



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN ECONOMÍA

FACULTAD DE ECONOMÍA

**LAS DESECONOMÍAS DE AGLOMERACIÓN, LA CONTAMINACIÓN Y
SUS EFECTOS EN LA SALUD DE LA ZONA METROPOLITANA DEL
VALLE DE MÉXICO.**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN ECONOMÍA

PRESENTA:

ALBERTO MEJÍA REYES

TUTOR: DR. en E. MIGUEL ÁNGEL MENDOZA GONZÁLEZ
FACULTAD DE ECONOMÍA, UNAM

MÉXICO, D. F. JUNIO DE 2015.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

*A mi esposa **Karina** quien me ha amado y empujado a seguir en este camino. Gracias por la paciencia.*

*A mis hijos: **Bruno y Abigail**, porque no tengo palabras para describir su amor que me demuestran día a día.*

*A mis padres: **Zenaida y Juan**, gracias por su inmenso apoyo, sus consejos, regaños, ejemplo de trabajo y por enseñarme el camino de la honestidad.*

*A mis **hermanos y amigos** que en algún momento me dieron palabras de empuje para continuar.*

*Un agradecimiento para el **Dr. Pablo**, por sus constantes regaños y consejos. Gracias por seguir mostrándome los valores de trabajo, disciplina, responsabilidad y honestidad.*

*Al **Dr. Miguel Ángel** por el gran apoyo profesional recibido durante mis estudios y en la conclusión de esta etapa profesional.*

Deseo agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo durante mis estudios de Maestría.

A mi jurado:

**Dr. Clemente Ruíz Durán
Dr. Adolfo Sánchez Almanza
Dr. Marcos Valdivia López
Dr. Luis Quintana Romero.**

Que como profesores me instruyeron con sus conocimientos y gran experiencia.

A la Universidad Nacional Autónoma de México:

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITÚ”

Índice

Introducción.....7

CAPÍTULO 1: Economías (Deseconomías) de Urbanización y Localización.

1.1 Marco Teórico 13

1.1.1 ¿Qué es una ciudad? 16

1.1.2 Principio y Economías de Aglomeración 17

1.2 Crecimiento urbano y tamaño de las ciudades..... 19

1.2.1 Tesis del tamaño urbano y dimensión óptima de una ciudad..... 20

1.3 Las Externalidades y las Deseconomías de aglomeración 22

1.4 La Ciudad y el medio ambiente 23

1.5 La Economía Ambiental Urbana..... 23

1.6 Contaminación de automóviles 25

1.7 Las partículas suspendidas PM2.5 y PM10 como causantes de mortalidad y morbilidad..... 27

1.7.1 Efectos en la Salud 29

1.8 Variables y contaminantes como causa de mortalidad y morbilidad en la población..... 31

1.8.1 Dióxido de azufre (SO₂)..... 31

1.8.2 Óxido de Nitrógeno (NO_x)..... 31

1.8.3 Monóxido de Carbono (CO) 32

1.8.4 Compuestos Orgánicos Totales 33

1.8.5 Compuestos Orgánicos Volátiles 34

CAPÍTULO 2: La problemática de las emisiones de las partículas suspendidas en la salud la ZMVM, algunos hechos.

2.1 ¿Cuál es la problemática de los efectos de las partículas suspendidas PM2.5 y PM10 y otros contaminantes? 35

2.1.1 Emisiones de contaminantes Anuales..... 37

2.1.2 Emisiones por entidad federativa 40

2.2 Análisis de las enfermedades causantes de defunciones y su relación con las partículas suspendidas PM2.5 y PM10 y otros contaminantes.	43
2.2.1 Enfermedades del sistema circulatorio.....	44
2.2.2 Infarto Agudo de miocardio; enfermedades isquémicas del corazón y relacionadas.....	45
2.2.3 Enfermedades cardiovasculares	48
2.2.4 Enfermedades cerebrovasculares.....	48
2.3 El sistema respiratorio y sus funciones	51
2.4 Infecciones de vías respiratorias y relacionadas; Bronquitis, asma y otras...	52
2.5 Neumonía, Cáncer de pulmón e Influenza	55
2.6 Trabajos relacionados	57
2.6.1 Estudios en la Zona Metropolitana del Valle de México y en México	57

CAPÍTULO 3: Evidencia empírica de la relación de emisiones contaminantes y defunciones en la ZMVM: Modelo Econométrico Espacial.

Introducción.....	61
3.1 La econometría espacial, conceptos básicos	62
3.1.1 Matriz de contigüidad, Autocorrelación y Heterogeneidad espacial	64
3.1.2 Proceso Autorregresivo espacial.....	66
3.2 Estimación y Especificación de Modelos econométricos espaciales.....	69
3.3 Autocorrelación espacial en un modelo de regresión.....	70
3.4 Modelos de dependencia espacial o modelos espaciales dinámicos.....	71
3.5 Evidencia empírica de los efectos de las emisiones de partículas suspendidas y las tasas de mortalidad.....	74
3.5.1 Metodología y variables utilizadas.....	74
3.5.1.1 Variables dependientes	75
3.5.1.2 Variables independientes	75
3.5.2 Análisis exploratorio de los efectos de las partículas suspendidas PM10 y PM2.5 y otros contaminantes en las tasas de defunción	77
3.5.2.1 Tasa de Mortalidad del Infarto Agudo de Miocardio	78
3.5.2.2 Tasa de mortalidad de Enfermedades cerebrovasculares	79

3.5.2.3 Tasa de mortalidad de enfermedades isquémicas del corazón.....	80
3.5.2.4 Tasa de mortalidad de enfermedades respiratorias	81
3.6 Resultados de estimación del modelo por MCO	82
3.6.1 Resultados	84
3.6.1.1 Infarto Agudo de Miocardio	84
3.6.1.1.1 Análisis de modelo econométrico estándar	84
3.6.1.2 Enfermedades cerebrovasculares	85
3.6.1.2.1 Análisis de modelo econométrico estándar	85
3.6.1.3 Enfermedades isquémicas del corazón.....	87
3.6.1.4 Enfermedades respiratorias	90
3.6.1.5 Porcentaje de defunciones: infarto agudo de miocardio (>65 y <5)	90
3.6.1.6 Porcentaje de Defunciones por Enfermedades Cerebrovasculares	92
3.6.1.7 Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Isquémicas del corazón.....	94
3.6.1.8 Porcentaje de defunciones por Enfermedades Respiratorias.....	95
Conclusiones.....	96
Agenda de Investigación	99

ANEXOS

Anexo 1: Grupos de enfermedades utilizadas para Tasas de mortalidad	101
Anexo 2: Regresiones y pruebas econométricas	104
Anexo 3: <i>Scatterplot</i> restantes	113
Anexo 4: Simbología de variables de modelo	114
Bibliografía.....	115

Índice de Cuadros, Gráficas, Esquemas y Mapas.

Gráfica 1.1 Tamaño Urbano	19
Gráfica 1.2 Tamaño urbano óptimo	21
Gráfica 2.1: Emisiones de partículas suspendidas PM2.5 y PM10 en la ZMVM por sector, 2010 (ton)	39
Gráfica 2.2: Emisiones de SO ₂ , CO y NO _x en la ZMVM, 2010 (ton)	40
Gráfica 2.3: Emisiones de contaminantes por jurisdicción, 2010	42
Esquema 1.1: Partículas PM10 y PM2.5, ¿qué son y qué las produce?	28
Cuadro 1.1: Características de las Partículas Suspendidas PM10 y PM2.5	28
Cuadro 1.2: Valores AQI y su relación con problemas de salud	30
Cuadro 2.1: Emisiones de contaminantes anuales por sector y categoría, ZMVM, 2010 (toneladas)	38
Cuadro 2.2: Emisiones de contaminantes por jurisdicción, 2010 (ton)	41
Cuadro 2.3: Efectos en la salud por PM10 y ozono	59
Cuadro 3.1: Estimaciones por Mínimos Cuadrados Ordinarios y su efecto espacial.....	82
Mapa 2.1: Zona Metropolitana del Valle de México	35
Mapa 2.1: Población de municipios y delegaciones en la ZMVM.....	36
Imagen 2.1: El Corazón.....	46
Imagen 2.2: Pericardio	47
Imagen 2.3: Vasculatura cerebral.....	49
Imagen 2.4: Accidente cerebrovascular.....	51
Imagen 2.5: Bronquios y bronquiolos	54
Figura 3.1: Distribución espacial de la Tasa de mortalidad del Infarto Agudo de miocardio y scatterplott de MORan.....	78
Figura 3.2: Tasa de mortalidad de Enfermedades Cerebrovasculares y Scatterplot de Moran	79
Figura 3.3: Tasa de mortalidad de Enfermedades Isquémicas del corazón y Scatterplot de Moran	80
Figura 3.4: Tasa de mortalidad de Enfermedades Respiratorias y Scatterplot de Moran	81

Introducción

La problemática de la contaminación ambiental en el marco de la historia contemporánea, ha sido una constante no solo en países en desarrollo, sino en las grandes potencias económicas. Este malestar ha sido estudiado en investigaciones de índole de orden social, cultural, geográfico y económico. Infinidad de estudios se han desarrollado en torno a este tema y sus efectos; por ejemplo en *The Lancet* (Künzll, 2000), se demuestra que solo en tres países europeos fallecieron entre 19 y 44 mil personas cada año a causa de los efectos de la contaminación atmosférica.

En el tema económico – espacial, la contaminación ambiental es un problema que parte de la ciudad; considerada como un elemento que ofrece gran variedad de funciones de tipo social, cultural, económico y político. Sin embargo, además de ventajas en su desarrollo y crecimiento, también provoca problemas y efectos en la salud.

Desde hace varias décadas, el tema del *Desarrollo Sustentable* ha cobrado importancia a través de la llamada *Economía Ambiental* y se ha materializado en su relación con la contaminación ambiental; específicamente un tema del que existen algunos trabajos a nivel local y regional (Ferrer y Escalante, 2009; Mendoza y García, 2012) e internacional (Capello y Faggian, 2002; Schrank y Lomax, 2009, entre otros), pero que cuentan con una metodología que difiere a la que se desarrolla en este trabajo. En tales estudios se utilizan mediciones monetarias y estimaciones con escenarios de disminución de los contaminantes y los beneficios que traería. Sin embargo, estos análisis como muchos otros no se han logrado aplicar en su totalidad en las políticas públicas.

En los trabajos citados, en documentos oficiales y otros,¹ se ha comprobado que la contaminación daña la salud; dependiendo de su estado físico, del nivel de exposición y resistencia. Independientemente de estos factores, cada organismo responde a la contaminación de tres maneras: 1) Rechazo a través de tos o estornudos, 2) Agotamiento físico, y 3) A través de la presencia de síntomas o enfermedades específicas: irritación de los ojos por ozono en el aire y de partículas de polvo en suspensión (PM10 y PM2.5).

La problemática de los contaminantes químicos del aire, es que causan desde resequedad de mucosas, irritación y comezón en la piel, hasta diversas enfermedades respiratorias, vasculares y cardíacas, incluso la disminución de la capacidad de la sangre para transportar sustancias nutritivas y oxígeno al organismo; trastornos digestivos, problemas en huesos y dientes por fluoruros; asma, bronquitis, aumento de la frecuencia de cáncer bronquial y enfisema pulmonar, problemas cardiovasculares, trombosis, coágulos e infartos de miocardio.

De esta manera, la problemática y los efectos de la contaminación han provocado muertes anticipadas o mayores cantidades de morbilidad. Económicamente se traduce en mayores pérdidas de capital humano o fuerza de trabajo o en mayores gastos en el sector salud, o que significa menores cantidades de millones de pesos para la satisfacción de estos servicios.

El espacio de análisis del tema de las *deseconomías* es importante considerarlo como un punto central, ya que en este caso la ZMVM hasta su conformación actual, se ha caracterizado por una alta concentración de población (20.1 millones de habitantes, INEGI, 2010). Históricamente ha fluctuado en cuestión de urbanización, debido al comportamiento de fenómenos demográficos como:

¹ Ver PROAIRE, (2002-2003 y 2011-2020), Gobierno del Estado de México y Gobierno del Distrito Federal, Agenda de Sustentabilidad Ambiental para la Zona Metropolitana del Valle de México, Comisión Ambiental Metropolitana. Tarriba G., (2012), Calidad del aire y competitividad en las ciudades mexicanas: retos y soluciones. Romieu, et al., (1996).

mortalidad, fecundidad y migración, centralización política, servicios urbanos, especialización económica y tecnológica (Molina T. and Molina J. 2004).

La percepción colectiva del estado de la calidad del aire en la metrópoli, aún no se considera como grave. Las personas que viven en la ZMVM no logran identificar a la contaminación como un fenómeno cercano, sino como ajeno, que afecta a los demás pero no necesariamente a sí mismas. Podría existir el argumento de que en los últimos diez años los contaminantes conocidos como *Criterio* se han mantenido a la baja y que aun así han existido pocos lapsos de contingencias ambientales, lo que quizá haya mantenido una cierta tranquilidad en la población y que no ayuda a posicionar el problema en su debida dimensión. (PROAIRE, 2011 – 2020, GDF).

Sin embargo, el tema de los efectos de la contaminación en la salud de la población debe ser considerado seriamente y su atención debe ocupar un lugar prioritario en el diseño de las políticas públicas para mejorar la calidad de vida en el largo plazo. Estos efectos han sido estudiados para la mayoría de los contaminantes y son considerados como factores que incrementan las tasas de mortalidad y morbilidad.

Respecto al total de enfermedades por contaminación del aire, la OMS estableció que a finales del siglo pasado, ocurrieron más de dos millones de muertes prematuras al año y fueron atribuidas a la contaminación del aire exterior urbano y del aire intramuros por la combustión biomasa, desafortunadamente más de la mitad de esta carga correspondió a poblaciones de países en vías en desarrollo.²

² Según la Organización, para inicios de siglo se estimaba que la contaminación del aire era responsable del 1.4% de todas las muertes prematuras a nivel mundial y del 0.8% de los años de vida perdidos con gozo de plena salud. Igualmente el reporte de muertes asociadas a la contaminación del aire en México, puede compararse a las muertes por violencia. La mala calidad atmosférica provoca 14 mil 734 muertes prematuras anuales, (OMS, 2000 y 2012).

La importancia del tema no solo se enfoca a nivel municipal, estatal, nacional o regional, sino a nivel mundial; cerca del 50% de las muertes por neumonía en menores de 5 años se atribuyen a la inhalación de partículas contaminantes del aire de interiores. Según Lezama (2000), a la población no le importa respirar una mala calidad del aire, sino al menos respirar cualquier aire, en términos de la amenaza que sufre por la inseguridad y la violencia que se presenta en México.

Asegura que se debe realizar un esfuerzo real para considerar este tema en la agenda pública. Solo entre el 2001 y 2005 en México murieron 38 mil personas por cáncer de pulmón, enfermedades cardiopulmonares e infecciones respiratorias relacionadas a estos contaminantes.

La inhalación de partículas en suspensión causa inflamación en los pulmones, que provoca estrés oxidativo y termina inflamando el cerebro. Desgraciadamente los niños son más vulnerables, debido a que su cerebro es una ventana a la influencia del medio ambiente. Considerando la problemática y sus efectos, el presente trabajo analiza las siguientes cuestiones:

- ¿Puede existir una relación espacial entre la emisión de partículas suspendidas y otros contaminantes con un mayor número de defunciones en la Zona Metropolitana del Valle de México?
- ¿Existe evidencia de que ante una mayor exposición a las emisiones contaminantes, se incrementan los casos de defunciones en la ZMVM?
- ¿Se puede encontrar un límite al crecimiento económico de las ciudades?

En tal contexto se buscará probar las siguientes hipótesis:

- Existe una relación espacial de la emisión de partículas suspendidas PM_{2.5} y PM₁₀ y otros contaminantes con un incremento de defunciones a causa de enfermedades relacionadas en la ZMVM.

- Se puede evidenciar que ante una mayor exposición a las emisiones contaminantes, se incrementan los casos de defunciones de enfermedades relacionadas en la ZMVM.
- En las grandes ciudades y metrópolis existe un límite al crecimiento económico por lo que se presentan las llamadas *deseconomías*

De igual manera el objetivo general planteado en la investigación es el siguiente:

- Analizar el impacto en la salud de las emisiones contaminantes, utilizando un modelo econométrico espacial.

Se pretende observar y comprobar si efectivamente existe evidencia empírica de una relación positiva entre la contaminación de las partículas suspendidas PM2.5, PM10 y otros contaminantes como: el bióxido de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, los compuestos orgánicos totales y volátiles contra las defunciones a causa de las enfermedades como: infarto agudo de miocardio, enfermedades cerebrovasculares, enfermedades isquémicas del corazón y enfermedades respiratorias, para el año 2010.

La metodología utilizada para comprobar tal relación se considera como una aportación para este fenómeno y el plus es llevarlo de manera espacial, utilizando las herramientas correspondientes a los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Adicionalmente se utiliza no solamente un modelo econométrico, sino uno que incorpore el factor espacial con su soporte teórico.

El trabajo se estructura de la siguiente manera; en el primer capítulo se indaga en conceptos relacionados a las economías de urbanización y de localización desde el punto de vista de diversos autores contemporáneos y pioneros en la materia. Se realiza una descripción del espacio del problema, de la ciudad y su economía. De las cuestiones de aglomeración y sus efectos en forma de externalidades positivas y para nuestro caso negativas.

De esta cuestión se deriva el problema de la congestión y de la contaminación de las ciudades, con lo que se revisan los conceptos del crecimiento urbano y el tamaño óptimo de una ciudad, que derivan en las *deseconomías* de aglomeración y sus efectos: problemas del medio ambiente y desemboca en los diferentes tipos de contaminación y sus efectos en la salud.

Para el capítulo 2, se desarrolla la problemática de los efectos de las emisiones PM2.5, PM10 y los otros contaminantes; ¿cuáles han sido las evidencias en diferentes documentos oficiales y artículos académicos? Se realiza un análisis descriptivo de los datos como insumo utilizado para el modelo econométrico espacial, esto sin perder de vista que el espacio de análisis es la Zona Metropolitana del Valle de México, que relaciona a las dos entidades más importantes en el país.

Por otro lado, es importante mencionar que se analiza y conceptualiza a las enfermedades relacionadas por los altos índices de contaminación de las sustancias mencionadas, lo cual es interesante para nuestros objetivos que son demostrar que las emisiones de contaminantes tienen gran influencia en las defunciones de estas enfermedades. Se concluye el capítulo describiendo algunos trabajos relacionados aplicados para la ZMVM.

El último capítulo se relaciona con el modelo econométrico aplicado para comprobar la existencia de la relación espacial entre la contaminación y las defunciones. Se realiza una descripción teórica de la econometría espacial, se explica la metodología que deriva de esta herramienta útil y su aplicación en los Sistemas de Información Geográfica. Se especifican las variables utilizadas definidas, se desarrolla el análisis exploratorio espacial de los datos y se continúa con las estimaciones. En el último apartado se tienen los resultados, se corrigen dentro de una estimación econométrica espacial o una estándar. Al final se describen las conclusiones correspondientes.

CAPÍTULO 1

Economías (*Deseconomías*) de Urbanización y Localización.

1.1. Marco teórico

En este capítulo se profundiza en el tema de las economías de urbanización y localización; en una primera parte se destacan sus ventajas: las externalidades positivas con las que se logra un mejor entorno económico en el espacio clave de la urbe: la ciudad. Al mismo tiempo se desarrolla el concepto de *aglomeración*, el crecimiento de las ciudades, algunas teorías en torno a su dimensión óptima y las *deseconomías de aglomeración*, de donde se desprende la contaminación y sus efectos en la salud.

Esta conexión de conceptos parte de considerar a las ciudades como un sistema económico benéfico para sus habitantes, por ejemplo: altos niveles de empleo, mayores ingresos y niveles de vida, mejores servicios públicos, servicios financieros, etc. Los beneficios se relacionan con la localización de las actividades productivas: establecimiento de nuevas compañías, clúster industriales, centros de trabajo, etc., con lo que se generan externalidades positivas.

Sin embargo, en las teorías económicas y en la rama de la economía urbana se presenta un límite al punto óptimo de la ciudad, que se va alejando de tal rendimiento, y aparecen problemas como la congestión del parque vehicular, accidentes automovilísticos y la contaminación. Esto provoca pérdidas en los tiempos de los ciudadanos, estrés (peor aún), muertes debido a los efectos de las emisiones contaminantes, que se traduce en pérdida de años de trabajo, con lo que aumenta la mortalidad y los tiempos perdidos en los empleos por ausentismo.

De esta manera, se está tratando con las llamadas *deseconomías* de urbanización, ya que lejos de mejorar el sistema económico de la ciudad, provoca mayores problemas debido a la contaminación del medio ambiente, por un

incremento desmedido del parque vehicular. Además de emisiones industriales y de otros procesos productivos, lo que resulta en problemas en la salud pública.

De esta manera, se puede considerar el tema la **ciudad** como un fenómeno a la vista de todo el mundo y que pocos la han contemplado para su análisis, como un fenómeno económico, específico y como forma permanente de la organización del trabajo social. Camagni (2005), señala la negligencia de los economistas en su relación con los aspectos espaciales, que se ha convertido incluso en ignorancia, no solo del hombre de la calle, sino del culto que no es capaz de ubicarla.

Entonces ¿cuál pudiera ser el origen del problema de la contaminación que aqueja a la Zona Metropolitana del Valle de México?, al país y al mundo. Esto tiene bases teóricas y una explicación lógica; partiendo del punto de que se debe desprender una rama de la Economía conocida como la *Economía Urbana*, para Heilbrun (1987)³ es un campo de estudio que utiliza herramientas analíticas de la Economía para explicar la organización espacial y económica de las ciudades y áreas metropolitanas. Entonces la formación de los núcleos urbanos se debe a la aparición de los procesos productivos y de especialización del trabajo.

La Economía Urbana es *Economía Espacial*, por lo que se necesita de la concepción y definición de un espacio económico que sostenga la totalidad de las actividades que se realizan en las grandes urbes. La concepción del espacio económico ha continuado con un camino tardío si se compara con la concepción de espacios utilizados en otras ciencias.⁴ Surge formalmente cincuenta años después de *La riqueza de las naciones*⁵ con la publicación de *El Estado aislado*

³ Urban Economics and Public Policy (1987), Palgrave MacMillan, 3a edición, U. S.

⁴ Por ejemplo los fisiócratas o los clásicos como Smith, Stuart Mill ó David Ricardo; es claro que no le dieron importancia a estas implicaciones del espacio en el funcionamiento de los mercados urbanos y regionales, ya que sus referencias explícitas a la ciudad carecen de originalidad y solo extrapolan los conceptos que desarrollaron en otros campos de la ciencia económica.

⁵ Smith, A. (1776), *An Inquiry into the Nature and Causes of The Wealth of Nations*, Strahan W. y Cadell T., Londres.

de Johann Heinrich Thünen en 1826⁶. Otros estudios relacionados en el siglo XX son el de *Espacio Industrial* de Alfred Weber y Tord Palander y el análisis profundo del espacio urbano y regional de Christaller y Lösch que motivó a la aparición de la ***Teoría de los Lugares Centrales***.⁷

Durante la década de los sesenta comenzó dentro de la corriente neoclásica, un movimiento que se bautizó como la ***Nueva Economía Urbana***. Fue llevado a cabo por Alonso (1964), Wingo (1961), Beckman (1969), Muth (1969) y Mills (1972). Otros autores han seguido estos argumentos como Henderson (1983) y Fujita (1989)⁸. Sin embargo, esta ciudad sigue siendo para estos autores bidimensional, circular y monocéntrica.⁹

Se podría aventurar a afirmar, desde el punto de vista neoclásico, que un reto para la Economía Urbana como una de sus prioridades es que cuente con un ***Modelo Espacial de Equilibrio General***, tomando en cuenta las localizaciones y los

⁶ *Der isolirte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, (1966).

⁷ Weber, T., (1909), *Über den Standort der Industrien*, Tübingen, Verlag Mohr. Trad. Al inglés Friedrich, C. J., 1929-1957, *Alfred's Weber Theory of the Location of Industries*, University of Chicago Press. Plander, t., (1935), *Beiträge Zur Standortstheorie*, Uppsala, Almqvist & Wiksells Boktryckeri, AB. Christaller, W., (1933) *Die Zentralen Orte in Süddeutschland*, Jena, Gustav Fischer Verlag. Trad. al inglés 1966, *Central Places in Southern Germany*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. Lösch, A. (1940), *Die Räumliche Ordnung der Wirtschaft*, Jena, Gustav Fischer, 2a ed. 1994, 3a ed. 1962. Trad. Al inglés: Woglom W. H. y Stolper, W. F., (1954), *The Economics of Location*, Yale University Press, New Haven.

⁸ El origen de la teoría de la nueva economía urbana hace alusión al modelo agrícola de Von Thünen (1826-1863). Sus estructuras básicas actuales se basan en modelos básicos: Wingo, L. (1961), *Transportation and Urban Land, Resources for the future*, Baltimore, John Hopkins, 2ª ed. 1964; Alonso, W. (1961), *A model of the Urban Market: Location and Densities of Dwellings and Business*, tesis, Universidad de Pennsylvania. Muth, R. (1961), *Economic Change and Rural-Urban Land Conversions*, *Econometrica*, vol. 29, no. 1. Mills, E. S., 1967, "An Aggregative Model of Resource Allocation in a Metropolitan Area", *American Economic Review, Papers and Proceedings*, vol. 57. Beckmann, M. J., 1969, "On the Distribution of Urban Rent and Residential Density", *Journal of Economic Theory*, no. 1. Alonso, W., 1974. *Toward a General Theory of Land Rent*, Cambridge, Mass., Harvard University Press. Más recientemente han aparecido otros trabajos importantes: Henderson, V., 1977, *Economic Theory and the Cities*, Academic Press, New York. Muth, R., 1979, *Cities and Housings, The Spatial Pattern of Urban Residential Land Use*, Chicago y Londres, University of Chicago Press. Kanemoto, Y., 1980, *Theories of Urban Externalities*, North Holland, Amsterdam. Miyao, T., 1981, *Dynamic Analysis of The Urban Economy*, Academic Press, Nueva York. Fujita, M., 1989, *Urban Economic Theory, Land Use and City Size*, Cambridge University Press.

