población total. Se muestra a continuación (Cuadro 2.4) el grupo de indicadores que resultaron relevantes para el análisis bivariado.

Cuadro 2.4. Indicadores sociodemográficos utilizados para el análisis de asociación entre variables (con mayor correlación).

Municipio Indicador	Atención a la educación superior	Densidad	Viviendas en Vecindad o Cuartería	Participación de la población en el sector primario	Participación de la población en el sector terciario	Población urbana		Grado de Urbanización	
	Porcentaje Donde: 1=Muy bajo, 2=Bajo, 3=Medio, 4=Alto y 5=Muy alto	Habitantes / km ²	No. de viviendas	Porcentaje de la población		No. de habitantes en localidades de ≥2,500 hab. (Mixta)	No. de habitantes en localidades de ≥15,000 hab.	% población que vive en Localidades ≥2,500 hab. (Mixta)	% población que vive en Localidades ≥ 15,000 hab.
Almoloya de Juárez	4	369	70	5.67	59.2	90,419	19,705	51.31	11.18
Calimaya	2	543	12	11.06	57.37	40,854	0	72.21	0
Chapultepec	1	1,022	0	7.23	58.31	10,463	0	88.94	0
Lerma	4	635	295	3.07	49.78	95,571	24,711	65.17	16.85
Metepec	4	3,378	429	1.02	73.75	219,480	174,316	96.34	76.51
Mexicaltzingo	1	1,090	104	7.23	72.87	10,590	0	82.76	0
Ocoyoacac	3	479	20	3.77	56.88	52,054	27,861	78.64	42.09
Otzolotepec	3	652	7	6.52	50.96	53,885	0	63.75	0
Rayón	1	578	14	10.41	52.26	8,936	0	67.39	0
San Antonio la Isla	1	1,167	0	15.32	51.29	25,686	0	94.33	0
San Mateo Atenco	1	3,574	194	1.25	57.01	75,003	70,633	99.33	93.54
Temoaya	2	543	0	9.13	65.17	53,031	0	51.07	0
Tenango del Valle	2	414	106	23.54	54.44	69,528	24,114	80.49	27.92
Toluca	4	2,045	1,393	1.19	71.01	821,161	675,076	94	77.28
Xonacatlán	1	1,553	111	4.82	56.67	40,447	23,052	78.32	44.63
Zinacantepec	2	603	0	7.93	56.18	151,755	79,579	80.32	42.12

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la Encuesta Intercensal INEGI, (2015) y el Visor del atlas Cibernético del Estado de México, datos para el año 2015.

Tasas de morbilidad

Respecto a los indicadores de salud, se obtuvieron datos de “Egresos Hospitalarios de Unidades Médicas Hospitalarias de la Secretaría de Salud del año estadístico 2015” del portal de datos abiertos del gobierno de México disponible en <https://datos.gob.mx/busca/dataset/egresos-hospitalarios-de-la-secretaria-de-salud>, así como registros nuevos de enfermedades los cuales fueron proporcionados por la subdirección de epidemiología del Instituto de Salud del Estado de México, ISEM disponibles en los Cubos de Información SUAVE disponibles en <http://cubo.sinave.gob.mx/OLAP/SUAVE/Suaves.asp> .

Los registros incluyen Asma la cual, de acuerdo con la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud, décima Revisión (CIE-10) se agrupa como J45 y J46, Infecciones respiratorias agudas (J00-J06, J20, J21 excepto J02.0 y J03.0), Neumonías y bronconeumonías (J12-J18 excepto J18.2, J13 y J14) y Enfermedades infecciosas intestinales (A04, A08-A09 excepto A08.0).

En el caso de los egresos hospitalarios, la base de datos incluye información a nivel nacional por lo que fue depurada mediante consultas con lenguaje SQL para obtener los egresos de pacientes cuyo lugar de residencia habitual era alguno de los municipios que conforman la ZMT (metadato) y cuya afección principal se encuentra dentro de Enfermedades infecciosas intestinales (A00-A09) y enfermedades del aparato respiratorio (J00-J99).

La tasa de morbilidad se calculó obteniendo el cociente del número total de egresos hospitalarios/nuevos casos por enfermedades del aparato respiratorio o enfermedades infecciosas intestinales y el total de habitantes de cada municipio en el año 2015 por 100 mil habitantes como se muestra en la ecuación 10:

$$TM = \frac{EgreE}{PobTot} * 100,000 \quad (10)$$

Donde TM es Tasa de Morbilidad, $EgreE$ es el número de egresos hospitalarios/nuevos casos por enfermedades respiratorias o gastrointestinales y $PobTot$ es la población total.

Análisis de componentes principales

Para el análisis de los indicadores obtenidos mediante percepción remota y los indicadores de calidad del aire se utilizó la técnica de reducción de dimensiones conocida como Análisis de Componentes Principales, una técnica multivariante de reducción de dimensión de variables cuantitativas mediante la creación de un conjunto de variables sin correlación (factor/componente). La componente se calcula mediante un conjunto de variables originales (x_1, x_2, \dots, x_p) , siendo x un vector con p variables aleatorias (Chávez Chong, 2015), como en la siguiente ecuación (11):

$$\alpha' x = \alpha_{11}x_1 + \alpha_{12}x_2 + \dots + \alpha_{1p}x_p = \sum_{j=1}^p \alpha_{1j} x_j \quad (11)$$

Donde $\alpha' x$ es la función lineal de los elementos de x de máxima varianza, y α_1 es un vector de p constantes y denota la transpuesta $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \dots, \alpha_{1p}$. El segundo componente se calcula con $\alpha'_2 x$ correlacionada con $\alpha'_1 x$. Así se eligen los componentes no correlacionados entre sí, de modo que las variables aleatorias tengan cada vez menor varianza.

Los indicadores biofísicos y de calidad del aire utilizados para el ACP se muestran a continuación (Cuadro 2.5), cabe señalar que debido a que los indicadores se presentan en diferentes unidades de medida, los valores fueron estandarizados en el software estadístico SPSS. En este mismo software se realizó la técnica de Componentes Principales, solicitando la extracción de un factor. Para realizar el análisis espacial, los puntajes obtenidos se transformaron a una escala de 0 a 100 para posteriormente unirlos con la cartografía del área de estudio y darle una salida gráfica.

Cuadro 2.5. Indicadores biofísicos y de calidad del aire utilizados para el Análisis de Componentes Principales (ACP).

Municipio/Unidades	Indicadores biofísicos					Indicadores de calidad del aire						
	Superficie con mayor saturación de humedad (NDWI)	Superficie con vegetación (NDVI)	Superficie con vegetación ajustada al suelo (TSAVI)	Superficie edificada (NDBI)	Temperatura de superficie terrestre (TST)	Material particulado <10 µm	Material particulado < 2.5 µm	Bióxido de azufre SO ₂	Monóxido de carbono CO	Óxidos de nitrógeno NOX	Compuestos orgánicos volátiles COV	amoníaco NH ₃
	Porcentaje				Promedio en °C	Toneladas						
Almoloya de Juárez	9.65	31.61	13.25	72.95	26.04	1,187.4	917.5	1,277.4	6,500.0	1,756.9	3,895.0	792.9
Calimaya	10.65	25.6	15.76	75.93	27.5	407.2	186.9	7.6	2,051.7	958.0	2,371.4	194.1
Chapultepec	1.8	13.73	2.11	92.68	30.25	18.8	11.7	0.6	221.5	770.8	2,215.1	70.4
Lerma	30.5	59.52	32.87	47.57	21.73	506.4	361.9	12.2	5,823.8	1,933.9	6,317.8	376.1
Metepec	2.05	11.14	3.88	82.06	27.91	209.6	128.9	9.6	11,391.2	2,739.2	4,848.4	397.4
Mexicaltzingo	0.09	7.36	0.91	97.39	30.52	22.5	15.0	0.7	494.7	750.6	2,080.7	161.6
Ocoyoacac	49.14	82.03	50.5	26.14	19.15	144.6	100.9	5.6	2,165.5	810.7	2,078.4	226.9
Otzolotepec	31.49	53.59	34.58	52.73	22.56	196.0	142.5	4.8	2,221.5	849.7	4,061.7	262.0
Rayón	0.21	16.63	3.57	95.6	31.87	43.7	29.6	1.5	339.6	831.7	2,384.1	74.4
San Antonio la Isla	0.34	14.49	3.79	92.73	30.82	50.4	28.7	1.3	544.1	832.0	2,570.6	139.4
San Mateo Atenco	0.13	8.11	1.95	91.3	26.79	57.6	37.4	2.4	2,546.0	771.4	2,010.8	151.0
Temoaya	20.44	46.2	28.7	60.52	24.34	374.7	298.7	11.0	4,282.4	1,212.3	3,583.3	443.2
Tenango del Valle	27.93	65.27	44.1	46.87	23.58	252.4	171.9	7.4	2,823.3	1,106.0	2,525.5	332.2
Toluca	8.51	19.48	9.81	78.38	26.21	1,683.1	1,061.7	59.0	41,914.4	11,085.8	17,848.8	1,286.3
Xonacatlán	37.21	67.04	42.06	39.14	20.83	75.0	50.4	2.2	1,583.8	845.8	2,435.8	130.1
Zinacantepec	29.94	63.34	39.36	45.63	21.25	448.8	336.4	13.0	6,166.1	1,415.5	3,598.6	572.8

Fuente: Elaboración propia (2023). Información de indicadores biofísicos extraída a partir del procesamiento de imágenes satelitales Landsat 8 OLI; Indicadores de calidad del aire obtenidos del resumen municipal del Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio INEM, 2016.

Análisis bivariado

Con el fin de analizar la asociación entre la calidad ambiental, los indicadores de salud y los sociodemográficos se hizo un análisis bivariado, el coeficiente de correlación fue estimado en el software estadístico IBM SPSS versión 26, los indicadores fueron estandarizados previamente.

La clasificación bivariada del espacio geográfico surge a partir de la delimitación de áreas homogéneas similares entre sí, pero diferentes del resto de unidades espaciales. La configuración espacial resultante permite establecer una diferenciación de áreas con base en el criterio de homogeneidad.

Para obtener la correlación entre variables se utiliza la ecuación del coeficiente de correlación r de Pearson (12):

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \quad (12)$$

Los valores del coeficiente de correlación se distribuyen entre el 1 y -1 , (una correlación positiva perfecta o una correlación negativa perfecta), el valor 0 indica una nula relación, o mejor dicho una distribución de datos aleatoria. Para analizar el espacio de relación los valores estandarizados de los indicadores con las correlaciones más altas se visualizaron en un diagrama de dispersión que permitió averiguar la relación entre indicadores.

Análisis clúster

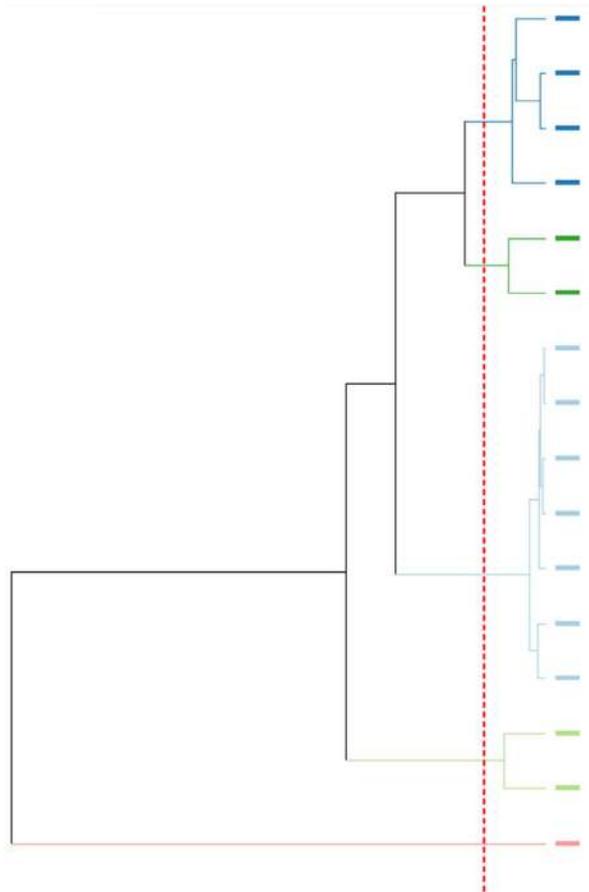
Este análisis se realizó en el Software GeoDa usando la herramienta Clúster Jerárquico y el método de Wards. Este tipo de análisis es una técnica multivariada del análisis exploratorio de datos que permite la formación de agrupamientos geográficos homogéneos a partir de un conjunto de variables. En la agrupación jerárquica los grupos se construyen paso a paso en función de la similitud entre cada observación (municipios) y la cercanía entre ellos. Para ello el algoritmo de GeoDa puede usar un enfoque ascendente o descendente, en el primero asigna cada observación a su propio grupo, posteriormente las dos observaciones más

cercanas forman un grupo y así sucesivamente usando un punto representativo para cada agrupación. Como resultado se obtiene un único grupo que contiene todas las observaciones.

En el enfoque descendente el cual fue utilizado para nuestro análisis, el conjunto de datos forma un grupo, se busca el mejor punto de separación y el grupo se divide en dos, este proceso se repite hasta que cada observación es su propio grupo (el número de observaciones es igual al número de grupos), una vez formados todos los grupos, estos se representan visualmente en un dendograma que permite determinar la conformación de los clústeres. Cabe señalar que la distancia es clave en el proceso de agrupación, un valor común predeterminado es el método de Ward (enlace centroide), pues tiende a dar como resultado clústeres bien equilibrados (Anselin, 2018).

El siguiente dendograma (Figura 2.4) corresponde a los clústeres de la ZMT utilizando los indicadores de densidad, viviendas en vecindad o cuartería, grado de marginación, población urbana en localidades $\geq 15,000$ habitantes, tasa de morbilidad por egresos hospitalarios de enfermedades gastrointestinales, tasa de morbilidad de nuevos casos de asma, tasa de morbilidad de nuevos casos de neumonía y bronconeumonía y el ICA los cuales mostraron correlaciones significativas en el análisis bivariado. Se estableció un corte que permitió la formación de 5 clústeres, cada grupo corresponde a un municipio.

Figura 2.4. Dendograma de grupos para formación de clústeres en la ZMT.



Fuente: Dendograma obtenido del análisis Clúster Jerárquico en el software GeoDa.

Capítulo 3 : Resultados

Índice de Calidad Ambiental

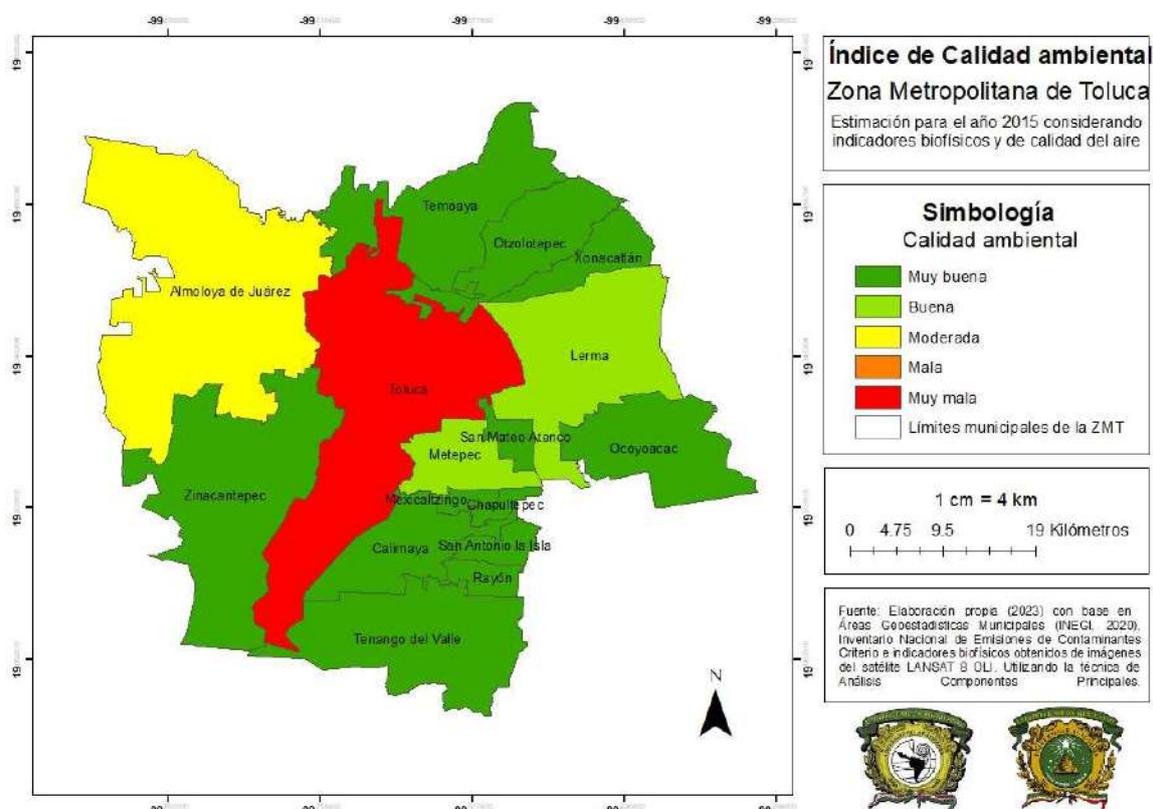
Se extrajo un componente principal que integra los indicadores de calidad del aire y biofísicos. Para modelar el Índice de Calidad Ambiental el puntaje obtenido fue transformado a una escala de 0 a 100 y clasificado según lo siguiente: $ICA < 20$ muy buena; $20 \leq ICA < 40$ buena; $40 \leq ICA < 60$ moderada; $60 \leq ICA < 80$ mala y $ICA \geq 80$ muy mala calidad ambiental ya que valores superiores indican una calidad ambiental más deficiente. Se observa que el municipio de Toluca se diferencia del resto de municipios por tener la peor calidad ambiental seguido de Almoloya de Juárez tuvo moderada calidad ambiental mientras que el resto de los municipios albergan una buena o incluso, muy buena calidad ambiental (Figura 3.1), los puntajes pueden consultarse a continuación (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Puntaje obtenido en el ACP.

Municipio	Puntaje ACP	Puntaje 0 a 100
Almoloya de Juárez	0.9377	47
Calimaya	-0.29603	11
Chapultepec	-0.66134	4
Lerma	0.25185	20
Metepec	0.11084	22
Mexicaltzingo	-0.60943	6
Ocoyoacac	-0.44607	1
Otzolotepec	-0.29039	8
Rayón	-0.62591	5
San Antonio la Isla	-0.57513	6
San Mateo Atenco	-0.55556	7
Temoaya	0.00416	16
Tenango del Valle	-0.25476	8
Toluca	3.38242	100
Xonacatlán	-0.54612	0
Zinacantepec	0.17377	18

Fuente: Elaboración propia (2023).

Figura 3.1. Mapa de calidad ambiental para el año 2015 obtenido a partir de indicadores biofísicos y de calidad del aire.



Cabe señalar que las medidas de adecuación muestral permitieron determinar que los indicadores recabados son apropiados para el análisis factorial (Cuadro 3.2); la medida de adecuación muestral de Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) suele interpretarse igual que otros coeficientes de confiabilidad, su rango va de 0 a 1, valores cercanos a 1 sugieren una interrelación satisfactoria (Hair, *et al.*, 1999), si dicho valor es < 0.5, puede indicar que los resultados del análisis factorial probablemente no serán muy útiles. Esta prueba permitió corroborar la interrelación entre los indicadores biofísicos y de calidad del aire (KMO =0.6).

Por su parte la prueba de esfericidad de Barlett sirve para evaluar la H_0 de que las variables no se correlacionan, para ello compara la matriz de Inter correlación de los datos con la matriz de identidad en la que los términos de la diagonal son unidades y el resto de los términos son ceros. Los resultados de dicha comparación son significativos si $p < 0.5$ lo que permite rechazar la H_0 , concluyendo que las

variables están Inter correlacionadas (Casado 2001; citado en Pérez y Medrano, 2010).

Cuadro 3.2. Medidas de adecuación muestral del ICA integrando indicadores biofísicos y de calidad del aire.

Prueba de KMO y Bartlett		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		0.6
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	402.572
	gl	66
	Sig.	0.000

Fuente: Resultados estadísticos obtenidos en el software SPSS.

Los resultados de la matriz de componente muestran que la calidad del aire es la que más contribuye al índice ya que sus valores son superiores a 0.9 y lo hace en menor proporción el suelo edificado (NDBI) con valor de 0.1 y la temperatura de superficie con valor 0.016 (Cuadro 3.3), mientras que los indicadores biofísicos de vegetación y saturación de humedad contribuyen negativamente, como si la vegetación y la humedad compensan la mala calidad del aire.

Cuadro 3.3. Matriz de componente del ICA.

Matriz de componente ^a	
Índice de Diferencia Normalizada del Agua (NDWI)	-0.180
Índice de Vegetación Normalizado (NDVI)	-0.196
Índice de Vegetación Ajustado al Suelo Transformado (TSAVI)	-0.195
Índice de Diferencia Normalizada Edificada (NDBI)	0.115
Temperatura de la superficie terrestre (LST)	0.016
PM ₁₀	0.954
PM _{2.5}	0.924
Bióxido de azufre (SO ₂)	0.359
Monóxido de carbono (CO)	0.943
Óxidos de nitrógeno (NOx)	0.936
Compuestos orgánicos volátiles (COV)	0.928
Amoniaco (NH ₃)	0.954
Método de extracción: análisis de componentes principales. a. 1 componentes extraído.	

Fuente: Resultados estadísticos obtenidos en el software SPSS.

Es importante señalar que la calidad del aire es un indicador clave del deterioro ambiental, en la última década la ZMT ha superado los límites de la normatividad de calidad del aire (PM_{10} , $PM_{2.5}$ y O_3) vigente en México (INECC, 2016). Cifras elevadas de contaminantes criterio se relacionan con diversos problemas de salud, donde los niños, ancianos y personas de escasos recursos son los más susceptibles (OPS, 2018), siendo el contaminante más riesgoso el $PM_{2.5}$ por su capacidad acumularse en el sistema respiratorio tras ser inhalado. Pese a que la ZMT cuenta con el Programa para Mejorar la Calidad del Aire del Valle de Toluca 2012-2017 (ProAire) el deterioro de la calidad del aire parece ir incrementado año con año llegando incluso a la declaración de contingencias ambientales por $PM_{2.5}$ y O_3 (Sandra, 2019).

Nuestros resultados muestran que los municipios de Toluca, Almoloya de Juárez, Metepec y Lerma se diferencian del resto de los municipios por su deterioro ambiental, siendo el municipio central (Toluca) el que exhibe la peor calidad ambiental. García y Álvarez (2023) similarmente reportaron que para 2017, estos municipios tenían un Índice metabólico (IM) alto lo que refleja altos niveles de consumo (de agua y electricidad) y contaminación (CO_{2eq}) determinando que en general, la ZMT es insustentable en términos de su funcionalidad y la capacidad de carga. Otras investigaciones sugieren que la zona oriente conformada por Toluca, Metepec, San Mateo Atenco y Lerma, es la más contaminada se caracteriza por contar con poca cobertura vegetal, la presencia de grandes parques industriales, expansión urbana y cambios de uso de suelo considerables (Ávila-Pérez et al., 2019; Adame, 2020).