⁹ Estas teorías tienen limitaciones importantes; a decir: reducen los costos de los desplazamientos de personas y mercancías a los de transporte y a una estimación del valor del tiempo invertido. Otras dan cuenta de una representación muy simplista de la ciudad real.

consumos de espacio respectivos de las actividades interdependientes de la ciudad (vivienda, producción de bienes y servicios públicos y privados, transporte, comercio, educación, cultura, agricultura), que le permita obtener endógenamente las cantidades y los precios de equilibrio de todos los bienes en diversos puntos de la ciudad.

1.1.1 ¿Qué es una ciudad?

O'Sullivan (2007), la define como *un área geográfica que contiene un gran número de gente en un área relativamente pequeña*. En otras palabras, un área urbana tiene una densidad de población que es relativamente alta en relación a los límites del espacio. La definición se basa en la densidad de población, por lo que una característica esencial de una economía urbana es el contacto frecuente entre las diferentes actividades económicas, que son viables si las firmas y los hogares están concentrados en un área relativamente pequeña.

La Economía Urbana se considera ***Economía de la ciudad***, algunos antecesores como Petty (1662), Cantillon (1755) y Smith (1887) llevaron a cabo escritos de la ciudad, raramente algunos de los padres fundadores de esta rama son Marx y Marshall. Por un lado la intuición marxiana,¹⁰ referentes a la división entre el trabajo intelectual y el manual sobre la contradicción entre ciudad y campo como motores de la historia.¹¹ Sin embargo es abandonada por el mismo Marx.¹²

Los historiadores han advertido de la persistente presencia de las ciudades en todas las épocas y en los contextos geográficos. Se ha mostrado cómo las

¹⁰ Del joven Marx en su *Ideología alemana* y en parte dentro de los *Manuscritos económicos-filosóficos* de 1844.

¹¹ Marx y Engels (1967), mencionan que la división del trabajo se convierte en real solo a partir del momento en el que hay una división entre el trabajo material y el trabajo espiritual; la mayor división del trabajo material e intelectual es la separación entre ciudad y campo. [...].

¹² El Marx maduro de *El Capital* y del materialismo histórico. En la que dicha contradicción aceptarán la primitiva versión *smithiana* en la que consideraba un simple caso de división funcional del trabajo.

ciudades se pueden relacionar con el nacimiento de la civilización y cómo han sido la sede privilegiada y natural de las funciones superiores, estratégicas y de mando, de cultura, religión, defensa, industria, terciario, información, gobierno, etc.¹³

1.1.2 Principio y Economías de Aglomeración

Se ha hecho referencia al concepto de la ciudad, con lo que aparece íntimamente el concepto de *aglomeración* como una característica y principio genético de la ciudad, que se ha presentado como una ventaja para las propias relaciones personales, sociales y económicas. La aglomeración y la complementación producen beneficios enfocados a las economías de escala creando procesos eficientes, pero también negativos. Así los beneficios y perjuicios se denominan **externalidades**.¹⁴ Si se considera a las positivas, se tendría la creación de fuentes de trabajo, provisión de servicios y contrariamente se podrían tomar en cuenta: los accidentes, la delincuencia y la **contaminación** (Ochoa, 1997).

Considerando que las ciudades se rigen en una economía de mercado; los salarios se encuentran estipulados por convenios a mediano y largo plazo; similarmente sucede con los bienes y servicios para la vida urbana. Sin embargo la economía de mercado no siempre conduce a la asignación eficiente de recursos en los servicios públicos. Para conocer si una inversión es óptima se deben tomar en cuenta los análisis costo-beneficio y priorizar desde un punto de vista social y tomar en cuenta las externalidades para lograr un equilibrio en las economías de aglomeración y de las *deseconomías*.

Para Camagni (2005), los economistas que trabajan con mayor eficiencia en un modelo concentrado, se basan en las economías de escala o *indivisibilidades*.

¹³ Algunos filósofos como Hegel han indicado sin lugar a duda que la ciudad y su opuesto, el campo, como dos arquetipos de organización social, los dos momentos o ideales del estado; en cuanto a sede de la reflexión replegada sobre sí misma y autorrealizada se refiere a la ciudad y entonces de los individuos que aseguran su conservación a través de una relación con otras personas jurídicas.

¹⁴ Efectos indirectos que afectan no solo a los causantes, sino a terceros pasivos. Ver definición en Varian (1994).

Existen ejemplos en los que se logra alcanzar una dimensión o “escala” suficiente de actividad, con lo que será posible utilizar los procesos productivos eficientemente o alcanzar su cantidad de energía necesaria.

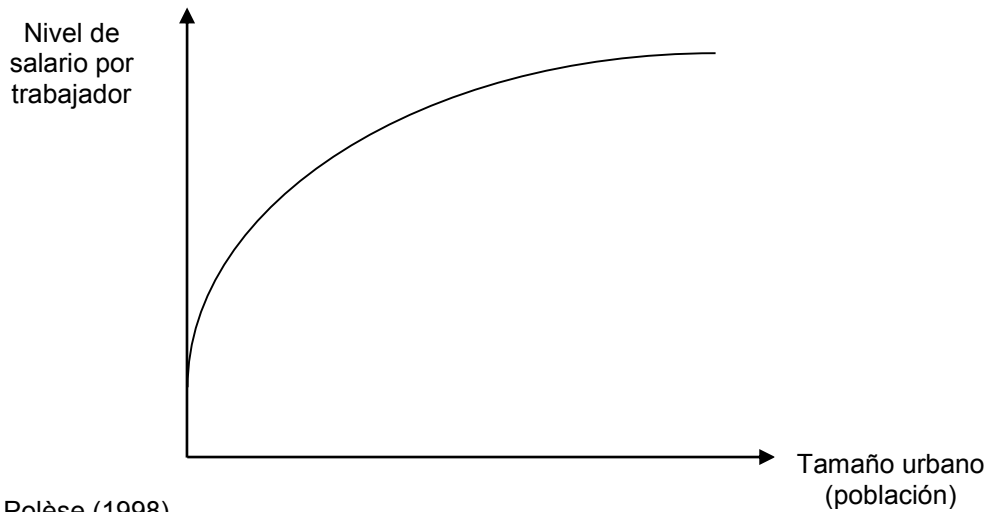
Con la presencia de economías de escala en un solo sector, se modificaría el esquema de localización y la aparición de nodos y polos de aglomeración. En diferentes aspectos se benefician los actores de los factores productivos y la producción tendría lugar en una concentración espacial ventajosa, siendo transportada a los mercados locales.¹⁵

Según Polèse (1998), una industria aumenta su productividad como una ciudad por su sensibilidad a las economías de aglomeración. El tamaño de una metrópoli y su concentración de la industria se acepta como una prueba más de la existencia de aglomeración, sin que para ello se tengan que comprobar las externalidades. Esta situación se observa en un sinnúmero de parques industriales en las zonas metropolitanas de México.

Si se piensa en la productividad global de las ciudades es complicado ofrecer un dato, sería más preciso manifestar la productividad de las aglomeraciones urbanas. Dado que está comprobada la existencia de una relación positiva entre el ingreso medio por habitante y el tamaño urbano, la aglomeración urbana lleva a cabo un impacto positivo sobre la capacidad de producción en cada uno de los sectores económicos. Esta relación se puede observar en la Gráfica 1.1.

¹⁵ Esta conjetura nos lleva a pensar que los trabajadores de la empresa o del sector encuentran mayores ventajas al trasladarse a su lugar de residencia cerca de su área de producción, para economizar tiempos de transporte y costos. (Polèse, 1998).

Gráfica 1.1: Tamaño urbano



Fuente: Polèse (1998).

En el análisis gráfico se observa que el crecimiento de la población va de la mano con el crecimiento urbano, pero llega hasta un punto en que las ganancias adicionales por trabajador disminuyen cuando la ciudad rebasa ese tamaño de la población (comportamiento semejante al supuesto de los rendimientos decrecientes).

1.2 Crecimiento urbano y tamaño de las ciudades

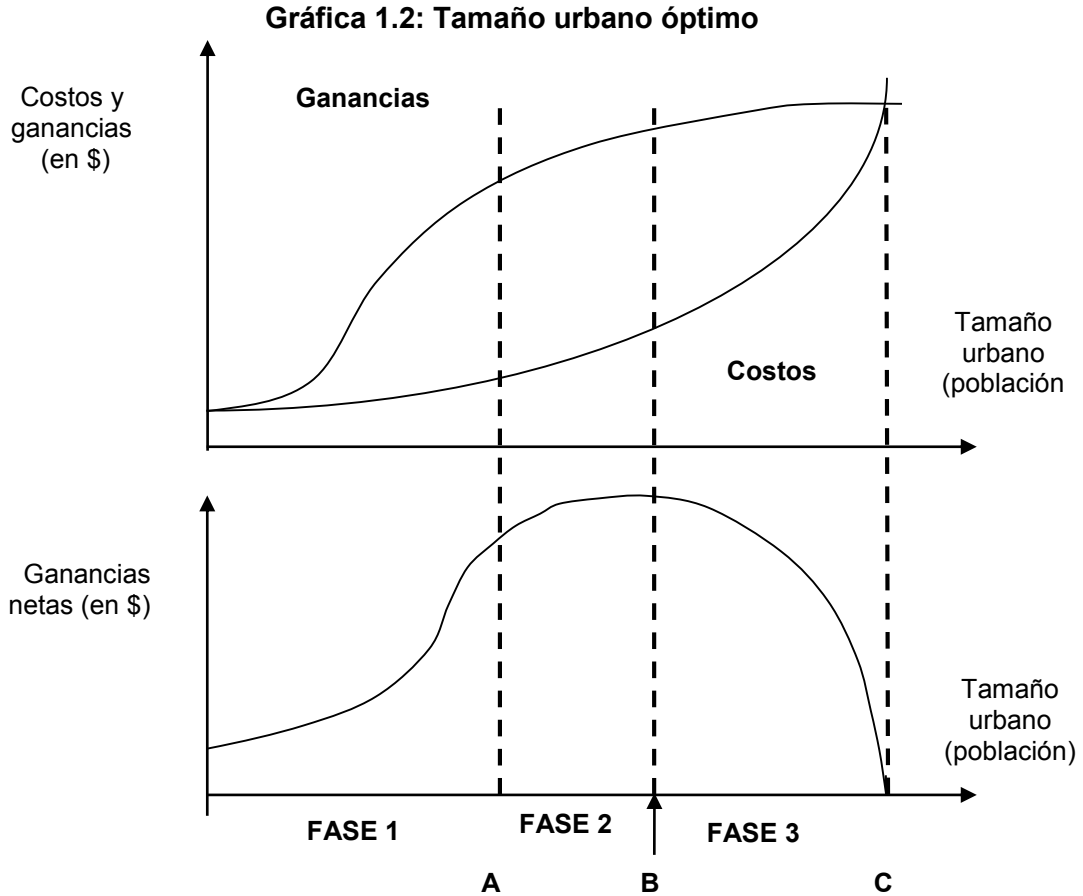
Una cuestión a responder acerca de las producciones acumulativas es: ¿tendrán un límite? La existencia de costos de transporte para productos de la empresa se incrementa exponencialmente con un área servida y sobre un determinado límite superarían las ventajas de las economías de escala (punto clave de nuestro estudio). Se presenta una tendencia globalizada hacia la urbanización con factores como la tecnificación del agro y mayores ingresos en los empleos urbanos, Polèse (1998).

1.2.1 Tesis del tamaño urbano y dimensión óptima de una ciudad

De lo anterior cobra importancia el estudio del **crecimiento y el tamaño óptimo de las ciudades**. Cuando la población crece, se incrementa la escala de producción, el mercado de trabajo, el desarrollo tecnológico y la “eficiencia” de los servicios públicos, pero también las llamadas *deseconomías*; como el desempleo, la congestión, la contaminación, la delincuencia y disturbios sociales.

Dentro de las investigaciones existen pocos estudios teóricos referentes al tamaño urbano. Se puede citar el de Polèse (1998), que menciona que las ganancias derivadas de las economías de aglomeración disminuyen a partir del momento en que una ciudad alcanza un tamaño x , tomando en cuenta sus rendimientos decrecientes. Asimismo, existe un nivel de población en que disminuyen los rendimientos marginales que una empresa o familia obtiene de las economías de aglomeración. Es ahí el punto de quiebre en el que se podría considerar un tamaño urbano “óptimo” y global.

Gráficamente se considera que las ganancias por el crecimiento urbano se incrementan con rapidez. Tomando en cuenta esta situación se elevarían rápidamente a partir de un cierto nivel (Punto B) y finalmente desaparecer las ganancias (punto C). Esto se puede visualizar en la Gráfica 1.2.



Fuente: Polèse (1998).

Se observa que el punto óptimo se encuentra en el punto B, en que la diferencia que separa las ganancias de los costos está a su nivel máximo. La ciudad podría continuar con su crecimiento más allá de sus niveles óptimos y si otras ciudades de menor tamaño del sistema pueden ofrecer mayores ventajas al punto B, entonces ciertos factores de producción se desplazarían hasta ese punto y la ciudad disminuye o se detiene en tal nivel.¹⁶

¹⁶ El esquema tendría sus limitaciones en cuanto se desee planificar el tamaño de la ciudad, debido a su carácter estático del principio de los rendimientos decrecientes. Para ilustrarnos con una curva de costos se supondría la tecnología dada, el desarrollo económico supone un entorno dinámico y el tamaño óptimo varía según las estructuras económicas y de las tecnologías.

1.3 Las Externalidades y las Deseconomías de aglomeración.

Dentro de la literatura se menciona que las ciudades poseen un cierto límite en su crecimiento, las *deseconomías* externas no son diferentes a las economías, lo que se puede mostrar como congestión urbana, contaminación y otros problemas relacionados con la concentración geográfica de personas y de industrias. Con ello se ofrece la idea de que una ciudad no debería continuar con su expansión, ya que si los servicios funcionaran de manera adecuada, quizá no habría problemas, pero nos encontramos ante políticas mal aplicadas, a nivel estatal y municipal.

Según Varian (1994), existe una **externalidad** en el consumo cuando a un consumidor le afecta directamente la producción o el consumo de otros. Existen infinidad de ejemplos, sin embargo a nadie le da igual que alguien fume dentro de un autobús o la contaminación de los automóviles. Estos casos son conocidos como *externalidades negativas* en el consumo. De manera contraria si a alguien le produce placer oler flores del vecino, tenemos las *externalidades positivas*.

Una característica de las externalidades es que existen bienes que interesan a los individuos, pero que no se venden en los mercados, por lo que es importante notar la ausencia de su comercialización. Con ello las externalidades se presentan debido a que los derechos de propiedad están mal definidos, lo que provoca una producción ineficiente. Se ha comprobado que si los derechos de propiedad están bien definidos y existen mecanismos de negociación, los individuos pueden intercambiar sus derechos a generar externalidades, Varian (1994).

Por otro lado, cuando se consultan datos de contaminación y congestión para diferentes ciudades es complicado pensar que las economías externas predominen sobre las *deseconomías*, Polèse (1998). En la mayoría de los países el equilibrio entre ciudades de distintos tamaños será el resultado de la mediación entre factores de concentración y factores de dispersión. En ausencia de costos

de transporte; si las economías de aglomeración son infinitas, entonces todo el empleo se concentrará en una gran ciudad.

Cuando se toma en cuenta el verdadero costo social de una externalidad, la cantidad que genera la producción en contaminantes disminuye la producción óptima de la contaminación. Si la empresa emisora toma en cuenta la posibilidad de minimizar sus costos privados, lo llevará a cabo en el punto en que el costo marginal de la contaminación adicional es cero. Sin embargo, la cantidad de contaminación eficiente en el sentido de Pareto buscará minimizar sus costos sociales de la contaminación. En tal nivel de polución, la suma de los costos marginales de la contaminación de dos empresas consideradas deben ser cero.

1.4 La Ciudad y el medio ambiente

Se considera que la ciudad puede ser abordada como el sistema más acabado de la organización humana. Se analiza como un sistema abierto y complejo, pero devoradora de recursos; productora de bienes, servicios y desechos, pero también: una depredadora del ambiente. Para Martínez (1997), los avances que se han logrado en materia de viabilidad ambiental del fenómeno urbano son difíciles de ubicar en el tiempo, ya que son recientes. En el génesis de esta disciplina se utilizan los términos de referencia a ella como el *desarrollo urbano sustentable, ciudades sustentables, sustentabilidad urbana, etc.*

De manera desatinada este campo y su preocupación mundial es joven, y se podría dar el caso de que sea una disciplina muy compleja en su objeto de estudio, aunado a lo anterior se debe abordar con ciencias como: las naturales, ambientales, Economía, Demografía, Urbanismo, Geografía, Ingenierías, Arquitectura, Sociología y Antropología.¹⁷

¹⁷ Para nuestro interés tomaremos algunas de las mencionadas y agregaríamos la Econometría Espacial, la cartografía y los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Sin duda que el crecimiento de la ciudad y la urbanización trae cambios en la distribución espacial de las actividades productivas y del consumo; estilos de vida y de preferencias sociales de las comunidades urbanas. La discusión de la sustentabilidad de la ciudad es importante si se piensa en un balance de región, o sea en un ambiente territorial, ecológico, económico y social que sobrepase las fronteras de las manchas urbanas.

1.5 La Economía Ambiental Urbana

La preocupación en el valor económico de la degradación ambiental, sus razones económicas y las formas en que la economía puede ayudar a mitigar y revertir este deterioro ha conformado el desarrollo de la *Economía ambiental*. Esta disciplina es aún más joven que la Economía urbana, pero prometedora en el análisis económico (Martínez, 1997).

En la actualidad se debe integrar una agenda ambiental para la Economía Urbana debido a la preocupación de un crecimiento regional sustentable. Si se toman en cuenta sus problemas como el daño ambiental y sus efectos en la salud; e podría pensar en la intervención del Estado u optar por instrumentos de comando y control que prohíban las actividades contaminantes y se obligue a la reducción de los niveles de contaminación (se han hecho programas para ello),¹⁸ o la incorporación de acciones que eliminen distorsiones de mercado.

Para lo anterior, se necesita entender cómo interactúan las variables económicas y ambientales. En otros términos, se deberá explicar la forma en la que el esquema de interrelaciones es percibido por los agentes urbanos e incorporados a los procesos de toma de decisiones a través de alguna política económica real.

¹⁸ Ver por ejemplo: PROAIRE (2002-2010), PROAIRE (2011-2020), Gobierno del Distrito Federal y Gobierno del Estado de México, SEMARNAT, Secretaría de Salud. Agenda de Sustentabilidad Ambiental para la Zona Metropolitana del Valle de México, (2010), Secretaría de Marina y Recursos Naturales.

1.6 Contaminación de automóviles

Se ha mencionado que la contaminación es considerada como una externalidad negativa. Cuando una persona conduce un automóvil la calidad del aire va empeorando. Es difícil que en libre mercado se genere un nivel óptimo de contaminación si no se encuentra regulado, lo que provoca que el consumidor no pague su costo.

Se supone que la cantidad de contaminación de los automóviles se puede controlar aplicando reglas necesarias. Sin embargo, existen problemas a la hora de regular sus emisiones, por ejemplo: se necesita cumplir con las normas establecidas en un estado o región, lo que significaría que todo aquel que compre un auto deberá cubrir el costo de vivir en tal zona por un nivel de contaminación (Varian, 1994).

La responsabilidad del cumplimiento de las normas generalmente recae en el fabricante y no en el consumidor. Si se radica en algún lugar con tecnología para detectar el funcionamiento del auto, puede suceder que el usuario no lleve a cabo su tarea de mantener en buen estado el equipo de inspección o que no tienen incentivo para disminuir su uso. En muchas ciudades del mundo e incluso a nivel municipal, se debe continuar con la motivación de usar menos el automóvil.

La problemática es complicada de solucionar pero no imposible, los diferentes caminos para llevar a un mejor resultado se podrían aplicar de diferentes maneras; cada ciudad o municipio podría establecer tasas basadas en la cantidad estimada de contaminación que hubiera generado el automóvil. Así, caería sobre el automovilista el verdadero costo de la contaminación. Si los pilotos se enfrentaran a los verdaderos costos sociales, generarían la cantidad de contaminación socialmente óptima, con lo que se buscarían métodos para disminuir sus emisiones reduciendo el uso del vehículo o cambiarlo (Varian, 1994).

En cualquier sector de la economía en el que se incremente su productividad, se reflejará en el aumento de la demanda relativa de productos urbanos y en la aceleración de la urbanización, dependiendo de la elasticidad-ingreso de la demanda de bienes y servicios producidos en la ciudad, que será mayor a la elasticidad-ingreso de los productos de campo. Sin embargo, la urbanización no es garantía de desarrollo económico y no tendría más derechos que el campo, ya que no es más importante intervenir en la urbe que en el campo. Sería mejor intervenir donde haga más falta para obtener mayores ganancias (Polèse, 1998).

Se considera que el crecimiento de la ciudad es parte de un fallo del mercado, ya que no contabiliza correctamente los costos sociales del crecimiento urbano. Se supone que el mercado al no tener otras influencias, tiende a fijar la curva de costos en niveles muy bajos, así las economías de aglomeración se sobreestimarían y las deseconomías se subestimarían. Es claro que uno de los costos que el mercado no evalúa son los costos ambientales y peor sus efectos en la salud humana.

Para Polèse (1998), algunas de las razones que ocasiona esta situación es que la sociedad es incapaz de hacerles pagar a los agentes económicos el costo de sus acciones, entre algunos de los límites del mercado se tienen los siguientes fallos:

- a) **El componente no es objeto de un mercado, no se puede poseer ni intercambiar.** Ejemplo: determinar el precio del aire, o pensar que es propiedad de todos y de nadie, así se puede dañar y nadie paga por ello.
- b) **Acceso al componente de manera libre.** Como no existe un control para la comercialización del acceso a un parque o camino, su utilización no se someterá a alguna disciplina del mercado y se explota de manera excesiva.
- c) **Para las externalidades negativas, el agente puede transferir a otras actividades buena parte de sus efectos negativos sin asumir su costo verdadero.**

- d) **Información imperfecta o errónea**; si no se tiene información no se reducirá su consumo y las empresas ocultan información nociva de sus productos.
- e) **Los efectos nocivos se transmiten a otras generaciones.**
- f) **En las preferencias de los individuos no se le da la importancia al medio ambiente.**

1.7 Las partículas suspendidas PM2.5 y PM10 como causantes de mortalidad y morbilidad

En el medio ambiente existen diferentes tipos de contaminantes, en este apartado se especifican cada una de ellos. A manera de importancia, en primer término se tiene a las partículas suspendidas PM10 y PM2.5. La mayoría de estas partículas en el aire no pueden ser vistas, se encuentran flotando y son un tipo de contaminación del aire llamadas partículas suspendidas. Existen en cualquier forma, tamaño y pueden ser sólidas o líquidas. Se pueden dividir en dos grupos: grandes las **PM10** y las más pequeñas **PM2.5**.

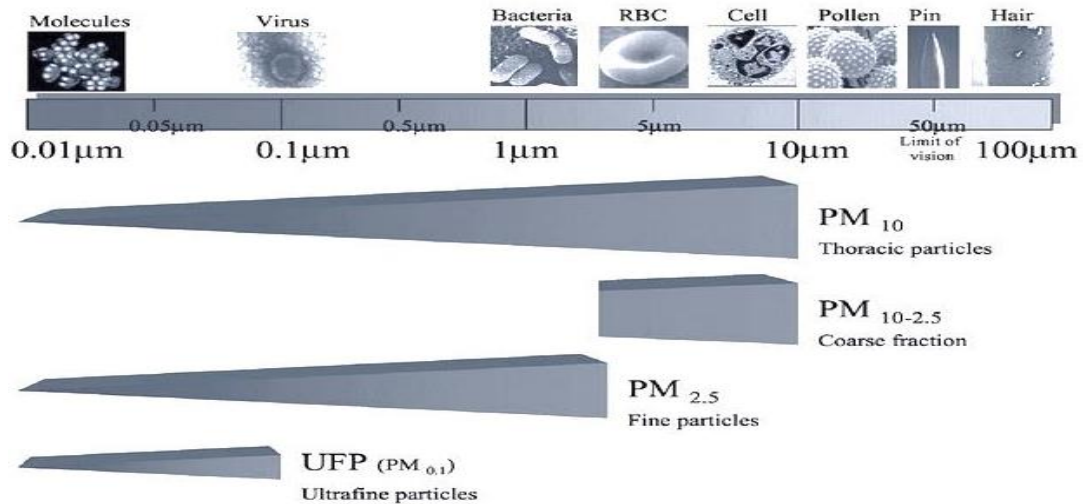
Las grandes, miden entre 2.5 y 10 micrómetros (son de 25 a 100 veces más delgadas que un cabello humano). Estas partículas causan efectos menos severos para la salud. Las pequeñas son menores a 2.5 micrómetros (100 veces más delgadas que un cabello humano). Para conocer su origen de estas partículas, podemos mostrar el esquema 1.1 y Cuadro 1.1.

Esquema 1.1: Partículas PM10 y PM2.5, ¿qué son y qué las produce?

	Partículas Ásperas (PM10)	Partículas Finas (PM2.5)
Lo que son	<ul style="list-style-type: none"> • Humo, tierra y polvo tóxicos de las fábricas, la agricultura y caminos 	<ul style="list-style-type: none"> • Compuestos orgánicos • Metales pesados
Que las produce	<ul style="list-style-type: none"> • Mohos, esporas y polen • Moliendo y aplastando rocas y tierra que el viento levanta 	<ul style="list-style-type: none"> • Manejando automóviles • Quemando plantas (arbustos e incendios forestales desperdicios del jardín) • Fundiendo (purificando) y procesando metales

Fuente: *Air Info Now*: http://www.airinfnow.org/espanol/html/ed_particulate.html

Cuadro 1.1: Características de las Partículas Suspensas PM10 y PM2.5.



Fuente: EPA, (2010).

Las partículas pequeñas son más ligeras, permanecen en el aire más tiempo y viajan lejos, pueden permanecer días o semanas. Por su parte, las PM10 permanecen en el aire por minutos u horas y viajan de cien yardas, hasta treinta millas. Las partículas presentes en la atmósfera de las ciudades en forma sólida o

líquida (polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento, polen) es lo que podríamos considerar como las PM10.

Las partículas PM2.5 se pueden considerar un mejor indicador de la contaminación urbana, incluso que las PM10, debido a su origen antropogénico. Las PM2.5 provienen de las emisiones de los vehículos diésel, por lo que sus efectos sobre nuestra salud son más graves por la capacidad de penetración en las vías respiratorias. Ingresan al cuerpo cuando inhalamos, se aspira junto con las partículas que se encuentran en el aire; esas partículas entran al sistema respiratorio. En su camino se adhieren a las paredes de las vías respiratorias o peor aún, viajan profundamente a los pulmones, y entre más largo sea el viaje, mayor será el efecto nocivo.