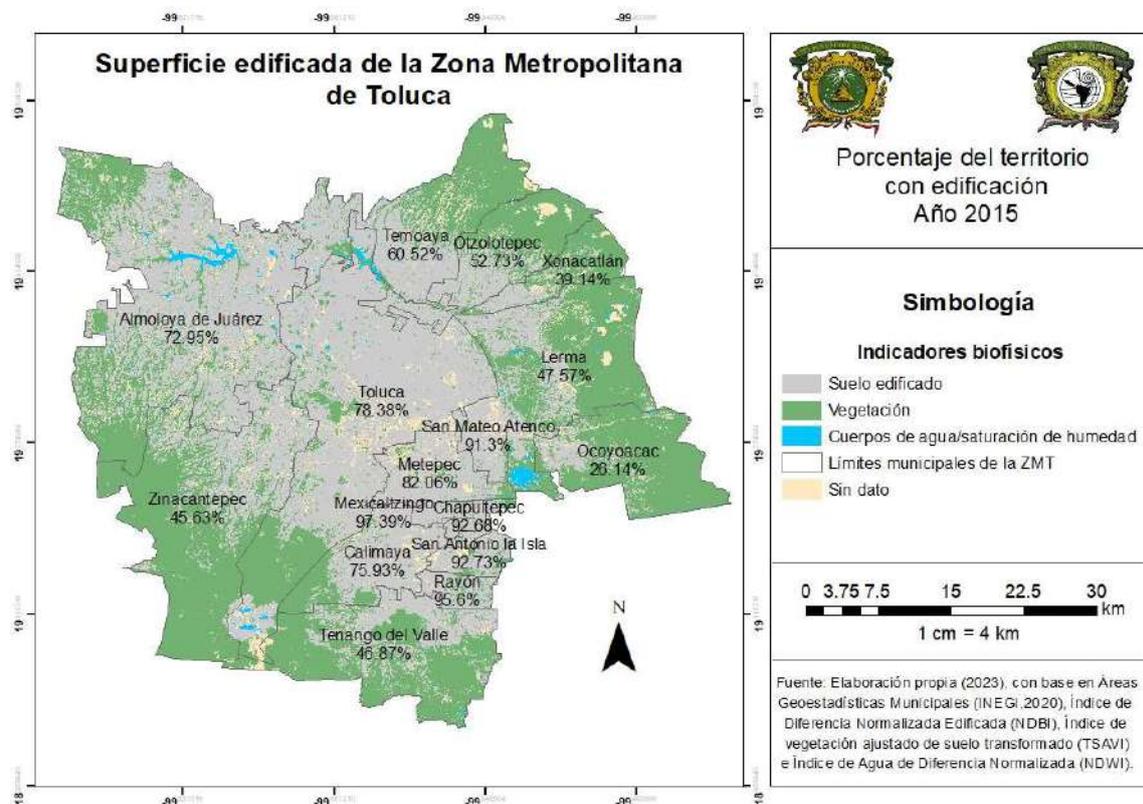
El municipio de Almoloya de Juárez (exterior de la ZMT) presenta niveles altos de contaminantes criterio, aun cuando su actividad económica principal no es la industria (como es el caso de los municipios ubicados al oriente). Su ubicación geográfica puede influir ya que los vientos predominantes en Toluca el municipio más contaminado, son alisios y dado que la mayor parte del año los vientos soplan desde el este y sureste, los contaminantes presentes en la atmosfera eventualmente son trasladados hacia el norte y noroeste (Méndez *et al.*, 2007).

Además, de acuerdo con los resultados del NDBI dicho municipio registra un porcentaje de suelo edificado de 72% respecto al total de superficie del territorio y un porcentaje de 13.25% de vegetación (TSAVI) que, si bien cubre el estándar recomendado por la OMS de área verde por habitante de 9 m², esta se encuentra dispersa y es escasa en sus límites territoriales con Toluca.

Cabe señalar que los contaminantes analizados podrían tener una concentración en ambientes de interior de hasta 4 veces más respecto al exterior (Ding y Zhao, 2017 citado en Ding et al., 2022) sobre todo de CO₂ y COV, aunque también pueden migrar del exterior o incluso originarse dentro de viviendas otros contaminantes como Materia Particulada (PM), NO₂ y humo de segunda mano (EPA, 2023). Por lo tanto, será importante encaminar estrategias de control de la contaminación atmosférica de exterior y de interior en espacios como escuelas y oficinas donde suele pasarse mucho tiempo.

Si bien, la contaminación del aire es un factor importante de calidad ambiental, analizar los indicadores biofísicos permite identificar el riesgo de otros fenómenos relacionados con el deterioro ambiental, ejemplo de ello son las islas de calor urbano. Este fenómeno ocurre cuando hay una acumulación de calor en las zonas urbanas derivado del cambio de uso de suelo, por materiales que retienen calor, la escasez de cuerpos de agua y vegetación lo que provoca una dispersión lenta de la radiación solar, a su vez, la radiación solar propicia la contaminación fotoquímica de la atmósfera y se ve afectada la salud de la población (Méndez et al., 2007; Fuentes, 2015). Nuestros resultados muestran que los municipios ubicados al sureste y noroeste carecen de áreas verdes y cuerpos de agua (Figura 3.2).

Figura 3.2. Mapa de indicadores biofísicos de la ZMT para el año 2015, porcentaje por municipio de área edificada, superficie con vegetación y presencia de cuerpos de agua.



Como se mencionó anteriormente, de acuerdo con la OMS, para mejorar la calidad de vida en ambientes urbanos es necesario que existan al menos 9m^2 de áreas verdes por habitante, al analizar esta proporción de acuerdo con la superficie de vegetación (TSAVI) sin considerar la que se encuentra dentro de ANPs, se encontró que los municipios de Mexicaltzingo, Otzolotepec, San Mateo Atenco, Temoaya, Toluca y Xonacatlán están por debajo de dicha recomendación. Aunque cabe señalar que, para gozar de los beneficios de las áreas verdes urbanas, es recomendable que estas se encuentren al menos a 300 m o el equivalente a 15 minutos de distancia a pie de los habitantes y que, aunque se reconoce como un estándar 12m^2 , Russo y Cirella (2018) proponen que lo ideal es 50m^2 de área verde urbana por habitante (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.4. Estimación de m² de área verde por habitante para el año 2015.

Municipio	Vegetación en m ²	Población	m ² /habitante
Almoloya de Juárez	44,980,416.8	176,237	255.2
Calimaya	1,000,533.41	56,574	17.7
Chapultepec	242,709.678	11,764	20.6
Lerma	8,040,348.81	146,654	54.8
Metepec	2,438,596.58	227,827	10.7
Mexicaltzingo	106,581.176	12,796	8.3
Ocoyoacac	11,517,287.6	66,190	174.0
Otzolotepec	247,164.423	84,519	2.9
Rayón	818,930.707	13,261	61.8
San Antonio la Isla	958,688.075	27,230	35.2
San Mateo Atenco	408,715.974	75,511	5.4
Temoaya	427,059.195	103,834	4.1
Tenango del Valle	6,439,504.94	86,380	74.5
Toluca	2,804,811.53	873,536	3.2
Xonacatlán	258,959.519	51,646	5.0
Zinacantepec	9,369,841.4	188,927	49.6

Fuente: Elaboración propia (2023).

Además, los indicadores biofísicos ponen en evidencia que la vegetación es un determinante clave en la regulación de la temperatura de superficie terrestre ya que mantienen una relación inversa, es decir, cuando el porcentaje de superficie con vegetación aumenta, la temperatura de superficie disminuye mientras que a mayor suelo edificado la temperatura es mayor (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.5. Correlación de Pearson de los indicadores de vegetación (TSAVI), suelo edificado (NDBI) y temperatura de superficie terrestre (TST).

Correlación de Pearson	TSAVI	NDBI	TST
TSAVI	1	-0.982**	-0.922**
NDBI	-0.982**	1	0.964**
** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).			

Fuente: Resultados estadísticos obtenidos en SPSS (2023).

Cabe señalar que las categorías de calidad ambiental propuestas están en función del puntaje obtenido en el ACP, por lo que no precisamente la mejor calidad

ambiental puede señalar que las condiciones son óptimas, sino que, respecto al resto de los municipios tienen condiciones más propicias, lo que es un hecho es la evidente necesidad de implementar estrategias de mitigación y control del deterioro ambiental, principalmente de la contaminación del aire en los municipios con peor calidad ambiental ya que aunque el análisis es del año 2015, la tendencia es al deterioro.

Indicadores de salud

De acuerdo con los registros de egresos hospitalarios de las unidades médicas hospitalarias públicas del año estadístico 2015, el municipio de Toluca es el que tuvo la mayor tasa de morbilidad por enfermedades respiratorias seguido del municipio de Xonacatlán, Temoaya y Tenango del Valle (Cuadro 3.6), siendo la afección principal más común la Neumonía no especificada (J189) con 601 casos, seguido de la neumonía bacteriana, no especificada (J159) con 90 casos y asma no especificada (J459) con 68 casos.

Cuadro 3.6. Tasa de morbilidad (cada 100 mil habitantes) por egresos hospitalarios de enfermedades respiratorias de los municipios de la ZMT, por grandes grupos de edad, 2015.

Municipio / Grupo edad	General	0 a 14 años	15 a 64 años	65 y más años
Almoleya de Juárez	35.18	28.25	22.27	287.4
Calimaya	40.65	24.71	26.7	308.11
Chapultepec	25.5	57.57	0	159.74
Lerma	40.91	52.5	27.09	137.96
Metepec	17.12	11.66	13.1	75.41
Mexicaltzingo	39.07	0	59.09	0
Ocoyoacac	40.79	33.61	24.77	259.4
Otzolotepec	46.14	56.91	23.9	298.83
Rayón	30.16	26.43	34.57	0
San Antonio la Isla	29.38	47.18	5.6	332.23
San Mateo Atenco	35.76	32.79	21.76	251.54
Temoaya	61.64	115.29	26.64	135.81
Tenango del Valle	60.2	103.44	21.62	275.37
Toluca	78.42	126	36.61	348.63
Xonacatlán	71.64	123.41	35.07	250.18
Zinacantepec	22.23	14.14	20.21	106.61

Fuente: Elaboración propia con base en "Egresos Hospitalarios de Unidades Médicas Hospitalarias de la Secretaría de Salud del año estadístico 2015".

La mayoría de los egresos hospitalarios por enfermedades respiratorias en la ZMT ocurrieron en el mes de enero y febrero (Figura 3.3).

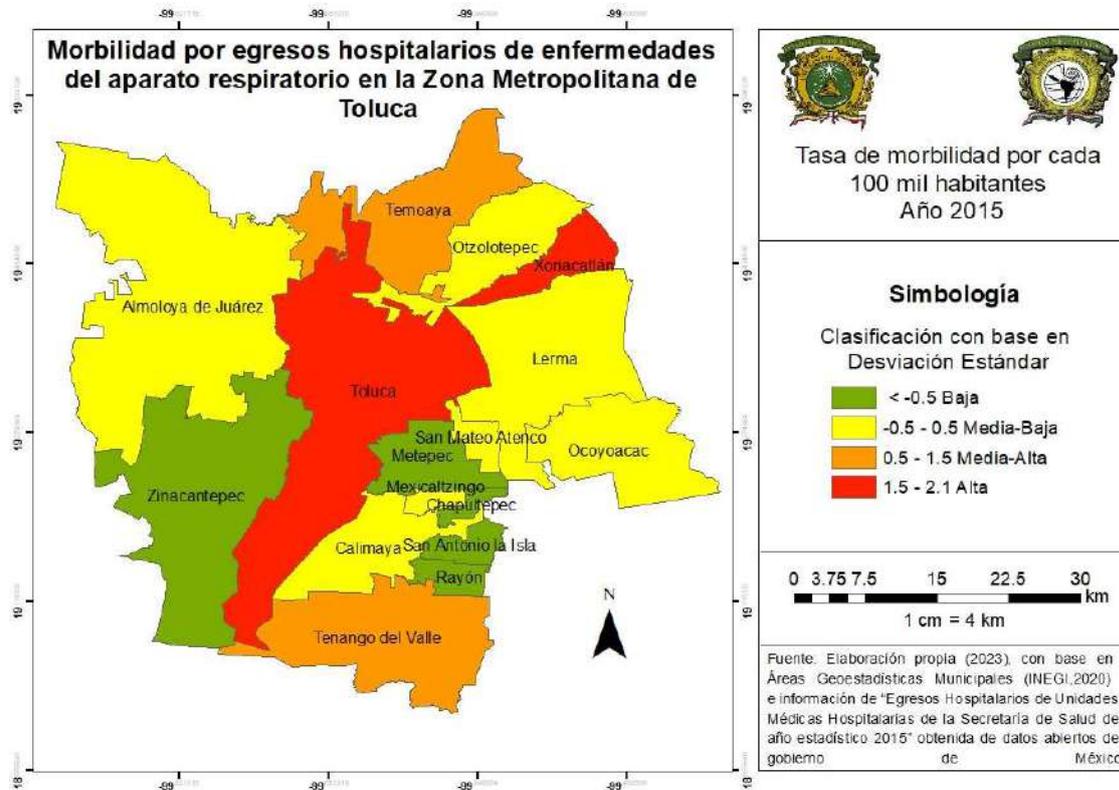
Figura 3.3. Distribución de los egresos hospitalarios de la ZMT por enfermedades respiratorias por mes, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2023.

Los municipios con menor tasa de egresos hospitalarios son Chapultepec, Metepec, Rayón, San Antonio la Isla y Zinacantepec como se observa en la Figura 3.4.

Figura 3.4. Mapa de distribución de los egresos hospitalarios por enfermedades respiratorias, 2015.



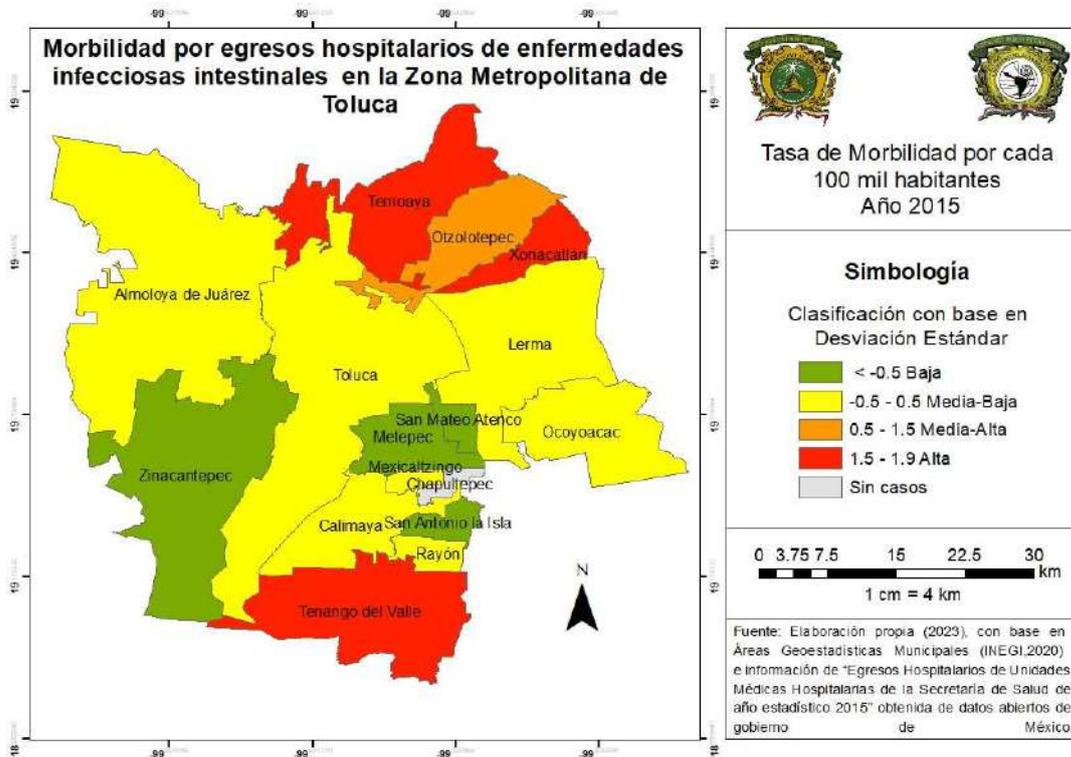
En lo referente a enfermedades infecciosas intestinales, las mayores tasas de morbilidad pertenecen al municipio de Temoaya, Xonacatlán y Tenango del Valle como se muestra a continuación (Cuadro 3.7, Figura 3.5) siendo la principal afección la Gastroenteritis y colitis de origen no especificado (A099) con 95 casos, la sepsis, no especificada (A419) con 39 casos. Cabe señalar que no hubo registros de egresos hospitalarios de pacientes con residencia en el municipio de Chapultepec.

Cuadro 3.7. Tasa de morbilidad (cada 100 mil habitantes) por egresos hospitalarios de enfermedades infecciosas intestinales de los municipios de la ZMT, por grandes grupos de edad, 2015.

Municipio/Grupo edad	General	0 a 14 años	15 a 64 años	65 y más años
Almoloya de Juárez	6.24	12.36	2.67	13.69
Calimaya	12.37	24.71	5.34	34.23
Chapultepec	0	0	0	0
Lerma	8.18	9.54	5.21	34.49
Metepec	1.76	0	1.87	6.28
Mexicaltzingo	7.81	0	11.82	0
Ocoyoacac	4.53	0	4.5	25.94
Otzolotepec	15.38	22.77	5.52	108.67
Rayón	7.54	26.43	0	0
San Antonio la Isla	3.67	0	5.6	0
San Mateo Atenco	3.97	4.68	3.96	0
Temoaya	24.08	28.12	21.94	22.63
Tenango del Valle	22.0	42.14	12.61	21.18
Toluca	9.73	12.86	7.46	21.91
Xonacatlán	23.24	13.71	23.38	71.48
Zinacantepec	1.59	0	2.43	11.85

Fuente: Elaboración propia con base en "Egresos Hospitalarios de Unidades Médicas Hospitalarias de la Secretaría de Salud del año estadístico 2015.

Figura 3.5. Mapa de distribución de los egresos hospitalarios por enfermedades infecciosas intestinales, 2015.



El mayor número de egresos hospitalarios en la ZMT por este grupo de enfermedades ocurrió en los meses de febrero, abril y agosto mientras que en diciembre se registró la menor cifra (Figura 3.6).

Figura 3.6. Distribución de los egresos hospitalarios de la ZMT por enfermedades infecciosas intestinales por mes, 2015.



Fuente: Elaboración propia 2023.

Nuevos casos de enfermedades

Relativo a nuevos casos de enfermedades, se registraron en total 3,472 casos nuevos de asma en la ZMT teniendo mayor incidencia en los meses de julio y septiembre. Se estima que alrededor del 7.8% de la población mexicana padece esta enfermedad siendo la mala calidad del aire de las ciudades uno de los principales factores de incidencia (SEMARNAT, 2018). De acuerdo con los hallazgos en la ZMT, la morbilidad por asma está altamente correlacionada con la contaminación por CO, NO_x y COV, en menor medida con el NH₃ y PM₁₀ y PM_{2.5} (Cuadro 3.8).

Cuadro 3.8. Correlación de contaminantes atmosféricos con la morbilidad por asma de la población en general y por grandes grupos de edad.

Correlación de Pearson	Tasa general	Tasa 0-14 años	Tasa 15-64 años	Tasa 65 y más años
PM ₁₀	0.574*	0.689**	0.334	0.344
PM _{2.5}	0.514*	0.623**	0.286	0.291
CO	0.820**	0.924**	0.577**	0.647**
NO _x	0.810**	0.922**	0.558*	0.616**
COV	0.770**	0.883**	0.520*	0.566*
NH ₃	0.664**	0.762**	0.442*	0.462*

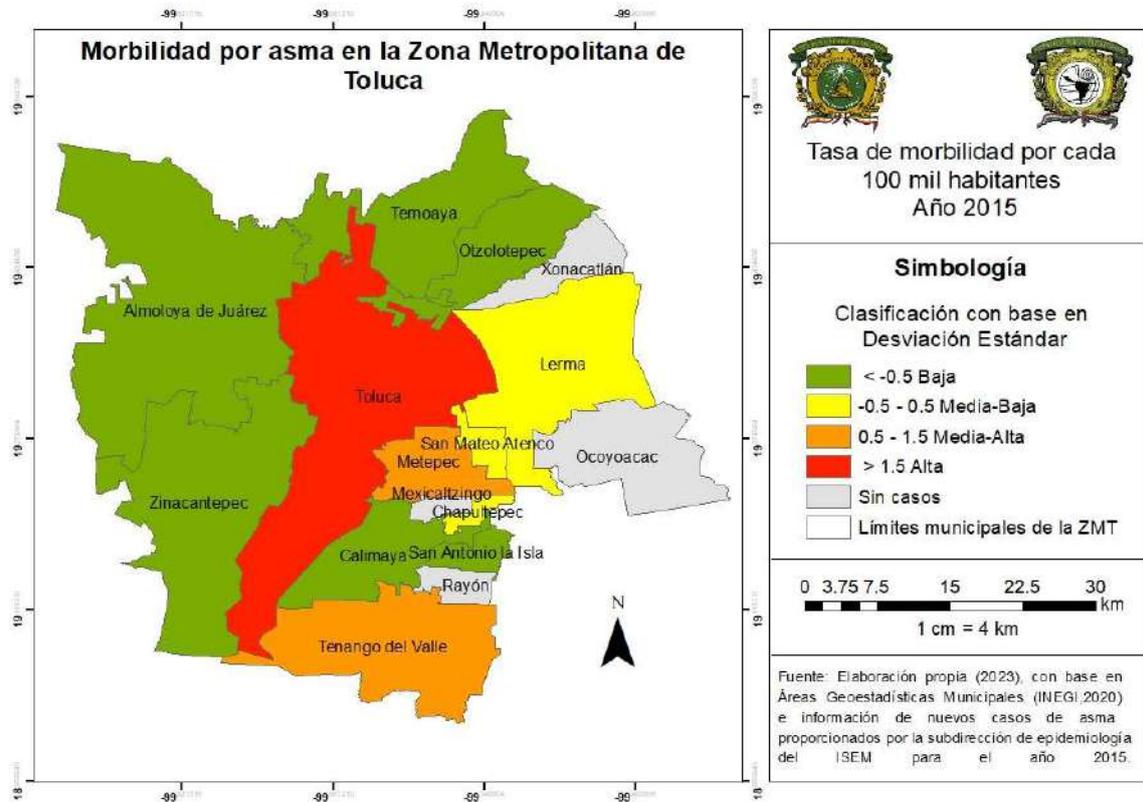
** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral); *. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia (2023).

El PM_{2.5} suele contener partículas en suspensión (como esporas de hongos y polen) que pueden provocar los síntomas del asma debido a su capacidad inmunogénica, además de que algunos gases como el NO₂ y el O₃ tienen capacidad de inducir inflamación de las vías respiratorias (Guarnieri y Balmes, 2014). Además, algunos COV como el tolueno, xileno y benceno están relacionados con un aumento del riesgo de padecer asma (Rico *et al.*, 2014).

La tasa de morbilidad por asma más alta la tiene Toluca (Figura 3.7) mientras que en los municipios de Xonacatlán, Ocoyoacac, Mexicaltzingo y Rayón no se registraron casos de asma.

Figura 3.7. Mapa de distribución de la morbilidad por asma, 2015.



Se encontró que los municipios de Toluca, Tenango y Metepec tienen las tasas de morbilidad más altas en todos los grupos de edad (Cuadro 3.9).

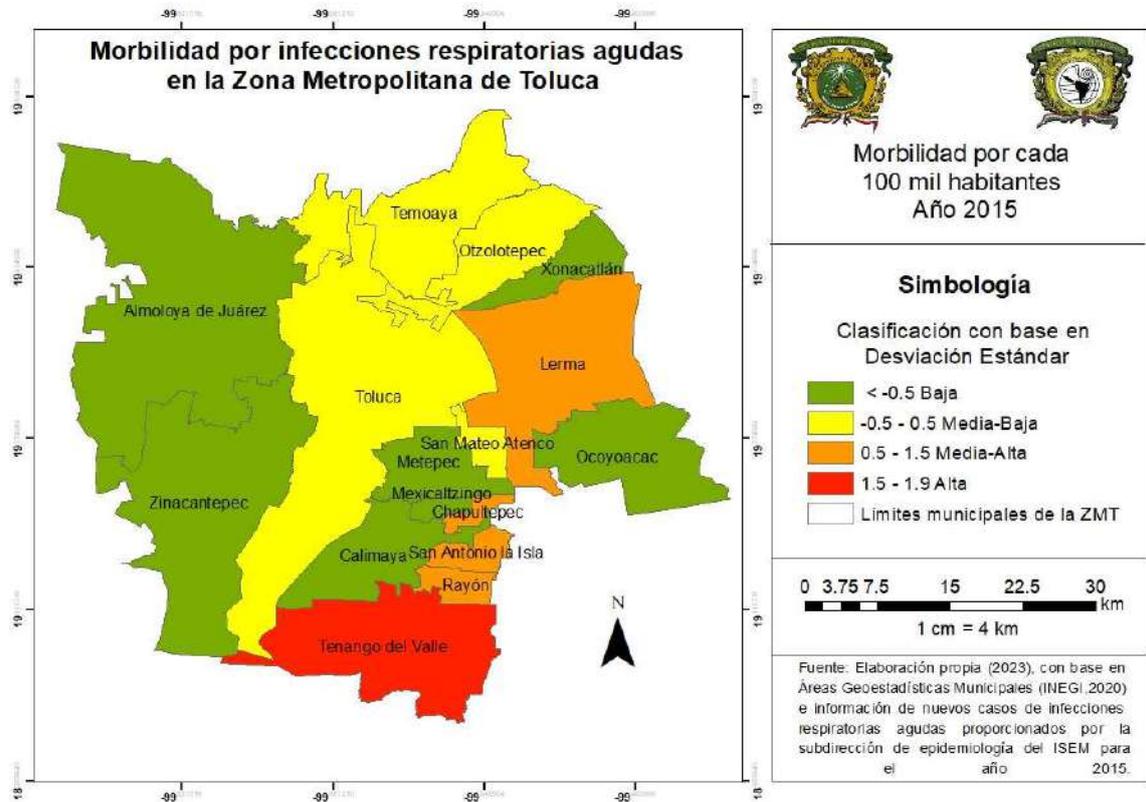
Cuadro 3.9. Tasa de morbilidad (cada 100 mil habitantes) de Asma de los municipios de la ZMT, por grandes grupos de edad, 2015.

Municipio/Grupo edad	General	0 a 14 años	15 a 64 años	65 y más años
Almoloya de Juárez	23.8	70.6	1.8	0.0
Calimaya	1.8	0.0	2.7	0.0
Chapultepec	34.0	57.6	26.1	0.0
Lerma	56.6	88.3	41.7	69.0
Metepec	179.1	330.5	112.9	358.2
Mexicaltzingo	0.0	0.0	0.0	0.0
Ocoyoacac	0.0	0.0	0.0	0.0
Otzolotepec	22.5	41.7	14.7	0.0
Rayón	0.0	0.0	0.0	0.0
San Antonio la Isla	18.4	59.0	0.0	0.0
San Mateo Atenco	68.9	103.1	51.4	111.8
Temoaya	13.5	25.3	7.8	0.0
Tenango del Valle	184.1	279.7	140.6	169.5
Toluca	303.1	775.3	119.3	268.9
Xonacatlán	0.0	0.0	0.0	0.0
Zinacantepec	19.6	35.3	13.7	0.0

Fuente: Cubos de Información SUAVE, la información corresponde a la notificación semanal de casos nuevos de enfermedades, considerando Asma y Estado asmático (J45, J46).

Sobre infecciones respiratorias agudas destaca que Tenango del Valle es el municipio con alta tasa de morbilidad seguido de Rayón, San Antonio la Isla, Chapultepec y Lerma (Figura 3.8).

Figura 3.8. Mapa de distribución de la morbilidad por infecciones respiratorias agudas, 2015.



Por grupos de edad, se observa que Tenango del Valle tiene las tasas de morbilidad más altas en todos los grupos de edad Cuadro 3.10.

Cuadro 3.10. Tasa de morbilidad (cada 100 mil habitantes) de infecciones respiratorias agudas de los municipios de la ZMT, por grandes grupos de edad, 2015.

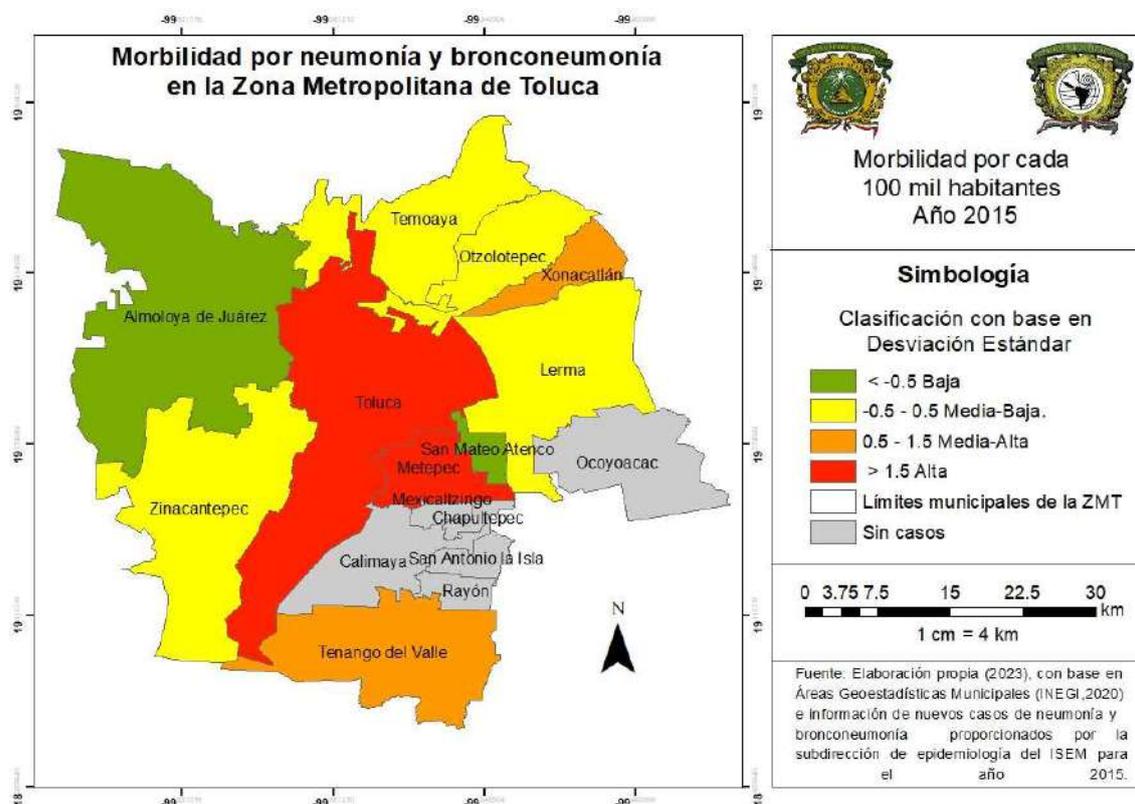
Municipio/Grupo edad	General	0 a 14 años	15 a 64 años	65 y más años
Almoloya de Juárez	12,788.5	25,686.3	6,686.7	6,610.1
Calimaya	13,654.7	27,438.4	8,216.1	7,052.4
Chapultepec	35,608.6	71,560.2	20,143.6	25,559.1
Lerma	32,073.5	55,549.2	22,600.4	23,718.1
Meteppec	19,883.9	43,705.9	12,804.8	14,364.7
Mexicaltzingo	13,769.9	30,463.0	7,326.9	8,246.1
Ocoyoacac	17,276.0	34,722.7	10,964.2	9,546.0
Otzolotepec	25,212.1	44,039.3	16,836.1	14,832.9
Rayón	34,605.2	11,631.0	3,399.4	5,519.9
San Antonio la Isla	32,750.6	72,422.7	15,006.2	11,074.2
San Mateo Atenco	29,755.9	52,740.3	20,174.9	28,311.9
Temoaya	21,370.6	39,710.9	11,656.2	14,282.5
Tenango del Valle	42,778.4	70,509.1	30,488.5	34,484.2
Toluca	23,535.1	43,857.0	15,706.0	21,112.8
Xonacatlán	19,612.4	40,240.0	11,837.4	7,469.6
Zinacantepec	16,340.2	30,051.4	10,349.8	12,603.6

Fuente: Cubos de Información SUAVE, la información corresponde a la notificación semanal de casos nuevos de enfermedades incluyendo Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (J00-J06) así como bronquitis y bronquiolitis agudas (J20,J21).

El grupo de riesgo de infecciones respiratorias agudas son niños menores de 2 años y adultos mayores de 65 años y son la causa más frecuente de consulta en los centros de salud, los resultados concuerdan con lo anterior. Dado que son más comunes en niños, los factores de riesgo incluyen el nivel educativo de las madres, malas prácticas de lactancia materna, bajo peso al nacer y otros factores como el nivel socioeconómico y hacinamiento, la contaminación atmosférica, esquemas incompletos de vacunación e incluso la presencia de enfermedades parasitarias (Prieto, 2000; Secretaría de salud, 2015).

Otro grupo de enfermedades respiratorias corresponde a las neumonías y bronconeumonías en cuyo caso los municipios de Meteppec y Toluca tuvieron altas tasas de morbilidad en todos los grupos de edad (Figura 3.9).

Figura 3.9. Mapa de distribución de la morbilidad por neumonías y bronconeumonía, 2015.



No se registraron casos de neumonías y bronconeumonías en los siguientes municipios Calimaya, Chapultepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Rayón y San Antonio la Isla (Cuadro 3.11).

Cuadro 3.11. Tasa de morbilidad (cada 100 mil habitantes) de neumonías y bronconeumonías de los municipios de la ZMT, por grandes grupos de edad, 2015.

Municipio/Grupo edad	General	0 a 14 años	15 a 64 años	65 y más años
Almoloya de Juárez	6.8	12.4	4.5	0.0
Calimaya	0.0	0.0	0.0	0.0
Chapultepec	0.0	0.0	0.0	0.0
Lerma	40.2	74.0	21.9	80.5
Metepéc	207.2	289.7	114.1	879.7
Mexicaltzingo	0.0	0.0	0.0	0.0
Ocoyoacac	0.0	0.0	0.0	0.0
Otzolotepec	11.8	37.9	0.0	0.0
Rayón	0.0	0.0	0.0	0.0
San Antonio la Isla	0.0	0.0	0.0	0.0
San Mateo Atenco	10.6	4.7	9.9	55.9
Temoaya	26.0	47.8	7.8	113.2
Tenango del Valle	122.7	302.6	25.2	275.4
Toluca	262.3	534.0	102.6	876.5
Xonacatlán	106.5	68.6	55.5	929.2
Zinacantepec	23.8	38.9	14.6	59.2

Fuente: Cubos de Información SUAVE, la información corresponde a la notificación semanal de casos nuevos de enfermedades incluyendo neumonía organismo especificado, no clasificada en otra parte y neumonía, organismo no especificado (J12-J18).

Se encontró que este grupo de enfermedades al igual que el asma, están altamente correlacionados con la contaminación del aire particularmente hay una relación directa entre la morbilidad por neumonías y bronconeumonías en niños con el CO, NO_x y COV como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.12. Correlación de contaminantes atmosféricos con la morbilidad por neumonías y bronconeumonías de la población en general y por grandes grupos de edad.

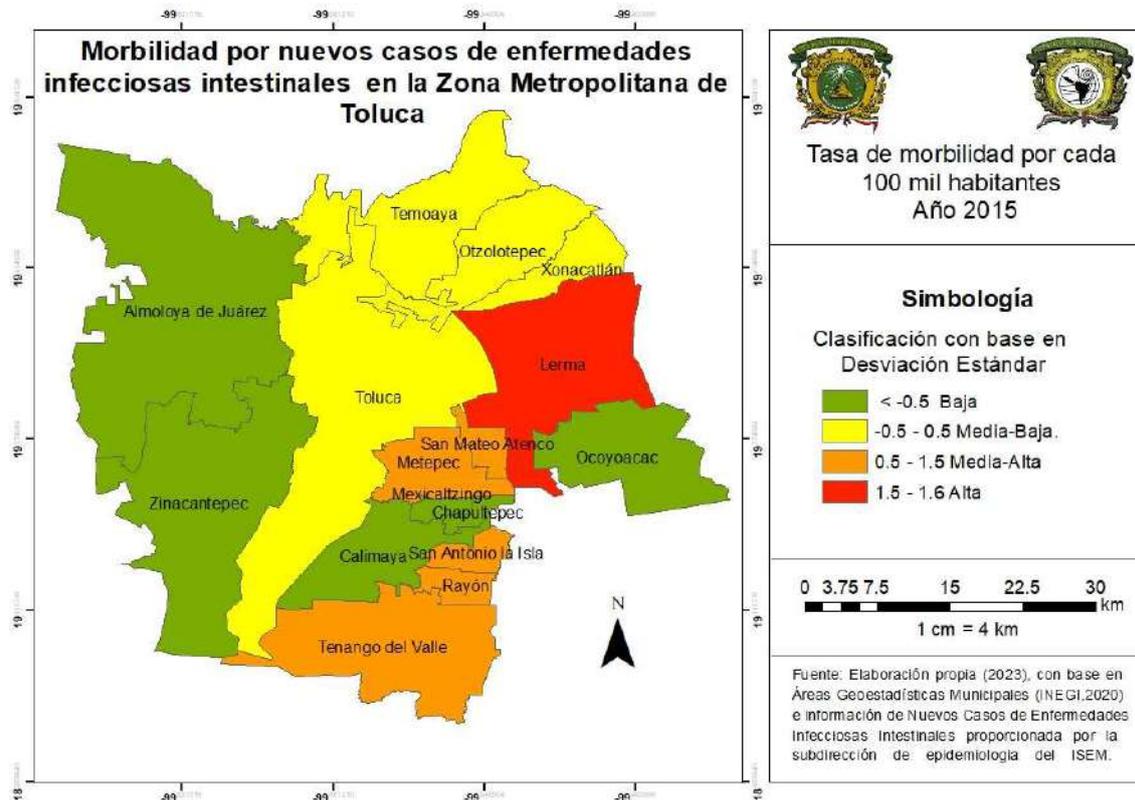
Correlación de Pearson	Tasa general	Tasa 0-14 años	Tasa 15-64 años	Tasa 65 y más años
PM ₁₀	0.508*	0.602**	0.423	0.311
PM ₂₅	0.448*	0.539*	0.370	0.261
CO	0.794**	0.847**	0.725**	0.600**
NO _x	0.777**	0.839**	0.697**	0.583**
COV	0.734**	0.803**	0.655**	0.534*
NH ₃	0.615**	0.699**	0.534*	0.400

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral);* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia (2023).

Con relación a enfermedades infecciosas intestinales el municipio de Lerma tuvo alta tasa de morbilidad por enfermedades infecciosas intestinales (Figura 3.10).

Figura 3.10. Mapa de distribución de la morbilidad por enfermedades infecciosas intestinales, 2015.



Metepec resalta por su alta tasa de morbilidad en el grupo de 65 y más años y San Antonio la Isla por su alta tasa de morbilidad infantil como se muestra a continuación (Cuadro 3.13).

Cuadro 3.13. Tasa de morbilidad (cada 100 mil habitantes) de enfermedades infecciosas intestinales de los municipios de la ZMT, por grandes grupos de edad, 2015.

Municipio/Grupo edad	General	0 a 14 años	15 a 64 años	65 y más años
Almoloya de Juárez	2,056.9	4,095.7	1,088.8	1,135.9
Calimaya	2,172.4	4,811.9	1,121.5	1,027.0
Chapultepec	2,499.1	5,123.8	1,423.0	1,118.2
Lerma	7,671.1	12,506.3	5,822.2	4,828.7
Metepec	6,059.4	10,237.8	4,765.5	5,636.5
Mexicaltzingo	2,883.7	6,070.0	1,725.4	1,047.1
Ocoyoacac	3,154.6	6,173.7	2,096.5	1,426.7
Otzolotepec	5,105.4	9,170.6	3,311.7	2,635.2
Rayón	5,866.8	11,631.0	3,399.4	5,519.9
San Antonio la Isla	7,264.0	15,557.9	3,502.2	3,765.2
San Mateo Atenco	6,254.7	9,818.2	4,906.7	4,108.4
Temoaya	4,362.7	8,014.2	2,477.9	2,240.8
Tenango del Valle	7,006.3	10,604.1	5,476.4	5,189.6
Toluca	5,314.6	8,400.3	4,123.2	4,980.4
Xonacatlán	4,029.4	7,308.9	2,583.1	4,681.9
Zinacantepec	3,438.9	5,026.2	2,736.4	3,174.6

Fuente: Cubos de Información SUAVE, la información corresponde a la notificación semanal de casos nuevos de enfermedades incluyendo Infecciones bacterianas (A04), infecciones intestinales debidas a virus y otros organismos especificados (A08) y diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso (A09).

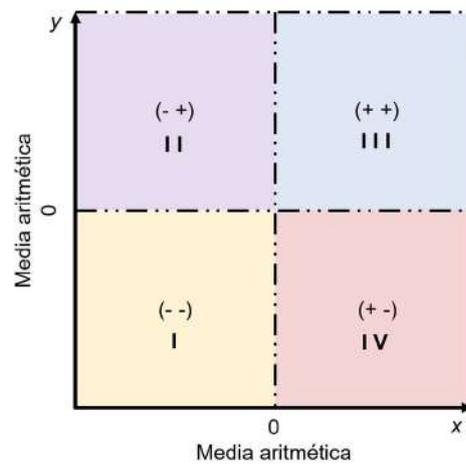
Asociación entre variables

Análisis bivariado

Se realizó un análisis de correlación bivariado entre los indicadores sociodemográficos, los indicadores de salud construidos, así como los ICA propuesto. De acuerdo con Lalinde *et al.*, (2018) una correlación de Pearson es fuerte si $0.5 \leq r < 1.0$, mientras que en un sentido más estricto para que la correlación sea aceptable Martínez Bencardino, (2011) considera $0.8 < r < 0.9$. En cuadro 3.14 se resaltan en negrita las correlaciones más significativas y se analizaron de manera más detallada las correlaciones de asma, neumonía y bronconeumonía con indicadores sociodemográficos, para ello se elaboró un diagrama de dispersión de los valores estandarizados de los indicadores, este diagrama permitió hacer una clasificación de unidades espaciales en 4 cuadrantes de tal forma que en el cuadrante I se encuentran las unidades espaciales con valores por debajo de los valores promedio tanto en x como en y; en el cuadrante II valores inferiores al

promedio en x pero superiores en y ; el cuadrante III representa unidades con valores superiores a la media tanto en x como en y ; finalmente en el cuadrante IV se encuentran las unidades espaciales con valores superiores a la media en x pero inferiores en y (Buzai y Baxendale, 2004), como se muestra a continuación (Figura 3.11).

Figura 3.11. Interpretación de cuadrantes del diagrama de dispersión



Fuente: Elaboración propia con base en Buzai y Baxendale (2004).

Cuadro 3.14. Correlaciones significativas entre indicadores sociodemográficos, índices de calidad ambiental con indicadores de salud.

Correlación bivariada	Egresos Enfermedades infecciosas intestinales		Tasas de morbilidad por asma				Tasas de morbilidad por neumonías y bronconeumonías				
	Población General	0 a 14 años	65 años y más	Población General	0 a 14 años	15 a 64 años	65 años y más	Población general	0 a 14 años	15 a 64 años	65 años y más
Atención a la educación superior	-0.086	-0.008	0.224	0.488	0.505*	0.399	0.500*	0.478	0.503*	0.486	0.288
Densidad	-0.29	-0.396	-0.223	0.455	0.422	0.446	0.671**	0.488	0.345	0.613*	0.539*
Viviendas en Vecindad o Cuartería	-0.051	-0.068	-0.051	0.855**	0.937**	0.640**	0.721**	0.830**	0.862**	0.773**	0.658**
Grado de marginación	0.456	0.601*	0.123	-0.129	-0.138	-0.112	-0.212	-0.177	-0.093	-0.265	-0.243
Participación en el sector primario	0.371	0.579*	-0.089	-0.085	-0.18	0.071	-0.231	-0.209	-0.062	-0.393	-0.315
Participación en el sector terciario	-0.073	-0.252	-0.316	0.445	0.483	0.336	0.537*	0.536*	0.475	0.583*	0.492
Población que habita en localidades ≥2500 hab	-0.064	-0.053	-0.028	0.829**	0.930**	0.591*	0.654**	0.798**	0.852**	0.727**	0.605*
Población que habita en localidades ≥15000 hab.	-0.093	-0.09	-0.07	0.833**	0.932**	0.598*	0.674**	0.806**	0.848**	0.743**	0.630**
Grado de urbanización localidades ≥2500 hab.	-0.461	-0.504*	-0.373	0.45	0.422	0.446	0.515*	0.392	0.347	0.425	0.367

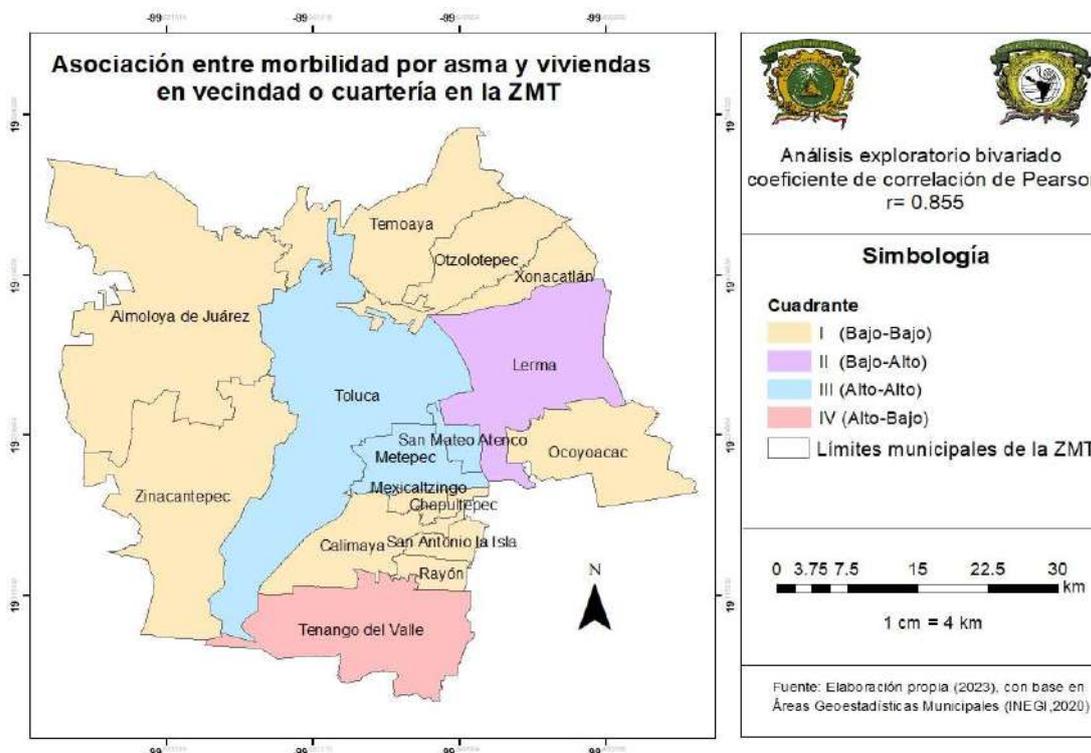
Grado de urbanización localidades ≥ 15000 hab.	-0.193	-0.285	-0.124	0.607*	0.576*	0.581*	0.706**	0.633**	0.543*	0.685**	0.619*
Índice de Calidad ambiental	-0.071	0.001	-0.078	0.715**	0.833**	0.456	0.513*	0.649**	0.727**	0.578*	0.439
** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral); * . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).											

Fuente: Resultados estadísticos obtenidos en el software SPSS.