Entonces ¿cuál de las partículas es más peligrosa en términos del viaje al organismo?, las partículas PM2.5 pasan a través de las vías respiratorias más pequeñas, pero las PM10 tienen más posibilidades de adherirse a las paredes, o acuñarse en los pasajes estrechos de los pulmones. Otros factores que afectarían el viaje de las partículas son: respirar por la nariz o la boca, el ejercicio; la Edad, debido a que las personas adultas no respiran tan profundo.

1.7.1 Efectos en la salud

Ambas partículas PM10 (grandes) y PM2.5 (pequeñas) pueden causar serios problemas a la salud, específicamente y teóricamente respiratorios, debido a sus viajes más profundos en los pulmones y la composición de elementos tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos que causan cáncer). Sin embargo parece que las PM2.5 pueden tener efectos más severos en la salud.

La exposición a partículas conduce al incremento en el uso de medicamentos, más visitas al doctor o a la sala de emergencias. Algunos de los efectos en la salud son: tos, resollo, dificultad para respirar, agravamiento del asma, daño al pulmón (incluyendo la disminución de la función del pulmón y enfermedades respiratorias

de por vida), hasta muerte prematura en individuos con enfermedades del corazón y pulmón. Para conocer la relación entre el Índice de calidad de Aire (AQI por sus siglas en inglés) y los problemas en la salud, tenemos el cuadro 1.2.

Cuadro 1.2: Valores AQI y su relación con problemas de salud.

Valores AQI	Descripción de la Calidad del Aire	Problemas en la Salud*	
		PM2.5	PM10
0-50	Buena	Ninguno	Ninguno
51-100**	Moderada	Ninguno	Ninguno
101-150	Insalubre para grupos sensitivos	Gente con enfermedades respiratorias o del corazón, deben limitar esfuerzos prolongados.	Personas con enfermedades de las vías respiratorias deben limitar esfuerzos al aire libre.
151-200	Insalubre	Gente con enfermedades respiratorias o del corazón, los ancianos y los niños deben evitar esforzarse prolongadamente, los demás deben limitar esfuerzo prolongado.	Gente con enfermedades respiratorias: asma, deben evitar esforzarse al aire libre, los demás, especialmente los ancianos y niños deben limitar esforzarse al aire libre.
201-300	Muy Insalubre	Gente con enfermedades respiratorias o del corazón, los ancianos y los niños deben evitar esforzarse prolongadamente, los demás deben limitar esfuerzo prolongado.	Gente con enfermedades respiratorias como asma, deben evitar esforzarse al aire libre, los demás, especialmente los ancianos y niños deben limitar esforzarse al aire libre.
301-500	Peligroso	Todos deben evitar cualquier esfuerzo al aire libre; gente con enfermedades del corazón o respiratorias deben permanecer en casa.	Todos deben evitar cualquier esfuerzo al aire libre. Gente con enfermedades respiratorias como asma, deben permanecer en casa.

* PM cuenta con dos conjuntos de declaraciones de advertencia los cuales corresponden a los dos tipos de PM que son medidos:

- Partículas de hasta 2.5 micrómetros en diámetro (PM_{2.5})
- Partículas de hasta 10 micrómetros en diámetro (PM₁₀)

**

- Un AQI de 100 para PM_{2.5} corresponde a un nivel de 40 PM_{2.5} microgramos por metro cúbico (Promediado por 24 horas).
- Un AQI de 100 para PM₁₀ corresponde a un nivel de 150 PM₁₀ microgramos por metro cubico (promediado por 24 horas).

Fuente: Air Info Now, http://www.airinfonow.org/espanol/html/ed_particulate.html.

1.8 Variables y contaminantes como causa de mortalidad y morbilidad en la población

Se puede continuar con el análisis de las variables que se utilizarán como causantes de la mortalidad; además de las PM_{2.5} y PM₁₀, se tiene: Bióxido de Azufre (SO₂), Óxido de Nitrógeno (NO_x), Monóxido de Carbono (CO), de manera complementaria los Compuestos Orgánicos Totales (COT) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV). Como variable social se incorporó al Índice de Marginación (*indmarg*).

1.8.1 Dióxido de Azufre (SO₂)

También se le conoce como Óxido de azufre (IV), Anhídrido sulfuroso, Anhídrido del ácido sulfuroso, es un óxido, gas incoloro con un característico olor asfixiante. Para darse una idea de lo causante de daños en el ambiente, se sabe que se disuelve en el agua formando una disolución ácida.

Es el principal causante de la lluvia ácida, debido a que en la atmósfera se transforma en ácido sulfúrico. Es liberado en muchos procesos de combustión; ya que los combustibles como el carbón, el petróleo, el diésel o el gas natural contienen cantidades de compuestos azufrados. Por esta razón se intenta eliminar todos estos compuestos antes de su combustión, mediante la hidrosulfuración en los derivados del petróleo. Otros procesos que liberan este gas, son los procesos metalúrgicos, en forma de sulfuros. En el medio ambiente, el dióxido de carbono se encuentra en las proximidades de los volcanes y las erupciones.

1.8.2 Óxido de Nitrógeno (NO_x)

Conocido también como Óxido nítrico o Monóxido de Nitrógeno, es un gas incoloro y poco soluble en agua. Se encuentra extendido por el aire producido por automóviles y plantas de energía, es considerado como un agente tóxico. Procede

de fuentes naturales y actividades agrícolas; se puede considerar que tiene un origen antropogénico, especialmente en reacciones de combustión a temperatura alta. Es una molécula altamente inestable en el aire, debido a que se oxida rápidamente, y se convierte en dióxido de nitrógeno. (Gobierno de Navarra, 2013).

Cuando se encuentran a altas temperaturas, el Nitrógeno y Oxígeno moleculares se pueden combinar y formar óxido nítrico, debido a las actividades humanas se ha incrementado la presencia de este gas en la atmósfera. Este ácido produce lluvia ácida y el NO₂ (Dióxido de Nitrógeno) incrementa los efectos nocivos en la capa de ozono. Sus efectos en la radiación solar es doble: en la baja atmósfera aumentan el calentamiento global y en el alta afectan con el oscurecimiento global.

1.8.3 Monóxido de Carbono (CO)

Conocido como Óxido de Carbono (II), Anhídrido carbonoso o Gas carbonoso, es altamente tóxico, puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados. Se produce por la combustión incompleta de sustancias como el gas o la gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera. También se produce cuando no funcionan bien las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman combustible (estufas, hornallas o los calentadores a kerosina).

Es importante resaltar que los vehículos detenidos con el motor encendido lo despiden en grandes cantidades. También se encuentra en las atmósferas de las estrellas de carbono.

1.8.4 Compuestos Orgánicos Totales

Se considera una sustancia que contiene carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo y otros elementos, se forman naturalmente de vegetales y animales mediante la acción de los rayos ultravioleta en la fotosíntesis, además de que en procesos posteriores se transforman en estructuras más complicadas y variadas. Se originan por gasificación o evaporación de sustancias del petróleo o de otras sustancias orgánicas, son causantes de O₃ y de las partículas PM_{2.5}.

Estos compuestos se podrían caracterizar porque al arder dejan un residuo negro de carbón, pueden existir en estado sólido, líquido o gaseoso. Con ellos se elaboran productos para limpieza como jabón o detergentes. Su problemática es en su presencia en combustibles, especialmente en el petróleo y gas natural como causas de contaminación. (Consejería de Medio Ambiente de Andalucía, 2003).

La mayoría de los derivados del petróleo se presentan como una de las fuentes más importantes de la contaminación de los hidrocarburos en el aire, en las aguas superficiales y subterráneas y suelos. Otras fuentes de contaminantes orgánicos son las prácticas agrícolas, el control de plagas en bosques y praderas, las actividades industriales, comerciales y pesqueras.

Algunos de los compuestos orgánicos se conocen como agentes cancerígenos; existen dos tipos: benceno y 1,3-butadieno, la primer sustancia sería capaz de producir leucemia. Por el lado de las plaguicidas; provocan problemas de enfermedades como la malaria y el tifus, la infección de semillas que reduce la productividad de las cosechas y las plagas de insectos. Para los humanos las experiencias de laboratorios han demostrado dosis de compuestos dañinos que causarían cáncer, mutagénesis¹⁹, neuropatías o la muerte. (Consejería de Medio Ambiente de Andalucía, 2003).

¹⁹ Es aquella modificación del material genético que resulta estable y transmisible a células hijas que surgen de la mitosis (se incorporan al ADN en lugar de bases oficiales, lo que provoca

1.8.5 Compuestos Orgánicos Volátiles

También conocidos como hidrocarburos, son compuestos orgánicos que pueden contener C y se encuentran en los elementos vivos. Se convierten fácilmente en vapores o gases. Contienen hidrógeno, oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Estos compuestos se liberan por la quema de combustibles como gasolina, madera, carbón o gas natural y también por disolventes.

Debido a que existen diversos tipos, los hidrocarburos aromáticos presentan mayor toxicidad, pueden tener efectos mayores en el hombre, animales y plantas. Por ejemplo: pueden producir necrosis en las plantas o su menor crecimiento; en los hombres causan cefaleas, irritación del aparato respiratorio y otros daños.

Algunos ejemplos de estos compuestos son naturales: isopreno²⁰, pineno y limoneno; asimismo existen los artificiales como el benceno, tolueno y nitrobenceno.²¹Otro grupo de referencia son los formaldehídos (CH₂O), que puede causar irritación ocular y respiratoria, sequedad de la garganta, náuseas y problemas en general respiratorios y es un agente potencialmente cancerígeno. Gobierno de Navarra (2013).

transversiones o transiciones en futuras replicaciones de ADN). Producción de mutaciones sobre ADN clonado o no.

²⁰ Se emplean normalmente en la industria y en grandes cantidades es un contaminante tóxico capaz de dañar el medio ambiente. Si se lleva a cabo el contacto con el aire es muy reactivo, capaz de polimerizarse de manera explosiva si se calienta. Poisson, Kanakidou Crutzen (2000).

CAPÍTULO 2

La problemática de las emisiones de las partículas suspendidas en la salud en la ZMVM, algunos hechos.

2.1 ¿Cuál es la problemática de los efectos de las partículas PM2.5 y PM10 y otros contaminantes?

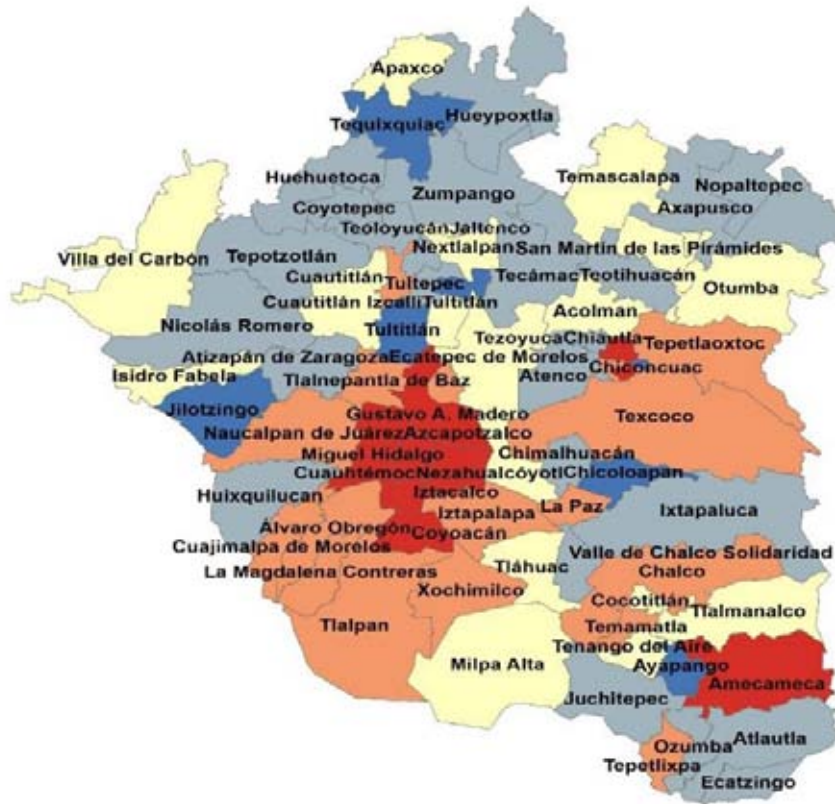
En nuestros tiempos, las grandes ciudades y zonas metropolitanas generan riqueza y mejores niveles de vida para las sociedades. Sin embargo, también enfrentan un sinnúmero de problemas: alta densidad urbana, problemas en el tráfico de congestión, energía inadecuada, falta de planeación y problemas en los servicios públicos, construcción ilegal dentro y fuera de la ciudad, mercados informales, creación o aparición de barrios bajos, zonas pobladas con pobreza y riesgosas (crimen), falta y contaminación del agua y suelo que dañan a la población y en el mediano y largo plazo al medio ambiente.

En ese sentido, nos centraremos en la contaminación del aire en la zona geográfica de la Zona Metropolitana del Valle de México con más de 20 millones de habitantes y en la que se considera por conveniencia las áreas del Distrito Federal y del Estado de México.²² La ZMVM se conforma por las 16 delegaciones del Distrito Federal, 59 municipios del estado de México y uno del estado de Hidalgo.²³ Colinda al norte con los estados de Hidalgo y México, al este con Tlaxcala y Puebla y al sur con Morelos. La conformación de la zona se puede observar en el Mapa 2.1.

²² SEDESOL – CONAPO - INEGI (2005)

²³ Acolman, Amecameca, Apaxco, Atenco, Atizapán de Zaragoza, Atlautla, Axapusco, Ayapango, Chalco, Chiautla, Chicoloapan, Chiconcuac, Chimalhuacán, Coacalco de Berriozábal, Cocotitlán, Coyotepec, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Ecatepec de Morelos, Ecatzingo, Huehuetoca, Hueyoxtlá, Huixquilucan, Isidro Fabela, Ixtapaluca, Jaltenco, Jilotzingo, Juchitepec, La Paz, Melchor Ocampo, Naucalpan de Juárez, Nextlalpan, Nezahualcóyotl, Nicolás Romero, Nopaltepec, Otumba, Ozumba, Papalotla, San Martín de las Pirámides, Tecámac, Temamatla, Temascalapa, Tenango del Aire, Teoloyucan, Teotihuacán, Tepetlaoxtoc, Tepetlixpa, Tepotzotlán, Tequixquiac, Texcoco, Tezoyuca, Tlalmanalco, Tlalnepantla de Baz, Tonanitla, Tultepec, Tultitlán, Valle de Chalco Solidaridad, Villa del Carbón, Zumpango y Tizayuca (Hidalgo).

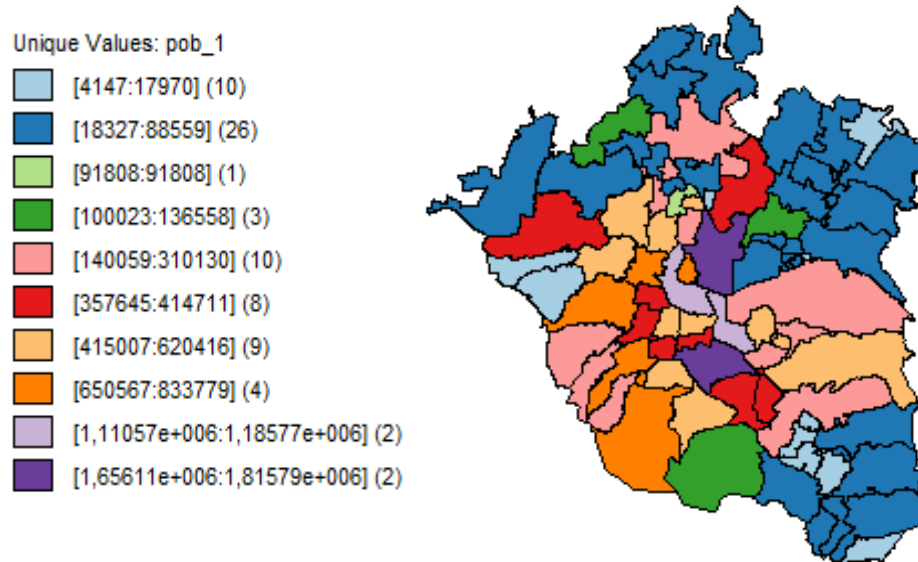
Mapa 2.1: Zona Metropolitana del Valle de México.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2000).

De igual manera, la población de la zona se aprecia en el Mapa 2.2, se observa que por ejemplo; existen 10 municipios con una población de más de 4 mil a cerca de 18 mil habitantes. Y si se considera a municipios de mayor población, se tiene que existen 2 municipios o delegaciones de más de 1 millón de habitantes.

Mapa 2.2: Población de municipios y delegaciones en la ZMVM.



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo de Población y Vivienda, 2010.

La superficie de la ZMVM es de 7,718 km² ocupa el 0.3% del territorio nacional, además habita aproximadamente el 18% de la población total del país. En cuestiones económicas, produce la tercera parte del PIB (33%), pero también demanda 65 m³ de agua por segundo. En la zona transitan aproximadamente 5 millones de vehículos, existen más de 5.3 millones de viviendas y se cuenta con aproximadamente 123 mil comercios y servicios. (Inventario de Emisiones de la ZMVM, 2010).

2.1.1 Emisiones contaminantes Anuales.

Según el último Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México (Secretaría del Medio Ambiente del GDF, 2010), se tienen anuales por toneladas, sector y categoría de cada uno de los contaminantes como se muestra en el Cuadro 2.1

Cuadro 2.1: Emisiones de contaminantes anuales por sector y categoría, ZMVM, 2010 (toneladas).

Sector/Categoría	Emisiones (ton/año)							
	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COT	COV	NH3
Industrial	5,721	1,219	7,423	6,324	13,953	169,514	150,933	145
Fuentes Móviles	3,720	2,769	411	1,587,662	169,005	200,010	188,414	4,448
Servicios y comercios	349	298	245	11,441	5,878	44,593	35,557	N/S
Habitacional	905	880	19	4,427	4,274	203,913	164,747	30,237
Construcción	845	607	N/S	4,746	12,001	1,441	1,381	N/S
Agrícola	2,300	652	8	1,746	4,683	529	491	2,182
Ganadero	112	13	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4,824
Disposición de residuos	N/A	N/A	N/A	153	N/A	330,557	16,090	N/E
Vialidades sin/con pavimento	17,046	2,615	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Incendios	97	86	9	992	32	78	42	9
Vegetación	N/A	N/A	N/A	N/A	5,026	44,774	44,774	N/A
Erosión eólica del suelo	511	108	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Total	31,606	9,247	8,115	1,617,517	214,852	99,409	602,429	41,845

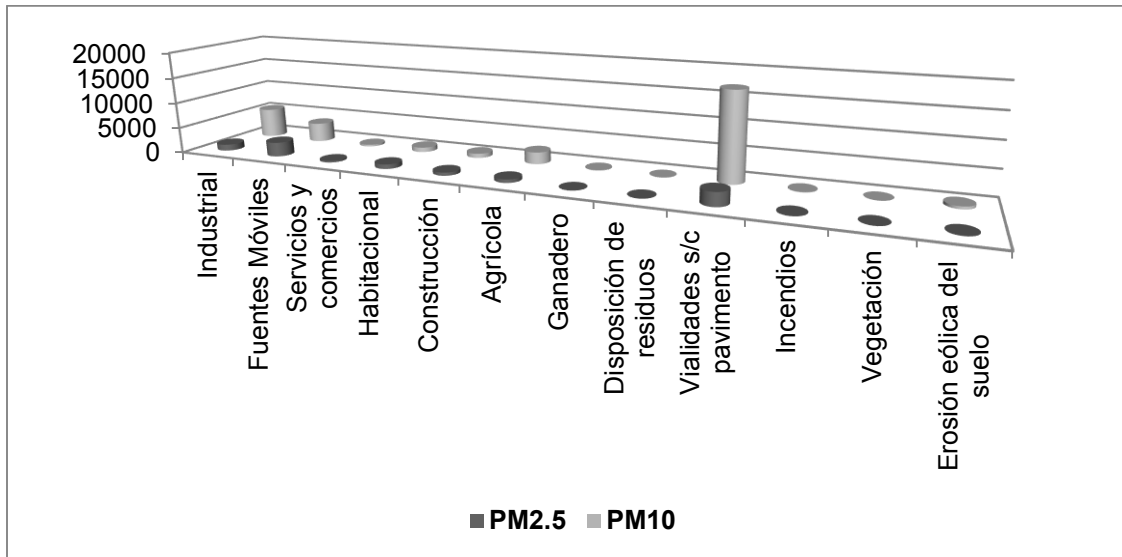
Fuente: Inventario de Emisiones Criterio de la ZMVM, 2010.

Si nos centramos en las emisiones de las partículas PM2.5, se puede notar que son provocadas en su mayoría por **Fuentes móviles**²⁴ con casi 3 mil toneladas anuales, de ahí la importancia que cobra este sector. Además dentro de este rubro es importante mencionar que los tractocamiones participan con un 13.14 por ciento de emisiones y los vehículos de carga mayores a 3.8 toneladas con un 6.19 son los mayores responsables de este tipo de partículas. (Secretaría del Medio Ambiente, GDF, 2010).

Otro rubro con cantidades mayores de toneladas emitidas son las **vialidades sin o con pavimento** con 2 mil 615 toneladas anuales. Si observamos gráficamente los datos, tenemos que en el caso de las emisiones PM10, sus principales fuentes son igual que las PM2.5 las **vialidades sin o con pavimento** con más de 15 mil toneladas y en segundo término aparece el ámbito **industrial** con una cantidad de casi 5 mil. Para estos contaminantes se presenta la gráfica 2.1 para ilustrar en qué sectores existe mayor problemática.

²⁴ Se incluyeron todos los vehículos motorizados que circulan por las vialidades.

Gráfica 2.1: Emisiones de partículas suspendidas PM2.5 y PM10 en la ZMVM por sector, 2010 (ton).

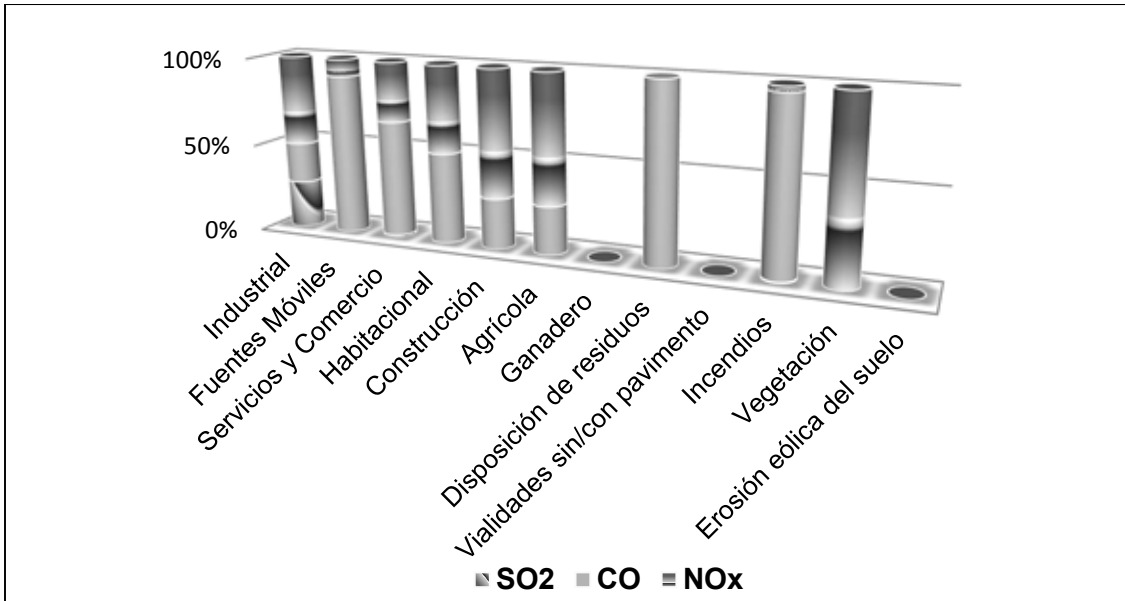


Fuente: Inventario de Emisiones Criterio de la ZMVM, 2010.

En la gráfica se puede establecer una relación del sector fuentes móviles que emana la mayor cantidad de emisiones de monóxido de carbono y en menor medida el óxido de nitrógeno con 10 por ciento aproximadamente. El sector industrial es el que presenta emisiones más equilibradas en estos contaminantes respecto a los otros sectores, por ejemplo: el óxido de nitrógeno emite el 50 por ciento aproximadamente, un 30 por ciento el monóxido de carbono y un 20 por ciento de bióxido de azufre.

Respecto al sector **Habitacional** provoca un 50 por ciento de monóxido de carbono y el resto de óxido de nitrógeno. Para el sector de **Servicios y Comercio** se tiene que casi el 70 por ciento lo genera el monóxido de carbono y el restante el óxido de nitrógeno, es importante considerar estos datos, ya que como veremos, cuentan con gran influencia dentro de los efectos en la salud.

Gráfica 2.2: Emisiones de SO₂, CO y NO_x en la ZMVM, 2010 (ton).



Fuente: Inventario de Emisiones Criterio de la ZMVM, 2010.

2.1.2 Emisiones por entidad federativa.

Si se considera la ubicación de las unidades de información y teniendo en mente políticas aplicables, se debe responsabilizar de su espacio de acción para los tomadores de decisiones. En estas circunstancias, las gestiones dependen del Gobierno del Distrito Federal, del Estado de México y del Gobierno Federal. También se debe concientizar a la ciudadanía en estos temas y los usos a la energía y a los recursos naturales.²⁵

Para estos fines, se considera el Cuadro 2.2 del Inventario de emisiones de la ZMVM (2010), que muestra las emisiones para 2010.

²⁵ Según la Secretaría del medio ambiente del Distrito Federal el consumo de energía en petajoules ha ido en aumento, para el 2010 fue de 322 para el sector del transporte, y en segundo lugar viene el sector industrial con solo 120 petajoules.

Cuadro 2.2: Emisiones de contaminantes por jurisdicción, 2010 (ton).

Jurisdicción	Emisiones (ton/año)							
	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COT	COV	NH3
Distrito Federal	7,513	2,819	236	721,969	91,969	256,298	212,392	16,578
Estado de México	19,916	4,005	1,297	829,330	84,028	339,339	299,708	25,094
Federal	4,177	2,423	6,582	66,213	38,855	399,772	90,330	173
Total	31,606	9,247	8,115	1,617,512	214,852	995,409	602,429	41,845

Fuente: Inventario de Emisiones Criterio de la ZMVM, 2010.