Se muestra a continuación el análisis bivariado entre la morbilidad por asma, neumonía y bronconeumonía (general) con los indicadores de viviendas en vecindad o cuartería, así como con la población de localidades urbanas ≥ 2500 y ≥ 15000 habitantes. Por último, el análisis bivariado entre la morbilidad asma, neumonía y bronconeumonía (general) con el índice de Calidad Ambiental.

Los valores estandarizados utilizados para el análisis así como el cuadrante al que pertenecen (Cuadro 3.15) de tal forma que, en el cuadrante I se encuentran los municipios donde hay pocas viviendas en vecindad y baja morbilidad por asma, en el cuadrante II se encuentran municipios con bajas tasas de morbilidad pero alto número de viviendas en vecindad, en el cuadrante III se encuentran los municipios con alto número de viviendas en vecindad y las tasas de morbilidad más altas (municipios vulnerables) y en el cuadrante IV municipios con altas tasas de morbilidad pero un bajo número de viviendas en vecindad (municipios también vulnerables). Se muestra el mapa de interpretación de los cuadrantes del diagrama de dispersión, se observa que los municipios ubicados al centro y sureste tienen alto número de viviendas en vecindad y alta tasa de morbilidad por asma (Figura 3.12).

Figura 3.12. Mapa de asociación entre la morbilidad por asma y el número de viviendas en vecindad o cuartería.



Cuadro 3.15. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por asma y número de viviendas en vecindad o cuartería.

Municipio	Asma	Viviendas en Vecindad	Cuadrante
Almoloya de Juárez	-0.39	-0.29	I
Calimaya	-0.64	-0.46	I
Chapultepec	-0.27	-0.5	I
Mexicaltzingo	-0.66	-0.2	I
Ocoyoacac	-0.66	-0.44	I
Otzolotepec	-0.4	-0.47	I
Rayón	-0.66	-0.45	I
San Antonio la Isla	-0.45	-0.5	I
Temoaya	-0.51	-0.5	I
Xonacatlán	-0.66	-0.18	I
Zinacantepec	-0.44	-0.5	I
Lerma	-0.01	0.35	II
Metepec	1.38	0.74	III
San Mateo Atenco	0.13	0.06	III
Toluca	2.8	3.51	III
Tenango del Valle	1.44	-0.19	IV

Fuente: Elaboración propia (2023).

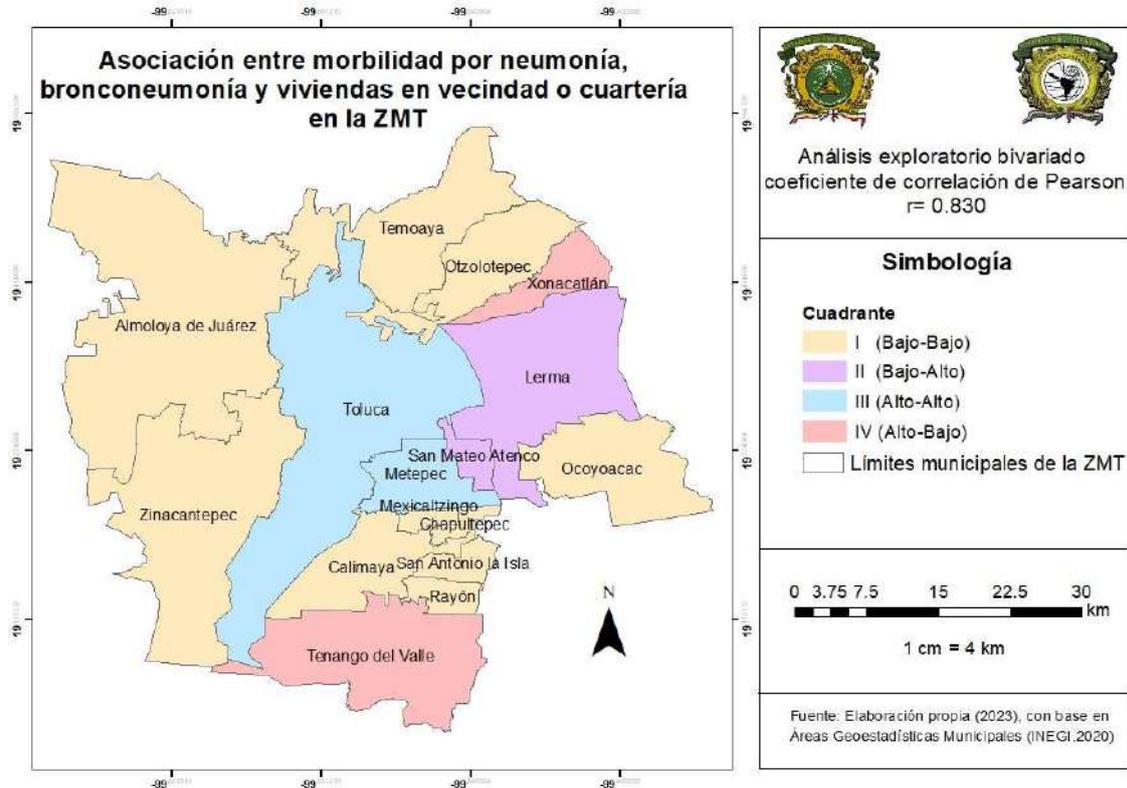
De manera similar al analizar la morbilidad por neumonía y bronconeumonía se observa que los municipios de Metepec y Toluca (cuadrante III) son los más vulnerables, seguido de Tenango del Valle y Xonacatlán (Cuadrante IV). Resalta que para ambos grupos de enfermedades asma y neumonía y bronconeumonía, el municipio de Tenango del Valle tiene altas tasas de morbilidad (Cuadro 3.16, Figura 3.13), pero éstas parecen no guardar relación con las viviendas en vecindad, lo que hace cuestionarse sobre qué es lo que podría explicar la alta tasa de morbilidad.

Cuadro 3.16. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por neumonía y bronconeumonía y número de viviendas en vecindad o cuartería.

Municipio	Neumonía y bronconeumonía	Viviendas en vecindad o cuartería	Cuadrante
Almoloya de Juárez	-0.54	-0.29	I
Calimaya	-0.63	-0.46	I
Chapultepec	-0.63	-0.5	I
Mexicaltzingo	-0.63	-0.2	I
Ocoyoacac	-0.63	-0.44	I
Otzolotepec	-0.48	-0.47	I
Rayón	-0.63	-0.45	I
San Antonio la Isla	-0.63	-0.5	I
Temoaya	-0.31	-0.5	I
Zinacantepec	-0.34	-0.5	I
Lerma	-0.13	0.35	II
San Mateo Atenco	-0.5	0.06	II
Metepec	1.92	0.74	III
Toluca	2.59	3.51	III
Tenango del Valle	0.88	-0.19	IV
Xonacatlán	0.68	-0.18	IV

Fuente: Elaboración propia (2023).

Figura 3.13. Mapa de asociación entre la morbilidad por neumonía y bronconeumonía y viviendas en vecindad o cuartería en la ZMT.



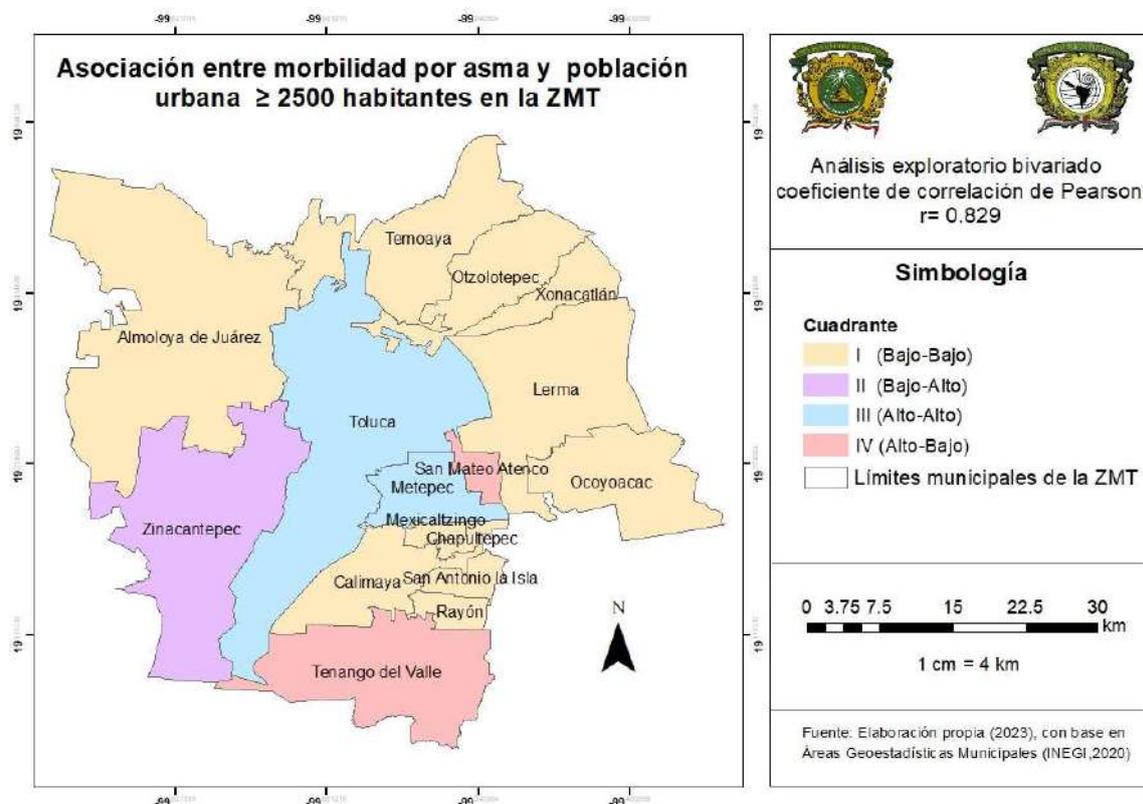
Al analizar los mismos grupos de enfermedades con la población de localidades urbanas ≥ 2500 habitantes encontramos que Toluca y Metepec ubicados en el cuadrante 3, siguen siendo los más vulnerables a asma (Cuadro 3.17), neumonía y bronconeumonía (Cuadro 3.18) cuando es mayor el número de habitantes en localidades urbanas, además de que nuevamente Tenango del Valle y San Mateo Atenco tienen tasas altas morbilidad por asma (Figura 3.14) mientras que Tenango del Valle y Xonacatlán altas tasas de morbilidad por neumonía y bronconeumonía (Figura 3.15), pero bajo número de habitantes en localidades urbanas.

Cuadro 3.17. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por asma y población de localidades urbanas \geq 2500 habitantes.

Municipio	Asma	Localidades urbanas \geq 2500 habitantes	Cuadrante
Almoloya de Juárez	-0.39	-0.12	I
Calimaya	-0.64	-0.37	I
Chapultepec	-0.27	-0.53	I
Lerma	-0.01	-0.09	I
Mexicaltzingo	-0.66	-0.52	I
Ocoyoacac	-0.66	-0.31	I
Otzolotepec	-0.40	-0.3	I
Rayón	-0.66	-0.53	I
San Antonio la Isla	-0.45	-0.45	I
Temoaya	-0.51	-0.31	I
Xonacatlán	-0.66	-0.37	I
Zinacantepec	-0.44	0.19	II
Metepec	1.38	0.54	III
Toluca	2.80	3.6	III
San Mateo Atenco	0.13	-0.2	IV
Tenango del Valle	1.44	-0.22	IV

Fuente: Elaboración propia (2023).

Figura 3.14. Mapa de asociación entre la morbilidad por asma y población de localidades urbanas ≥ 2500 habitantes.

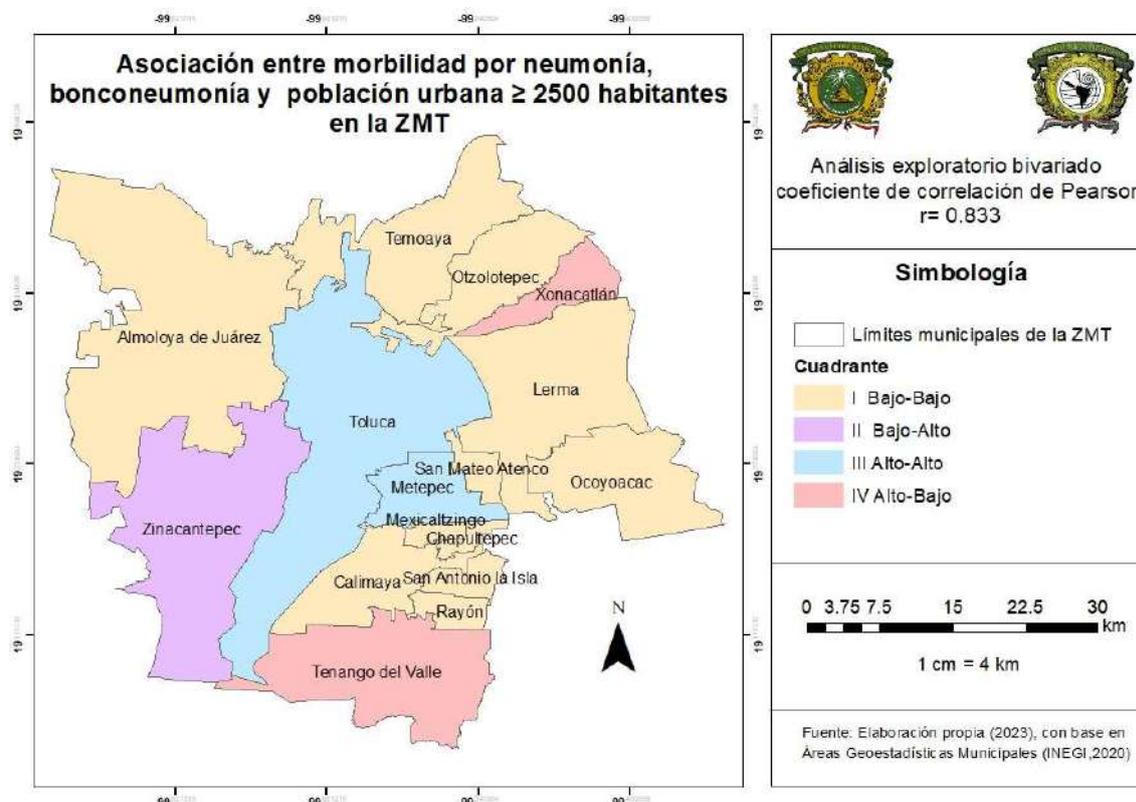


Cuadro 3.18. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por neumonía y bronconeumonía y población de localidades urbanas \geq 2500 habitantes.

Municipio	Neumonía y bronconeumonía	Localidades urbanas \geq 2500 habitantes	Cuadrante
Almoloya de Juárez	-0.54	-0.12	I
Calimaya	-0.63	-0.37	I
Chapultepec	-0.63	-0.53	I
Lerma	-0.13	-0.09	I
Mexicaltzingo	-0.63	-0.52	I
Ocoyoacac	-0.63	-0.31	I
Otzolotepec	-0.48	-0.3	I
Rayón	-0.63	-0.53	I
San Antonio la Isla	-0.63	-0.45	I
San Mateo Atenco	-0.5	-0.2	I
Temoaya	-0.31	-0.31	I
Zinacantepec	-0.34	0.19	II
Meteppec	1.92	0.54	III
Toluca	2.59	3.6	III
Tenango del Valle	0.88	-0.22	IV
Xonacatlán	0.68	-0.37	IV

Fuente: Elaboración propia (2023).

Figura 3.15. Mapa de asociación entre la morbilidad por neumonía y bronconeumonía y población de localidades urbanas ≥ 2500 habitantes.



Cuando se analiza la relación entre la morbilidad por asma y la población de localidades urbanas $\geq 15,000$ habitantes encontramos que los municipios más vulnerables son Metepec, San Mateo Atenco, Toluca y Tenango del Valle, aunque este último tiene valores bajos en población urbana (Cuadro 3.19).

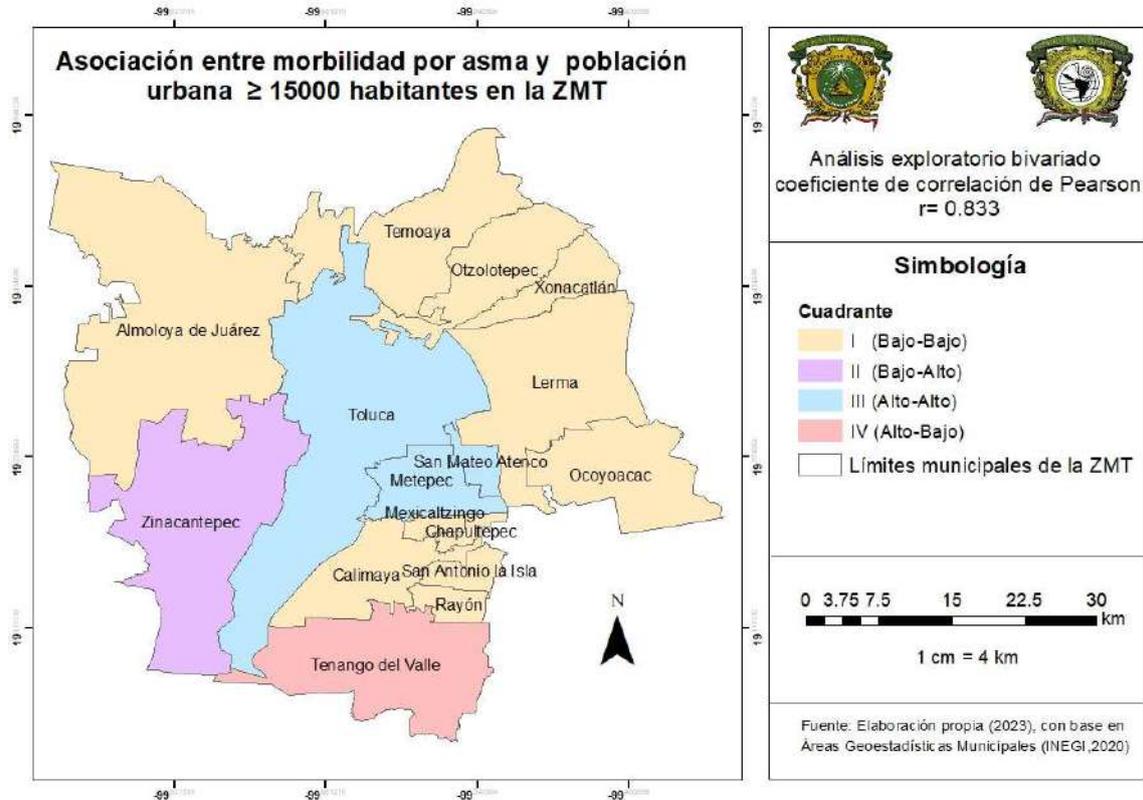
Cuadro 3.19. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por asma y población de localidades urbanas \geq 15,000 habitantes.

Municipio	Asma	Localidades urbanas \geq 15000 habitantes	Cuadrante
Almoloya de Juárez	-0.39	-0.3	I
Calimaya	-0.64	-0.42	I
Chapultepec	-0.27	-0.42	I
Lerma	-0.01	-0.27	I
Mexicaltzingo	-0.66	-0.42	I
Ocoyoacac	-0.66	-0.25	I
Otzolotepec	-0.4	-0.42	I
Rayón	-0.66	-0.42	I
San Antonio la Isla	-0.45	-0.42	I
Temoaya	-0.51	-0.42	I
Xonacatlán	-0.66	-0.28	I
Zinacantepec	-0.44	0.06	II
Metepec	1.38	0.62	III
San Mateo Atenco	0.13	0.004	III
Toluca	2.8	3.61	III
Tenango del Valle	1.44	-0.27	IV

Fuente: Elaboración propia 2023.

Se observa en el siguiente mapa que los municipios del centro son los más vulnerables de hecho, Toluca, Metepec y San Mateo Atenco son los municipios con mayor densidad poblacional en el año 2015, a la periferia se encuentran los municipios menos afectados (Figura 3.16).

Figura 3.16. Mapa de asociación entre la morbilidad por asma y población de localidades urbanas $\geq 15,000$ habitantes.



El análisis de la relación entre la tasa de morbilidad por neumonía y bronconeumonía con la población que habita en localidades urbanas $\geq 15,000$ habitantes muestran que en los municipios de Toluca y Metepec los valores de morbilidad y población urbana son altos mientras que Tenango y Xonacatlán tienen altas tasas de morbilidad, no obstante, la población de localidades urbanas es baja (Cuadro 3.20).

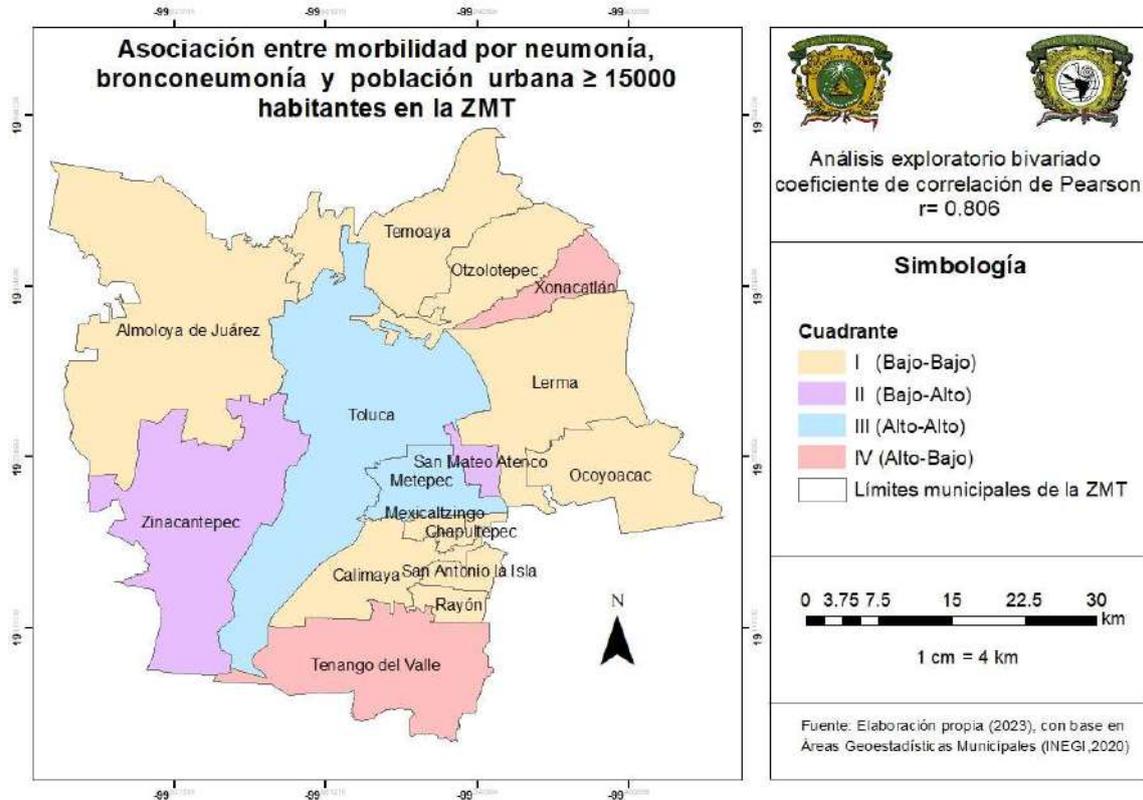
Cuadro 3.20. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por neumonía y bronconeumonía y población de localidades urbanas \geq 15,000 habitantes.

Municipio	Neumonía y bronconeumonía	Localidades urbanas \geq 15000 habitantes	Cuadrante
Almoloya de Juárez	-0.54	-0.3	I
Calimaya	-0.63	-0.42	I
Chapultepec	-0.63	-0.42	I
Lerma	-0.13	-0.27	I
Mexicaltzingo	-0.63	-0.42	I
Ocoyoacac	-0.63	-0.25	I
Otzolotepec	-0.48	-0.42	I
Rayón	-0.63	-0.42	I
San Antonio la Isla	-0.63	-0.42	I
Temoaya	-0.31	-0.42	I
San Mateo Atenco	-0.5	0.004	II
Zinacantepec	-0.34	0.06	II
Metepec	1.92	0.62	III
Toluca	2.59	3.61	III
Tenango del Valle	0.88	-0.27	IV
Xonacatlán	0.68	-0.28	IV

Fuente: Elaboración propia 2023.

El mapa de asociación (Figura 3.17) muestra que los municipios vulnerables son Toluca y Metepec ubicados al centro al igual que Tenango del Valle y Xonacatlán ubicados a la periferia aun cuando estos últimos no presentan valores altos de población urbana. Caso contrario los municipios de Zinacantepec y san Mateo Atenco son altamente urbanizados, sin embargo, sus tasas de morbilidad se encuentran por debajo del promedio.

Figura 3.17. Mapa de asociación entre la morbilidad por neumonía y bronconeumonía con localidades urbanas $\geq 15,000$ habitantes.



Finalmente, al analizar la relación entre el Índice de Calidad Ambiental y la morbilidad por asma encontramos que Toluca y Metepec tienen tasas de morbilidad por asma altas y deterioro ambiental alto por lo que son los más vulnerables. De igual forma los municipios de Tenango del Valle y San Mateo Atenco son vulnerables aun cuando su calidad ambiental es mejor debido a sus altas tasas de morbilidad (Cuadro 3.21).

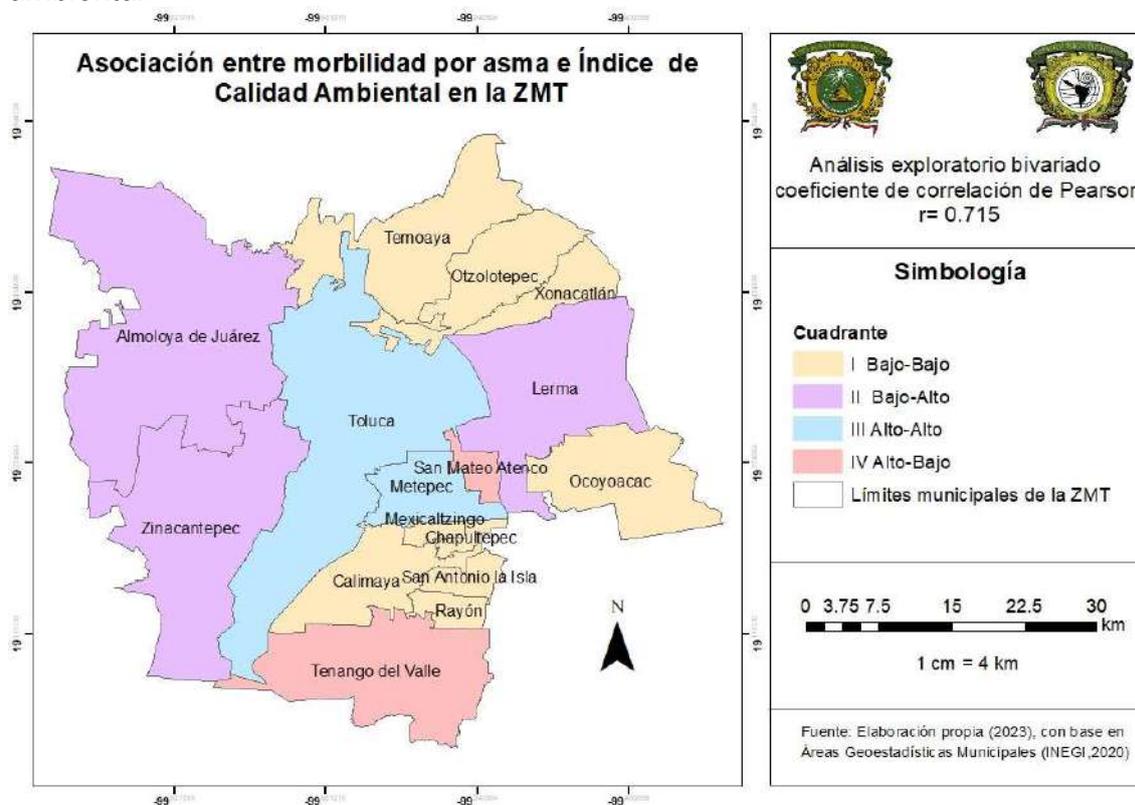
Cuadro 3.21. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por asma y el Índice de Calidad Ambiental.

Municipio	Asma	Índice de Calidad Ambiental	Cuadrante
Calimaya	-0.64	-0.25684	I
Chapultepec	-0.27	-0.5349	I
Mexicaltzingo	-0.66	-0.46599	I
Ocoyoacac	-0.66	-0.67918	I
Otzolotepec	-0.40	-0.39668	I
Rayón	-0.66	-0.50025	I
San Antonio la Isla	-0.45	-0.45269	I
Temoaya	-0.51	-0.05695	I
Xonacatlán	-0.66	-0.70255	I
Almoloya de Juárez	-0.39	1.19396	II
Lerma	-0.01	0.12077	II
Zinacantepec	-0.44	0.02768	II
Metepec	1.38	0.19815	III
Toluca	2.80	3.3234	III
San Mateo Atenco	0.13	-0.42489	IV
Tenango del Valle	1.44	-0.39305	4

Fuente: Elaboración propia 2023.

Si se analiza espacialmente la distribución de cuadrantes (Figura 3.18) puede observarse que se repite el patrón de relación del asma con la población urbana ya que los municipios de Toluca y Metepec ubicados al centro son los más afectados. Los municipios de San Mateo Atenco y Tenango del Valle son vulnerables ya que tienen tasas de morbilidad por arriba del promedio, aun cuando su calidad ambiental es buena.

Figura 3.18. Mapa de asociación entre la morbilidad por asma y el Índice de Calidad ambiental.



Respecto a la relación entre la calidad ambiental y la morbilidad por neumonía y bronconeumonía Toluca y Metepec se caracterizan por mantener altas tasas de morbilidad y alto deterioro ambiental, por el contrario, Tenango del Valle y Xonacatlán tienen mejor calidad ambiental pero su morbilidad es alta (Cuadro 3.22).

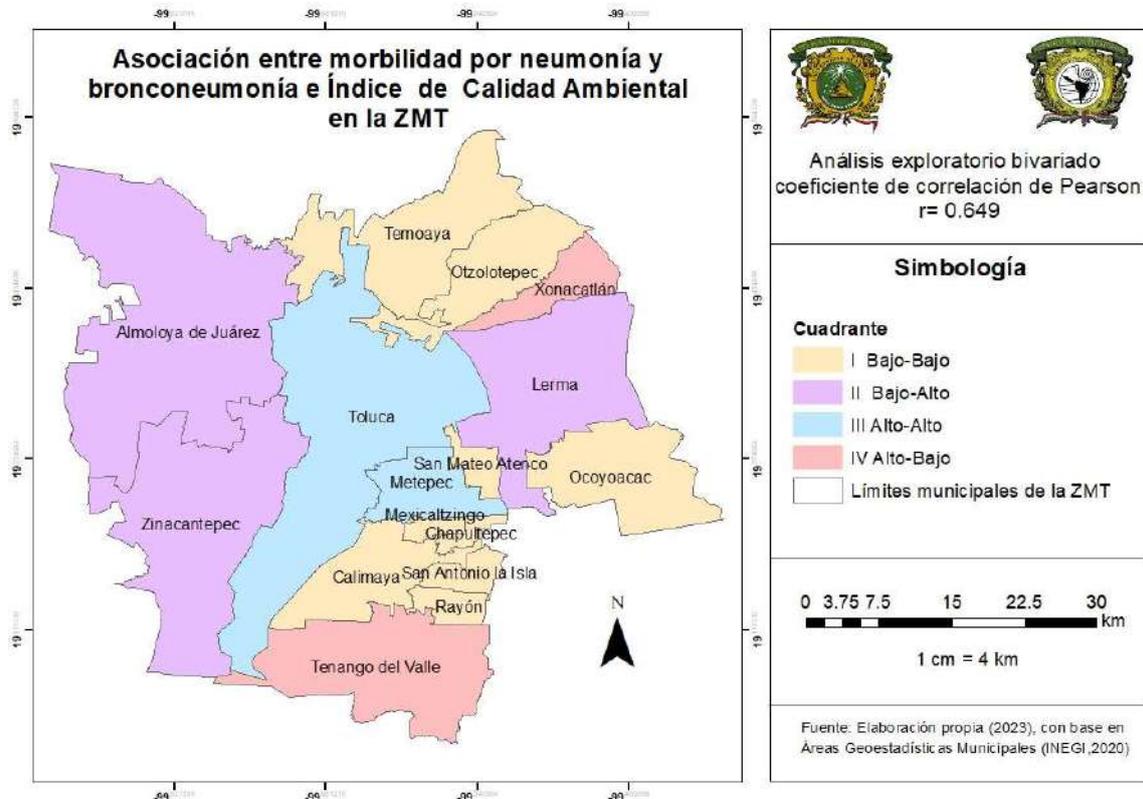
Cuadro 3.22. Valores estandarizados de la tasa de morbilidad por neumonía y bronconeumonía con el Índice de Calidad Ambiental.

Municipio	Neumonía y bronconeumonía	Índice de Calidad Ambiental	Cuadrante
Calimaya	-0.63	-0.25684	I
Chapultepec	-0.63	-0.5349	I
Mexicaltzingo	-0.63	-0.46599	I
Ocoyoacac	-0.63	-0.67918	I
Otzolotepec	-0.48	-0.39668	I
Rayón	-0.63	-0.50025	I
San Antonio la Isla	-0.63	-0.45269	I
Temoaya	-0.31	-0.05695	I
San Mateo Atenco	-0.50	-0.42489	I
Almoloya de Juárez	-0.54	1.19396	II
Lerma	-0.13	0.12077	II
Zinacantepec	-0.34	0.02768	II
Metepec	1.92	0.19815	III
Toluca	2.59	3.3234	III
Tenango del Valle	0.88	-0.39305	IV
Xonacatlán	0.68	-0.70255	IV

Fuente: Elaboración propia 2023.

En el siguiente mapa (Figura 3.19) puede observarse que el municipio central de la ZMT, así como el municipio de Metepec son los más vulnerables de presentar neumonía y bronconeumonía y mala calidad ambiental mientras que Tenango del Valle y Xonacatlán de presentar las enfermedades pese a que su calidad ambiental es buena.

Figura 3.19. Mapa de asociación entre la morbilidad neumonía y bronconeumonía con el Índice de Calidad ambiental.

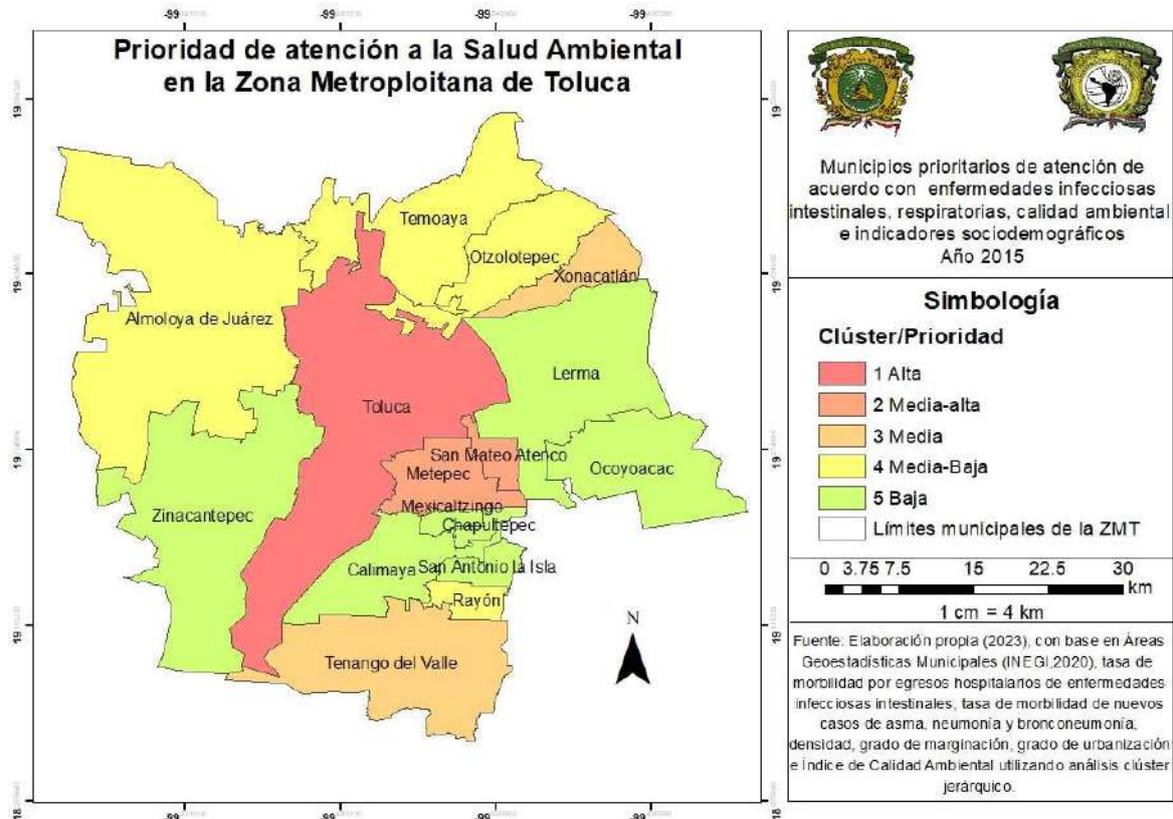


Análisis Clúster

Con la finalidad de establecer áreas prioritarias de atención a la salud ambiental, se realizó un análisis clúster Jerárquico de los indicadores sociodemográficos y ambientales que se encontraron correlacionados significativamente con las tasas de morbilidad. Para determinar la calidad o sensibilidad de un clúster se analizó la relación de la suma total de cuadrados entre las observaciones del clúster y el centroide (cuando más se acerca este valor a 1, más idónea es la división).

Esto permitió justificar la formación de 5 clústeres con un puntaje de suma total de cuadrados de 0.836512. Derivado de lo anterior, se proponen 5 clases de municipios que permiten asignar una prioridad de atención alta y media-alta a los municipios de Toluca, San Mateo Atenco y Metepec, seguido de Tenango del Valle y Xonacatlán con prioridad media, Almoloya de Juárez, Temoaya, Otzolotepec y Rayón con prioridad media-baja y menor prioridad a Zinacantepec, Calimaya, San Antonio la Isla, Chapultepec, Mexicalcingo, Ocoyoacac y Lerma (Figura 3.20).

Figura 3.20. Mapa del análisis clúster jerárquico para priorizar áreas de atención a la salud ambiental.



Conclusiones

El desarrollo teórico para abordar el “análisis espacial de la morbilidad por enfermedades respiratorias, gastrointestinales y calidad ambiental en la zona metropolitana de Toluca, 2015”, presenta un enfoque innovador integral desde la geografía, los principios del análisis espacial, la geografía de la salud, la geografía ambiental y geotecnologías que constituyen la base para la explicación de los resultados.

Se logró el objetivo general que consiste en la caracterizar y modelar la calidad ambiental de los municipios de la ZMT considerando indicadores tanto del medio físico como de calidad del aire, lo cual se comprobó, incide en la salud de la población, principalmente en la morbilidad por asma, neumonía y bronconeumonía pues estas enfermedades están correlacionadas con la calidad ambiental, siendo

los niños los más vulnerables, aunque el tipo de vivienda y las localidades urbanas también influyen en su incidencia. Otro de los hallazgos es que las enfermedades infecciosas intestinales están correlacionadas con aspectos sociodemográficos como el grado de marginación y prevalecen en los municipios de la periferia.

Se concluye que la hipótesis planteada se comprueba, dado que los resultados demuestran que los municipios del centro son los más vulnerables a enfermedades respiratorias como asma, neumonía y bronconeumonía y que las enfermedades infecciosas intestinales son más frecuentes en los municipios del exterior. No obstante Tenango del Valle mostró un comportamiento particular ya que alberga altas tasas de morbilidad por ambos grupos de enfermedades. Por lo tanto, la distribución espacial de la morbilidad por enfermedades respiratorias, así como infecciosas intestinales en la ZMT está influenciada por la localización y distribución de los municipios que la conforman, así como por su calidad ambiental y características sociodemográficas.

Los aportes derivados de esta investigación constituyen una de las bases para la toma de decisiones orientadas a promover la salud y prevenir la enfermedad, acorde a las agendas internacionales y nacionales, para las propuestas de estrategias focalizadas acorde a problemáticas específicas de cada municipio, en el campo de acción de la planificación urbana: construir o reconstruir entornos saludables y mejorar las condiciones ambientales de los diversos municipios de la ZMT, mejorar las condiciones sociales de la población, entre otras.

Cabe señalar que se presentaron dificultades para recabar información de calidad del aire en formato ráster, por lo que se optó por usar estimaciones y hacer transformaciones de datos obtenidos mediante percepción remota a valores numéricos para su integración en un único índice, por lo tanto, la metodología planteada es novedosa y susceptible de ser replicada en otro contexto temporal y geográfico a partir de fuentes de información confiables y de acceso libre.

Recomendaciones

En relación con los resultados del ICA es pertinente dirigir políticas públicas de cuidado medioambiental para mejorar la salud ambiental a la zona centro-oriente de la ZMT y particularmente de mejora de la calidad del aire a aquellos municipios con la calidad ambiental más deficiente tal es el caso de Almoloya de Juárez con una calidad ambiental moderada y Toluca con la peor calidad ambiental para no incumplir la normatividad de calidad de aire vigente, además, de ampliar la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) para obtener información más precisa y con mayor cobertura de los contaminantes criterio ya que una de las limitantes que tuvo la investigación es la carencia de datos de contaminación atmosférica a nivel municipal. En la actualidad únicamente existen 9 estaciones de monitoreo dentro del Valle de Toluca, ubicadas en los municipios de Toluca, Metepec, San Mateo Atenco, Almoloya de Juárez, Xonacatlán y Calimaya; y las estimaciones que provee el Inventario Nacional de Emisiones cubren solo algunos años en particular, siendo el año 2016 el más reciente.

De acuerdo con los indicadores biofísicos y dadas las recientes ondas de calor y sus implicaciones en la salud de la población, resulta evidente la necesidad de incrementar las áreas verdes urbanas por sus beneficios a la calidad de vida (como la mejora de la calidad del aire y control de la temperatura) sobre todo en aquellas zonas con mayor superficie edificada, mayor temperatura de superficie terrestre y vegetación escasa tomando en cuenta las recomendaciones de al menos 9 m² de área verde por habitante y garantizando el acceso a ella o en su caso una propuesta que ha ganado terreno en las últimas décadas es la implementación de muros y azoteas verdes así mismo se pueden utilizar plantas en las viviendas para mejorar la calidad del aire interior y regulación de la temperatura, además de la implementación de estrategias de diseño urbano encaminadas reducir riesgos ambientales, la promoción de la salud y la resiliencia de las ciudades urbanas.

Respecto a las enfermedades, los grupos de enfermedades seleccionados representan a nivel nacional las causas más frecuentes de visitas a los centros de

salud por lo tanto en la medida que puedan mejorarse la calidad ambiental y las condiciones sociodemográficas pueden prevenirse problemas frecuentes de salud. Los resultados dan un indicio de los indicadores sociales y demográficos que podrían ser estudiados a mayor profundidad por su relación con enfermedades tal es el caso del tipo y condiciones de vivienda, ya que las viviendas en vecindad o cuartería están altamente relacionadas con la morbilidad por asma, neumonía y bronconeumonía. En este sentido resulta importante averiguar en investigaciones futuras cómo el tipo de vivienda, el material de construcción, la orientación, iluminación, ventilación, etc., puede influir en la morbilidad por enfermedades respiratorias.

Finalmente, la investigación tuvo como nivel de desagregación el municipio debido a que la información de salud, principalmente de egresos hospitalarios no se encontró disponible a nivel de localidades, pero lo ideal sería llevar a cabo este tipo de investigaciones a una escala más detallada.

Bibliografía

Abdullah, H., Azam, M., y Zakariya, S. K. (2016). The impact of environmental quality on public health expenditure in Malaysia. *Asia Pacific journal of Advanced business and social studies*, 2(2), 365-379.

Adame Martínez, S, Sánchez Nájera, R.M., y Hoyos Castillo, G.C. (2020). Factores socio territoriales de cambio de uso de suelo en el centro de México: Caso oriente de la Zona Metropolitana de Toluca, México. *Revista Universitaria de Geografía*, 29(1), 153-183. Recuperado en 04 de mayo de 2023, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652020000100007&lng=es&tlng=es.

Albaladejo-García, J. A., Alcon, F., y Martínez-Paz, J. M. (2021). El regadío y su influencia en la regulación local de temperaturas en superficie en la citricultura mediterránea. *Revista de Geografía Norte Grande*, (79), 123-137.

Álvarez Mendoza, C. I., y Padilla Almeida, O. (2016). Estimación de la contaminación del aire por PM10 en Quito a través de índices ambientales con imágenes LANDSAT ETM+. *Revista Cartográfica*, 92, x'p, 'w< 135–147.

Amsalu, E. T., Akalu, T. Y., y Gelaye, K. A. (2019). Spatial distribution and determinants of acute respiratory infection among under-five children in Ethiopia: Ethiopian Demographic Health Survey 2016. *PLOS ONE*, 14(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215572>

Anselin, L. (2018). Spatial Clustering (2). Disponible en: https://geodacenter.github.io/workbook/7b_clusters_2/lab7b.html#fn1

Araiza-Olivares, G. A. (2022). La isla de calor en la Ciudad de México: un análisis decadal (1950-2010). *Revista Geográfica de América Central*, (69), 415-436. <https://dx.doi.org/10.15359/rgac.69/2.15>

Asri, A. K., Pan, W.-C., Lee, H.-Y., Su, H.-J., Wu, C.-D., y Spengler, J. D. (2021). Spatial patterns of lower respiratory tract infections and their association with fine particulate matter. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84435-y>

Avalos, L. R. Sistema espacial de soporte de decisiones, para evaluar la calidad ambiental en la ciudad de Morelia, Michoacán, México. (2014). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Ávila-Pérez, P., Ortiz-Oliveros, H. B., Zarazúa-Ortega, G., Tejeda-Vega, S., Villalva, A., y Sánchez-Muñoz, R. (2019). Determining of risk areas due to exposure to heavy

metals in the Toluca Valley using epiphytic mosses as a biomonitor. *Journal of environmental management*, 241, 138-148.

Awate, S. J. (2016). *Environmental Geography*. Laxmi Publication, Solapur, Lulu.com.

Ayuntamiento de Toluca, Estado de México. (2019). Índice de biodiversidad urbana del municipio de Toluca. Consultado en: <https://www2.toluca.gob.mx/wp-content/uploads/2019/09/IBU-Toluca-2019.pdf>

Bacardit, N. S., Bargalló, E. V., Ugena, J. A., y Vila, L. C. (2018). Contaminación atmosférica, riesgo cardiovascular e hipertensión arterial. *Hipertensión y riesgo vascular*, 35(4), 177-184.

Barcellos, C., Buzai, G. D., y Santana, P. (2018). Geografía de la salud: bases y actualidad.

Boix, L. M. (2016). Integración de sensores y uso de índices de vegetación para evaluar la producción en plantaciones de cítricos en Málaga.

Bosisio, A., y Moreno Jiménez, A. (2019). Medición de la injusticia ambiental sobre poblaciones vulnerables y carenciadas por anegamientos pluviales: Un análisis en Santa Fe de la Vera Cruz (Argentina) basado en SIG. *Estudios Geográficos*, 80(287), e020. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201937.017>

Buzai, G. D. (1992). Geoinformática: Teoría y aplicación. In *Anales de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos* (Vol. 19, pp. 11-17).