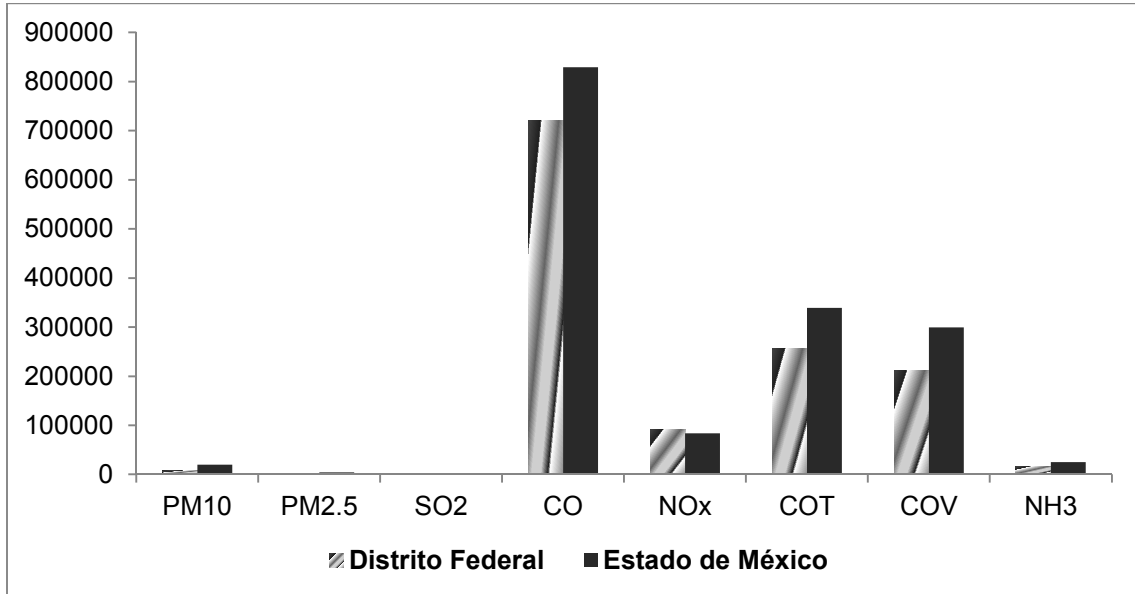
Se observa que las partículas PM2.5²⁶, son mayores en el Estado de México, casi duplican a las del Distrito Federal. Solo en los óxidos de nitrógeno se presentaron mayores niveles en el Distrito Federal, por lo anterior se tendría que llevar a cabo una revisión rigurosa respecto a esa magnitud de este tipo de sustancias dañinas para la salud. Así actualmente se tienen mayores emisiones en el Estado de México²⁷.

En la gráfica 2.3 se puede ver el análisis respecto a otras sustancias contaminantes que se consideran para este análisis y que aquejan a las entidades más importantes del país. Por ejemplo: el monóxido de carbono, los compuestos orgánicos totales y los compuestos orgánicos volátiles en el Estado de México produjo más emisiones durante el 2010, (Inventario de Emisiones de la ZMVM, 2010). El Distrito Federal por su parte es la entidad con mayores emisiones en los óxidos de nitrógeno.

²⁶ Son generadas principalmente por las fuentes móviles; autos particulares.

²⁷ Un petajoules es una unidad de medida de energía o trabajo.

Gráfica 2.3: Emisiones de contaminantes por jurisdicción, 2010.



Fuente. Elaboración propia con datos del Inventario de Emisiones de la ZMVM, 2010.

Sin duda que los datos ofrecen un buen panorama para poder asegurar que el problema de la contaminación en la ZMVM es un tema que las autoridades han considerado parcialmente en sus políticas aplicadas. En algunas ciudades, municipios o delegaciones como Naucalpan, Nezahualcóyotl, Ecatepec de Morelos, o alguna de las delegaciones como Coyoacán o Miguel Hidalgo se han hecho grandes esfuerzos para contrarrestar los efectos negativos. Aún en los lugares menos poblados del Estado de México no se han logrado progresos en esta materia.

Algunos de los problemas relacionados a la contaminación en la ZMVM es el incremento del parque vehicular, en este sector se producen grandes cantidades de partículas suspendidas PM2.5 y PM10. Según Riojas (2009), si el promedio anual de PM10 cumpliera la norma mexicana de 50mg/m³ se evitarían 400 muertes en esos años o si se cumpliera la norma europea de 40 mg/m³ se evitarían mil.

En el caso de las partículas PM2.5 o del Ozono (O₃), se ha constatado que tienen efectos en la salud y en la calidad de vida (Tarriba, 2012). Se menciona que las ciudades mexicanas tienen problemas de contaminación, pero igualmente existe falta de información sobre la calidad del aire, a decir; solo 18 de 59 ciudades en México cuentan con información de los principales contaminantes criterio.²⁸

Durante el 2008, tres de las 20 ciudades con mayor concentración promedio anual de partículas PM2.5 eran mexicanas, OMS (2011). La que mayor cantidad presentó fue Mexicali con 51 mg/m³, Monterrey con 25.4 y el Valle de México con 24.4 mg/m³, esto comparado con la recomendación de la OMS en la que debe ser inferior a 10 mg/m³.

En el mundo, la contaminación del aire es responsable de 1.3 millones muertes prematuras cada año (OMS, 2011), relacionadas a contaminantes como las PM2.5, PM10, O₃, NO₂, o SO₂. Estos datos nos llevan a deliberar dentro de la Economía que esta problemática ha traído elevados costos de diferente índole, por ejemplo: costos directos de servicios de salud, hospitalizaciones, tratamiento y consultas), costos indirectos por pérdida de productividad (muertes prematuras, ausentismo laboral), costos intangibles por dolor y sufrimiento debido a la pérdida de vidas. (Tarriba, 2012).

2.2 Análisis de las enfermedades causantes de defunciones y su relación con las partículas suspendidas y otros contaminantes.

En este apartado se analizan las diferentes enfermedades causadas por los contaminantes atmosféricos. El orden de las mismas no es riguroso, por lo que comenzamos con las enfermedades del sistema circulatorio y sus efectos en la salud.

²⁸ Quizá por este motivo no se hayan concientizado, ya que se tienen datos en que de 2005 a 2010 se han presentado 38 mil muertes por cáncer de pulmón, enfermedades cardiopulmonares e infecciones respiratorias relacionadas a la exposición atmosférica, Stevens (2008).

Se dice que el número de muertes relacionadas a la contaminación atmosférica en México es muy similar a las que ocurren por la violencia en el país. Según la OMS, (2012), se provocan 14 mil 734 muertes prematuras anuales por contaminación, en tanto que según estadísticas de la Procuraduría General de la República; de enero a septiembre de 2011 hubo 12 mil 903 muertes por el crimen.

2.2.1 Enfermedades del sistema circulatorio.

Existen diferentes categorías y causas de las enfermedades relacionadas al sistema circulatorio. Es claro que en este trabajo se traten solamente las relacionadas a la contaminación del aire. Por ejemplo: las **cardiopatías isquémicas, isquemia cardiaca, infarto agudo de miocardio, ataque cardíaco o infarto, endocarditis**, entre otras.

Antes de comenzar a enunciar las enfermedades, debemos introducirnos al estudio del sistema circulatorio, su relación con las enfermedades cardiovasculares y con el corazón. Este órgano posee en ambos lados una cavidad superior (*aurícula*) que recibe la sangre y una cavidad inferior (*ventrículo*) que la expulsa. Para asegurarse que esto suceda y que la sangre fluya en una sola dirección, los ventrículos tienen una válvula de entrada y de salida. Las principales funciones del corazón son proporcionar oxígeno a todo el organismo y el mismo tiempo liberarlo de los productos de desecho, recoger la sangre del organismo, transformarla en oxígeno y bombearla a los pulmones donde se oxigena y libera el anhídrido carbónico, luego el corazón conduce esta sangre rica en oxígeno hacia los tejidos del organismo. (Merck, M., 2007).

El sistema circulatorio (cardiovascular) se compone por arterias, arteriolas, capilares, vénulas y venas. Las arterias fuertes y flexibles transportan sangre desde el corazón y soportan la mayor presión arterial. Las arterias y arteriolas más pequeñas tienen paredes musculares que ajustan su diámetro para aumentar o disminuir el flujo de sangre hacia una zona en particular. Por su parte los capilares

son vasos pequeños, con paredes muy finas que actúan como puentes entre las arterias (llevan la sangre que sale del corazón) y las venas (que las regresan a él).²⁹

El músculo cardíaco (miocardio) recibe una parte del volumen de sangre que pasa por las aurículas y los ventrículos. Las arterias y venas que forman la circulación coronaria, abastecen la sangre al miocardio llena de oxígeno y permite el retorno de la sangre venosa o con poco oxígeno hacia la aurícula derecha. La arteria coronaria derecha e izquierda son las ramas de la aorta responsables del suministro de sangre; así las venas cardíacas se vacían en el seno coronario, que regresa la sangre a la aurícula derecha. (Merck, M., 2007).³⁰

2.2.2 Infarto agudo de miocardio; enfermedades isquémicas del corazón y relacionadas.

El infarto agudo de miocardio se presenta cuando parte del flujo sanguíneo que llega al corazón se ve reducido o interrumpido de forma brusca y grave, por lo que se produce una destrucción del miocardio por falta de oxígeno, lo que lleva a la muerte. Este tipo de infarto se relaciona con un ataque al corazón, es una falta de riego sanguíneo en una parte del corazón “agudo”, músculo y cardio a causa de una obstrucción de una de las arterias coronarias.³¹

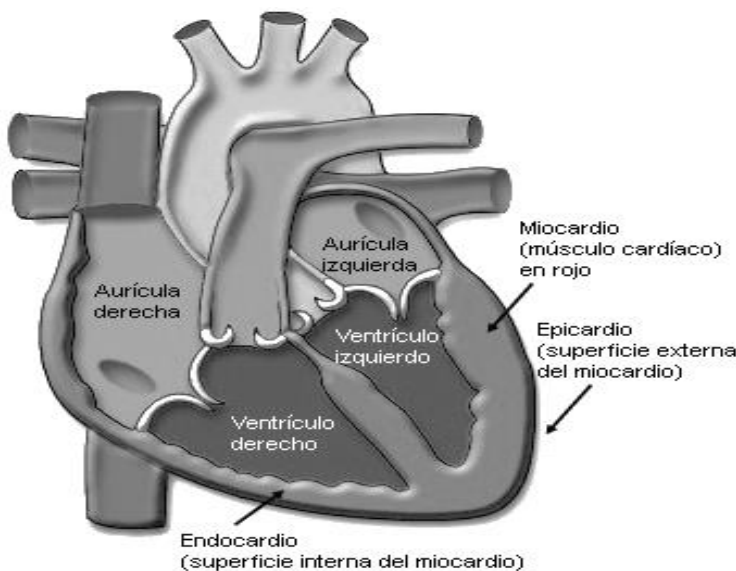
²⁹ Los capilares permiten que el oxígeno y las sustancias nutritivas pasen desde la sangre hacia los tejidos y también dejan que los productos de desecho pasen de los tejidos hacia la sangre.

³⁰ Tomando la alta presión sobre el miocardio que supone la contracción del corazón, el flujo sanguíneo a través de la circulación coronaria se lleva a cabo durante la relajación del músculo cardíaco.

³¹ Las arterias coronarias se sitúan sobre el corazón, nacen en el seno aórtico posterior derecho e izquierdo, pasan a lo largo de los lados del surco y se dividen en la arteria interventricular derecha e izquierda y una gran rama marginal, la que abastece a ambos ventrículos, las aurículas y nodos sinoauricular, Diccionario de Medicina, (2006).

El cierre de estas es provocado por la **aterosclerosis**³² o **embolia**³³ que provoca un área de *necrosis*³⁴ en el miocardio, esto se puede observar en la imagen 2.1.

Imagen 2.1: El Corazón.



Fuente: IMAIOS.com

La capacidad del corazón para seguir bombeando después del ataque cardíaco depende de la extensión y localización del tejido lesionado y de la arteria obstruida. Si la lesión afecta a más de la mitad del tejido cardíaco, el corazón no podrá funcionar, aun cuando la lesión es menos extensa con lo que se produce una insuficiencia cardíaca o un shock.³⁵

Este tipo de infarto se puede presentar en pacientes portadores de la **cardiopatía isquémica**, también conocida como enfermedad **coronaria**, **coronariopatía**,

³² Trastorno arterial frecuente, se caracteriza por el depósito de placas amarillentas; con lo que las paredes de los vasos se engrosan y sus luces se estrechan con lo que se reduce la circulación en los órganos y regiones normalmente irritados por la arteria

³³ Trastorno circulatorio caracterizado por desplazamiento de émbolos a través del torrente sanguíneo, hasta que se bloquea la luz de un vaso

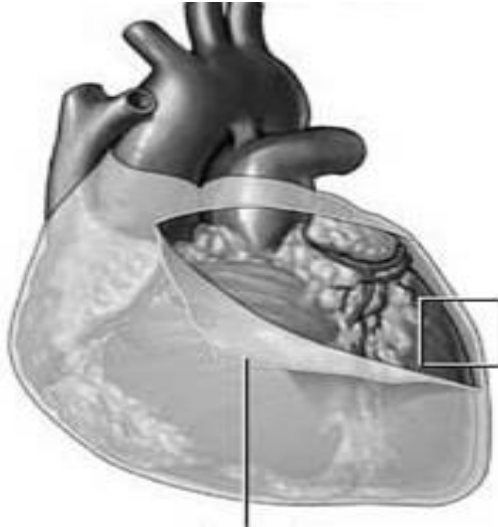
³⁴ Muerte de una porción de tejido consecutiva a enfermedad o lesión

³⁵ Es un estado potencialmente mortal en el cual la presión arterial es demasiado baja para mantener a la persona con vida. El pericardio es el saco de doble capa, flexible y extensible que envuelve al corazón, entre las dos capas contiene un líquido lubricante que permite que puedan deslizarse una sobre la otra.

isquemia cardíaca o miocárdica, que tiene su origen en la incapacidad de las arterias coronarias (ver imagen 2.1) para suministrar el oxígeno necesario a un determinado espacio del músculo cardíaco, lo que provoca su difícil funcionamiento (MERCK, M., 2007).

Se pueden presentar diferentes enfermedades después del infarto agudo de miocardio, por ejemplo el **síndrome de Dressler**, que es un tipo de *pericarditis*³⁶ que ocurre cuando se ha presentado daño al corazón, con frecuencia en días o semanas después del infarto del miocardio³⁷, para ello se muestra la imagen 2.2.

Imagen 2.2: Pericardio



Fuente: www.clinicadelaasuncion.com

Es importante notar que la circulación pulmonar es la porción del sistema circulatorio que conduce sangre desoxigenada desde el corazón a los pulmones,

³⁶ La pericarditis es la inflamación del pericardio por traumatismo, neoplasia (crecimiento anormal de un tejido nuevo, benigno o maligno), infección, infarto del miocardio, colagenosis o causas idiopáticas (enfermedad primitiva que aparece sin causa aparente). Por su parte el pericardio es el saco fibroso que rodea al corazón y a las raíces de los grandes vasos, este saco fibroso que constituye la mayor parte del saco más externo está recubierto por la capa parietal del pericardio fibroso, protege la víscera cardíaca y las membranas

³⁷ El pericardio mantiene al corazón en posición, evita que se llene de mucha sangre y lo protege de infecciones, sin embargo no es esencial para mantener con vida al organismo si se extirpara o si se naciera sin pericardio, aunque sí habría problemas

para después regresarla oxigenada al corazón. Su función de la circulación pulmonar es asegurar la oxigenación sanguínea por la hematosis pulmonar.³⁸

2.2.3 Enfermedades cardiovasculares.

Estas enfermedades se caracterizan por una disfunción en el corazón y en los vasos sanguíneos (arterias y venas), se relacionan intrínsecamente con algunas mencionadas, entre ellas la aterosclerosis, *cor pulmonale*³⁹, cardiopatía reumática e hipertensión sistémica, Diccionario de Medicina (2006).

Otra enfermedad relacionada es el ***tromboembolismo pulmonar***, el cual es un padecimiento desencadenado por la obstrucción arterial pulmonar a causa de un trombo desarrollado *in situ* o de otro material procedente del sistema venoso. Existe un número considerado de pacientes con trombosis venosa profunda y de aquí podemos considerar; el ***cor pulmonale***, que denota insuficiencia cardíaca derecha, este término se utiliza para describir cambios en la estructura y función del ventrículo derecho (una de las cuatro cavidades del corazón; dos aurículas cardíacas y dos ventrículos) como un desorden respiratorio que produzca hipertensión arterial en la arteria pulmonar.

2.2.4 Enfermedades cerebrovasculares.

A este tipo de enfermedades se les puede conocer con nombres alternativos: ***derrame cerebral, infarto cerebral, hemorragia cerebral, accidente cerebrovascular isquémico, accidente cerebrovascular hemorrágico, ataque cerebral***. Este accidente sucede cuando el flujo de sangre a una parte el cerebro

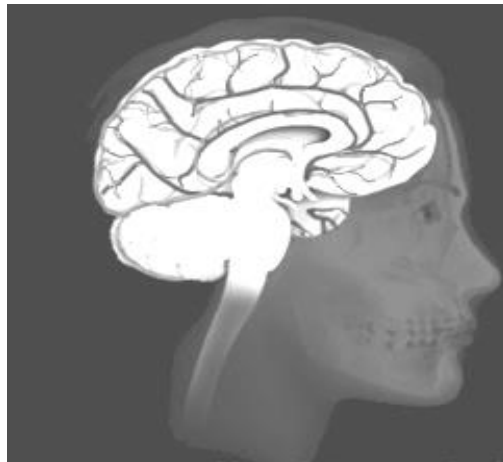
³⁸ La Hematosis pulmonar es el intercambio de gases entre el aire de los alveolos (es el saco terminal de la vía aérea del pulmón en la que se produce el intercambio del oxígeno y dióxido de carbono) y la sangre venosa de los capilares pulmonares, que se convierte en sangre arterial por la fijación el oxígeno y la eliminación del dióxido de carbono.

³⁹ Se refiere al término que denota insuficiencia cardíaca derecha, es usado para describir cambios en la estructura y función del ventrículo derecho.

se detiene (derrame cerebral). Si se detiene el flujo sanguíneo poco más de unos segundos, el cerebro no puede recibir sangre y oxígeno, con lo que las células cerebrales pueden morir, causando daño permanente, Accidente cerebrovascular (Biblioteca Médica, 2011).⁴⁰

Estas enfermedades comprenden un conjunto de trastornos de la vasculatura cerebral⁴¹ que llevan a la disminución del flujo sanguíneo en el cerebro con la afectación de manera transitoria o permanente de la función de una región generalizada o de una zona más pequeña o focal.⁴² Se puede observar de manera clara la vasculatura en la imagen 2.3.

Imagen 2.3: Vasculatura cerebral



Fuente: Lundbeck Institute, Atlas del encéfalo (2011). Consultado el 8 de abril de 2013. http://es.brainexplorer.org/brain_atlas/Brainatlas_Cerebral_vasculature.shtml#image

Se puede considerar que es una hemorragia de un vaso sanguíneo del cerebro. Para poder clasificarlos se toma en cuenta tres criterios: su localización (subaracnoidea, extradural, subdural), el tipo de vaso afectado (arterial, venoso,

⁴⁰ Consultado el 6 de abril de 2013:

<http://www.mhs.net/library/spanish%20hie%20multimedia.html>

⁴¹ En el encéfalo circula alrededor del 18% del volumen total de la sangre del cuerpo, lo que significa alrededor del 2% el peso del cuerpo. Lundbeck Institute, Atlas del encéfalo, (2011).

⁴² El encéfalo (vasculatura) utiliza aproximadamente el 20 por ciento del oxígeno absorbido por los pulmones para su funcionamiento correcto y necesita un suministro constante de sangre. El tejido encefálico privado de oxígeno en menos de un minuto provocaría la pérdida de la conciencia; y privado de sangre durante 5 minutos provocaría daños permanentes.

capilar) y su origen (traumático, degenerativo). De igual manera existen dos tipos principales de accidente cerebrovascular:

- a) **Accidente cerebrovascular isquémico:** ocurre cuando un vaso sanguíneo que irriga la sangre al cerebro se bloquea por un coágulo de sangre, lo que puede suceder de dos maneras:
- Se forma un coágulo en una arteria que ya está muy estrecha, se conoce como ***accidente cerebrovascular trombótico***.
 - Cuando un coágulo se puede desprender desde otro lugar en los vasos sanguíneos del cerebro o alguna parte en el cuerpo y viajar al cerebro, este se denomina ***embolia cerebral o accidente cerebrovascular embólico***.

Estos accidentes pueden ser causados por el taponamiento de las arterias, las grasas o el colesterol y sustancias que se acumulan en la pared de las arterias formando una sustancia pegajosa.

- b) **Un accidente cerebrovascular hemorrágico:** ocurre cuando un vaso sanguíneo en parte del cerebro se debilita y se rompe, provocando que la sangre se escape hacia el cerebro. Se pueden tener defectos en los vasos sanguíneos del cerebro que provocan que esto sea probable.⁴³ Este accidente lo podemos observar de manera ilustrativa en la imagen 2.3.

⁴³ Las personas que tienen cardiopatía o mala circulación a sus piernas a causa del estrechamiento de las arterias son propensos a este accidente, Del Zoppo, Saver, Jauch y Adams, (2009).

Imagen 2.4: Accidente cerebrovascular



Fuente: Enfermedad cerebrovascular, (2012), Consultado el 1 de abril de 2013.
<http://enfermedad-cerebrovascular18.blogspot.mx/>

2.3 El sistema respiratorio y sus funciones.

El aparato respiratorio comienza con la nariz, de ahí la importancia en su relación con los efectos ambientales; continúa hasta los pulmones, donde se intercambia el oxígeno de la atmósfera con el anhídrido carbónico de los tejidos del organismo (Merck, M., 2007). Los pulmones son los órganos más grandes del aparato respiratorio, el pulmón izquierdo es ligeramente menor que el derecho ya que comparte el espacio con el corazón, en el lado izquierdo del tórax. Cada uno de los pulmones está dividido en secciones conocidos como lóbulos, el derecho se conforma por tres lóbulos y el izquierdo por dos.

El aire llega de la nariz a la boca, continua a la garganta (faringe) para pasar hasta la caja que produce la voz (laringe). La laringe se compone o está cubierta por un pequeño fragmento de tejido muscular (epiglotis) que se cierra al momento de la deglución, con lo que se impide que los alimentos ingresen a las vías respiratorias.

La tráquea es la más grande de las vías respiratorias, comienza en la laringe y termina dividiéndose en dos vías aéreas de menor calibre; los bronquios. Estos se dividen en un gran número de vías aéreas de menor tamaño: los bronquiolos, que

son las ramas más pequeñas (5mm de diámetro), conocido como árbol bronquial. También se encuentran los alvéolos, cavidades llenas de aire en forma de diminutas burbujas parecidas a las uvas (Merck, M., 2007).

Los pulmones contienen millones de alvéolos que a su vez están rodeados de una malla densa de capilares sanguíneos. Las paredes alveolares son muy finas, lo que permite el intercambio del oxígeno y una sustancia de desecho; el anhídrido carbónico. También se tiene la pleura, es una capa doble de membrana serosa⁴⁴ que facilita el movimiento de los pulmones en cada inspiración y expiración. Normalmente el espacio entre estas dos capas lubricadas de la pleura es mínimo y en los movimientos respiratorios se desplazan fácilmente una y otra.

Respecto a sus funciones; la principal es conducir oxígeno al interior de los pulmones, transferirlo a la sangre y expulsar las sustancias de desecho. El oxígeno inspirado penetra en los pulmones y alcanza los alvéolos. El oxígeno pasa fácilmente a la sangre de los capilares a través de las paredes alveolares y el anhídrido carbónico pasa desde la sangre al interior de los alvéolos, siendo espirado por las fosas nasales y la boca. Después la sangre oxigenada circula desde los pulmones a través de las venas pulmonares, llega al lado izquierdo del corazón y es bombeada al resto el cuerpo.⁴⁵

2.4 Infecciones de vías respiratorias y relacionadas; Bronquitis, asma y otras

Se considera a la **Bronquitis**, como una inflamación de los bronquios causada por una infección. No es una enfermedad grave y se recupera por completo de ella, sin embargo se pueden presentar problemas en ciertas personas; que padezcan

⁴⁴ Es una de las múltiples cubiertas finas de tejido que recubren las cavidades cerradas del cuerpo; otros ejemplos son el peritoneo que recubre la cavidad peritoneal y el pericardio que recubre el saco que cierra el corazón, también se le conoce como Membrana mucosa y Membrana Sinovial

⁴⁵ La sangre carente de oxígeno y sí compuesta de anhídrido carbónico vuelve al lado derecho el corazón a través de la vena cava superior e inferior y es impulsada a través de la arteria pulmonar hacia los pulmones, donde recoge el oxígeno y desecha el anhídrido carbónico.

de alguna afección cardíaca o pulmonar y en personas en edad avanzada. Ahí influye para el análisis en ciertos grupos de personas como los niños, adultos mayores y personas sensibles (Merck, M., 2007).

La bronquitis se puede dividir en **bronquitis aguda o crónica**, dependiendo de su duración. En épocas de frío se incrementan estos casos. Algunas de las causas en niños se relacionan con el virus *sincicial* respiratorio, *adenovirus*, *rinovirus*, virus de la influenza, influenza B, influenza AH1N1. La bronquitis aguda en los adultos se desarrolla a causa de la influenza A y B, *adenovirus*, *rinovirus*, *influenza* y *sincicial* respiratorio, su duración de este tipo es de 1 a 2 semanas (Lule, 2012).⁴⁶

Otra clasificación es la **bronquitis irritativa**, producida por varias clases de polvo: vapores ácidos fuertes, amoníaco, algunos disolventes orgánicos, cloro, sulfuro de hidrógeno, dióxido de azufre y bromuro, sustancias irritantes de la contaminación; ozono y dióxido de nitrógeno, tabaco y otros humos (Lule, 2012).