Buzai, G. D. (1999). *Geografía global*. Lugar Editorial. Buenos Aires, 218.

Buzai, G. D., Humacata, L., y Principi, N. (2019). Análisis espacial con sistemas de información geográfica. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.

Buzai, G. D., y Baxendale, C. A. (2004). Distribución espacial socioeducativa y localización de escuelas polimodales en la ciudad de Luján: una aproximación exploratoria bivariada.

Buzai, G. D., y Baxendale, C. A. (2015). Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica marco conceptual basado en la teoría de la Geografía. *Ciencias Espaciales*, 8(2), 391–408. <https://doi.org/10.5377/ce.v8i2.2089>

Buzai, G. D., y Santana Juárez, M. V. (2018). Condicionantes Socioespaciales de la Salud (CSS): Bases y alcance conceptual. *Anuario de la División de Geografía*, No.12 (2018).

Buzai, G., Baxendale, C., y Mierez, A. (2003). Accesibilidad e interacción espacial: aportes del análisis espacial cuantitativo para su modelización regional. *Gerencia ambiental*, 10(95), 360-369.

Buzai, G.D (2015). Evolución del pensamiento geográfico hacia la Geografía global y la neoGeografía. En Fuenzalida, M.; Buzai, G. D.; Moreno Jiménez, A.; García de León, A. (Ed.), *Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones*. (4-16). Editorial Triangulo.

Campos-Medina, E., Adame-Martínez, S., y del Carmen Hoyos-Castillo, G. (2022). Vulnerabilidad ambiental de la zona metropolitana de Toluca por peri-urbanización. *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, 24(2), 151-168.

Cantú, P. C. C. M. C., Badii, M. H., Suárez, A. F., y Gómez-Guzmán, L. G. (2000). Evaluación de la Calidad Ambiental en el Área Metropolitana de Monterrey, NL, México. *RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición*, 1(4).

Carrere, O. C., y Vila, M. S. (2020). La inclusión de la vegetación como generadora de espacios y su incidencia en el mejoramiento de la calidad ambiental. *Actas de las Jornadas de Investigación de la FADU-UBA*, 2342-2358.

Carreto Bernal, F., y González Pérez, R. (2014). *Geografía, Ambiente y Sociedad*.

Casado, P. P. (2001). *Diccionario de estadística para psicólogos*.

Celiz Bardález, L. (2021). Evaluación del saneamiento básico ambiental y prevalencia de enfermedades gastrointestinales en la localidad de Shucshuyacu.

CEPANAF (2 de octubre de 2021). Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna obtenido de: https://cepanaf.edomex.gob.mx/areas_naturales_protegidas

Chávez Chong, C. O., Sánchez García, J. E., y DelaCerde, J. (2015). Análisis de componentes principales funcionales en series de tiempo económicas (Analysis of principal functional components in economic time series). *GECONTEC: Revista Internacional de Gestión del Conocimiento y la Tecnología*, 3(2).

Chen, Y., Cao, F., Xiao, J.-P., Fang, X.-Y., Wang, X.-R., Ding, L.-H., Wang, D.-G., y Pan, H.-F. (2021). Emerging role of air pollution in chronic kidney disease. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(38), 52610. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16031-6>

Cisneros, E. E. (2020). Relaciones sociedad-naturaleza y la pandemia del COVID-19: ¿ vaso medio lleno o medio vacío?. *Revista Reflexiones*, 99(2).

Cuadra, D. E. (2014). Los enfoques de la Geografía en su evolución como ciencia. *Geográfica digital*, 11(21), 1-22.

Cuétara López, R. (2018). Principios en la enseñanza de la Geografía. *Atlante Cuadernos de Educación y Desarrollo*.

Ding, N. y Zhao, B. (2017) Research on the garden configuration of New Chinese Style Landscape design. *Resid. Ind.*

Ding, N., Liu, F., Ding, X., Yan, L., y Meng, X. (2022). Effect of Lighting Environment on the CO2 Concentration Reduction Efficiency of Plants by a Model Experiment. *Buildings*, 12(11), 1848.

EPA. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2023). Acerca de los contaminantes del aire en interiores y sus fuentes. Recuperado de <https://espanol.epa.gov/cai/acerca-de-los-contaminantes-del-aire-en-interiores-y-sus-fuentes>

Eslava-Castañeda JC, Sarmiento R, Osorio-García SD, Mesa-Cuadros G, Rojas-Roa N, Ágreda JA, *et al* . Reflexiones acerca de la relación ambiente salud. Bogotá DC: Editorial Universidad Nacional de Colombia, 15-36.

Espinoza Rivera, I. (2020). Toluca, noveno lugar en contaminación en América Latina. *UNIVERSITARIA*, 3(20), 28-29. Consultado de <https://revistauniversitaria.uaemex.mx/article/view/13875>

FAO. (2021) Portal de Suelos de la FAO. Recuperado el 30 de diciembre de 2021 de: www.fao.org/soils-portal/es/.

Fernández Sarriá, A. (2018). Cálculo de temperatura de superficie a partir de imágenes NOAA, landsat y sentinel-3.

Flores, M. E. R. (2017). Tratamientos estadísticos en imágenes de satélite, realces y mejoras visuales, realces radiométrico, espacial y espectral. *Apthapi*, 3(2), 593-613.

Fuentes Pérez, Carlos Alberto. (2015). Islas de calor urbano en Tampico, México: Impacto del microclima a la calidad del hábitat. *Nova scientia*, 7(13), 495-515. Recuperado en 23 de mayo de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000100024&lng=es&tlnq=es.

Fuenzalida, M., Buzai, G. D., Moreno Jiménez, A., y García de León, A. (2015). Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones.

Gao, B. C. (1995). Normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. In *Imaging Spectrometry* (Vol. 2480, pp. 225-236). SPIE.

García, D. N. M., y Álvarez, C. J. D. (2023). Índices metabólicos como propuesta para el estudio del metabolismo urbano, el caso de la ZMT, México. *Entrópico: Arquitectura y Urbanismo*.

García-Reynoso, J. A., Grutter, M., y Cintora-Juárez, D. (2007). Evaluación del riesgo por contaminantes criterio y formaldehído en la ciudad de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 23(4), 169-175.

Gonzaga Aguilar, C. (2014). *Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la caracterización de la cobertura vegetal en la zona centro de la provincia de Loja, Ecuador* [Doctoral dissertation] Universidad Nacional de La Plata.

González, Á. L., Solano, H. L., y Tilano, J. (2008). Análisis multivariado aplicando componentes principales al caso de los desplazados. *Ingeniería y desarrollo*, (23), 119-142.

Greco, L., Demian, G., y Demian, M. (2020). Analyzing global environment quality state and evolution based on a multi-criteria approach. *Environmental Engineering y Management Journal (EEMJ)*, 19(7).

Greco, L., Demian, G., y Demian, M. (2020). Analyzing global environment quality state and evolution based on a multi-criteria approach. *Environmental Engineering y Management Journal (EEMJ)*, 19(7).

Guarnieri, M., y Balmes, J. R. (2014). Outdoor air pollution and asthma. *The Lancet*, 383(9928), 1581-1592.

Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., y Black, W. C. (2004). Análisis multivariante.

Hernández-Florez, L. J., Sarmiento, R., y Osorio-García, S. D. (2016). Enfoques conceptuales de la relación ambiente y salud.

Hernández-Girón, C., Orozco-Núñez, E., y Arredondo-López, A. (2012). Public health conceptual models and paradigms. In *Rev. salud pública* (Vol. 14, Issue 2).

Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25(3), 295-309.

INECC (2016) "Qué son, cómo son y cómo se originan las partículas.," Recuperado el 20 de diciembre 2021 de: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/695/queson.pdf>

INEGI. (2020). Censo de población y vivienda 2020. Recuperado el 4 de octubre de 2021, de website: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mex/poblacion/>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Informe Nacional de Calidad del Aire 2016, México. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Dirección de Investigación sobre la Calidad del Aire y los Contaminantes Climáticos. Ciudad de México. Diciembre 2017.

Íñiguez, L., y Barcellos, C. (2003). Geografía y salud en América Latina: evolución y tendencias. *Revista Cubana de Salud Pública*, 29(4), 330–343

Javanbakht, M., Bolorani, A. D., Kiavarz, M., Samany, N. N., Zebardast, L., y Zangiabadi, M. (2021). Spatial-temporal analysis of urban environmental quality of Tehran, Iran. *Ecological Indicators*, 120, 106901.

Jimenez-Romero, A.P (2018). Sistema Nacional de Información Básica en Materia de Salud (SINBA). Boletín CONAMED, Vol 5. Especial-2019

Krishnan, V. S., y Firoz, C. M. (2020). Regional urban environmental quality assessment and spatial analysis. *Journal of Urban Management*, 9(2), 191-204.

Lacabana, M., Bressano, C., y Carballo, C. (2016). Territorios vulnerables e injusticia ambiental en Argentina. *Revista Política e Planejamento Regional, Universidade Federal Do Rio de Janeiro (UFRJ), Volume 3(283–034)*.

Lalinde, J. D. H., Castro, F. E., Rodríguez, J. E., Rangel, J. G. C., Sierra, C. A. T., Torrado, M. K. A., ... y Pirela, V. J. B. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 587-595.

Lazo, G. C., Herrera-Puebla, J., López-Seijas, T., y González-Robaina, F. (2018). Estimación del agua disponible para las plantas en suelos cubanos en función de la textura predominante. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(4).

Liao, W., y Jiang, W. (2020). Evaluation of the Spatiotemporal Variations in the Eco-environmental Quality in China Based on the Remote Sensing Ecological Index. *Remote Sensing*, 12(15), 2462. <https://doi.org/10.3390/rs12152462>

Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., y Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. In *Frontiers in Public Health* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>

Martínez Bencardino, C. (2011). Estadística básica aplicada.

McCarthy, M. J., Colna, K. E., El-Mezayen, M. M., Laureano-Rosario, A. E., Méndez-Lázaro, P., Otis, D. B., Toro-Farmer, G., Vega-Rodriguez, M. y Muller-Karger, F. E. (2017). Satellite remote sensing for coastal management: A review of successful applications. *Environmental management*, 60(2), 323-339.

Méndez, C. C. M., Uribe, D. M., y Becerril, L. A. G. (2007). Isla de calor en Toluca, México. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 14(3), 307-316.

Mendoza-Cano, O., Sánchez-Piña, R. A., Barrón-Quintana, J., Cuevas-Arellano, H. B., Escalante-Minakata, P., y Solano-Barajas, R. (2017). Riesgos potenciales de salud por consumo de agua con arsénico en Colima, México. *salud pública de méxico*, 59, 34-40.

Moreno-Hernández, Mikel, López-Felipe, Yamilet, y Toledo-García, Dainerys. (2021). El desarrollo del pensamiento geográfico a partir del trabajo integrado con principios de la geografía en la escuela cubana. *Revista Electrónica Educare*, 25(1), 470-491. <https://dx.doi.org/10.15359/ree.25-1.25>

Musse, M. A., Barona, D. A., y Rodriguez, L. M. S. (2018). Urban environmental quality assessment using remote sensing and census data. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 71, 95-108.

musseVargas, M. P., y Olave, A. A. (2011). Análisis de presencia de islas de calor en Santiago de Cali empleando técnicas de teledetección [Analysis of presence of heat islands in Santiago de Cali using remote sensing techniques]. *Ventana informática*, (24).

Nikroo, L., Kompani-Zare, M., Sepaskhah, A. R., y Shamsi, S. R. F. (2010). Groundwater depth and elevation interpolation by kriging methods in Mohr Basin of Fars province in Iran. *Environmental monitoring and assessment*, 166(1), 387-407.

Nuvolone, D., Maggiore, R. della, Maio, S., Fresco, R., Baldacci, S., Carrozzi, L., Pistelli, F., y Viegi, G. (2011). Geographical information system and environmental epidemiology: a cross-sectional spatial analysis of the effects of traffic-related air pollution on population respiratory health. *Environmental Health*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-12>

Olivera, A. (1993). Geografía de la Salud. Espacios y Sociedades, Serie general número 26, Editorial Síntesis, Madrid. ISBN: 84-7738-196-8, 160 p.

ONU. (2021). Organización de las Naciones Unidas, Hábitat por un mejor futuro urbano. Recuperado el 30 de diciembre de 2021 de: siete grandes beneficios de los árboles urbanos: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/siete-grandes-beneficios-de-los-arboles-urbanos#:~:text=Las%20investigaciones%20muestran%20que%20vivir,bienestar%20de%20las%20comunidades%20urbanas.>

OPS. (2018). Contaminación del aire ambiental exterior y en la vivienda. Recuperado de <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire-salud/contaminacion-aire-ambiental-exterior-vivienda-preguntas-frecuentes>

Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. Revista chilena de enfermedades respiratorias, 26(1), 16-25.

Pachés Giner, M. A. V. (2019). El agua en el suelo. Fuerzas de retención. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/121154/Pach%C3%A9s%20-%20El%20agua%20en%20el%20suelo.%20Fuerzas%20de%20retenci%C3%B3n.pdf?sequence=1>

Pata, Ugur Korkut. 2021. "Do Renewable Energy and Health Expenditures Improve Load Capacity Factor in the USA and Japan? A New Approach to Environmental Issues." The European Journal of Health Economics, 1. doi:10.1007/s10198-021-01321-0.

Patino, E. D. L., y Siegel, J. A. (2018). Indoor environmental quality in social housing: A literature review. Building and Environment, 131, 231-241.

Pérez, Betty M.(2003). Efectos de la urbanización en la salud de la población. Anales Venezolanos de Nutrición, 16(2), 97-104. Recuperado en 06 de junio de 2023, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522003000200006&lng=es&tlng=es.](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522003000200006&lng=es&tlng=es)

Perez, C., y Muñoz, A. L. (2006). Teledetección: nociones y aplicaciones.

Pérez, D. J. (2007). Introducción a los sensores remotos-Aplicaciones en Geología. *Laboratorio de Tectónica Andina, Ciudad Universitaria, Pabellón, 2, C1428EGA.*

Pérez, E. R., y Medrano, L. A. (2010). Análisis factorial exploratorio: bases conceptuales y metodológicas. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento (RACC)*, 2(1), 58-66.

Phuong, D. T. K., Ha, N. N., Han, T. T. N., y Van, T. T. (2021, February). Developing Integrated Index for Evaluating the Urban Natural Environmental Quality from Remote Sensing Technology. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 652, No. 1, p. 012019). IOP Publishing.

PNUD. (2022). Objetivos de desarrollo sostenible. Recuperado el 16 de enero de 2022, de Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: <https://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/sustainable-development-goals/goal-11-sustainable-cities-and-communities.html>

Pombo, D., y Uncal, M. C. M. Fundamentos de las Geotecnologías. *Geotecnologías en el proceso de enseñanza y aprendizaje por resolución de problemas.*, 54.

Prüss-Üstün, A., Corvalán, C. F., y World Health Organization. (2006). *Ambientes saludables y prevención de enfermedades: hacia una estimación de la carga de morbilidad atribuible al medio ambiente: resumen de orientación*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

Rico-Rosillo, G., Vega-Robledo, G. B., Silva-García, R., y Oliva-Rico, D. (2014). Epigenética, medio ambiente y asma. *Revista Alergia México*, 61(2), 99-109.

Rodríguez-Orozco, A. R., Galeana-Osuna, E. G., Bollo-Manent, M., y Figueroa-Núñez, B. (2020). Análisis espacial de la morbilidad por asma en la ciudad de Morelia, México, para la década 2000-2010. *Atención Primaria*, 52(8). <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2020.06.009>

Romero-Guzmán, E. T., Hernández-Mendoza, H., Kuri-Cruz, A., y Reyes-Gutiérrez, L. R. (2018). Airborne particulate material in Metropolitan Zone of Toluca Valley (Mexico) by SEM and ICP-SFMS. *Chemistry and Ecology*, 34(5), 482-494.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., y Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Spec. Publ*, 351(1), 309.

Russo, A., y Cirella, G. T. (2018). Modern Compact Cities: How Much Greenery Do We Need? *International journal of environmental research and public health*, 15(10), 2180. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102180>

Sánchez, R. (2021). Análisis espacial de la morbilidad por enfermedades respiratorias y calidad ambiental urbana de las principales metrópolis de México, 2015 [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma del Estado de México.

Sandra, S.S. (2019/14/05). ¡Previsión histórica! Enfrenta valle de Toluca riesgo de primera contingencia ambiental. *El sol de Toluca*. <https://www.elsoldetoluca.com.mx/local/prevision-historica-enfrenta-valle-de-toluca-riesgo-de-primera-contingencia-ambiental-3620311.html>

Santana Juárez, M. V. (2021). COVID-19 en México: Análisis de su comportamiento espacio – temporal a partir de los Condicionantes Socio espaciales de la Salud. *Persona Y Sociedad*, 35(1), 15,40. <https://doi.org/10.11565/pys.v35i1.335>

Santana Rodríguez, L. M., Escobar Jaramillo, L., y Capote, P.A. (2010). Estimación de un índice de calidad ambiental urbano, a partir de imágenes de satélite. *Revista de Geografía Norte Grande*, (45), 77-95. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022010000100006>

Sarmiento, R., Osorio, S. D., Mesa, G., Rojas, N., Ágreda, J. A., Ochoa, M. T., y Hernández, L. J. (2017). *Reflexiones acerca de la relación ambiente y salud: Pensando en ambientes saludables*. Universidad Nacional de Colombia.

Secretaría de Salud. (2015). Infecciones Respiratorias Agudas (IRAS). Disponible en: www.gob.mx/salud/articulos/infecciones-respiratorias-agudas-iras.%20Published%202009#:~:text=Las%20infecciones%20respiratorias%20agudas%20son,durar%20más%20de%2015%20días

Secretaría de salud. (2015). Informe sobre la salud de los mexicanos 2015. Diagnostico General de la salud poblacional. 1ª edición. Secretaria de salud: México DF.

SEIM (2 de octubre de 2021). *Sistema Estatal de Información Metropolitana*. Obtenido de Sistema Estatal de Información Urbana, Metropolitana y Vivienda: <http://plataforma.seduyem.edomex.gob.mx/SIGZonasMetropolitanas/PEIM/descriptiva.do>

SEMARNAT. (2018). Asma, enfermedad relacionada con la mala calidad del aire. Consultado en <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/asma-enfermedad-relacionada-con-la-mala-calidad-del-aire>

SEMARNAT. (2019). Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio INEM. Consultado en <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-contaminantes-criterio-inem>

Sy, A. (2009). Una revisión de los estudios en torno a enfermedades gastrointestinales: en busca de nuevas alternativas para el análisis de los procesos de salud-enfermedad. *Salud colectiva*, 5, 49-62.

Tello-Cifuentes, L., y Díaz-Paz, J. P. (2021). Análisis de la contaminación ambiental usando técnicas de teledetección y análisis de componentes principales. *TecnoLógicas*, 24(50). <https://doi.org/10.22430/22565337.1710>

Temes-Cordovez, R. R. (2017). 4. Determinantes sociales y Geografía de la salud. Una aproximación para el caso de la ciudad de Madrid. Clivatge. Estudis i testimonis sobre el conflicte i el canvi socials, (5).

Torres-Pinzón, C. A., y Forero-García, E. F. (2019). Estimación del potencial fotovoltaico mediante minería de datos en cuatro ciudades de Colombia. *Tecnológicas*, 22(46), 77-97.

Tuoane-Nkhasi, M., y van Eeden, A. (2017). Spatial patterns and correlates of mortality due to selected non-communicable diseases among adults in South Africa, 2011. *GeoJournal*, 82(5), 1005–1034. <http://www.jstor.org/stable/45117456>

Ubilla, C., y Yohannessen, K. (2021). Contaminación atmosférica y asma en niños. *Neumología Pediátrica*, 16(4), 164–166. <https://doi.org/10.51451/np.v16i4.464>

Valero Carvajal, C. V. (2017) Determinación de zonas con mayor estabilidad ambiental en el complejo de páramos Guantiva la Rusia mediante índices espectrales.

Villeras Salinas, S., Nochebuena, G., y Uriostegui Flores, A. (2020). Análisis geográfico del COVID-19 Análisis espacial de vulnerabilidad y riesgo en salud por COVID-19 en el estado de Guerrero, México.

WHO. (2021) Regional office for Europe. Air quality: Date and statistics. Recuperado el 31 de diciembre de 2021. Disponible en: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/data-and-statistics>

Xu, H. (2006). Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International journal of remote sensing*, 27(14), 3025-3033.

Yáñez Quijada, A. I., y Camarena Gómez, B. O. (2019). Salud ambiental en localidades agrícolas expuestas a plaguicidas en Sonora. *Sociedad y Ambiente*, 19. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i19.1939>

Zha, Y., Gao, J., y Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International jornal of remote sensing*, 24(3), 583-59

Anexos

Registro de nuevos casos de enfermedades respiratorias y gastrointestinales por municipio.

Anexo 1. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Almoloya de Juárez.

Almoloya de Juárez	Grupo de edad	Mes estadístico												Total
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Padecimiento														
Asma(J45, J46)	De 00 años				2	6	1	3	2					14
	De 01 a 04 años			1	1	2	5	3						12
	De 05 a 09 años				1	4	1	6						12
	De 10 a 14 años					1					1			2
	De 45 a 49 años									1				1
	De 50 a 59 años										1			1
	Total			1	4	13	7	12	3	1	1			42
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08-A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	19	28	22	42	32	29	26	15	25	14	18	16	286
	De 01 a 04 años	56	83	93	105	98	101	76	62	87	70	96	71	998
	De 05 a 09 años	50	54	62	47	55	59	50	30	66	42	47	61	623
	De 10 a 14 años	18	32	35	35	51	37	32	21	42	38	47	25	413
	De 15 a 19 años	5	16	13	24	15	21	16	10	25	17	14	15	191
	De 20 a 24 años	4	12	12	24	19	8	21	13	15	13	12	16	169
	De 25 a 44 años	25	46	17	69	36	58	61	40	51	34	44	28	509
	De 45 a 49 años	5	8	10	15	21	13	12	8	11	3	6	7	119
	De 50 a 59 años	7	13	10	11	21	16	21	13	20	18	14	7	171
	De 60 a 64 años	1	6	6	5	11	3	6	3	4	2	7	9	63
	De 65 y más años	8	4	8	7	9	7	10	6	6	2	12	4	83
	Total	198	302	288	384	368	352	331	221	352	253	317	259	3625
Infecciones respiratorias agudas(J00-J06, J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 00 años	197	176	176	191	160	179	188	102	241	200	223	201	2234
	De 01 a 04 años	540	449	479	441	372	404	420	204	639	622	660	526	5756
	De 05 a 09 años	471	353	375	254	277	388	249	111	432	439	462	450	4261
	De 10 a 14 años	268	266	207	127	190	162	143	67	225	214	209	221	2299

	De 15 a 19 años	144	118	102	97	84	85	90	45	133	105	106	118	1227
	De 20 a 24 años	106	93	76	54	57	81	82	43	82	84	100	95	953
	De 25 a 44 años	406	307	268	230	220	245	241	165	314	244	305	288	3233
	De 45 a 49 años	128	79	64	75	46	54	68	36	81	55	47	71	804
	De 50 a 59 años	122	87	81	58	50	55	80	49	98	71	85	83	919
	De 60 a 64 años	60	46	30	28	22	22	29	17	25	27	25	38	369
	De 65 y más años	72	44	31	25	31	16	49	19	47	52	42	55	483
	De edad desconocida												1	1
	Total	2514	2018	1889	1580	1509	1691	1639	858	2317	2113	2264	2147	22539
Neumonías y bronconeumonías(J12-J18 EXCEPTO J18.2, J13 y J14)	De 00 años							1				3		4
	De 01 a 04 años			1								1	1	3
	De 20 a 24 años		1											1
	De 25 a 44 años		1	1	1									3
	De 45 a 49 años							1						1
	Total		2	2	1			2				4	1	12

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.