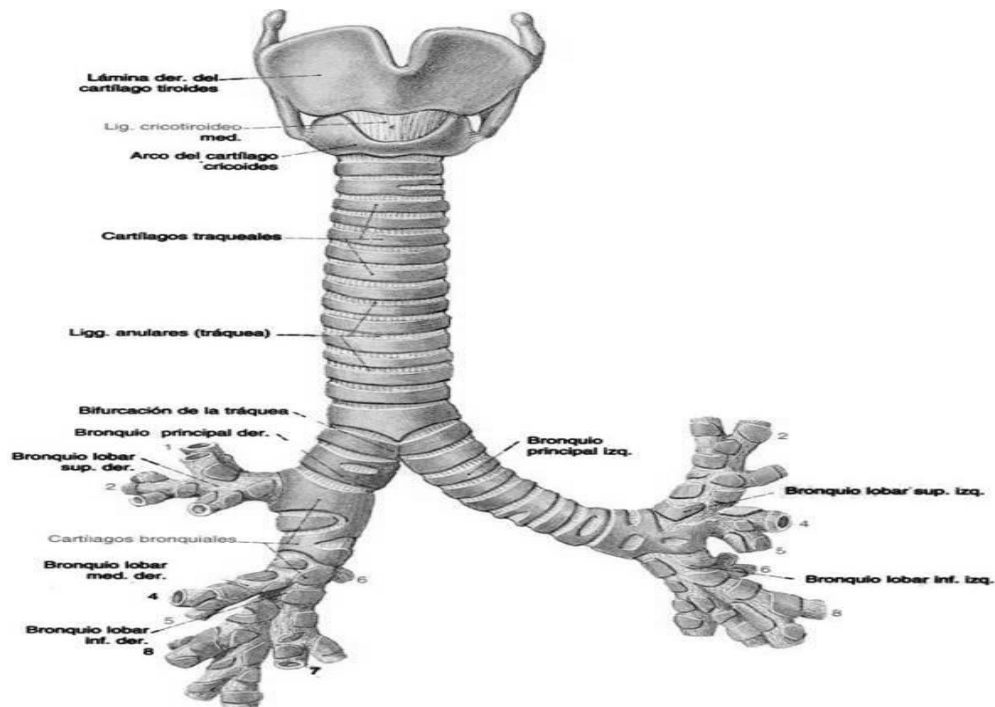
Dentro del grupo de las enfermedades respiratorias a considerar son las **enfermedades obstructivas de las vías respiratorias**. En el caso de la **enfermedad pulmonar obstructiva crónica**, es el impedimento persistente de las vías respiratorias causadas por enfisema⁴⁷ o por bronquitis crónica. Esta se presenta como una tos crónica persistente que produce esputo (secreción o flema) que no se debe a una causa clínica perceptible, como el cáncer de pulmón.

⁴⁶ Otras clasificaciones o separaciones de la bronquitis, la consideran **bronquitis infecciosa**, que igualmente se presenta frecuentemente en invierno. Puede ser causada por gérmenes similares a las bacterias como *Mycoplasma pneumoniae* y *Chlamydia*. En este caso se presentan en mayor proporción en personas que padecen enfermedades crónicas pulmonares o en las vías aéreas pequeñas. Dilatación irreversible de uno o varios bronquios a consecuencia de lesiones en la pared bronquial. Es el resultado de una lesión parcial del tracto respiratorio. No es una sola enfermedad, sino producida por varias y como consecuencia de diversos procesos que lesionan la pared e interfieren con sus defensas.

⁴⁷ Es un ensanchamiento de los pequeños sacos de aire de los pulmones y la destrucción de sus paredes.

Los bronquios y bronquiolos son tubos con paredes musculares, su revestimiento interno es una membrana mucosa que contiene células que producen mucosidad, estas vías se pueden obstruir, lo que pudiera ser reversible o irreversible, cuando es causada por bronquitis crónica la obstrucción es parcialmente reversible. Los bronquios y bronquiolos se aprecian en la imagen 2.5.

Imagen 2.5: Bronquios y bronquiolos.



Fuente: sistema respiratorio, consultado el 25 de abril de 2013.
<http://noeydali.blogspot.es/1246572960/>

Otra enfermedad de suma importancia es el **asma**, se caracteriza por el estrechamiento de los bronquios y por el incremento de la reactividad bronquial⁴⁸ frente a diversos estímulos que producen inflamación; es irreversible. Dentro de sus causas, se menciona que los bronquios de las personas se estrechan por ciertos estímulos: reacción a sustancias que producen alergia, como

⁴⁸ Se puede definir como la respuesta obstructiva de las vías aéreas ante estímulos farmacológicos que contraen el músculo liso de las vías aéreas.

el **polen, los ácaros** (polvo de la casa), escamillas de los pelos de animales, humo, el aire frío y el ejercicio (Clínica Dam, 2013).

El asma en los niños es una causa importante de hospitalizaciones y ausentismo escolar. Entre sus causas: el pelo y caspa de animales, aspirina y otros medicamentos, cambios de clima, químicos en el aire y en alimentos, el polvo, moho, polen, infecciones virales como el resfriado común, Clínica Dam (Madrid, 2012).⁴⁹

2.5 Neumonía, Cáncer de pulmón e Influenza.

La neumonía es un proceso inflamatorio del parénquima pulmonar⁵⁰de causa infecciosa. Se relaciona con la **bronconeumonía**, que se presenta cuando la inflamación se inicia en las paredes bronquiales y se extiende de manera difusa por el pulmón, (Manual de Medicina, 1993).

El cáncer de pulmón, tiene como principal factor al tabaco, cuenta con otros factores epidemiológicos que se derivan de la exposición profesional a sustancias con poder cancerígeno, entre estas destacan: asbestos, arsénico, uranio, níquel, cromo, vinilo y berilio. Otros factores son la raza, factores alimentarios, endocrinos y la contaminación ambiental, (Manual de Medicina, 1993).

La **gripe** (del francés gripper, bloquear), se refiere a la detención brusca de la actividad física del organismo producida por esta enfermedad. Se menciona que esta se debía a la “influenza” de una conjunción desfavorable de los astros o del

⁴⁹ Otro tipo es el **asma bronquial**; se caracteriza por una respuesta exagerada de las vías aéreas frente a diversos estímulos y se manifiesta por obstrucción difusa al flujo aéreo. La definición del Manual de Medicina (1993), incluye tres aspectos prominentes de la enfermedad; 1) Hiperreactividad bronquial, 2) limitación al flujo aéreo, que se detecta clínicamente y se objetiva por la exploración funcional y 3) Reversibilidad, que puede perderse parcialmente en algunos estadios muy evolucionados.

⁵⁰ Es un tejido poco diferenciado, formado por células vivas y relacionadas para diversas funciones. Es un tejido propio de un órgano. En el caso del pulmonar es la estructura extratorácicas: cabeza-cuello y abdomen.

tiempo frío, lo que se ha mantenido como sinónimo de gripe (Manual de Medicina, 1993).

Para las enfermedades infecciosas víricas de las vías respiratorias inferiores, se tiene el **virus gripal**, que son virus de tamaño medio con forma esférica, formados por un RNA dividido en ocho segmentos envueltos en una membrana. Los virus de la gripe humana se incluyen en la familia *Orthomyxoviridae*, de la que se conoce un género, influenza virus, con dos especies; Influenzavirus tipo A y tipo B y uno nuevo tipo C. (Manual de Medicina, 1993). El virus mencionado cuenta con un diámetro entre los 80 y 120 nm. Cada uno de los segmentos y fragmentos está encapsulado por una proteína protectora, la nucleoproteína⁵¹

Por último, la **Neumonía** se produce por la llegada de microorganismos al árbol respiratorio distal (desde el bronquiolo terminal hasta la pleura visceral). Causa un exudado inflamatorio que rellena los alveolos y difunde al intersticio pulmonar,⁵² lo que da lugar a áreas de condensación alveolar o a focos de inflamación peribronquilar (bronconeumonía) visibles en la radiografía del tórax.⁵³

⁵¹ Morfológicamente el virión se caracteriza por la presencia de una envoltura externa, compuesta por dos capas, una de naturaleza lipídica y una interna, formada por una proteína conocida como proteína M o matriz, y unas proyecciones con actividad *hemagutinina (HA)* o *neuraminidasa (NA)*.⁵¹ La Hemaglutinina es una glucoproteína antigénica que se encuentra en la superficie del virus de la gripe y es la responsable de la unión del virus a la célula infectada. Esta proteína es sintetizada como un único precursor polipeptídico y madura para facilitar la unión del virus a las células huésped, seguido por una fusión con las membranas endosomales. Son orgánulos de células animales, delimitado por una sola membrana, que transporta material que se acaba de incorporar por endocitosis (introducción de una molécula de gran tamaño al medio intracelular) mediante un receptor en el dominio intracelular en el lugar que se inicia la invaginación.

⁵² Está conformado por una trama de tejido conectivo que le proporciona un adecuado soporte al resto de las estructuras pulmonares; se distribuye en tres compartimentos: **subpleural**, que se ubica por debajo de la pleura visceral y que penetra en el pulmón a través de los septos interlobulillares (semejante a las cuentas de un collar), **peribroncovascular**, ubicado alrededor de los bronquios y arterias y el **parenquimatoso**, localizado entre las membranas basales del epitelio alveolar y el endotelio capilar.

⁵³ Los gérmenes causantes de la infección pulmonar llegan al parénquima pulmonar por cuatro vías; a) inhalación de partículas infecciosas presentes en el aire; b) aspiración del contenido de vías respiratorias superiores; c) contigüidad y d) vía hematógena. La más frecuente es la aspiración de gérmenes que colonizan la nasofaringe. Los microorganismos presentes en las vías respiratorias superiores son los que causarán la mayoría de las neumonías bacterianas (*neumococo*, *Haemophilus influenzae*, *gérmenes anaerobios*, *Moraxella catarrhalis*). (Medicina Interna, 1993).

2.6 Trabajos relacionados.

De acuerdo al Inventario de Emisiones de la ZMVM (2012), la contaminación atmosférica, a diferencia de lo que se pudiera pensar, estuvo conformada en su mayoría por el sector de transporte vs sector industrial, con un 76% de las 3.1 toneladas de contaminantes. Sin duda que el crecimiento del parque vehicular ha sido un factor detonante para este problema no solo en la ZMVM, sino a nivel nacional e internacional.

De acuerdo a las cifras del Inventario de Emisiones en sus versiones de 1996 y de 2012, el parque ha crecido de 2.72 millones de unidades a 5.02 en el periodo de 1994 al 2011, lo que nos resulta un incremento del 84.72 por ciento, es obvio pensar que contribuyen con una gran proporción en las emisiones de fuentes móviles (Ferrer y Escalante, 2009).

Dentro de los temas relacionados con el cuidado del medio ambiente, la contaminación atmosférica es de los más importantes; ya que se pueden demostrar sus efectos en la salud. Como lo menciona Ferrer y Escalante (2009), en los países pobres el crecimiento de su población, su dinámica económica y el incremento del parque vehicular; son elementos que afectan los niveles de tal contaminación que supera los estándares establecidos por la OMS.

2.6.1 Estudios en la Zona Metropolitana del Valle de México y en México.

En el trabajo realizado por Ferrer y Escalante (2009), su objetivo fue cuantificar el impacto que tiene el ozono (O₃) y las partículas suspendidas PM10 en la salud para la ZMVM. Dentro de sus resultados: se tiene que la población mayor de 65 años es la más afectada por la contaminación atmosférica por partículas

suspendidas. Para esta población los incrementos de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ provoca un crecimiento del 1.21% en la mortalidad de este grupo.

En relación a la contaminación por ozono, los más afectados son los menores de 5 años. Tomando en cuenta estas estimaciones, la mortalidad de estos grupos aumenta en un 2.7%. Loomins (1999), en su estudio de series de tiempo para la Ciudad de México encontró repercusiones similares en niños menores de un año. Los efectos en la población infantil son mayores y se asocia a la mayor exposición en relación a otros grupos. Para este tipo de estudios, se puede obtener el número de casos que reduzcan el número de riesgos de muerte prematura y enfermedades. Es importante señalar que aun así existen casos de cierta incertidumbre en los resultados. Evans, Levy, Hammit, Santos y Castillejos (2002).

Según Téllez (1997) y Hernández (2007) en su estudios realizados para México, comprobaron que un incremento del 2% en las visitas a salas de urgencia por causa respiratoria, tienen relación con aumentos de 10 ppb en las concentraciones de ozono. Otro estudio relacionado, es la perspectiva de Rojas-Martínez (2007), en que se vincula en masa con niños de 8 años en escuelas ubicadas a menos de dos kilómetros de la estación de monitoreo más cercana.

En su trabajo Rojas-Martínez (2007) cada 6 meses se llevó a cabo un seguimiento durante tres años, con lo que se pudo comprobar una asociación entre el déficit del crecimiento pulmonar y la exposición crónica a contaminantes atmosféricos como el ozono PM10 y bióxido de nitrógeno. Se pueden ilustrar de manera clara los efectos en la salud producidos por PM10 y O3 en el cuadro 2.3.

Cuadro 2.3: Efectos en la salud por PM10 y ozono.

Contaminante	Efectos en la salud cuantificados	Efectos en la salud no cuantificados	Otros efectos posibles
Material particulado	Mortalidad Morbilidad: <ul style="list-style-type: none"> • Bronquitis crónica y aguda • Admisiones hospitalarias • Síntomas en vías respiratorias inferiores • Síntomas en vías respiratorias superiores • Enfermedades del pecho • Síntomas respiratorios • Días de actividad restringida • Días de trabajo perdidos • Efectos en asmáticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en la función pulmonar 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades respiratorias crónicas diferentes a la bronquitis crónica • Inflamación en los pulmones
Ozono	Mortalidad Morbilidad: <ul style="list-style-type: none"> • Síntomas respiratorios • Días de actividad restringida • Admisiones hospitalarias • Ataques de asma • Cambios en la función pulmonar • Sinusitis crónica 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento en la respuesta a los estímulos de las vías respiratorias • Inflamación en los pulmones 	Cambios inmunológicos <ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades respiratorias crónicas • Efecto extra pulmonar (cambios en la estructura y la función de los órganos).

Fuente: *The Benefits and Costs of the Clean Air Act, 1970 to 1990* (USEPA 1997), adaptado en: *Economic Valuation of the health impacts of air pollution* (Clean Air Initiative, s. f).

Tales resultados se equiparan con lo encontrado por Téllez (1997), quien modeló la relación entre el número de consultas diarias por causas respiratorias debido a niveles de ozono en la ciudad. Esto también estudiado por Hernández (2007) en Ciudad Juárez, analizaron las concentraciones de ozono y PM10 *versus* el número de consultas diarias debido a enfermedades respiratorias agudas y asma en menores de 15 años. Encontró que las afecciones para estos enfermos se

incrementa en 1.7% en niveles de ozono en 10 ppb. Otro trabajo con resultados similares es el de Romieu (1996), evaluó los efectos de contaminación por ozono en niños con problemas de asma en la Ciudad de México.

En un estudio realizado por el Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente,⁵⁴ se tomó en cuenta un ciclo semanal de NOx en seis centros urbanos para conocer sus efectos en la salud y en los impactos en la mortalidad de PM10 con series temporales. Según los resultados; los efectos de una reducción del 10% en los niveles de contaminación en la ZMVM, provocarían que la mortalidad cohorte disminuyera el riesgo de 2 mil casos al año.⁵⁵

En otro trabajo Cicero et al., estimó la población de la ZMVM expuesta al ozono y partículas. Tomando un escenario Actual y uno Futuro con reducciones para este último de 10 y 20% a un nivel de la norma establecida.⁵⁶ El trabajo se realizó para el periodo de 1995-1999, se tomó un año típico, la población expuesta para los escenarios (4) y proyecciones a 2010 y las contingencias ambientales.

De esta manera se puede constatar que se han realizado análisis de la contaminación y sus efectos en la salud. Todos han contribuido para concientizar a la población y tratar de hacer eco en la mejoría de la salud pública, en este caso para la ZMVM.

⁵⁴ Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, La contaminación del aire de la ZMVM, Problemática y Oportunidades, Seminario Internacional sobre Calidad del Aire y Efectos a la Salud, diciembre de 2009. Presentación.

⁵⁵ La mortalidad reduciría la bronquitis crónica en 10 mil en un año. Respecto a los niveles de bióxido de hidrógeno, Molina encuentra que son mayores estos contaminantes que en Nueva York, por lo que indica que el índice de producción de ozono será mayor.

⁵⁶ Se considera un escenario con reducción de la contaminación del aire hasta el cumplimiento de las normas de protección a la salud en toda la zona metropolitana del Valle de México ZMVM (escenario AQS1) y otro escenario con reducción de la contaminación del aire hasta el cumplimiento de las normas de protección a la salud, en las áreas más contaminadas en toda la ZMVM (68% y 47% de reducción en las concentraciones de ozono y PM10, respectivamente) escenario AQS2).

CAPÍTULO 3

Evidencia empírica de la relación de emisiones contaminantes y defunciones en la ZMVM: Modelo Econométrico Espacial.

Introducción

En el presente capítulo se examina el método que se aplicará para comprobar si efectivamente existe relación entre la cantidad de emisiones de partículas suspendidas y otros contaminantes, con el número de defunciones en la ZMVM. Considerando que el objetivo se basa en tal relación de manera espacial, la herramienta es la Econometría espacial y su modelo de estudio. Es importante mencionar que estas técnicas son solo un instrumento para auxiliarse y poder probar las hipótesis y no la esencia del estudio.

Para tener conocimiento de la herramienta, en la primera sección se ofrece una revisión de su origen, su importancia y su relación con la Economía y con la Economía urbana. Después se consideran algunos de sus conceptos más importantes como la heterogeneidad, dependencia o autocorrelación espacial y sus elementos de análisis: el Índice de Moran y la matriz de pesos o de contigüidad.

Relacionado a lo anterior se trata el problema de la estimación y especificación de un modelo econométrico espacial y la metodología desarrollada por Anselin (1988, 1999, complementada por Florax, Folmer y Rey (2003), Anselin y Rey (1991), Blommestein (1983), entre otros. Se enfatiza en los modelos espaciales autorregresivos y específicamente los **modelos espaciales de errores autocorrelacionados y de rezago espacial**.

Teniendo como base tales elementos; se aplicó un modelo econométrico espacial con ocho regresiones con variables dependientes relacionadas con las tasas de mortalidad y con los tipos de emisiones de contaminantes como variables

independientes, mencionados en el capítulo teórico. Al final se tienen las conclusiones generales y una agenda de investigación.

3.1 La Econometría espacial, conceptos básicos.

Aroca (2000) menciona que un grupo de economistas y científicos como Anselin (1988, 1992; Anselin y Florax, 1995 y Rey, 1997, 1999), desarrollaron técnicas para trabajar con los llamados datos geo-referenciados y estimar modelos que incorporaran correctamente la dimensión espacial. Estas técnicas aumentaron su uso; por ejemplo LeSage y Kelley (2009) para diversos trabajos empíricos y en revistas científicas de economía regional.⁵⁷ Así surgió la **Econometría Espacial** nombrada así por Jean Paelinck⁵⁸ y se refiere al conjunto de métodos para utilizar las características espaciales de los datos geo-referenciados y de los modelos de economía espacial (Anselin, 1992).⁵⁹

Se considera una rama de la econometría clásica que surgió para resolver los problemas que suponen la presencia de efectos espaciales (dependencia y heterogeneidad espacial)⁶⁰, proporcionar técnicas de contrastación y de estimación necesarias para trabajar con datos que presenten estos problemas.

Para Anselin (1988); la econometría espacial es *la colección de técnicas que pugnan con las peculiaridades causadas por el espacio en el análisis estadístico de los modelos de la ciencia regional*. En Anselin (1999), menciona que es un campo de la econometría clásica que se preocupa del trato eficaz de la interacción

⁵⁷ Por ejemplo: *Urban Studies, Journal of Urban Economics, Economic Geography* o sitios: *The Regional Science Association International o Spatial Econometrics Association*.

⁵⁸ Paelinck y Klaassen, (1979), y a los esfuerzos realizados para abordar la autocorrelación espacial en el término de perturbación de una regresión, Moreno y Vayá (2000).

⁵⁹ Algunos autores como Aroca mencionan el término de la econometría regional para considerar a la ciencia regional para estudiar modelos económicos espaciales.

⁶⁰ La dependencia o autocorrelación espacial no puede ser tratada por la Econometría estándar, debido a la multidireccionalidad que domina las relaciones de interdependencia entre unidades espaciales, (Moreno y Vayá, 2000).

espacial (conocida como autocorrelación espacial) y su estructura espacial (heterogeneidad espacial) en modelos de corte transversal y de panel.

Estas metodologías y sus aplicaciones han venido apareciendo en trabajos actuales; ya sea por *econometristas* de origen o por estudiosos de temas afines. Ese creciente interés de las diferentes técnicas de la econometría espacial lo justifican Anselin y Florax (1995) a través de tres razones: 1) Interés en la investigación del rol del espacio y su interacción espacial en las Ciencias Sociales, especialmente en la Economía. 2) Disponibilidad de grandes cantidades de datos con observaciones geo-referenciadas de las agencias oficiales de gobiernos. 3) Desarrollo de tecnologías computacionales eficientes y con bajo costo para el manejo de observaciones referenciadas, como los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Según Aroca (2000); dentro de la Econometría espacial es importante la forma de utilizar la información geográfica contenida en las observaciones de procesos espaciales. La teoría general de sistemas sostiene que *todo está relacionado o que todo depende de todo*, junto con la primera *Ley de la Geografía* (Tobler, 1970). Agrega que la dependencia es mayor cuando los elementos están más cercanos.⁶¹

Dentro de este tipo de análisis, los datos representan objetos que pueden ser ciudades, almacenes, crímenes o accidentes. Para nuestro caso representan emisiones de contaminación de diferentes sustancias, población o tasas de mortalidad de cada una de las enfermedades relacionadas. Los datos también pueden ser líneas o arcos, simulación de carreteras, etc.⁶²

⁶¹ Tobler W., (1970), "A computer model simulation of urban growth in the Detroit region". *Economic Geography*, 46(2): 234-240.

⁶² Son representaciones de los objetos geográficos asociados con ubicaciones específicas en el mundo real. La representación de los objetos se lleva a cabo por puntos, líneas o áreas. Existen otros atributos no gráficos o *alfanuméricos*, que corresponden a descripciones, cualificaciones o características que nombran y determinan los objetos o elementos geográficos. Carmona y Monsalve (1999).

Se trabajará con polígonos dentro del espacio de estudio (ZMVM), conocidos como los datos regionales. La forma más común de representar la ubicación geográfica de los polígonos es con la **Matriz de Contigüidad o de Conectividad**, que se trató en la siguiente sección.

3.1.1 Matriz de contigüidad, Autocorrelación y Heterogeneidad Espacial.

La *matriz de Contigüidad*, es una matriz cuadrada, con número igual de filas y columnas que el número de polígonos independientes del mapa de estudio y que se denomina como W ⁶³. Los valores utilizados para representar vecindades son modificados, la más simple es una matriz binaria, por lo que los elementos de W serán igual a 1 si dos polígonos son vecinos y cero en cualquier otro caso.

La matriz tendrá ceros en su diagonal principal, ya que se supone que un polígono no es vecino de sí mismo, se estandariza por filas, o sea que se divide cada componente de la fila de la matriz por la suma de todos sus elementos de la misma, de modo que la suma de cada fila es uno, esta es la forma más útil de crear los rezagos espaciales, Aroca (2000).⁶⁴

Tales valores se manejan entre 0 y 1, los más cercanos a 0 significan que la región está lejos del centro y tiene menos conectividad y si los valores están cercanos a 1 implicarán alta conectividad y más cercanía al centro del arreglo espacial. Los aspectos que caracterizan a los datos y procesos espaciales es la interacción entre las unidades geográficas, lo que puede dar como resultado la existencia de *autocorrelación o dependencia espacial*, que podemos adelantar como la coincidencia de valores similares con una situación espacial similar.

⁶³ LeSage, J. y Pace K. R. (2009), *Spatial Econometrics*, Taylor & Francis Group, Chapman & Hall/CRC.

⁶⁴ Boot y Kanaroglou (1988), sugieren utilizar los elementos del vector propio asociado al valor propio principal como una medida de localización relativa. Cada elemento del vector propio principal de la matriz es una medida de la ubicación relativa de cada región al centro geográfico del arreglo y su conectividad.

En un proceso espacial la autocorrelación es multidireccional, por lo que ocurre en una unidad afectado por sus vecinos y al mismo tiempo los cambios en la unidad pueden afectar a otros vecinos. Buendía, Yago y Sánchez (2010).⁶⁵

LeSage (2009), menciona que la *dependencia espacial* refleja una situación donde los valores observados de una localidad o región, i , dependen de los valores de las observaciones de vecinos de las localidades cercanas. Si tenemos las observaciones $i = 1$ y $j = 2$ que representan vecinos (regiones con límites que se tocan), entonces un *proceso generador de datos (DGP)*; toma la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 y_i &= \alpha_i y_j + X_i \beta + \varepsilon_i & (3.1) \\
 y_j &= \alpha_j y_i + X_j \beta + \varepsilon_j \\
 \varepsilon_i &\sim N(0, \sigma^2) & i = 1 \\
 \varepsilon_j &\sim N(0, \sigma^2) & j = 1
 \end{aligned}$$

Donde X representa un vector $1 \times k$ de covarianzas o variables explicativas, con parámetros asociados β contenidos en un vector $1 \times k$, ε_i y ε_j se supone que siguen una distribución normal univariada con media y varianza a y b , $N(a, b)$, y con i y j que representan regiones o puntos en el espacio y los valores observados en una localidad o región independientes de las observaciones hechas en otras localidades. Se sugiere un DGP (*Data Generator Process*) simultáneo, en el que el valor de y_i depende del valor de y_j y viceversa.

⁶⁵ En las series de tiempo, la modelización es unidireccional, ya que las observaciones pasadas determinan o afectan el comportamiento de las observaciones futuras y no hay posibilidad de que cambios presentes o futuros afecten el pasado.

3.1.2 Proceso Autorregresivo espacial.

LeSage (2009) analiza esta temática de manera rigurosa, si se considera la formulación (3.1), menciona que para generar un mayor conjunto de observaciones se puede analizar lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 y_i &= \alpha_{i,j}y_j + \alpha_{i,k}y_k + X_i\beta + \varepsilon_i & (3.2) \\
 y_j &= \alpha_{j,i}y_i + \alpha_{j,k}y_k + X_j\beta + \varepsilon_j \\
 y_k &= \alpha_{k,i}y_i + \alpha_{k,j}y_j + X_k\beta + \varepsilon_k \\
 \varepsilon_i &= N(0, \sigma^2) & i = 1 \\
 \varepsilon_j &= N(0, \sigma^2) & j = 1 \\
 \varepsilon_k &= N(0, \sigma^2) & k = 1
 \end{aligned}$$

Señala que cuando se permiten las relaciones de dependencia entre un conjunto de n observaciones/localidades, existen potencialmente $n^2 - n$ relaciones que pueden incrementarse, ya que se cuenta con más incógnitas que ecuaciones.