Anexo 2. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Almoloya de Calimaya.

Calimaya Padecimiento	Grupo de edad	Mes estadístico												Total
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Asma(J45, J46)	De 20 a 24 años											1		1
	Total											1		1
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08-A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	5	6	5	3	9	5	1	5	3	7	6	4	59
	De 01 a 04 años	21	25	23	22	25	31	19	22	35	28	23	22	296
	De 05 a 09 años	21	25	23	20	22	25	11	15	29	25	21	6	243
	De 10 a 14 años	11	9	13	22	28	15	10	15	16	21	13	8	181
	De 15 a 19 años	5	4	5	6	11	10	10	17	10	9	6	8	101
	De 20 a 24 años	11	5	8	7	8	6	7	10	8	6	3	3	82
	De 25 a 44 años	6	16	9	8	16	12	13	12	12	12	6	4	126
	De 45 a 49 años	1	3	2	9	9	4	4	3	5		3	2	45
	De 50 a 59 años	5	1	7	6	5	3	4	4	4	1	3	1	44
	De 60 a 64 años	1	1	3	4	3	1	1	1	2	1	1	3	22
	De 65 y más años	2	3	1	2	1	2	8	1	3	2	3	2	30
	Total	89	98	99	109	137	114	88	105	127	112	88	63	1229
Infecciones respiratorias agudas(J00-J06, J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 00 años	46	41	59	55	42	35	31	50	61	49	68	51	588
	De 01 a 04 años	124	162	157	146	120	112	85	95	204	167	187	150	1709
	De 05 a 09 años	84	140	103	93	74	82	75	59	164	125	160	109	1268
	De 10 a 14 años	80	108	71	72	51	59	68	50	107	70	77	64	877
	De 15 a 19 años	71	61	53	45	30	43	30	30	65	46	40	45	559
	De 20 a 24 años	60	45	36	42	31	27	33	36	37	39	22	33	441
	De 25 a 44 años	92	112	83	99	54	60	43	65	125	87	93	82	995
	De 45 a 49 años	65	54	34	44	33	23	28	35	36	37	32	23	444
	De 50 a 59 años	58	57	50	36	35	30	30	27	40	24	37	45	469
	De 60 a 64 años	18	14	17	17	9	8	13	13	14	11	17	18	169
	De 65 y más años	31	24	21	24	10	9	9	11	18	7	17	25	206
	De edad desconocida			20										20
Total	729	818	704	673	489	488	445	471	871	662	750	645	7745	

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.

Anexo 3. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Chapultepec.

Chapultepec Padecimiento	Grupo de edad	Mes estadístico												Total
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Asma(J45, J46)	De 00 años										1			1
	De 01 a 04 años												1	1
	De 20 a 24 años							1						1
	De 60 a 64 años								1					1
	Total							1	1		1		1	4
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08-A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	1	2	3	2	1	2	2	1					14
	De 01 a 04 años	2	7	3	6	3	6	13	4	10	7	2	4	67
	De 05 a 09 años	4	1	2	6	3	1	13	4	5	6	3	1	49
	De 10 a 14 años	3	3	4	9	2	8	4	1	8	2	2	2	48
	De 15 a 19 años	1		1	3	1	3	3	6				1	19
	De 20 a 24 años	2	1	2	5		1		1		1		1	14
	De 25 a 44 años		1	6	2			6	4	4	3	3	4	33
	De 45 a 49 años	2			3		1	2			1	3	1	13
	De 50 a 59 años	1		3		1	4			4	1	2	4	20
	De 60 a 64 años	4		1	1		1		1	1	1			10
	De 65 y más años	2		2					1			1	1	7
	Total	22	15	27	37	11	27	43	23	32	22	16	19	294
Infecciones respiratorias agudas(J00-J06, J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 00 años	70	66	45	42	33	53	32	17	24	31	49	37	499
	De 01 a 04 años	119	98	104	36	66	74	75	49	46	75	85	76	903
	De 05 a 09 años	94	90	102	46	56	39	43	23	33	44	70	50	690
	De 10 a 14 años	43	29	45	52	45	36	24	14	30	23	26	27	394
	De 15 a 19 años	25	35	37	48	43	21	15	31	17	9	23	30	334
	De 20 a 24 años	25	30	22	36	37	24	22	12	20	15	22	27	292
	De 25 a 44 años	17	18	45	26	21	27	27	14	24	22	11	38	290
	De 45 a 49 años	26	25	34	29	26	30	9	13	13	8	19	13	245
	De 50 a 59 años	26	13	23	28	26	15	18	13	17	13	8	10	210
De 60 a 64 años	15	27	8	37	21	13	11	7	4	13	8	8	172	

	De 65 y más años	23	30	10	30	10	8	8	10	8	6	8	9	160
	Total	483	461	475	410	384	340	284	203	236	259	329	325	4189

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.

Anexo 4. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Lerma.

Lerma	Grupo de edad	Mes estadístico												Total
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Asma(J45, J46)	De 01 a 04 años	1		3	1		2				1			8
	De 05 a 09 años		2	5	3		1	3		2		1	1	18
	De 10 a 14 años	1			1	1		3		1	1	2	1	11
	De 15 a 19 años			1	1	1	1			1	1			6
	De 20 a 24 años								1					1
	De 25 a 44 años	1			2	2	3	2		1	1	1	4	17
	De 45 a 49 años	1			1	1				1	1	1	1	7
	De 50 a 59 años	2				1	1						2	6
	De 60 a 64 años						1	1		1				3
	De 65 y más años	1			2			1	1				1	6
	Total	7	2	9	11	6	9	10	2	7	5	5	10	83
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08-A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	43	59	55	48	70	56	65	41	41	30	26	44	578
	De 01 a 04 años	168	199	184	171	181	152	155	123	185	163	128	149	1958
	De 05 a 09 años	108	150	159	164	177	139	114	78	161	141	105	118	1614
	De 10 a 14 años	72	90	83	120	96	99	98	58	117	100	72	86	1091
	De 15 a 19 años	43	71	77	89	98	89	73	49	67	62	57	47	822
	De 20 a 24 años	67	69	69	102	80	86	88	69	78	78	55	66	907
	De 25 a 44 años	152	154	197	260	202	214	203	169	222	165	131	134	2203
	De 45 a 49 años	37	47	62	59	51	70	56	43	47	61	31	45	609
	De 50 a 59 años	46	76	72	82	74	60	57	67	75	65	49	65	788
	De 60 a 64 años	16	16	17	29	25	22	20	25	27	19	17	27	260
	De 65 y más años	32	31	36	53	36	37	37	31	52	22	24	29	420
	De edad desconocida					2		1			1		1	5

	Total	784	962	101 1	117 7	109 2	102 4	967	753	107 2	907	695	811	1125 5
Infecciones respiratorias agudas(J00-J06, J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 00 años	348	306	324	374	270	258	284	199	360	430	327	356	3836
	De 01 a 04 años	865	768	725	732	590	556	589	377	101 9	111 7	794	773	8905
	De 05 a 09 años	653	631	581	520	517	478	433	246	625	693	517	564	6458
	De 10 a 14 años	465	414	386	338	303	312	282	168	417	351	314	330	4080
	De 15 a 19 años	300	298	278	257	223	215	190	147	266	256	191	227	2848
	De 20 a 24 años	254	243	231	250	215	216	240	158	284	242	174	261	2768
	De 25 a 44 años	963	769	677	624	588	587	561	477	804	718	561	832	8161
	De 45 a 49 años	297	277	200	188	151	206	200	151	249	241	205	260	2625
	De 50 a 59 años	489	369	301	271	232	249	289	198	332	337	279	454	3800
	De 60 a 64 años	178	133	123	122	95	99	100	75	141	137	117	173	1493
	De 65 y más años	281	198	144	154	121	138	168	105	189	174	152	239	2063
	De edad desconocida		1		2	3		4		2		2		14
	Total	509 3	440 7	397 0	383 2	330 8	331 4	334 0	230 1	468 8	469 6	363 3	446 9	4705 1
Neumonías y bronconeumonías(J 12-J18 EXCEPTO J18.2, J13 y J14)	De 00 años		2					2			4	2	1	11
	De 01 a 04 años	1	1	1	1		3	1	1		4	4		17
	De 05 a 09 años		1				1							2
	De 10 a 14 años					1								1
	De 15 a 19 años				1			1						2
	De 20 a 24 años										2			2
	De 25 a 44 años	1	1			1				1	3			7
	De 45 a 49 años									1	2		1	4
	De 50 a 59 años			1			1				2			4
	De 60 a 64 años	1											1	2
	De 65 y más años	3							2	1	1			7
	Total	6	5	2	2	2	5	4	3	3	18	6	3	59

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.

Anexo 5. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Metepec.

Metepec	Grupo de edad	Mes estadístico												Total
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Padecimiento														
Asma(J45, J46)	De 00 años					3				1	1	2	3	10
	De 01 a 04 años	2	2		3	5	2	8	2	12	15	7	4	62
	De 05 a 09 años	5		3	3	8	4	6	1	3	1	9	6	49
	De 10 a 14 años	2	3		1	3	6	6	7	2	4	11	4	49
	De 15 a 19 años	1			1		1	3			2			8
	De 20 a 24 años		1	1	1		3			1	1	1		9
	De 25 a 44 años	10	3	8	4	7	9	5	7	2	8	9	2	74
	De 45 a 49 años	7	1	6	5		2			6	6	2	1	36
	De 50 a 59 años	8	3	2	1	2	5	3	2	2	4	2	2	36
	De 60 a 64 años	2		1	5		2	2	1	2	1	1	1	18
	De 65 y más años	8	7	3	1	15	5	4	3	2	3	2	4	57
	Total	45	20	24	25	43	39	37	23	33	46	46	27	408
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08-A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	27	48	32	41	53	46	52	60	65	25	53	38	540
	De 01 a 04 años	183	171	195	216	126	183	187	154	178	156	180	144	2073
	De 05 a 09 años	123	136	142	139	130	128	128	117	149	129	137	106	1564
	De 10 a 14 años	97	77	84	121	84	94	97	81	110	91	87	66	1089
	De 15 a 19 años	62	71	85	87	57	65	68	67	76	77	44	57	816
	De 20 a 24 años	65	77	73	98	71	80	98	67	73	77	42	48	869
	De 25 a 44 años	265	269	277	417	256	289	379	275	276	245	249	242	3439
	De 45 a 49 años	59	74	73	88	57	59	81	64	63	56	63	47	784
	De 50 a 59 años	116	113	139	133	88	94	129	82	113	98	110	87	1302
	De 60 a 64 años	33	31	41	53	27	31	53	37	41	24	37	24	432
	De 65 y más años	67	67	79	112	67	72	90	65	72	72	86	48	897
	De edad desconocida					1						4		5
	Total	109	113	122	150	101	114	136	106	121	105	109	907	1381
	7	4	0	5	7	1	2	9	6	0	2		0	
Infecciones respiratorias agudas(J00-J06,	De 00 años	243	263	238	264	211	227	298	184	295	330	342	284	3179
	De 01 a 04 años	795	827	765	729	565	606	739	444	924	1036	917	721	9068

J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 05 a 09 años	677	726	583	510	388	448	517	242	599	540	632	553	6415
	De 10 a 14 años	437	445	377	319	263	228	271	173	377	296	315	318	3819
	De 15 a 19 años	241	266	225	199	121	148	150	109	224	181	175	164	2203
	De 20 a 24 años	288	222	179	202	113	145	169	135	199	156	146	181	2135
	De 25 a 44 años	118	969	732	724	507	542	772	476	756	688	738	826	8915
		5												
	De 45 a 49 años	316	243	194	175	127	149	193	117	191	155	182	197	2239
	De 50 a 59 años	527	374	328	286	191	189	318	214	334	286	286	359	3692
	De 60 a 64 años	172	127	119	108	67	74	125	102	101	109	124	122	1350
	De 65 y más años	279	217	155	173	149	145	201	169	193	217	189	199	2286
	De edad desconocida		3			1		2		1				7
Total	516	468	389	368	270	290	375	236	419	399	404	392	4530	
	0	2	5	9	3	1	5	5	4	4	6	4	8	
Neumonías y bronconeumonías(J 12-J18 EXCEPTO J18.2, J13 y J14)	De 00 años	1	1		2	1		8	3	4	5	13	16	54
	De 01 a 04 años	5	2	4	3			4	4	11	8	14	16	71
	De 05 a 09 años				1	1			1	3	1		2	9
	De 10 a 14 años				1			1	1	3	1	5	3	15
	De 15 a 19 años	2		1	1	1		2	1			2		10
	De 20 a 24 años	1				1	1	2	2	1	1	1		10
	De 25 a 44 años	1	3		2	1	2	5	9	7	14	9	11	64
	De 45 a 49 años	1	5	2		2	1	4			6	1	4	26
	De 50 a 59 años	3	2	3	2	3		3	4	6	13	3	10	52
	De 60 a 64 años	2			1	1	1	4	2	2	2	2	4	21
	De 65 y más años	5	11	6	18	3	13	14	18	22	7	13	10	140
	Total	21	24	16	31	14	18	47	45	59	58	63	76	472

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.

Anexo 6. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Mexicaltzingo

Mexicaltzingo Padecimiento	Grupo de edad	Mes estadístico												Total
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08-A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	3	5	6	9	1	5	1	1	4	1			36
	De 01 a 04 años	7	18	11	11	5	13	4		5	3	5	5	87
	De 05 a 09 años	2	8	10	10	7	2	2	1	6	3	3	2	56
	De 10 a 14 años	1	9	2	2	2		1	1	9	3	6		36
	De 15 a 19 años	2	4		5	5	6	1	1	7		2		33
	De 20 a 24 años	1	3	7	2	1	2	2		1	1			20
	De 25 a 44 años	3	7	5	12	1	7	2	1	7	4	3	5	57
	De 45 a 49 años		3	3	1	1	2	1		1	1			13
	De 50 a 59 años		2		6	5	1	1		1		1		17
	De 60 a 64 años	1	2							1		2		6
	De 65 y más años	1			2	1		1		2	1			8
Total	21	61	44	60	29	38	16	5	44	17	22	12	369	
Infecciones respiratorias agudas(J00-J06, J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 00 años	19	27	21	15	13	11	7	5	33	10	24	18	203
	De 01 a 04 años	28	49	33	21	28	28	26	11	65	50	43	18	400
	De 05 a 09 años	20	42	28	18	16	17	17	9	43	18	33	21	282
	De 10 a 14 años	19	29	22	13	12	18	9	7	19	16	23	7	194
	De 15 a 19 años	14	16	13	7	9	6	7	5	16	11	12	14	130
	De 20 a 24 años	11	12	9	5	4	8	6	4	7	8	11	2	87
	De 25 a 44 años	18	25	30	14	15	10	24	9	34	26	17	19	241
	De 45 a 49 años	5	4	6	5	6	4	4	6	10	4	11	5	70
	De 50 a 59 años	8	2	7	8	4	3	8	3	8	13	5	8	77
	De 60 a 64 años	5	4				1	3				1	1	15
	De 65 y más años	11	5	8	2	2	6	4	3	5	3	6	8	63
Total	158	215	177	108	109	112	115	62	240	159	186	121	1762	

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.

Anexo 7. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Ocoyoacac.

Ocoyoacac Padecimiento	Grupo de edad	Mes estadístico												Total
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08-A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	6	12	8	10	7	7	2	4	3	9	1	2	71
	De 01 a 04 años	19	31	27	42	24	32	23	14	44	42	5	12	315
	De 05 a 09 años	38	51	43	43	53	37	43	20	45	37	26	36	472
	De 10 a 14 años	18	15	25	39	26	21	23	3	25	31	5	13	244
	De 15 a 19 años	3	12	21	28	24	27	22	3	17	9	5	11	182
	De 20 a 24 años	11	5	18	35	16	20	26	3	18	14	5	4	175
	De 25 a 44 años	14	35	33	41	30	49	44	11	31	18	15	12	333
	De 45 a 49 años	3	6	10	22	11	5	10	1	14	12	7	4	105
	De 50 a 59 años	7	7	10	8	8	8	18	5	9	9	2	5	96
	De 60 a 64 años	2	3	3	2	3	3	4	3	5	9	2	1	40
	De 65 y más años	7	6	1	7	9	8	4	2	5		4	2	55
	De edad desconocida									3				3
	Total		128	183	199	277	211	217	219	69	219	190	77	102
Infecciones respiratorias agudas(J00-J06, J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 00 años	72	76	90	90	54	83	83	51	89	73	64	71	896
	De 01 a 04 años	159	186	196	155	115	156	194	91	221	237	183	148	2041
	De 05 a 09 años	170	187	161	148	101	150	143	72	225	174	151	201	1883
	De 10 a 14 años	110	137	114	93	57	100	99	56	158	148	159	147	1378
	De 15 a 19 años	76	102	84	85	45	86	109	33	102	61	110	96	989
	De 20 a 24 años	38	78	74	63	48	55	74	48	74	57	63	68	740
	De 25 a 44 años	175	161	154	148	72	119	140	57	151	120	100	133	1530
	De 45 a 49 años	42	71	66	52	36	50	56	27	83	57	47	82	669
	De 50 a 59 años	55	70	46	52	38	53	56	34	88	41	37	47	617
	De 60 a 64 años	19	50	19	26	11	19	23	24	30	34	33	36	324
	De 65 y más años	34	42	44	26	35	34	33	11	38	21	18	32	368
	De edad desconocida			2	2		4	3		12			3	26
	Total		950	1160	1050	940	612	909	1013	504	1271	1023	965	1064

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.

Anexo 8. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Ocotlán.

Ocotlán	Grupo de edad	Mes estadístico												Total
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Asma(J45, J46)	De 01 a 04 años					2		1		1	1			5
	De 05 a 09 años				1			4						5
	De 10 a 14 años									1				1
	De 15 a 19 años												1	1
	De 20 a 24 años												2	2
	De 25 a 44 años									2		1	2	5
	Total				1	2		5		4	1	1	5	19
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08-A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	15	11	7	17	12	17	13	14	21	9	10	17	163
	De 01 a 04 años	83	65	68	88	86	78	61	43	94	100	71	89	926
	De 05 a 09 años	58	63	44	64	73	62	49	43	86	85	74	57	758
	De 10 a 14 años	36	45	39	43	59	48	41	34	69	66	47	43	570
	De 15 a 19 años	14	27	15	39	50	27	38	16	50	41	37	31	385
	De 20 a 24 años	8	21	11	22	24	23	32	31	29	25	19	21	266
	De 25 a 44 años	29	45	56	82	60	59	54	48	67	62	47	50	659
	De 45 a 49 años	10	18	14	17	29	14	13	16	25	20	16	19	211
	De 50 a 59 años	10	5	14	19	16	18	16	9	24	20	18	9	178
	De 60 a 64 años	6	9	7	9	12	5	8	6	12	6	13	9	102
	De 65 y más años	9	3	11	9	7	8	7	7	15	10	6	5	97
Total	278	312	286	409	428	359	332	267	492	444	358	350	4315	
Infecciones respiratorias agudas(J00-J06, J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 00 años	94	103	103	118	90	110	94	66	172	135	138	104	1327
	De 01 a 04 años	369	369	305	366	275	302	316	176	503	414	422	329	4146
	De 05 a 09 años	341	333	290	275	250	309	261	139	426	351	388	267	3630
	De 10 a 14 años	267	259	200	197	197	168	174	106	299	218	251	168	2504
	De 15 a 19 años	127	139	115	140	115	115	112	91	237	117	154	133	1595
	De 20 a 24 años	106	102	106	123	108	106	174	96	146	112	119	136	1434
	De 25 a 44 años	334	280	297	286	222	264	297	182	356	300	312	307	3437
	De 45 a 49 años	96	85	73	76	98	71	103	50	117	101	95	104	1069

	De 50 a 59 años	110	77	94	110	71	78	92	61	93	88	96	93	1063
	De 60 a 64 años	39	57	46	45	36	47	40	29	70	34	70	45	558
	De 65 y más años	48	47	52	55	42	30	42	36	45	52	50	47	546
	De edad desconocida				2		1			2		1		6
	Total	193	185	168	179	150	160	170	103	246	192	209	173	2131
		1	1	1	3	4	1	5	2	6	2	6	3	5
Neumonías y bronconeumonías(J12-J18 EXCEPTO J18.2, J13 y J14)	De 00 años							1					2	3
	De 01 a 04 años					1					1	1	4	7
	Total					1		1			1	1	6	10

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.

Anexo 9. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Rayón.

Rayón	Grupo de edad	Mes estadístico												Total
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Padecimiento														
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08-A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	6	7	1	6	5	5	3	3	6	6	2	9	59
	De 01 a 04 años	31	15	10	13	22	10	7	4	20	12	5	18	167
	De 05 a 09 años	18	12	17	10	8	6	10	4	12	9	4	14	124
	De 10 a 14 años	13	4	13	6	10	5	2		11	6	10	10	90
	De 15 a 19 años	2	4	6	5	10	2	7	3	10	2	5	12	68
	De 20 a 24 años	5	1	1	5	6	3	5	3	5	1	2	14	51
	De 25 a 44 años	9	9	13	10	10	7	5	7	12	6	4	10	102
	De 45 a 49 años	2	1	1	2	2	2	2	1	7	1	1	3	25
	De 50 a 59 años	3	1	4	6	4	1	4	1	4	2	1	3	34
	De 60 a 64 años	1	1	2		2		1	1	1	2	3	1	15
	De 65 y más años	3	3	9	3	2			4	12	4	3		43
Total	93	58	77	66	81	41	46	31	100	51	40	94	778	
Infecciones respiratorias agudas(J00-J06, J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 00 años	47	27	28	36	24	26	33	11	39	41	38	41	391
	De 01 a 04 años	115	104	103	120	78	57	94	52	112	142	96	79	1152
	De 05 a 09 años	80	104	99	70	59	49	64	26	73	59	62	42	787
	De 10 a 14 años	69	62	53	36	35	31	40	20	43	24	30	42	485
	De 15 a 19 años	38	33	24	31	23	8	23	12	33	22	16	15	278
	De 20 a 24 años	39	10	16	18	18	10	20	6	22	13	19	18	209
	De 25 a 44 años	66	58	59	46	38	28	50	28	64	43	33	49	562
	De 45 a 49 años	31	16	15	25	13	10	17	8	27	30	16	25	233
	De 50 a 59 años	42	23	25	16	10	8	11	6	24	16	13	23	217
	De 60 a 64 años	13	7	14	12	6	2	6	6	8	5	12	9	100
	De 65 y más años	22	18	24	19	9	10	9	8	20	8	7	21	175
Total	562	462	460	429	313	239	367	183	465	403	342	364	4589	

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.

Anexo 10. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de San Antonio la Isla.