Si se resta n de la dependencia potencial n^2 para que se descarte la dependencia de una observación de sí misma. Ord (1975) propuso una *parametrización* parsimoniosa para las relaciones de dependencia. Esta estructura ofrece un proceso generador de datos conocido como *proceso espacial autorregresivo*.

Aplicado a las relaciones de dependencia entre las observaciones para la variable y , se tiene que:

$$\begin{aligned}
 y_i &= \rho \sum_{j=1}^n W_{ij}y_j + \varepsilon_i & (3.3) \\
 \varepsilon_i &= N(0, \sigma^2) & i = 1
 \end{aligned}$$

Se eliminó el intercepto para suponer que el vector de observaciones de la variable y , está en las desviaciones de la media. El término: $\sum_{j=1}^n W_{ij}y_j$ es el **rezago espacial**, ya que representa una combinación lineal de valores de la variable y , construida de las observaciones/regiones vecinas de i . Esto es llevado a cabo por los elementos de $W_{ij}y_j$ que es la matriz de pesos espaciales W , dado que de

$\sum_{j=1}^n W_{ij}y_j$ resulta un escalar que representa la combinación lineal de los valores tomados por las observaciones vecinas, LeSage (2009).

Se puede escribir la matriz para la versión del proceso autorregresivo espacial, en el que se utiliza $N(0, \sigma^2 I_n)$ para indicar un proceso de perturbaciones de media cero con varianza σ^2 y covarianza cero entre las observaciones, lo que nos resulta en una matriz diagonal de varianza-covarianza $\sigma^2 I_n$, en la que I_n es la matriz identidad:

$$y = \rho W_y + \varepsilon \quad (3.4)$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n)$$

El parámetro ρ describe la *fuerza de la dependencia espacial* en la muestra de las observaciones. El uso de un solo parámetro refleja un nivel medio de dependencia para todas las relaciones dependientes para las observaciones $i = 1, \dots, n$, la cual es una forma que la parsimonia es alcanzada por la estructura espacial autorregresiva, LeSage (2009).

La autocorrelación espacial se presenta como consecuencia de la existencia de la relación funcional entre lo que pueda ocurrir en un punto y otro del espacio (Cliff y Ord, 1973; Paelinck y Klaassen, 1979). Esta situación puede ser positiva o negativa, ya que si un fenómeno se hace presente en una región se puede extender hacia otras regiones vecinas, con lo que llevaría a una concentración del mismo, es el caso de la autocorrelación positiva.⁶⁶

En un primer momento se aplica el concepto de contigüidad física de primer orden. Se considera el I de Moran (1948) y el de Geary (1954)⁶⁷. Siguiendo con Moreno

⁶⁶ La dependencia espacial de una variable se puede analizar con las técnicas estadísticas que sugiere Anselin (1988, 1995 y Griffith, 1996), esto con el objetivo de que se conozca la intensidad de la dependencia espacial, dentro de un territorio.

⁶⁷ Esto se puede superar con los contrastes locales de asociación espacial con el estadístico local de Moran I , (Anselin, 1995), test New- $G_i(d)$ y New- $G_i^*(d)$ (Ord y Getis, 1995). Se debe considerar que también existen pruebas de autocorrelación global como la I de Moran (1948) y la $G(d)$, (Getis y Ord, 1992) que analizan las observaciones de la muestra de manera conjunta, no son sensibles

y Vayá (2000), aclaran que utilizando el criterio de la proximidad física, citan que se han llevado a cabo definiciones de W basándose en la utilización de la distancia entre regiones (Cliff y Ord, 1973, 1981; Dacey, 1968).⁶⁸

Lo anterior se puede examinar con un diagrama de dispersión; la relación entre las observaciones del vector y , y los valores medios de las observaciones de los vecinos en el vector W_y . Se utiliza el diagrama de Moran (Moran, 1948), con sus cuadrantes del diagrama de dispersión, que muestran lo siguiente: **Cuadrante I:** El promedio del factor de productividad de los estados vecinos es mayor que la media. **Cuadrante II:** El promedio del factor de productividad de los vecinos está arriba de la media. **Cuadrante III:** El promedio de los vecinos está por debajo de la media. **Cuadrante IV:** El promedio de los estados.⁶⁹

La interpretación del parámetro ρ en el proceso espacial autorregresivo se considera tentador como convencional entre el vector y y el rezago espacial W_y . Esto deberá ser evitado, ya que no es completamente exacto. El rango del parámetro debe considerarse entre $[-1,1]$, pero sin ser 1. El Índice de Moran presenta la siguiente expresión:

a situaciones donde predomine la inestabilidad en la distribución espacial de la variable o que no consideran un esquema de dependencia detectado a nivel global

⁶⁸ Anselin (1980) propone la utilización de la matriz inversa de distancias al cuadrado, con lo que la intensidad de la interdependencia entre dos regiones se disminuye con la distancia que separa sus centros. Igualmente, a partir de la matriz de pesos espaciales, se puede obtener el llamado *retardo espacial* de una variable x premultiplicando la matriz W por la variable x , con lo que cada elemento de la variable retardada espacialmente será un promedio ponderado de los valores de la variable en el subgrupo de las observaciones contiguas, ya que $w_{ij} = 0$ para $j \notin S_i$.

⁶⁹ Se observa un parámetro escalar de ρ mayor a cero. Un número considerable de puntos en los cuadrantes II y IV y pocos puntos en el cuadrante I y III sugerirían dependencia espacial negativa, por lo que $\rho < 0$.

$$I = \frac{N}{S_0} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \quad i \neq j \quad (3.5)$$

donde:

N: tamaño muestral

W_{ij} : es el elemento de la matriz de ordenación espacial de las observaciones i y j

$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}$: representa la suma de los elementos de la matriz de contacto espacial, que cuando se estandariza es N.

X_i, X_j : son las observaciones para las localizaciones i y j ⁷⁰

3.2 Estimación y Especificación de Modelos econométricos espaciales.

Los métodos tradicionales de estimación han influenciado a los métodos econométricos espaciales y se han adaptado a sus estimaciones. Los diversos trabajos y modelos espaciales aplicados⁷¹ realizan análisis de los conceptos de *heterogeneidad espacial*, que se presenta como el problema en la estimación de este tipo de modelos cuando las observaciones responden a sensibilidades distintas en el tiempo y no pueden ser capturadas por las variables exploratorias.

La dependencia espacial es según Florax y Van Der Vlist (2003), un término multifuncional. En la estadística espacial y literatura econométrica se le otorga mayor atención a las pruebas de autocorrelación espacial como una comparación con la heterogeneidad, debido a que el grado de esta se puede evaluar utilizando herramientas estadísticas estándar, Cliff y Ord (1981).⁷²

⁷⁰ El estadístico I es la proporción del producto cruzado espacial dividido por la varianza. Si el valor del coeficiente de la I es mayor que su valor esperado, se tiene autocorrelación positiva y negativa en el caso contrario.

⁷¹ Por ejemplo: Moreno y Vayá (2004, 2000), Anselin (2001 y 1998), Florax y Van Der Vlist (2003).

⁷² Aroca (2000), sugiere identificar dentro del tema de heteroscedasticidad dos grupos: *heteroscedasticidad discreta* y *heteroscedasticidad continua*. Para el primer caso, se cuenta con variables binarias para representar regimenes espaciales detectados por las pruebas realizadas y se incluyen en el modelo para afectar el intercepto, la pendiente o ambos. Para el otro caso, en la heteroscedasticidad continua el procedimiento será similar a la econometría tradicional, en la que se utilizaría una regresión ponderada por los factores espaciales que generan heteroscedasticidad (MCO).

La modelación de la interacción espacial demanda algún tipo de estructura sobre la relación entre unidades del proceso. Las imposiciones originan dos modelos populares en la estimación de modelos de regresión en econometría espacial: los **espaciales autorregresivos y modelos espaciales de errores autocorrelacionados**.

3.3 Autocorrelación espacial en un modelo de regresión.

Se puede presentar el caso en que los efectos espaciales se presenten en un modelo de regresión, teniendo como consecuencia la existencia de variables sistemáticas correlacionadas espacialmente o por la existencia de un esquema de dependencia en el término de perturbación, Moreno y Vayá (2004). A esta situación se le agrega la modelización que según Buendía, Yago y Sánchez (2003), se constituye por diferentes métodos de estimación y los contrastes de especificación para analizarla.

Se deben mencionar las consecuencias derivadas de la autocorrelación espacial en la estimación convencional por Mínimos Cuadrados Ordinarios, ya que sus estimaciones serán ineficientes (matriz de varianzas-covarianzas del término de perturbación que será no escalar), por lo que la varianza residual es sesgada y las predicciones ineficientes.⁷³

Entre los problemas más importantes en la especificación de los modelos espaciales se encuentran su variedad aplicadas a la ciencia regional. Según Chasco (2003), se da la impresión de que cada modelo necesitara su propio esquema metodológico, por lo que las técnicas econométricas se pueden agrupar y realizar tipologías de los modelos, que se analiza en la siguiente sección.

⁷³ Se sesgará la inferencia en las pruebas de la *t*-Student y en la R^2 , que se encontrará sobrevalorada. Y también se invalidará la prueba de inestabilidad estructural como la prueba de Chow o las de heterocedasticidad, LeSage (2009), Aroca (2000), Chasco (2003), Moreno y Vayá (2004).

3.4 Modelos de dependencia espacial o modelos espaciales dinámicos.

Para simplificar el estudio de los diferentes tipos de modelos espaciales, se expone una tipología sencilla y se basa en cuatro modelos explicativos de dependencia espacial: **modelo de regresión espacial autorregresivo, modelo básico de regresión lineal, modelo del error espacial y modelo de retardo espacial.**

Según Anselin (1999), en un modelo de regresión lineal estándar se puede incorporar la dependencia espacial de dos maneras: como un regresor adicional en la forma de una variable dependiente espacialmente rezagada (Wy) o en la estructura del error ($E[\varepsilon_i \varepsilon_j] \neq 0$). El último se refiere al modelo de rezago espacial y sería adecuado cuando el objetivo de interés es la valoración de la existencia y una fuerte interacción espacial.

Este último modelo se interpreta como una dependencia espacial sustantiva en el sentido de estar directamente relacionado al modelo espacial. La dependencia espacial en el término de perturbación de la regresión, o un *modelo de error espacial*, puede tomar alguna de las siguientes formas. Si se tiene una matriz de pesos W de $N \times N$, un vector de variables aleatorias y de $N \times 1$ y un vector ε de $N \times 1$ iid de los errores aleatorios, entonces un proceso autorregresivo simultáneo se definirá como:

$$(y - \mu i) = \rho W(y - \mu i) + \varepsilon, \text{ o } (y - \mu i) = (I - \rho W)^{-1} \varepsilon \quad (3.6)$$

Igualmente un proceso de medias móviles se tiene:

$$y = \lambda W \varepsilon + \varepsilon, \text{ o } y = (I + \lambda W) \varepsilon \quad (3.7)$$

donde se tiene que:

I es la matriz identidad de $N \times N$,

i el vector de unos,

μ es la media de las variables aleatorias y_i

ε_i el término de error, con media cero y varianza σ^2

ρ y λ son el parámetro autorregresivo y de medias móviles

También se puede analizar de manera detallada un modelo de rezago espacial, o regresivo mixto:

$$y = \rho W y + X \beta + \varepsilon \quad (3.8)$$

donde:

ρ : es un coeficiente espacial autorregresivo

ε : es un vector del término de error

A diferencia de una serie de tiempo, el término de rezago espacial Wy está correlacionado con las perturbaciones cuando es *iid*. La forma reducida del modelo de rezago espacial se puede ver como:

$$y = (I - \rho W)^{-1} X \beta + (I - \rho W)^{-1} \varepsilon \quad (3.9)$$

Cada inversa puede ser expandida a una serie infinita, incluyendo ambas variables explicativas y los términos de error de todas las localidades (multiplicador espacial) y además el término de rezago espacial será tratado como una variable endógena y los métodos de estimación deberán ser por endogeneidad.⁷⁴

Por otro lado, cuando el proceso de error es *SAR*, el resultado del modelo puede ser expresado como una especificación de rezago espacial, en la forma del llamado **Durbin espacial**, o modelo de factor común espacial (Anselin, 1980). El modelo de error SAR se muestra como:

⁷⁴ Para Anselin (1999), el modelo de error espacial es un caso especial de una regresión con término de error no-esférico, en el que los elementos de la diagonal de la matriz de covarianza expresa la estructura de dependencia espacial. Por lo tanto los MCO serán insesgados, pero no es eficiente y las estimaciones clásicas para los errores estándar serán sesgadas.

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (3.10)$$

$$\varepsilon = \lambda W\varepsilon + u$$

$$\varepsilon = (I - \lambda W)^{-1}u, y = X\beta + (I - \lambda W)^{-1}u, \text{ ó:}$$

$$y = \lambda Wy + X\beta - \lambda WX\beta + \varepsilon \quad (3.11)$$

Sería un modelo de rezago espacial con un conjunto adicional de variables exógenas rezagadas espaciales (WX) y con un conjunto de k restricciones no lineales en los coeficientes. La similitud entre el modelo de error (3.15) y el modelo de rezago espacial puro (3.12) complicarán la prueba de especificación, dado que el diseño de pruebas para un modelo de rezago alternativo también tendrán poder contra una alternativa del error espacial y viceversa.

Los modelos de regresión espacial en su mayoría se basan en una sola matriz de pesos espaciales. Sin embargo, en un principio los modelos de orden mayor son posibles como buenos: el autorregresivo espacial, las especificaciones de medias móviles o el *SARMA* y los modelos que incluyan una variable dependiente rezagada como el proceso de error, todos ellos en su especificación deben tener cuidado de que la matriz de pesos sea única, ortogonal y que todos los coeficientes sean identificados. (Anselin, 1999).

3.5 Evidencia empírica de los efectos de las emisiones de partículas suspendidas, contaminantes y tasas de mortalidad.

3.5.1 Metodología y variables utilizadas.

El análisis aplicado para el modelo econométrico espacial, se basa en las metodologías propuestas por Anselin (1998, 2000), Hendry (1979), Anselin y Rey (1991), Anselin y Florax (1995) y Anselin y Hudak (1992), dentro de sus aportaciones, se formula un enfoque llamado “Clásico”, se puede resumir en el siguiente proceso:

1. Estimación del modelo inicial como $y = X\beta + \varepsilon$, por medio de Mínimos Cuadrados Ordinarios
2. Probar la hipótesis de la no dependencia espacial con un rezago espacial omitido o con errores autorregresivos espaciales, utilizando LM_ρ (Multiplicadores de Lagrange) o LM_λ .
3. En el caso de que ambas pruebas no sean significativas, la estimación inicial del primer paso, se utilizará como especificación final. Si es contrario, se debe continuar con el paso 4.
4. Si ambas pruebas son significativas, se estima la mejor especificación, esto es si $LM_\rho > LM_\lambda$, entonces se estima el de rezago espacial, dado por: $y = \rho W y + X\beta + \mu$ utilizando *MLLAG*. En el caso contrario, si $LM_\rho < LM_\lambda$, se estimará el modelo de error espacial, dado por: $y = X\beta + (I - \lambda W)^{-1}\varepsilon$, utilizando *MLERROR*. En otro caso, se procederá al paso 5.
5. Si LM_ρ es significativo pero LM_λ no lo es, se estima *MLLAG*. En otro caso se procede al paso 6.
6. Estimar por *MLERROR*.

3.5.1.1 Variables dependientes:

1. Tasa de mortalidad por Infarto Agudo de Miocardio, ***tminfagm***
2. Porcentaje de edad del total de defunciones por Infarto Agudo de Miocardio, mayores de 65 años y menores de 5, ***infagmpo***
3. Tasa de mortalidad por Enfermedades Cerebrovasculares, ***tmenfcer***
4. Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Cerebrovasculares, mayores de 65 años y menores de 5, ***encervpo***
5. Tasa de mortalidad por Enfermedades Isquémicas del corazón, ***tmisqcor***
6. Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Isquémicas del corazón, mayores de 65 años y menores de 5, ***isqcorpo***
7. Tasa de mortalidad por Enfermedades Respiratorias, ***tmenfcer***
8. Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Respiratorias, mayores de 65 años y menores de 5, ***enferespo***

3.5.1.2 Variables Independientes:

1. Emisión de partículas suspendidas PM10, por toneladas anuales, ***pm10***
2. Emisión de partículas suspendidas PM2.5, por toneladas anuales, ***pm25***
3. Emisión de contaminantes de Bióxido de Azufre, toneladas anuales, ***so2***
4. Emisión de contaminantes Monóxido de Carbono, toneladas anuales, ***co***
5. Emisión de contaminantes de Óxido de Nitrógeno, toneladas anuales, ***nox***
6. Emisión de Compuestos Orgánicos Totales, toneladas anuales, ***cot***
7. Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles, toneladas anuales, ***cov***
8. Índice de marginación, ***indmarg***

Los datos de las tasas de mortalidad de cada una de las enfermedades se obtuvieron de la base de datos del Sistema Nacional de Información en Salud

(SINAIS), en la categoría de las Bases de Datos sobre Defunciones, dependiente de la Secretaría de Salud, en su página electrónica.⁷⁵

Se llevó a cabo un filtro en la búsqueda de enfermedades relacionadas a la contaminación, en especial con las partículas suspendidas PM10 y PM2.5. Asimismo, se incorporaron otras enfermedades, este grupo se puede consultar en el Anexo 1.

Las tasas de mortalidad se calcularon considerando el total de casos de defunciones, por municipio y delegación, para 2010. Para contar con tasas de defunción significativas, se aplicó tasa por cada 10 mil habitantes. De igual manera, se utilizaron porcentajes de defunciones para las enfermedades como variables dependientes, considerando que teóricamente afectan en una mayor proporción a los individuos mayores de 65 años y menores de 5. Por ejemplo: para las enfermedades respiratorias un 75 por ciento del total de defunciones ocurrieron cuando se tenía edad de más de 65 años y menos de 5.

Con este número de variables dependientes se obtuvieron 8 regresiones espaciales analizadas contra las variables explicativas y el análisis de sus resultados correspondientes. A las variables dependientes se les aplicó logaritmo natural, para que se realice una linealización y se cuente con una distribución más balanceada. Sarel (1995).

Respecto a las variables explicativas, se obtuvieron por petición a la Secretaría del Medio Ambiente (SMA) del Gobierno del Distrito Federal. Se refieren específicamente a Emisiones de Fuentes Móviles por Municipio y Delegación de la Zona Metropolitana del Valle de México, para 2010. Las emisiones se encuentran por tonelada anual. Teóricamente se ha hecho hincapié de que cobran mayor importancia las emisiones en el parque vehicular y no en la industria.

⁷⁵ www.sinais.salud.gob.mx/basesdedatos.

La otra variable explicativa es el índice de marginación, obtenido de la página electrónica del Consejo Nacional de Población (CONAPO), en el rubro de Índices de Marginación por Entidad Federativa y Municipio 2010.⁷⁶ De igual manera se aplicó logaritmo natural en su totalidad de las variables explicativas, para los fines similares de las dependientes.

Respecto a la cuestión del espacio de análisis, se recurrió a la obtención de un corte de la ZMVM, utilizando el Marco Geoestadístico Municipal versión 2000, en la página de INEGI.⁷⁷ Posteriormente se realizó la selección de los municipios y delegaciones para obtener el corte de la ZMVM. Se enlazaron los datos estadísticos de todas las variables con el corte geo-referenciado para poder contar con un archivo de tipo *shp* (*shapefile*), y tener el insumo para el análisis econométrico espacial.

3.5.2 Análisis Exploratorio de los efectos de las partículas suspendidas PM10 y PM2.5 y otros contaminantes en las tasas de defunción.

Para ofrecer un panorama de los datos estadísticos de manera espacial y siguiendo con la metodología de Anselin se realizó el análisis exploratorio de datos. Según Moreno y Vayá (2004), se podría utilizar la visualización en un mapa, lo cual ofrece una idea.⁷⁸

⁷⁶ El sitio fue http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indices_de_Marginacion_Publicaciones

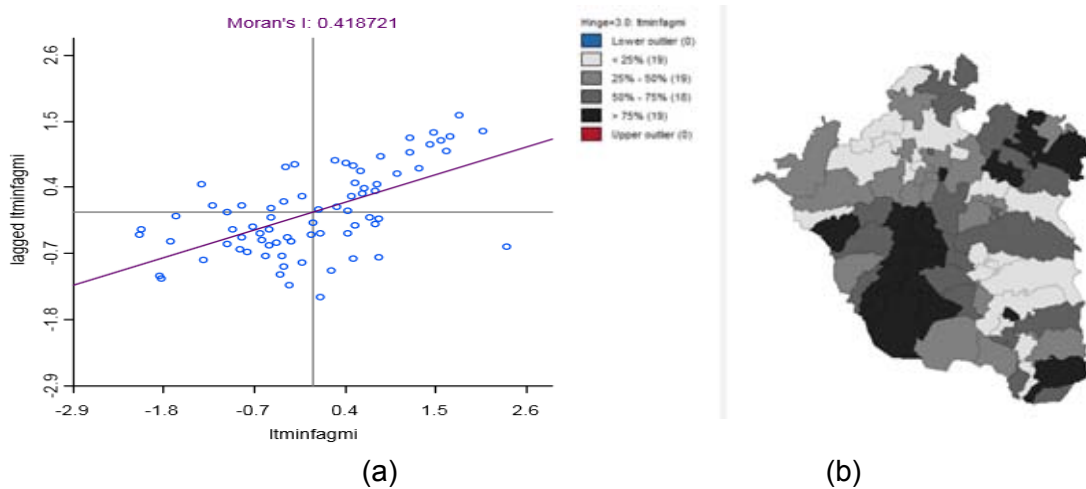
⁷⁷ http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx

⁷⁸ Se presentan algunas limitaciones, o igualmente utilizar índices de concentración/desigualdad como un índice de *Gini*, o de *Theil* (1912 y 1967). La observación del mapa ofrece una idea intuitiva de la correlación entre regiones vecinas o presencia de algunas regiones próximas con valores elevados o bajos de la variable.

3.5.2.1 Tasa de Mortalidad del Infarto Agudo de Miocardio.

Como primer elemento se tiene a la variable *Itinfagmi*, en la que se aplica el análisis en la figura 3.1.

Figura 3.1: Infarto agudo de Miocardio y *Scatterplot* de Moran



Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Salud, SINAIS.

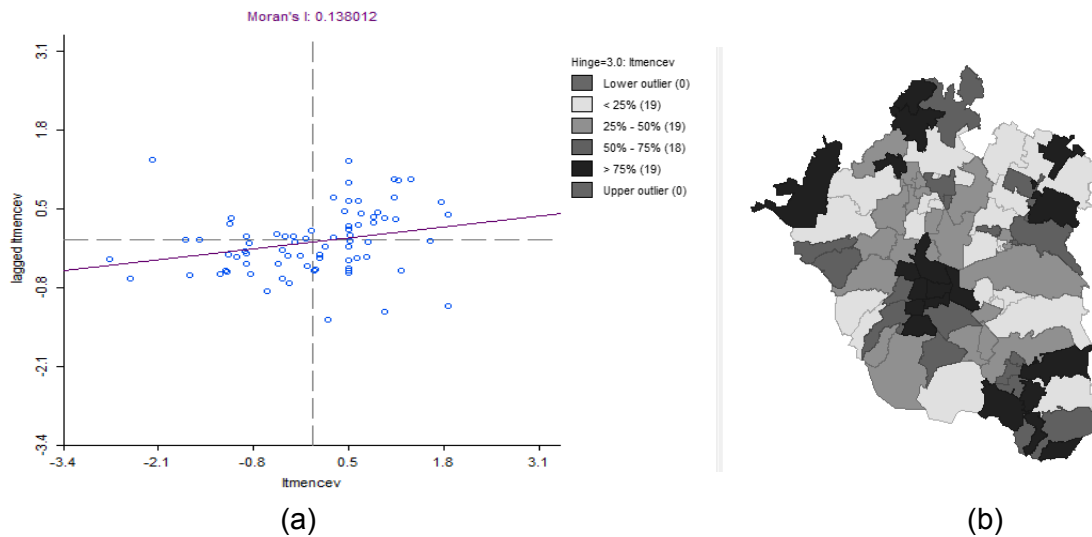
En el inciso (a) de la figura se tiene el *scatterplot* de la tasa de mortalidad del Infarto Agudo de Miocardio, se observa una concentración mayor de puntos en el cuadrante I y III, lo que con el valor de la *I* de 0.4187, se puede aceptar la existencia de dependencia espacial. Se identifican *outliers*; por ejemplo: Cocotitlán y Tepetlixpa. Los municipios que presentan valores menores, lo encabezan municipios como: Acolman, Coyotepec, Huehuetoca, Melchor Ocampo, es decir, lugares en los que se puede considerar menor desarrollo urbano y económico.

Para la figura en su inciso (b), se observa cierta dependencia espacial. El grupo de municipios que presentan altos niveles de agrupamiento para la el infarto agudo; son las delegaciones del Distrito Federal, exceptuando Cuajimalpa, Tláhuac, Iztapalapa y Milpa Alta. Para municipios: Tlalnepantla, Tonanitla, Toetihuacán, Jilotzingo, Cocotitlán, Axapusco y Atlautla. Para un segundo grupo

con mayor dependencia, se tiene a los municipios de San Martín de las Pirámides, Tlamanalco, Texcoco, Tepetilxpa, Tenango del Aire, Temascalapa, Nezahualcóyotl, Naucalpan de Juárez y Ecatepec de Morelos.

3.5.2.2 Tasa de mortalidad de Enfermedades Cerebrovasculares.

Figura 3.2: Enfermedades Cerebrovasculares y *Scatterplot* de Moran



Fuente: Elaboración propia, con datos de la Secretaría de Salud, SINAIS.

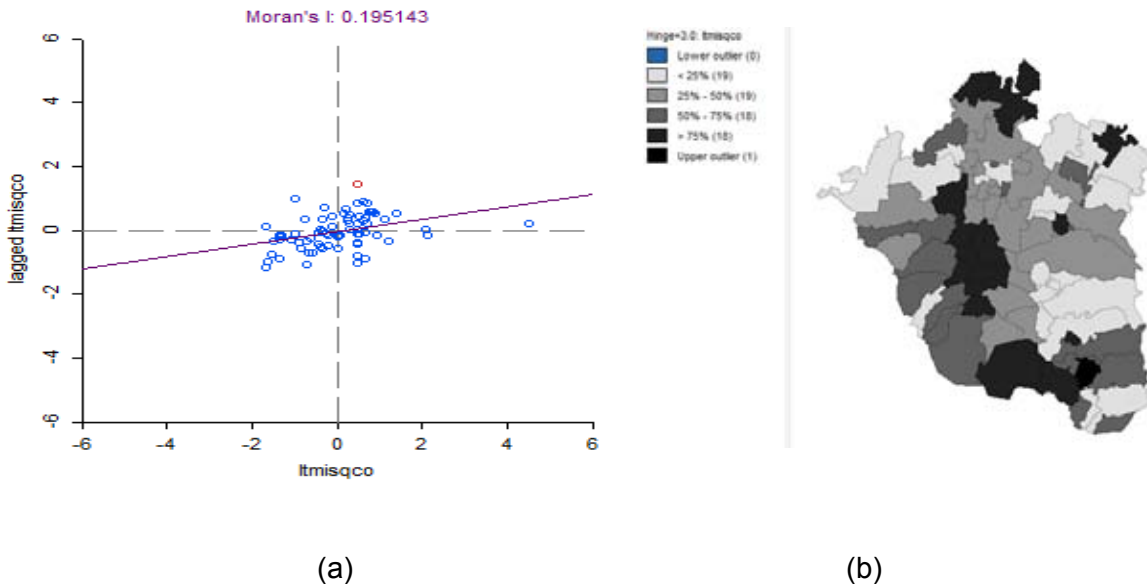
Para el caso de las enfermedades cerebrovasculares, se observa que la distribución y relación de dependencia se presenta en algunos municipios: Azcapotzalco, Benito Juárez, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Coyoacán, Venustiano Carranza, Nezahualcóyotl, Juchitepec, Ecatepec, por mencionar los más importantes. Se observa el valor de la I de 0.1380, es posible establecer que exista dependencia espacial.

El conjunto de municipios y delegaciones del segundo grupo se muestran más dispersos en la concentración; en el mapa pareciera que no existe una relación

tan pronunciada, entre ellos está: Xochimilco, Álvaro Obregón, Miguel Hidalgo, Iztapalapa, Tonanitla, Tenango del Aire, entre otros.

3.5.2.3 Tasa de mortalidad de enfermedades isquémicas del corazón.

Figura 3.3: Enfermedades isquémicas del corazón y *Scatterplot* de Moran.



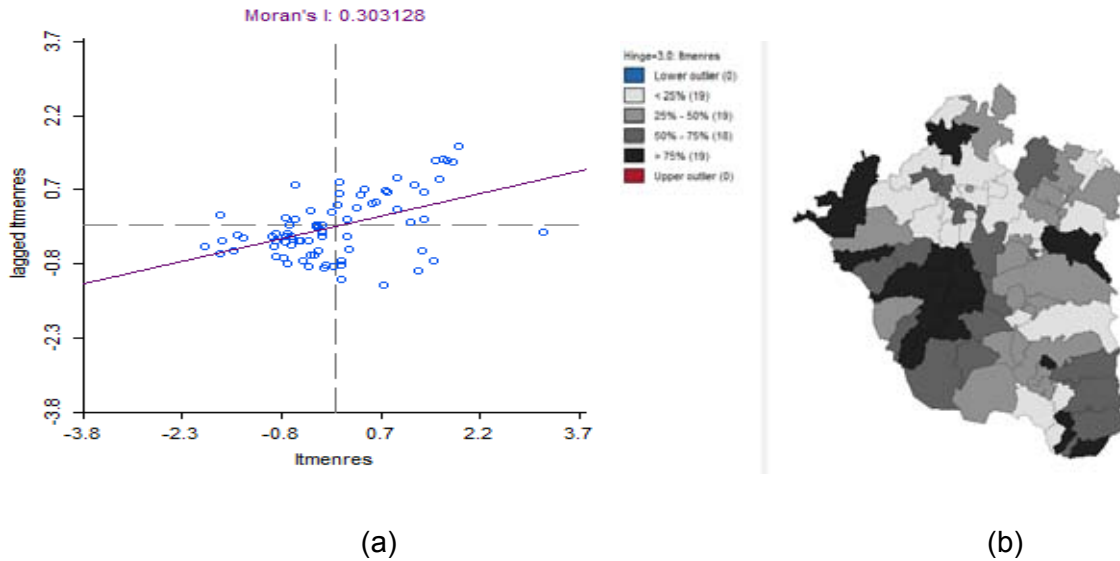
Fuente: Elaboración propia, con datos de la Secretaría de Salud, SINAIS.

Continuando con el análisis, la tasa de mortalidad de las enfermedades isquémicas del corazón, se constata una I de Moran con valor de 0.1951, lo que nos ofrece una dependencia espacial positiva ligera.

En el inciso (b) de la figura se logra comprobar visualmente lo antes mencionado, ya que se tiene un grupo de municipios/delegaciones con alta concentración, ejemplo: Azcapotzalco, Benito Juárez, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Miguel Hidalgo, Iztacalco, Coyoacán, Venustiano Carranza, Milpa Alta, Tlalnepantla de Baz, Cuautitlán Izcalli, entre otros.

3.5.2.4 Tasa de mortalidad de enfermedades respiratorias.

Figura 3.4 Tasa de Mortalidad de enfermedades respiratorias y *scatter plot*.



Fuente: Elaboración propia, con datos de la Secretaría de Salud, SINAIS.

La última variable dependiente, y que en teoría presentaría mayores niveles de dependencia, es la tasa de mortalidad de enfermedades respiratorias. En el panel (a) se observa un valor, a diferencia de la anterior tasa de mortalidad por enfermedades isquémicas, mayor en la I de Moran con 0.303128, lo que significa un grado de dependencia espacial muy aceptable con lo descrito teóricamente.

En el panel (b), es importante recalcar que visualmente es muy clara la dependencia espacial, en el grupo o región que podríamos observar por encima de la media se encuentran las delegaciones del Distrito Federal a excepción de Tláhuac y Milpa Alta. Para la entidad mexiquense se encuentran Tlalmanalco, Tepetlaoxtoc, Nezahualcóyotl, Naucalpan de Juárez, Atlautla, entre otros.

Se rescata que la mayoría de las delegaciones y municipios que presentan mayores tasas de mortalidad, cuentan de igual manera con una mayor población

y capacidad productiva. Sin embargo, nos tendríamos que auxiliar del análisis de regresión para poder comprobar esta aseveración.

De esta manera se podría decir en una primera parte que las variables dependientes presentan dependencia espacial, algunos en mayor medida, pero de las cuatro variables, se cuenta con evidencia para poder llevar a cabo un modelo de regresión espacial, según lo plasmado en la teoría. El resto de las variables dependientes: *infagmpo*, *enfcervpo*, *isqcorpo* y *enferespo* se muestran en el Anexo 3.

3.6 Resultados de Estimación del modelo por MCO.

Según la metodología de Florax, Folmer y Rey (2003) las regresiones del modelo espacial se especifican de la siguiente manera:

$$Y_i^j = \beta_0 + X\beta + \varepsilon_t$$

Donde Y_i^j es la variable dependiente relacionada con alguna enfermedad o defunción vinculada a problemas de contaminación. X es una matriz de orden $i \times \delta$ de variables explicatorias, β los parámetros asociados de orden $\delta \times i$ y ε_t el componente aleatorio o término de perturbación. Este modelo se extiende para contar considerar efectos espaciales adoptando un modelo de rezago o de error espacial con base en las estimaciones de los estadísticos de prueba LM. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 3.1:

Cuadro 3.1: Estimaciones por Mínimos Cuadrados Ordinarios y su efecto espacial.

Enfermedades Relacionadas a contaminantes atmosféricos	Emisión de Contaminantes por fuentes móviles	Probabilidad, Estadístico t	TEST de Dependencia Espacial	Probabilidad
Infarto Agudo de Miocardio	PM10	0.7617466	I-Moran	0.2126049
	PM2.5	0.4126071	LM-LAG	0.2270388
	SO2	0.0217864	ROBUST LM (LAG)	0.1415606
	CO	0.0016902	LM-ERROR	0.5486798
	NOx	0.9105974	ROBUST LM (ERROR)	0.3029226
	COT	0.3612097	JARQUE-BERA	0.9547944
	COV	0.4064465	R ²	0.4918610
	Índice de Marginación	0.6334893	Breusch-Pagan test	0.0229066
Enfermedades Cerebrovasculares	PM10	0.1732314	I-Moran	0.3198951
	PM2.5	0.6247283	LM-LAG	0.4064461
	SO2	0.0067070	ROBUST LM (LAG)	0.0806360
	CO	0.2683962	LM-ERROR	0.7132304
	NOx	0.9867164	ROBUST LM (ERROR)	0.1139956
	COT	0.2729979	JARQUE-BERA	0.3927564
	COV	0.2571335	R ²	0.0869870
	Índice de Marginación	0.3822195	Breusch-Pagan test	0.5446173
Enfermedades Isquémicas del Corazón	PM10	0.1026638	I-Moran	0.0081695
	PM2.5	0.0908773	LM-LAG	0.0571200
	SO2	0.0005084	ROBUST LM (LAG)	0.7069005
	CO	0.2119016	LM-ERROR	0.0587942
	NOx	0.7266785	ROBUST LM (ERROR)	0.7599299
	COT	0.1990209	JARQUE-BERA	0.0000003
	COV	0.1795748	R ²	0.2995880
	Índice de Marginación	0.09022764	Breusch-Pagan test	0.0085010
Enfermedades Respiratorias	PM10	0.1580223	I-Moran	0.4319817
	PM2.5	0.0356026	LM-LAG	0.6553355
	SO2	0.0004850	ROBUST LM (LAG)	0.4905488
	CO	0.0057802	LM-ERROR	0.8611850
	NOx	0.7579193	ROBUST LM (ERROR)	0.5797364
	COT	0.7385380	JARQUE-BERA	0.6026658
	COV	0.6660957	R ²	0.4111960
	Índice de Marginación	0.5861362	Breusch-Pagan test	0.3599443
Porcentaje de edad del total de defunciones por Infarto Agudo de Miocardio mayores de 65 años y menores de 5.	PM10	0.5407183	I-Moran	0.8562169
	PM2.5	0.6196730	LM-LAG	0.5070238
	SO2	0.5586884	ROBUST LM (LAG)	0.6228734
	CO	0.8982935	LM-ERROR	0.4733318
	NOx	0.5984386	ROBUST LM (ERROR)	0.5741231
	COT	0.7934641	JARQUE-BERA	0.0000000
	COV	0.8017352	R ²	0.0320480
	Índice de Marginación	0.8854934	Breusch-Pagan test	0.0005091
Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Cerebrovasculares mayores de 65 años y menores de 5.	PM10	0.4599095	I-Moran	0.0010552
	PM2.5	0.5816389	LM-LAG	0.0242844
	SO2	0.0823775	ROBUST LM (LAG)	0.3802850
	CO	0.0868836	LM-ERROR	0.0134655
	NOx	0.8323638	ROBUST LM (ERROR)	0.1794139
	COT	0.5459203	JARQUE-BERA	0.2024439
	COV	0.6162019	R ²	0.8272260
	Índice de Marginación	0.0777664	Breusch-Pagan test	0.7106356
Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Isquémicas del corazón mayores de 65 años y menores de 5.	PM10	0.4029077	I-Moran	0.9088709
	PM2.5	0.0513558	LM-LAG	0.5078556
	SO2	0.0298128	ROBUST LM (LAG)	0.4955682
	CO	0.4116639	LM-ERROR	0.6567796
	NOx	0.6217471	ROBUST LM (ERROR)	0.6364687
	COT	0.3669353	JARQUE-BERA	0.0000000
	COV	0.3649637	R ²	0.3433440
	Índice de Marginación	0.5589253	Breusch-Pagan test	0.0000022
	PM10	0.6035198	I-Moran	0.0016265
	PM2.5	0.1714261	LM-LAG	0.0416689
	SO2	0.0073890	ROBUST LM (LAG)	0.4947913

Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Respiratorias mayores de 65 años y menores de 5.	CO	0.0222922	LM-ERROR	0.0184438
	NOx	0.8612661	ROBUST LM (ERROR)	0.1713626
	COT	0.2486591	JARQUE-BERA	0.5505795
	COV	0.2912534	R ²	0.8329090
	Índice de Marginación	0.0012999	Breusch-Pagan test	0.6934837

Fuente: Elaboración propia con datos de SINAIS y SMA del GDF, 2010.

3.6.1 Resultados

3.6.1.1 Infarto Agudo de Miocardio.

Para asegurar si existe relación espacial de las variables dependientes e independientes, se procede a verificar la significancia en el componente espacial, es decir si los datos presentan autocorrelación espacial. Para la tasa de mortalidad de enfermedades relacionadas, Infarto Agudo de Miocardio, se tiene un valor I de Moran de 0.2126, lo que nos reflejaría la no existencia. Es importante aclarar que en el caso del análisis descriptivo, se había obtenido un valor de Moran significativo, $\rho = 0.0010$, sin embargo este valor se refiere a una matriz de pesos (contigüidad) de la variable.

Respecto al resto de los estadísticos referentes a dependencia espacial se comprueba la no existencia de tal fenómeno; con una probabilidad para los multiplicadores de *LaGrange* en sus dos versiones no significativa: *LM-LAG* de 0.2270 y para *LM-ERROR* de 0.5486, de manera que no se contaría con un componente de dependencia espacial entre estos municipios y delegaciones vecinos. Se procede a la especificación y análisis, pero con un modelo econométrico estándar.

3.6.1.1.1 Análisis de modelo econométrico estándar.

La prueba de normalidad, en la que según la estimación realizada (OpenGeoda, 2013, ver Cuadro 1 del Anexo 2), de Jarque-Bera se muestra una probabilidad de 0.9548, por lo que se acepta. Respecto a la prueba de multicolinealidad se

presenta su número condicional de 10100.4, con lo que se tienen problemas y se procede a corregirla. Se eliminan las variables con estadísticos t no significativos, (Cuadro 2, Anexo 2). Después de cauterizar ese problema se cuenta con un estadístico reducido a 235.9.

El resultado en el caso de la tasa de mortalidad del infarto agudo de miocardio, se relaciona con las emisiones de contaminantes como Bióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO) y con los compuestos orgánicos totales (COT), sin embargo solo es una relación estadística, no con el componente espacial. Se observa una relación negativa en el caso de las emisiones de monóxido de carbono, lo cual no coincide con lo asentado en la teoría.

Por otro lado, se tienen problemas de heterocedasticidad, ya que el estadístico de White no es significativo con una probabilidad de 0.0043. Utilizando la estimación de la prueba de White se tiene una probabilidad nula, por lo que se rechaza la hipótesis nula (Cuadro 3).⁷⁹ Utilizando la estimación ofrecida por default, se pudo corregir el problema, los resultados se observan consistentes de 0.1989 en la F y de 0.1973 para la Chi-Cuadrada (Cuadro 4).

$$LTMINFAGMIO = 0.439192751103 * L2SO2 - 2.61224998548 * L2CO + 2.37051807492 * L2COT + 8.27718858528$$

Respecto al supuesto de autocorrelación, se supone que dado que no existe dependencia espacial, entonces no se tienen problemas de este tipo. Con las pruebas corregidas y significativas se cumplen los supuestos más importantes para esta regresión

⁷⁹ Para su corrección se tienen las opciones de: la estimación default, la prueba robusta de White o la Corrección de Newey-West (*Consistent covariances*). Se contaría con un modelo transformado sin problemas de heteroscedasticidad: $Y_t^* = x_t^* \beta + v_t$, $\beta_{MCO} = [X^* X]^{-1} X^* Y^*$

3.6.1.2 Enfermedades cerebrovasculares.

Para el caso de las enfermedades cerebrovasculares el primer estadístico de prueba es no significativo, ya que el *z-value* del Índice de Moran es de 0.3198, por lo tanto en un primer dato no se tiene la existencia de dependencia espacial entre los municipios y delegaciones (Cuadro 5).

Para contar con mayor grado de robusticidad en los resultados, se hace referencia a los diagnósticos de los Multiplicadores de *LaGrange*, los cuales tampoco son significativos, con probabilidades de 0.4064 y de 0.7132 para el *LM-LG* y *LM-ERROR*, respectivamente. Con esta situación se acepta la hipótesis nula de existencia de no dependencia espacial.

3.6.1.2.1 Análisis de modelo econométrico estándar.

Para la prueba de normalidad, Jarque-Bera, se tiene una probabilidad de 0.3928, por lo que se considera significativa.⁸⁰ Con la prueba de multicolinealidad, se tiene un valor condicional de 10100.4, demasiado alto. Se procede eliminando las variables no significativas. El resultado obtenido se puede consultar en el Cuadro 5 y 6, con lo que se redujo el número condicional de multicolinealidad de a 72.78, lo cual nos permite obtener mejor estimación. Sin embargo, se tiene dentro de las variables significativas un resultado no coincidente con la teoría descrita en su respectivo apartado, es el caso de los compuestos orgánicos volátiles.

Respecto a la heterocedasticidad, se tiene una probabilidad significativa; la prueba de White se tiene una probabilidad de 0.3781 y para las pruebas de B-P y de K-B de 0.2260 y 0.2616, respectivamente, con lo que no se rechaza la hipótesis nula, ya que se tiene varianza constante y homoscedástica. (Cuadro 7). La representación de la regresión se muestra a continuación.

⁸⁰ Para este caso no fue necesario estimarla en el software Eviews, ya que automáticamente, la estimación espacial en OpenGeoda lo reporta, Cuadro 6 del Anexo).

$$LTMENCEV = -0.83374559655 * L2COV + 0.400857668472 * L2PM10 + 0.496112468451 * L2SO2 + 3.89713410331$$

Como se mencionó el coeficiente de la variable COV, se observa una relación negativa, en este caso *versus* la tasa de mortalidad de las enfermedades cerebrovasculares, lo que contradice la teoría, en la que se suponía una relación positiva con las variables explicativas. Otro aspecto importante, es que en la hipótesis del trabajo se debe aprobar la relación de las diferentes tasas de mortalidad que pueden ser explicadas por las enfermedades relacionadas (explicativas), especialmente por las partículas suspendidas P10 y PM2.5. Sin embargo con los resultados se observa que al menos para las partículas PM2.5, no sucede tal relación.

Respecto al supuesto de no autocorrelación, se pudo comprobar a través de la no existencia de dependencia espacial, con lo que no se cuenta con ese problema en esta estimación en especial.

3.6.1.3 Enfermedades Isquémicas del corazón.

Respecta a la variable de las enfermedades isquémicas del corazón a partir del estadístico de Moran se observa un valor de 0.0081, por lo que a diferencia de los dos primeros casos, se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación espacial. Por lo tanto, para las enfermedades isquémicas del corazón existe evidencia de dependencia espacial.

Para corroborar se consideran los estadísticos de los multiplicadores de *LaGrange*; los cuales presentan para *LM-LAG* un valor de 0.0571, con lo que se podría establecer que con una probabilidad de 94.3 se puede aceptar evidencia suficiente de autocorrelación espacial. Para la prueba de diagnóstico *LM-ERROR* se presenta una probabilidad de 0.0588, o de 94.1% en favor de comprobar la existencia de dependencia espacial, por lo que aunque no se tenga el 95 por ciento

de evidencia, se cuenta con un valor muy cercano para ser aceptable. Se podría continuar con la metodología según Anselin, para la correcta especificación del modelo econométrico espacial. (Cuadro 8, Anexo 2).

Si ambas pruebas son significativas, como es el caso, se estima la especificación que sea más explicativa, esto es si $LM_{\rho} > LM_{\lambda}$, entonces se estima el de rezago espacial y viceversa. Para este caso, se tiene que el estadístico *LM-LG* es más significativo, se recomienda re-especificar el modelo incluyendo un esquema autorregresivo en el término de rezago, sin embargo esto no exenta de poder estimar el modelo con la incorporación de un término de error en el término de error espacial.

Los resultados de la estimación del rezago espacial muestran que el coeficiente del rezago *rho* es significativo con un valor de 0.3261, se considera altamente aceptable, según lo asentado por Anselin (2005). Menciona que el valor del *Likelihood Ratio Test*, se puede considerar como parte importante de las tres pruebas de especificación como alternativa al modelo de rezago espacial, ya que las otras pruebas son la de Wald y la de rezago LM que se basa en los residuos de MCO. Se tiene un valor de 4.35 con una probabilidad de 0.0369, menor al 0.05, con lo que se confirma una buena significancia del coeficiente autorregresivo espacial. Cuadro 9 y 10.

Para las pruebas de heterocedasticidad, se observa que se presentan problemas con un valor de Breusch-Pagan de 0.0085 y para la de Koenker-Bassett de 0.3036. En el caso de la prueba de White se tiene una probabilidad de 0.0409, con lo que no alcanza valores significativos. Este problema se debe corregir, debido a que no se puede permitir la pérdida de eficiencia en los estimadores de mínimos cuadrados.

De manera simultánea se observa que la regresión presenta problemas de multicolinealidad. Se procede a eliminar al que represente la probabilidad más alta

y así sucesivamente, hasta que se cuente con el mayor número de variables independientes. Después de haber realizado la corrección se tiene un número condicional de 95.8, (Cuadro 11) lo que refleja una disminución considerable. Respecto a la relación de la variable dependiente con respecto a las PM2.5, los COT y el índice de marginación resultaron con una relación negativa, lo que contradeciría la teoría asentada en el primer capítulo.

El problema de heteroscedasticidad desaparece, aunque la prueba de Breusch-Pagan no es significativa, la prueba de White sí lo es con 0.5648, por lo que la varianza se presenta constante y homoscedástica. Cuadros 11 y 12. En la última prueba de normalidad, se observa con problemas con Jarque-Bera de cero. Se procedió a incorporar variables ficticias (*dummy*) en aquellos municipios o delegaciones que presentaran valores anormales (podrían considerarse outliers).⁸¹

Incorporándole a estos municipios las variables ficticias se corrigió el problema, con un valor del estadístico Jarque-Bera de 0.9948, altamente significativo y (Gráfica 1). Es importante mencionar que el hecho de que estos municipios presentaran estos valores anormales, se podría explicar debido a que son municipios con poco contacto con la dinámica productiva de la ZMVM. Asimismo su ubicación geográfica se considera de los más alejados respecto al lugar central. Otro elemento a analizar es el tamaño de su población, en las que no es el mismo comportamiento de los municipios y delegaciones más interconectadas.

De esta manera, se tienen los supuestos más importantes cumplidos, además de mencionar que el supuesto de no autocorrelación se cumplió en el momento en que no se contó con dependencia espacial.

⁸¹ Se revisaron los residuos de la regresión y para el caso de la variable de tasa de mortalidad de enfermedades isquémicas del corazón se consideraron a Ayapango y Hueyoxtla.

3.6.1.4 Enfermedades Respiratorias.

El estadístico de Moran reportó un valor de 0.4320, por lo que se acepta la hipótesis de no autocorrelación espacial, entonces no existe evidencia de dependencia espacial para esta tasa de mortalidad. Esto se puede comprobar con los estadísticos *LM-LAG* y *LM-ERROR*, con probabilidades de 0.6553 y de 0.8611, respectivamente.

Considerando teóricamente que las enfermedades respiratorias deben presentar componente espacial respecto a las partículas suspendidas o emisiones contaminantes, no presenta tal evidencia, por lo que obedecería a otras causas. Con lo anterior se procederá al cálculo o metodología de MCO.

Para el supuesto de normalidad se tiene un Jarque-Bera de 0.6027, por lo que se puede considerar altamente significativo. Para la heteroscedasticidad en la prueba de Breusch-Pagan tiene una probabilidad de 0.3599, la prueba de Koenker-Bassett de 0.3942 y la prueba de White de 0.2460, con esto se acepta la hipótesis nula de existencia de homoscedasticidad y varianzas constantes. Cuadro 13.

Respecto a la multicolinealidad, su número condicional es de 10100.4. De igual manera, algunas de las variables no muestran un comportamiento lógico a la teoría la tasa de enfermedades respiratorias. Para el valor *t* no son significativos las variables: PM10, NOX, COT, COV y el Índice de Marginación, se procedió a remover a las variables no significativas.

En la reestimación y eliminación de las variables no significativas se tiene un valor condicional de multicolinealidad de 307.46, con lo que se ve reducido considerablemente, respecto al anterior. En el caso de las partículas PM10 presentan un valor *t* de 1.86, con lo que se estimaría con una probabilidad del 93.3 por ciento, lo que se podría considerar significativa. Para las otras variables no se tienen problemas en su significancia. Cuadro 14.

En la regresión se observa que la relación entre las variables explicativas y la dependiente son inesperadas a la teoría, por ejemplo las suspendidas PM2.5 y el monóxido de carbono presentan una relación negativa respecto a la tasa de mortalidad de las enfermedades respiratorias. Se afirmaría que una disminución de las emisiones contaminantes de estos tipos aumentaría los casos de mortalidad de las enfermedades respiratorias.

$$LTMENRES = -1.83788265434 * L2CO + 1.42795500936 * L2COV + 0.436548686487 * L2PM10 - 0.36006943335 * L2PM25 + 0.437889873213 * L2SO2 + 7.29486331697$$

De esta manera se estarían cumpliendo los supuestos para la regresión de las enfermedades respiratorias, considerando la no existencia de autocorrelación, debido a que para estas variables explicativas y la variable dependiente no hubo dependencia espacial.

3.6.1.5 Porcentaje de defunciones: infarto agudo de miocardio (>65 y <5).

Se tiene un estadístico de Moran de 0.8662, no se cuenta con evidencia de dependencia espacial. Para asegurarse de esta aseveración, se consultan los estadísticos *LM-LAG* y *LM-ERROR* que presentan probabilidades no significativas con 0.5070 y 0.4733, respectivamente. Se debe proceder con una estimación por MCO.

Respecto al supuesto de normalidad se observa un Jarque-Bera de cero. Se incorporaron variables *dummy* para la corrección del problema, se observa en la estimación (Cuadro 17), que la variable incorporada es significativa. En el histograma se tiene en el estadístico Jarque-Bera valor de 2.6 y una probabilidad de 0.276, lo que representa un valor mayor al 0.05, por lo que se considera significativa. Gráfica 2.