San Antonio la Isla Padecimiento	Grupo de edad	Mes estadístico												Total
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Asma(J45, J46)	De 05 a 09 años		1	1				1		1				4
	De 10 a 14 años							1						1
	Total		1	1				2		1				5
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08-A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	6	10	17	10	4	12	4	21	15	9	20	32	160
	De 01 a 04 años	22	32	45	46	16	45	27	43	44	29	37	45	431
	De 05 a 09 años	20	41	34	36	17	24	34	33	47	32	38	37	393
	De 10 a 14 años	18	24	21	30	19	22	20	31	42	24	42	42	335
	De 15 a 19 años	3	10	11	10	6	14	10	25	30	9	24	26	178
	De 20 a 24 años	3	9	2	12	13	10	7	12	25	10	12	28	143
	De 25 a 44 años	8	10	11	22	21	16	16	19	21	8	13	17	182
	De 45 a 49 años	3	2	2	1	4	11	6	5	10	2	1	13	60
	De 50 a 59 años	2	5	1	4	1	5	4	4	6	3	2	10	47
	De 60 a 64 años		1			1	1	4	2	2	2		2	15
	De 65 y más años	2	2	2	3	4	6	8	4	2		1		34
	Total	87	146	146	174	106	166	140	199	244	128	190	252	1978
Infecciones respiratorias agudas(J00-J06, J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 00 años	56	89	70	67	43	38	62	67	75	90	93	101	851
	De 01 a 04 años	151	194	177	160	97	152	156	138	206	287	198	224	2140
	De 05 a 09 años	122	152	128	106	88	156	184	138	192	225	162	176	1829
	De 10 a 14 años	84	109	78	92	54	88	114	106	173	131	143	148	1320
	De 15 a 19 años	36	63	22	31	32	47	67	57	118	77	104	117	771
	De 20 a 24 años	25	34	13	24	16	37	33	51	64	30	41	63	431
	De 25 a 44 años	79	82	68	82	54	50	63	60	73	83	58	122	874
	De 45 a 49 años	18	32	10	18	9	11	20	26	24	11	21	42	242
	De 50 a 59 años	26	19	17	17	8	14	19	19	22	22	20	43	246
	De 60 a 64 años	7	7	9	6	7	10	7	6	6	6	11	32	114
	De 65 y más años	13	6	6	9	10	14	6	1	5	12	4	14	100
Total	617	787	598	612	418	617	731	669	958	974	855	1082	8918	

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.

Anexo 11. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de San Mateo Atenco.

San Mateo Atenco Padecimiento	Grupo de edad	Mes estadístico												Total	
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12		
Asma(J45, J46)	De 00 años											1		1	
	De 01 a 04 años	1		1				1	1			2		6	
	De 05 a 09 años	2			1		1	1	1	1	2		3	12	
	De 10 a 14 años		1							1		1		3	
	De 15 a 19 años									1				1	
	De 20 a 24 años		1								1		1	3	
	De 25 a 44 años	2	1	2			1	3		4	2			15	
	De 45 a 49 años				1										1
	De 50 a 59 años		1		1				2		1			1	6
	De 65 y más años				1		1	2							4
	Total	5	4	3	4		3	9	2	8	5	4	5	52	
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08- A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	16	20	24	20	15	21	20	12	32	28	22	21	251	
	De 01 a 04 años	67	81	72	81	45	97	83	72	87	79	73	43	880	
	De 05 a 09 años	41	38	40	63	36	55	50	40	76	61	59	44	603	
	De 10 a 14 años	26	28	17	36	28	35	14	27	67	35	33	16	362	
	De 15 a 19 años	8	25	21	36	27	27	19	16	41	25	20	13	278	
	De 20 a 24 años	20	41	34	46	29	44	41	27	51	29	33	33	428	
	De 25 a 44 años	71	86	97	136	98	113	92	79	111	61	67	101	1112	
	De 45 a 49 años	13	15	21	33	26	23	18	16	23	16	15	20	239	
	De 50 a 59 años	17	14	30	51	29	31	26	29	29	20	10	22	308	
	De 60 a 64 años	12	4	9	17	9	7	15	10	13	3	11	5	115	
	De 65 y más años	10	3	8	27	18	9	11	13	13	13	16	6	147	
	De edad desconocida				3				1	2		1		7	
	Total	301	355	373	549	360	462	389	342	545	370	360	324	4730	
Infecciones respiratorias agudas(J00-J06,	De 00 años	183	177	170	170	130	146	150	111	193	230	177	197	2034	
	De 01 a 04 años	430	466	399	335	286	358	364	237	482	503	441	396	4697	
	De 05 a 09 años	266	307	271	188	179	204	199	118	307	299	232	236	2806	
	De 10 a 14 años	183	202	135	117	91	113	104	71	207	186	160	153	1722	

J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 15 a 19 años	105	104	111	67	62	69	67	47	114	97	115	106	1064
	De 20 a 24 años	145	128	109	113	98	92	120	93	107	131	113	142	1391
	De 25 a 44 años	486	389	355	307	251	307	369	221	387	367	313	442	4194
	De 45 a 49 años	107	92	78	71	73	78	90	63	102	96	96	112	1058
	De 50 a 59 años	190	169	140	146	105	110	181	100	182	140	123	188	1774
	De 60 a 64 años	68	66	91	54	49	44	65	43	66	50	43	77	716
	De 65 y más años	139	92	97	68	65	54	93	61	75	78	84	107	1013
	De edad desconocida					2	1			1				4
	Total	230 2	219 2	195 6	163 6	139 1	157 6	180 2	116 5	222 3	217 7	189 7	215 6	2247 3
Neumonías y bronconeumonías(J 12-J18 EXCEPTO J18.2, J13 y J14)	De 01 a 04 años				1									1
	De 25 a 44 años							1	1					2
	De 45 a 49 años									1	2			3
	De 65 y más años							1	1					2
	Total				1			2	2	1	2			8

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.

Anexo 12. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Temoaya.

Temoaya Padecimiento	Grupo de edad	Mes estadístico												Total
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Asma(J45, J46)	De 01 a 04 años									1				1
	De 05 a 09 años						1			1		3		5
	De 10 a 14 años						1	1		1				3
	De 25 a 44 años		1	1					2					4
	De 50 a 59 años						1							1
	Total		1	1				3	1	2	3		3	
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08-A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	17	20	14	16	22	13	29	25	32	41	34	43	306
	De 01 a 04 años	75	70	73	84	104	66	78	99	97	86	87	132	1051
	De 05 a 09 años	47	53	54	88	61	73	80	36	91	103	90	69	845
	De 10 a 14 años	36	36	47	73	54	54	40	21	90	70	70	57	648
	De 15 a 19 años	13	18	35	44	30	26	42	19	37	44	25	23	356
	De 20 a 24 años	11	15	21	29	18	25	27	15	30	33	29	29	282
	De 25 a 44 años	26	36	50	56	60	38	47	18	57	30	44	52	514
	De 45 a 49 años	9	11	15	16	14	12	15	17	16	21	22	17	185
	De 50 a 59 años	15	11	12	11	17	7	10	8	27	14	11	18	161
	De 60 a 64 años	5	2	4	6	6	11	8	7	14	5	4	11	83
	De 65 y más años	7	4	5	11	12	12	10	4	5	17	5	7	99
	De edad desconocida					1							1	2
	Total	261	276	330	434	399	337	386	269	496	464	421	459	4532
Infecciones respiratorias agudas(J00-J06, J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 00 años	204	224	214	188	155	192	209	137	193	246	257	233	2452
	De 01 a 04 años	478	440	411	383	323	358	348	217	544	524	585	524	5135
	De 05 a 09 años	342	348	333	287	293	308	314	145	414	448	438	374	4044
	De 10 a 14 años	234	242	231	206	169	180	177	102	257	222	254	217	2491
	De 15 a 19 años	127	128	134	116	126	103	141	67	157	135	114	109	1457

	De 20 a 24 años	106	95	120	122	100	84	115	54	120	131	95	136	1278
	De 25 a 44 años	266	232	234	213	153	183	151	10 5	247	176	191	259	2410
	De 45 a 49 años	83	89	94	83	74	82	74	46	74	82	80	106	967
	De 50 a 59 años	61	68	60	88	78	60	67	45	72	75	79	80	833
	De 60 a 64 años	38	25	36	58	35	52	52	25	42	52	21	56	492
	De 65 y más años	65	70	46	43	55	63	60	25	50	40	38	76	631
	De edad desconocida			1	1		5				1		2	10
	Total	200 4	196 1	191 4	178 8	156 1	167 0	170 8	96 8	217 0	213 2	215 2	217 2	2220 0
Neumonías y bronconeumonías(J12-J18 EXCEPTO J18.2, J13 y J14)	De 00 años		1	1							1	3		6
	De 01 a 04 años	2	1								1	4	1	9
	De 05 a 09 años											1		1
	De 10 a 14 años						1							1
	De 15 a 19 años									1				1
	De 25 a 44 años						1					1		2
	De 45 a 49 años							1						1
	De 60 a 64 años	1												1
	De 65 y más años	2					2						1	5
	Total	5	2	1			4	1			1	2	9	2

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.

Anexo 13. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Tenango del Valle.

Tenango del Valle Padecimiento	Grupo de edad	Mes estadístico												Total
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Asma(J45, J46)	De 00 años	1					1			2				4
	De 01 a 04 años	6	4			2	5	5		1	2	3	1	29
	De 05 a 09 años	4			2		2	2	1	8	4	1	1	25
	De 10 a 14 años	1			1	1	2	3	2	2	2	1		15
	De 15 a 19 años			1		1	2	1		2	1	3		11
	De 20 a 24 años	2	2		1		1	4	2	3	1	1	1	18
	De 25 a 44 años	2	2	1	2	1	1	4	2	2	3		2	22
	De 45 a 49 años	1		1		2		1		1			1	7
	De 50 a 59 años	3		2	1	1	3	1		2			1	14
	De 60 a 64 años						1	2		3				6
	De 65 y más años	2			1		2	1		2				8
	Total	22	8	5	8	8	20	24	7	28	13	9	7	159
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08- A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	25	16	23	25	14	27	31	25	21	19	24	31	281
	De 01 a 04 años	82	97	78	79	72	72	82	87	99	81	92	67	988
	De 05 a 09 años	52	47	51	69	87	71	88	78	101	85	76	63	868
	De 10 a 14 años	51	28	54	57	55	50	65	44	66	66	50	45	631
	De 15 a 19 años	19	31	29	50	45	46	46	39	63	39	37	32	476
	De 20 a 24 años	16	27	29	50	36	41	67	33	62	63	31	51	506
	De 25 a 44 años	50	54	85	107	90	100	154	132	150	73	102	76	1173
	De 45 a 49 años	15	12	18	25	36	36	38	29	30	37	23	29	328
	De 50 a 59 años	25	21	27	36	38	29	41	38	50	33	22	25	385
	De 60 a 64 años	10	11	10	16	7	19	23	14	16	14	19	12	171
	De 65 y más años	11	10	18	26	17	19	28	15	36	20	23	22	245
	Total	356	354	422	540	497	510	663	534	694	530	499	453	6052
Infecciones respiratorias agudas(J00-J06,	De 00 años	247	234	278	289	242	191	212	176	232	312	265	304	2982
	De 01 a 04 años	633	583	511	601	448	457	509	328	723	717	691	619	6820
	De 05 a 09 años	516	495	408	458	400	376	385	240	443	506	520	430	5177

J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 10 a 14 años	359	351	294	312	262	267	215	174	295	286	283	328	3426
	De 15 a 19 años	261	243	219	238	216	187	141	133	199	170	219	263	2489
	De 20 a 24 años	232	222	191	235	167	147	145	114	222	150	168	238	2231
	De 25 a 44 años	574	557	508	485	378	375	379	321	491	410	469	551	5498
	De 45 a 49 años	247	214	223	208	218	161	139	147	191	176	224	301	2449
	De 50 a 59 años	267	228	238	209	235	163	190	155	216	189	247	296	2633
	De 60 a 64 años	133	146	124	167	172	107	97	122	99	98	171	183	1619
	De 65 y más años	150	150	122	153	117	117	104	124	122	112	150	207	1628
	De edad desconocida								13					13
Total	361	342	311	335	285	254	251	204	323	312	340	372	3696	
	9	3	6	5	5	8	6	7	3	6	7	0	5	
Neumonías y bronconeumonías(J 12-J18 EXCEPTO J18.2, J13 y J14)	De 00 años	1	9	2	3	1	1	3	2	4	4	4	2	36
	De 01 a 04 años	4	7	4	4		1				3	1		24
	De 05 a 09 años	1	9		2					1	2			15
	De 10 a 14 años	3								1				4
	De 20 a 24 años		1										1	2
	De 25 a 44 años		1	1	1		1		1	1	1			7
	De 45 a 49 años								1					1
	De 50 a 59 años				1			1						2
	De 60 a 64 años												2	2
	De 65 y más años	4	3				2	1	2			1		13
	Total	13	30	7	11	1	5	5	6	7	10	6	5	106

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.

Anexo 14. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Toluca.

Toluca	Grupo de edad	Mes estadístico												Total
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Padecimiento														
Asma(J45, J46)	De 00 años	2	1	3	5	5	1	11	1	7	8	4	8	56
	De 01 a 04 años	50	45	36	52	27	48	59	38	128	100	90	53	726
	De 05 a 09 años	37	43	38	50	25	51	72	48	112	76	71	52	675
	De 10 a 14 años	25	18	27	29	16	18	37	24	50	37	39	32	352
	De 15 a 19 años	8	4	5	9	6	8	11	9	6	14	8	5	93
	De 20 a 24 años	4	4	2	5	3	6	7	10	7	3	4	2	57
	De 25 a 44 años	19	21	17	28	12	24	33	33	51	23	26	21	308
	De 45 a 49 años	7	5	8	6	7	2	8	3	6	9	2	6	69
	De 50 a 59 años	4	17	9	13	9	10	17	13	7	7	5	6	117
	De 60 a 64 años	5	6	3	4	5	7	3	6	5	5	2	9	60
	De 65 y más años	7	5	8	8	15	23	28	13	9	5	7	7	135
Total	168	169	156	209	130	198	286	198	388	287	258	201	2648	
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08-A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	215	223	151	295	235	177	283	224	243	209	186	205	2646
	De 01 a 04 años	659	782	603	741	613	664	728	510	805	716	668	613	8102
	De 05 a 09 años	386	456	397	503	397	448	425	368	584	458	454	372	5248
	De 10 a 14 años	264	267	316	354	275	290	271	218	448	333	312	257	3605
	De 15 a 19 años	130	159	176	266	199	182	230	182	268	239	241	227	2499
	De 20 a 24 años	188	199	235	363	283	268	338	191	326	270	249	216	3126
	De 25 a 44 años	768	797	824	118 4	997	940	117 3	910	112 9	734	804	858	1111 8
	De 45 a 49 años	168	186	200	301	227	200	222	187	232	166	182	217	2488
	De 50 a 59 años	240	272	352	450	340	306	360	271	330	260	260	293	3734
	De 60 a 64 años	97	118	106	139	124	110	147	102	143	94	74	105	1359
	De 65 y más años	137	178	214	311	250	201	241	200	209	181	190	188	2500
De edad desconocida							1					1	2	
Total	325 2	363 7	357 4	490 7	394 0	378 6	441 9	336 3	471 7	366 0	362 0	355 2	4642 7	

Infecciones respiratorias agudas(J00-J06, J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 00 años	161 3	154 9	126 7	134 9	113 0	961	125 9	891	167 7	173 8	164 9	143 4	1651 7
	De 01 a 04 años	397 9	359 8	332 0	322 6	267 7	269 2	307 4	183 5	477 9	474 1	421 2	401 5	4214 8
	De 05 a 09 años	268 9	276 8	230 6	195 5	186 7	194 0	194 2	102 9	299 7	284 7	258 3	257 7	2750 0
	De 10 a 14 años	178 3	171 2	133 0	118 1	101 4	114 6	109 6	674	180 2	139 1	140 7	163 4	1617 0
	De 15 a 19 años	979	912	807	711	603	595	756	479	103 0	840	773	859	9344
	De 20 a 24 años	111 2	851	747	731	578	636	802	545	838	793	800	863	9296
	De 25 a 44 años	489 7	380 5	308 6	288 8	245 5	266 6	313 5	211 3	397 7	326 1	337 3	410 6	3976 2
	De 45 a 49 años	141 6	109 4	917	744	663	674	913	616	971	910	980	113 5	1103 3
	De 50 a 59 años	219 7	169 3	126 6	118 1	103 4	107 2	127 9	100 3	149 9	142 9	142 6	180 4	1688 3
	De 60 a 64 años	788	681	484	463	415	328	473	354	563	542	562	684	6337
	De 65 y más años	128 1	102 0	740	735	649	659	883	608	101 1	840	932	124 0	1059 8
	De edad desconocida				1	1	4	16			2	29		53
	Total	227 34	196 83	162 70	151 65	130 86	133 73	156 28	101 47	211 44	193 34	187 26	203 51	2056 41
Neumonías y bronconeumonías (J12-J18 EXCEPTO J18.2, J13 y J14)	De 00 años	89	66	52	32	18	31	22	13	35	92	85	59	594
	De 01 a 04 años	66	60	31	27	16	28	43	12	54	95	75	44	551
	De 05 a 09 años	5	5	7	4	3	3	6	1	9	16	10	5	74
	De 10 a 14 años	4	2	3	1	1	2	1		4	4	2	3	27
	De 15 a 19 años		5	1	1	1	3	2	2	3	2	3	3	26
	De 20 a 24 años	6	2	2	7	2	4	4	2	2	5	2	4	42
	De 25 a 44 años	13	18	11	16	17	6	24	22	30	25	14	26	222
	De 45 a 49 años	6	8	3	7	3	1	5	7	9	8	7	5	69
	De 50 a 59 años	22	10	6	17	12	5	16	10	14	10	14	16	152
De 60 a 64 años	14	6	5	10	4	9	5	7	8	7	10	9	94	

	De 65 y más años	55	36	16	39	34	40	41	27	43	31	26	52	440
	Total	280	218	137	161	111	132	169	103	211	295	248	226	2291

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.

Anexo 15. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Xonacatlán.

Xonacatlán Padecimiento	Grupo de edad	Mes estadístico												Total	
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12		
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08- A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	10	11	15	7	7	11	8	23	11	11	12	10	136	
	De 01 a 04 años	35	40	57	61	31	28	38	40	43	23	34	37	467	
	De 05 a 09 años	18	13	16	33	32	19	24	14	29	19	25	18	260	
	De 10 a 14 años	11	13	8	22	33	25	18	6	15	20	18	14	203	
	De 15 a 19 años	9	5	10	19	20	10	14	14	9	16	12	3	141	
	De 20 a 24 años	4	6	4	19	8	12	11	6	11	8	11	10	110	
	De 25 a 44 años	22	14	20	60	28	31	45	34	29	17	21	22	343	
	De 45 a 49 años	6	4	12	12	6	14	13	11	8	6	7	8	107	
	De 50 a 59 años	8	11	6	12	12	10	16	6	24	14	9	8	136	
	De 60 a 64 años	3	2	5	2	5	7	6		6	5	6		47	
	De 65 y más años	3	5	8	10	12	14	15	17	14	10	10	11	129	
	De edad desconocida							2						2	
	Total		12 9	124	161	257	194	18 1	210	171	199	14 9	165	141	2081
	Infecciones respiratorias agudas(J00-J06, J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 00 años	40	105	96	131	81	52	89	70	119	83	119	116	1101
De 01 a 04 años		15 1	160	197	191	127	16 3	156	112	304	19 7	254	251	2263	
De 05 a 09 años		10 5	128	177	135	92	95	115	48	168	11 5	138	157	1473	
De 10 a 14 años		69	112	115	104	73	70	74	35	113	90	84	93	1032	

	De 15 a 19 años	39	61	98	100	52	44	65	31	87	59	49	86	771	
	De 20 a 24 años	38	44	88	94	49	51	65	34	96	52	59	67	737	
	De 25 a 44 años	77	87	140	113	78	69	98	71	124	68	92	126	1143	
	De 45 a 49 años	20	32	61	68	25	41	49	33	47	31	32	58	497	
	De 50 a 59 años	27	33	48	79	35	47	54	43	53	42	34	64	559	
	De 60 a 64 años	13	25	40	56	25	18	30	17	29	28	32	31	344	
	De 65 y más años	22	18	21	18	7	6	23	18	17	13	24	22	209	
	De edad desconocida				1		1		2		1		1	6	
	Total	601	805	1081	1090	644	657	818	514	1157	779	917	1072	10135	
Neumonías y bronconeumonías(J12 -J18 EXCEPTO J18.2, J13 y J14)	De 00 años				1			1		1				3	
	De 01 a 04 años	1	1	1	1			1						5	
	De 05 a 09 años	1												1	
	De 10 a 14 años											1		1	
	De 15 a 19 años										1		1	2	
	De 20 a 24 años											1	1	2	
	De 25 a 44 años		1			1		1		1			1	5	
	De 45 a 49 años											2		2	
	De 50 a 59 años	2		1				1						1	5
	De 60 a 64 años							2						1	3

	De 65 y más años	4		1	5		1	4	5		1	1	4	26
	Total	8	2	3	7	1	4	7	5	2	2	5	9	55

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.

Anexo 16. Registro de nuevos casos de enfermedades, municipio de Zinacantepec.

Zinacantepec Padecimiento	Grupo de edad	Mes estadístico												Total
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Asma(J45, J46)	De 00 años			1										1
	De 01 a 04 años					2	2	1		1	1			7
	De 05 a 09 años		1	1					2		1			5
	De 10 a 14 años	1								1	2	2	1	7
	De 15 a 19 años												1	1
	De 20 a 24 años				1	1							1	3
	De 25 a 44 años	2			1		1	2			1	1	4	12
	De 50 a 59 años				1									1
	Total	3	1	2	3	3	3	3	2	2	5	3	7	37
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas(A04, A08- A09 EXCEPTO A08.0)	De 00 años	23	26	27	34	27	29	17	17	20	16	18	14	268
	De 01 a 04 años	87	120	79	131	124	105	100	71	85	84	61	98	1145
	De 05 a 09 años	82	89	67	87	73	84	63	30	92	67	53	66	853
	De 10 a 14 años	27	53	56	60	62	43	30	21	60	53	55	58	578
	De 15 a 19 años	16	24	28	35	41	28	28	18	42	30	45	38	373
	De 20 a 24 años	36	38	46	64	52	43	44	41	53	41	35	49	542
	De 25 a 44 años	85	115	113	197	167	147	144	106	141	90	104	157	1566
	De 45 a 49 años	21	28	25	43	42	32	36	17	33	19	15	39	350
	De 50 a 59 años	20	27	39	56	44	28	25	18	38	35	30	30	390
	De 60 a 64 años	7	12	12	17	13	8	18	7	16	13	14	27	164
	De 65 y más años	14	27	21	35	30	24	23	12	25	21	17	19	268
	Total	418	559	513	759	675	571	528	358	605	469	447	595	6497
Infecciones respiratorias agudas(J00-J06, J20, J21 EXCEPTO J02.0 Y J03.0)	De 00 años	236	214	179	200	175	135	207	120	288	298	239	250	2541
	De 01 a 04 años	659	622	515	561	439	453	570	321	848	835	652	782	7257
	De 05 a 09 años	435	512	372	322	326	353	298	135	523	513	439	501	4729
	De 10 a 14 años	227	251	235	149	175	170	152	87	296	212	238	285	2477
	De 15 a 19 años	142	140	121	114	112	98	108	60	143	141	155	184	1518
	De 20 a 24 años	195	167	132	127	133	111	146	72	146	138	122	217	1706

	De 25 a 44 años	604	543	421	421	382	380	462	264	532	493	428	643	5573
	De 45 a 49 años	136	132	84	107	95	101	109	69	158	124	111	169	1395
	De 50 a 59 años	180	173	132	148	115	107	149	89	164	190	163	228	1838
	De 60 a 64 años	67	89	57	57	49	41	69	34	78	76	64	92	773
	De 65 y más años	126	117	66	89	79	55	77	46	91	95	96	127	1064
	De edad desconocida							1					1	2
	Total	300	296	231	229	208	200	234	129	326	311	270	347	3087
		7	0	4	5	0	4	8	7	7	5	7	9	3
Neumonías y bronconeumonías(J 12-J18 EXCEPTO J18.2, J13 y J14)	De 00 años	1	1			1		2		1			3	9
	De 01 a 04 años	1	1	1	1					1	4	2	1	12
	De 10 a 14 años				1									1
	De 25 a 44 años	1		2				3	2	1		2	1	12
	De 45 a 49 años												1	1
	De 50 a 59 años		1			1	1			1		1		5
	De 65 y más años			1	1	1		1	1					5
	Total	3	3	4	3	3	1	6	3	4	4	5	6	45

Fuente: Datos proporcionados por la Subdirección de Epidemiología del ISEM para el año 2015.