La prueba de heteroscedasticidad de Breusch-Pagan muestra una probabilidad de 0.0005, la de Koenker-Bassett de 0.1683 y la prueba de White de 0.4526, por lo que se estaría considerando aceptar la hipótesis nula de homoscedasticidad. Ver Cuadro 18. Respecto a la prueba de multicolinealidad, aplicando la metodología realizada, se llega a la estimación que se observa en el Cuadro 19 del Anexo.

Se puede verificar que la variable de COT tiene una relación negativa, respecto a la variable endógena, contrastaría la teoría de una relación positiva, por lo tanto los resultados son que ante una disminución de los COT, se incrementan los casos de infartos agudos de miocardio. De destacar también es el valor al límite de la significancia en la variable del óxido de nitrógeno (NOX), el cual se estaría considerando como significativo al 91.13 por ciento, lo que no es aceptable. La regresión se estaría presentando a continuación:

$$\text{LINFAMPO} = -9.34869498218 * \text{L2COT} + 8.980211932 * \text{L2COV} + 5.25434927843 - \\ 0.746901008827 * \text{DINFAGMIPO} + 0.330602420336 * \text{L2NOX}$$

Respecto a la autocorrelación, no existen problemas con este supuesto, ya que no hubo dependencia espacial o autocorrelación espacial, de esta manera se estarían cumpliendo los supuestos para un modelo de regresión.

3.6.1.6 Porcentaje de Defunciones por Enfermedades Cerebrovasculares.

El estadístico de Moran presenta una probabilidad de 0.0005, por lo que sí existe evidencia de dependencia espacial, con probabilidades de 0.0242 y 0.0134 para *LM-LG* y *LM-ERROR*, respectivamente. Se cuenta con porcentajes de significancia altos, lo que nos lleva a la aplicación de la metodología de Anselin. (Cuadro 20, Anexo).

Para el estadístico de rezago un porcentaje del 99.8 y para el de error del 100 por ciento, por lo que sería buena propuesta considerar un componente de error en el rezago. Los resultados de la estimación se pueden observar en el Cuadro 21 y 22

del Anexo, se observa el coeficiente de rezago λ con un valor de 0.3790, lo que estaría reflejando alta significatividad. Además del coeficiente de λ , comparando los 2 modelos, se tiene que según Anselin (2005), el *Log-Likelihood* del modelo de error espacial es un poco mejor que el de rezago con valores -70.42 y -70.60, sin embargo el signo de la relación no sea coincidente.

En el mismo sentido, el Criterio de información de *Akaike*, para el modelo de error es ligeramente mejor que el de rezago, con valores de 158.8 y 161.2, se aceptaría que es mejor la estimación del modelo con un término de error, el coeficiente ρ es menor que el de error con un valor de 0.2531.

La prueba de multicolinealidad, se observa que no se puede cumplir, ya que no son significativos los *z-valúes* de las variables. Se procede a re-especificar el modelo eliminando los valores menos significativos. Se llegó a los resultados que se observan en el Cuadro 23. La variable del Índice de Marginación tiene un *z-valúe* débil, con una probabilidad de 85.3 por ciento de aceptación, por lo que podría darse como un resultado un tanto cercano a lo ideal, además de que muestra una relación negativa con la variable endógena.

Se observa otro dato importante, que la relación con las partículas suspendidas no se presentó. Es inesperado para esta regresión de los casos de mortalidad de enfermedades cerebrovasculares. Solamente en el caso de la relación de la variable endógena: COT se tuvo una relación aceptable y significativa, y se comprueba la correspondencia con los casos de las enfermedades cerebrovasculares.

De esta manera esta concepción teórica viene a comprobar los resultados obtenidos para la prueba de Breusch-Pagan de 0.4240. Igualmente la prueba de dependencia espacial se presenta altamente significativa. El otro resultado débil es que solamente se considera la relación de la variable endógena con el caso de las COT. No se tuvo la necesidad de corregir los demás supuestos, por lo que así

se verificarían los requisitos mínimos de una correcta especificación para esta regresión.

3.6.1.7 Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Isquémicas del corazón.

En esta penúltima regresión, el estadístico de Moran es de 0.9089, es difícil considerar que se tenga un componente espacial entre los municipios y delegaciones para esta variable. Para corroborar, se auxilia de las pruebas *LM-LAG* y *LM-ERROR*, en las que se tienen valores de 0.5079 y de 0.6568, respectivamente, con lo que no existe dependencia espacial.

Se continuó estimando el modelo por MCO. Como principal problema se observa que se tienen complicaciones para el supuesto de normalidad. Se aplicaron variables *dummy* a los valores outliers, sin embargo con la incorporación de estas variables ficticias no se pudo corregir el problema (Ver Gráfica 3 y 4 del Apéndice). El hecho de que hayan aparecido estos municipios con valores extremos se puede deber a su tamaño de población, así como la densidad urbana de 23.6 y de 20.2, aproximadamente.

La PEA para estos municipios es de las más bajas en la zona con 3 mil 302 y 14 mil 328⁸², respectivamente para este mismo año de estudio. Tomando en cuenta estos factores, se puede asegurar que en los valores extremos (que en este caso no tuvieron casos de defunciones para estos municipios), se puede deber a que tampoco puede existir actividad dinámica económica.

El siguiente paso fue considerar la significancia de las variables con su estadístico *t*, para corregir el problema de multicolinealidad, el resultado se observa en el Cuadro 25, con todas las variables significativas. Sin embargo se tienen algunos

⁸² INEGI (2010), Censos de Población y Vivienda.

resultados no esperados, las partículas PM2.5 y el bióxido de azufre resultaron negativos, además de que la variable *dummy* también presenta valor negativo.

Respecto a la homoscedasticidad, se observó desde la primera estimación que en la prueba de Breusch-Pagan mostraría problemas, sin embargo con la prueba de Koenker-Bassett se mejora con una probabilidad de 0.0867. La prueba de White dice que se cuenta con una probabilidad de 0.329 de que sea homoscedástica con varianza constante, por lo que no hay problemas para cumplir con ese supuesto. Por último, la autocorrelación no presenta problemas, ya que no se encontró evidencia de que existiera dependencia espacial entre las variables.

3.6.1.8 Porcentaje de defunciones por Enfermedades Respiratorias.

Se presentó un I de Moran de 0.0016, con lo que existiría evidencia de componente espacial entre los municipios y delegaciones para las enfermedades respiratorias. Los estadísticos *LM-LG* y *LM-ERROR*, presentaron valores de 0.0417 y de 0.0184, respectivamente, por lo que se rechaza la hipótesis de no existencia de autocorrelación espacial. Cuadro 26.

Se procede con la metodología ya descrita, en la que se debe elegir el modelo más adecuado para esta última regresión. Considerando los estadísticos se observa que podría ser más significativo el modelo de error, con su coeficiente de rezago *lambda* de 0.4390, con un Log likelihood de -71.6 y un AIC de 161.2. Comparándolo con el modelo rezago espacial, se tiene un coeficiente *rho* de 0.2487, asimismo se tiene un Log likelihood de -72.5 y un AIC de 165.0, por lo tanto se confirma la utilización del modelo de error espacial. Cuadro 27 y 28.

En el primer cuadro de estimación, la prueba de normalidad tiene probabilidad de 0.5506, por lo que se acepta la condición de normalidad. La prueba de heteroscedasticidad con una probabilidad de Breusch-Pagan de 0.6935, de Koenker-Basset de 0.8024 y la prueba de White de 0.053, la cual estaría en el

límite de aceptación de homoscedasticidad. Realizando la prueba para contar con mayor seguridad, se aplicó la prueba *Eviews 7.0* y *Stata 11*, (Cuadro 29 y 30), se obtuvo para el primer caso una probabilidad de 0.80 y para el segundo caso 0.67, con lo que se puede establecer probabilidades significativas.

Respecto a la multicolinealidad se tiene que las diferentes variables no se muestran significativas, por lo que se procedería a eliminar las que no lo sean. Cuadro 31. Después de llevar a cabo este procedimiento se obtienen los siguientes resultados:

$$\text{LENFREPO} = -1.99567338781 * \text{L2CO} + 2.88203243072 * \text{L2COT} - 0.775969785252 * \text{L2INDMAR} - 0.661802846388 * \text{L2PM25} + 0.710579340954 * \text{L2SO2} + 2.82063566383$$

Se observa claramente que algunas variables no son las esperadas según la teoría, por ejemplo: el monóxido de carbono, el índice de marginación y las partículas suspendidas PM2.5 muestran una relación negativa, respecto a la variable dependiente: porcentaje de enfermedades respiratorias. Lo anterior no se considera lógico, ya que se estaría afirmando quizá erróneamente, que ante una disminución de estos contaminantes, aumentan los casos de defunciones para este grupo.

Conclusiones

Después del análisis correspondiente, se obtuvieron resultados importantes; quizá algunos de ellos se han sentado en otros trabajos, sin embargo es una alternativa a tales estudios. Se enuncian las conclusiones más importantes a continuación.

1. Respecto a la variable tasa de mortalidad del infarto agudo de miocardio, enfermedades cerebrovasculares y de las enfermedades respiratorias, contrario a la teoría, se muestra que no existe evidencia de relación espacial con las emisiones de partículas suspendidas PM10, PM2.5 y los contaminantes analizados. Se consideraron los estadísticos de prueba y resultaron no significativos. A decir el estadístico de Moran fue de 0.21, 0.32 y 0.43, respectivamente. Para estos casos se podría asegurar que no presentan repercusiones los efectos urbanos de la gran zona metropolitana.
2. De este primer grupo de regresiones, solamente para el caso de las enfermedades isquémicas del corazón, sí existió evidencia de una relación espacial con las emisiones contaminantes. El estadístico de Moran fue de 0.0081, este dato se comprobó con los valores del *LM-LAG* y *LM-ERROR*, que presentaron valores de 0.057 y de 0.058, suficiente para aceptar que se cuenta con relación espacial. Entonces para estas enfermedades sí existió evidencia de que la ZMVM provoca externalidades negativas y que hay una relación positiva entre mayores emisiones con mayores casos de defunciones.
3. Respecto al segundo grupo de enfermedades que fueron considerados como porcentajes; las defunciones por infarto agudo de miocardio y las enfermedades isquémicas del corazón no presentaron relación espacial con las emisiones contaminantes. Sus valores de Moran fueron de 0.85 y 0.91, con lo que claramente no se acepta tal relación. Los estadísticos de LaGrange también se presentaron no significativos.

4. De este grupo de variables con porcentajes de personas mayores a 65 y menores de 5 años, para las enfermedades cerebrovasculares y las enfermedades respiratorias sí presentan relación espacial con valores similares de Moran de 0.001. Los valores de LaGrange comprueban tal componente espacial, ya que se muestran significativos. Específicamente para este grupo, existirían mayores efectos negativos de mayores emisiones contaminantes con las enfermedades cerebrovasculares y respiratorias.
5. En relación a las hipótesis generales planteadas al inicio del trabajo, se puede comentar que existe una relación espacial de los diferentes contaminantes de manera parcial. Esto considerando que no en la totalidad se dio tal relación, por lo que se considera aceptable.
6. Respecto a la hipótesis de que exista algún tipo de límite en el crecimiento de las ciudades, se podría aventurar a que sí existe, ya que no se deberían utilizar los bienes públicos de manera irracional. Existe evidencia teórica y empírica de que rebasando esas fronteras, se vuelve un problema económico y social para la región, con lo que se convierte en una externalidad negativa.

Otra conclusión para este trabajo de investigación es que esta metodología es útil para temas económicos urbanos, auxiliándose de herramientas como la econometría espacial, que cuenta con sus bases teóricas propias y que en este análisis solamente fue un medio para obtener nuestros resultados. El uso de esta metodología se considera para estos trabajos con componentes espaciales, otros estudios lo han llevado a cabo pero sin considerarlo mediante un modelo econométrico espacial y con datos transversales.

Adicionalmente a esta conclusión, se considera como una aportación para este tipo de estudios para la Zona Metropolitana del Valle de México. Esto debido a que existen documentos oficiales que hacen hincapié en este espacio, pero solamente de manera descriptiva, estadística e informativa. Para nuestro caso es

un análisis específico e innovador, sin embargo una de sus desventajas se podría considerar que no es un modelo de panel, sino que solo contempla datos para un punto en el tiempo.

Agenda de Investigación

El área de investigación de la economía urbana y regional es rica en sus diferentes ramas. Para el caso de este tipo de estudios, se podría considerar como tema pendiente el uso de modelos de panel espaciales, dado que se pueden obtener datos para diferentes años en diferentes sitios web, en este caso para la Zona Metropolitana del Valle de México o para considerar a la totalidad de las zonas metropolitanas del país, sería un trabajo novedoso para este campo de estudio.

Otro tema pendientes es considerar estudios relacionados a la cuestión ambiental con externalidades positivas, ya que si bien, existen siempre problemas derivados de un mal uso sustentable, también es claro que haya beneficios económicos para las zonas metropolitanas del país. Este tipo de estudios se pueden llevar a cabo analizando costos y beneficios económicos, considerando mediciones monetarias y comprobando si son mayores o menores los costos o beneficios del uso excesivo de los recursos naturales, productivos, humanos, etc.

Además de considerar estos temas, para el caso mexicano sería importante considerar estudios profundos sobre las políticas urbanas y regionales, esto se podría justificar debido a que la parte urbana hoy en día es de suma importancia y en la aplicación de los planes de desarrollo urbano a nivel estatal y municipal no se logran utilizar eficientemente.

Sin duda que dentro del campo de la economía de la salud existe diversidad de problemáticas en las que la Economía, a través de la economía urbana o espacial puede tener un papel interesante en sus análisis. Para esta temática se podría dar importancia al tema del problema de enfermedades por sobrepeso; diabetes,

infartos, etc., y analizar si puede existir una evidencia negativa en su desarrollo dentro de las ciudades o en las regiones del país.

Esta problemática del medio ambiente y su relación con la cuestión urbana se podrían llevar a cabo con las zonas metropolitanas a nivel mundial, regional o continental, en las que se podrían analizar si sus relaciones comerciales pueden contar con algún componente espacial y ello pueda llevar a un mayor desgaste en el ambiente y en la productividad.

ANEXOS

Anexo 1: Grupos de enfermedades utilizadas para Tasas de mortalidad

Variable: Enfermedades del Infarto Agudo de Miocardio

Infarto antiguo de miocardio
Infarto agudo de miocardio
Infarto transmural agudo de miocardio de la pared anterior
Infarto transmural agudo de miocardio de la pared inferior
Infarto agudo transmural de miocardio de otros sitios
Infarto transmural agudo de miocardio, de sitio no especificado
Infarto agudo de miocardio, sin otra especificación
Infarto subsecuente de miocardio
Infarto subsecuente de miocardio de la pared anterior
Infarto subsecuente de miocardio de la pared inferior
Infarto subsecuente de miocardio de otros sitios
Infarto subsecuente de miocardio, de parte no especificada

Variable: Enfermedades Isquémicas del corazón

Ataques de isquemia cerebral transitoria y síndromes afines
Isquemia cerebral transitoria, sin otra especificación
Otras enfermedades isquémicas agudas del corazón
Otras formas de enfermedad isquémica aguda del corazón
Enfermedad isquémica crónica del corazón
Otras formas de enfermedad isquémica crónica del corazón
Enfermedad isquémica crónica del corazón, no especificada
Otras enfermedades cardiopulmonares
Otras enfermedades cardiopulmonares especificadas
Enfermedad pulmonar del corazón, no especificada
Otras enfermedades cardiacas mal definidas

Variable: Enfermedades Cerebrovasculares

Otros Infartos cerebrales
Infarto cerebral, no especificado
Otras enfermedades cerebrovasculares
Otras enfermedades cerebrovasculares especificadas
Enfermedad cerebrovascular, no especificada

Variable: Enfermedades Respiratorias

Faringitis aguda
Faringitis estreptocócica
Faringitis aguda debida a otros microorganismos especificados
Faringitis aguda, no especificada
Faringitis crónica
Amigdalitis aguda, no especificada
Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, de sitios múltiples o no especificados
Laringofaringitis aguda
Otras infecciones agudas de sitios múltiples de las vías respiratorias superiores
Infección aguda de las vías respiratorias superiores, no especificada
Infección aguda no especificada de las vías respiratorias inferiores
Otras enfermedades especificadas de las vías respiratorias superiores

Enfermedad de las vías respiratorias superiores, no especificada
Neumonía viral, no clasificada en otra parte
Neumonía debida a virus sincitial respiratorio
Neumonía viral, no especificada
Neumonía en enfermedades clasificadas en otra parte
Neumonía en enfermedades virales clasificadas en otra parte
Neumonía en micosis
Neumonía en enfermedades parasitarias
Neumonía en otras enfermedades clasificadas en otra parte
Neumonía, organismo no especificado
Bronconeumonía, no especificada
Neumonía, no especificada
Bronquitis aguda
Bronquitis aguda debida a *Mycoplasma pneumoniae*
Bronquitis aguda debida a *Haemophilus influenzae*
Bronquitis aguda debida a estreptococos
Bronquitis aguda debida a virus Cocksackie
Bronquitis aguda debida a virus parainfluenza
Bronquitis aguda debida a virus sincitial respiratorio
Bronquitis aguda debida a rinovirus
Bronquitis aguda debida a virus ECHO
Bronquitis aguda debida a otros microorganismos especificados
Bronquitis aguda, no especificada
Bronquiolitis aguda debida a virus sincitial respiratorio
Bronquitis, no especificada como aguda o crónica
Bronquitis crónica simple y mucopurulenta
Bronquitis crónica simple
Bronquitis crónica mucopurulenta
Bronquitis crónica mixta simple y mucopurulenta
Bronquitis crónica no especificada
Bronquitis y neumonitis debidas a inhalación de gases, humos, vapores y sustancias químicas
Sinusitis aguda
Otras sinusitis agudas
Sinusitis aguda, no especificada
Sinusitis crónica
Otras sinusitis crónicas
Sinusitis crónica, no especificada
Amigdalitis crónica
Otras enfermedades crónicas de las amígdalas y de las adenoides
Laringitis y laringotraqueítis crónicas
Laringitis crónica
Laringotraqueítis crónica
Otras enfermedades de la laringe
Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores
Otras enfermedades de la faringe
Laringitis y traqueítis agudas
Laringitis aguda
Laringotraqueítis aguda
Laringitis obstructiva aguda [crup] y epiglotitis
Laringitis obstructiva, aguda [crup]

Otras enfermedades pulmonares obstructivas crónicas
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica con infección aguda de las vías respiratorias inferiores
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica con exacerbación aguda, no especificada
Otras enfermedades pulmonares obstructivas crónicas especificadas
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica, no especificada
Influenza debida a virus de la influenza identificado
Influenza con neumonía, debida a virus de la influenza identificado
Influenza con otras manifestaciones respiratorias, debida a virus de la influenza identificado
Influenza, con otras manifestaciones, debida a virus de la influenza identificado
Influenza debida a virus no identificado
Influenza con neumonía, virus no identificado
Influenza con otras manifestaciones respiratorias, virus no identificado
Influenza con otras manifestaciones, virus no identificado
Otras afecciones respiratorias agudas y subagudas debidas a inhalación de gases, humos, vapores y sustancias químicas
Afecciones respiratorias crónicas debidas a inhalación de gases, humos, vapores y sustancias químicas
Otras afecciones respiratorias debidas a inhalación de gases, humos, vapores y sustancias químicas
Afección respiratoria no especificada, debida a inhalación de gases, humos, vapores y sustancias químicas
Afecciones respiratorias debidas a otros agentes externos
Afecciones respiratorias debidas a otros agentes externos especificados
Afecciones respiratorias debidas a agentes externos no especificados
Otras enfermedades pulmonares intersticiales
Otras enfermedades pulmonares intersticiales con fibrosis
Otras enfermedades pulmonares intersticiales especificadas
Enfermedad pulmonar intersticial, no especificada
Insuficiencia respiratoria, no clasificada en otra parte
Insuficiencia respiratoria aguda
Insuficiencia respiratoria crónica
Insuficiencia respiratoria, no especificada
Enfermedades de la tráquea y de los bronquios, no clasificadas en otra parte
Malformaciones congénitas del pulmón
Hemorragia de las vías respiratorias, no especificada
Tos
Estornudo
Otras anomalías de la respiración y las no especificadas
Dolor en el pecho al respirar
Paro respiratorio
Corrosión de la laringe y de la tráquea
Corrosión de las vías respiratorias, parte no especificada

Anexo 2: Regresiones y pruebas econométricas.

1) Infarto Agudo de Miocardio

Estimación MCO y Corrección de Multicolinealidad

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION					SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION				
Data set	Base03-09				Data set	Base03-09			
Dependent Variable	LTMINFAGMI Number of Observations: 75				Dependent Variable	LTMINFAGMI Number of Observations: 75			
Mean dependent var	1.42361 Number of Variables: 9				Mean dependent var	1.42361 Number of Variables: 4			
S.D. dependent var	0.624719 Degrees of Freedom: 66				S.D. dependent var	0.624719 Degrees of Freedom: 71			
R-squared	0.491861 F-statistic: 7.9857				R-squared	0.465586 F-statistic: 20.6186			
Adjusted R-squared	0.430268 Prob(F-statistic): 1.84817e-007				Adjusted R-squared	0.443005 Prob(F-statistic): 1.0291e-009			
Sum squared residual	14.8735 Log likelihood: -45.7489				Sum squared residual	15.6426 Log likelihood: -47.6394			
Sigma-square	0.225356 Akaike info criterion: 109.498				Sigma-square	0.220318 Akaike info criterion: 103.279			
S.E. of regression	0.474717 Schwarz criterion: 130.355				S.E. of regression	0.46938 Schwarz criterion: 112.549			
Sigma-square ML	0.198313				Sigma-square ML	0.208568			
S.E. of regression ML	0.445324				S.E. of regression ML	0.456692			
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability	Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	8.912275	1.742053	5.115959	0.0000029	CONSTANT	8.551321	1.548397	5.522693	0.0000005
L2PM10	0.1083116	0.3557666	0.3044457	0.7617466	L2SO2	0.4424828	0.1409024	3.14035	0.0024598
L2PM25	0.1840784	0.223252	0.8245318	0.4126071	L2CO	-2.686769	0.5795556	-4.635911	0.0000157
L2SO2	0.3671968	0.1562704	2.349753	0.0217864	L2COT	2.428696	0.5699511	4.261236	0.0000614
L2CO	-2.738173	0.8363311	-3.27403	0.0016902					
L2NOX	-0.1163048	1.031852	-0.1127146	0.9105974					
L2COT	18.28137	19.88302	0.9194466	0.3612097					
L2COV	-15.94013	19.07841	-0.8355066	0.4064465					
L2INDMAR	-0.06363314	0.1607496	-0.3958526	0.6934893					
REGRESSION DIAGNOSTICS					REGRESSION DIAGNOSTICS				
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 10100.402882					MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 235.912003				
TEST ON NORMALITY OF ERRORS					TEST ON NORMALITY OF ERRORS				
TEST	DF	VALUE	PROB		TEST	DF	VALUE	PROB	
Jarque-Bera	2	0.09251846	0.9547944		Jarque-Bera	2	0.6330235	0.7286865	
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY					DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY				
RANDOM COEFFICIENTS					RANDOM COEFFICIENTS				
TEST	DF	VALUE	PROB		TEST	DF	VALUE	PROB	
Breusch-Pagan test	8	17.78386	0.0229066		Breusch-Pagan test	3	13.33981	0.0039565	
Koenker-Bassett test	8	17.16848	0.0284017		Koenker-Bassett test	3	15.9633	0.0011538	
SPECIFICATION ROBUST TEST					SPECIFICATION ROBUST TEST				
TEST	DF	VALUE	PROB		TEST	DF	VALUE	PROB	
White	44	54.36231	0.1360994		White	9	23.99875	0.0043033	
***** END OF REPORT *****					***** END OF REPORT *****				

Cuadro 1

Cuadro 2

Prueba de White y Corrección de Heteroscedasticidad

Heteroskedasticity Test: White				Heteroskedasticity Test: White					
F-statistic	6.619768	Prob. F(3,71)	0.0005	F-statistic	1.404152	Prob. F(10,64)	0.1989		
Obs*R-squared	16.39290	Prob. Chi-Square(3)	0.0009	Obs*R-squared	13.49428	Prob. Chi-Square(10)	0.1973		
Scaled explained SS	12.04106	Prob. Chi-Square(3)	0.0072	Scaled explained SS	7.119873	Prob. Chi-Square(10)	0.7141		
Test Equation:				Test Equation:					
Dependent Variable: RESID^2				Dependent Variable: WGT_RESID^2					
Method: Least Squares				Method: Least Squares					
Date: 09/11/13 Time: 10:34				Date: 09/20/13 Time: 18:06					
Sample: 175				Sample: 175					
Included observations: 75				Included observations: 75					
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.922236	0.331380	2.783016	0.0069	C	-3.383181	2.552908	-1.325226	0.1898
L2CO^2	-0.012603	0.014828	-0.849900	0.3982	WGT^2	29.78879	31.40192	0.948629	0.3464
L2COV^2	0.005898	0.019963	0.295472	0.7685	L2SO2^2*WGT^2	-0.096082	0.346920	-0.276957	0.7827
L2SO2^2	0.024671	0.022114	1.115631	0.2683	L2SO2*WGT^2	3.135598	4.684602	0.669341	0.5057
R-squared	0.218572	Mean dependent var	0.209206	L2SO2*L2CO*WGT^2	-0.813640	1.085015	-0.749889	0.4561	
Adjusted R-squared	0.185554	S.D. dependent var	0.269657	L2SO2*L2COT*WGT^2	0.629115	1.217055	0.516916	0.6070	
S.E. of regression	0.243356	Akaike info criterion	0.063279	L2CO^2*WGT^2	-2.977528	2.350035	-1.267014	0.2097	
Sum squared resid	4.204786	Schwarz criterion	0.186878	L2CO*WGT^2	7.365657	12.23247	0.602140	0.5492	
Log likelihood	1.627034	Hannan-Quinn criter.	0.112631	L2CO*L2COT*WGT^2	6.748269	4.724957	1.428218	0.1581	
F-statistic	6.619768	Durbin-Watson stat	1.943135	L2COT^2*WGT^2	-3.317167	2.517999	-1.317382	0.1924	
Prob(F-statistic)	0.000524			L2COT*WGT^2	-16.29806	12.68851	-1.284474	0.2036	
				R-squared	0.179924	Mean dependent var	0.168148		
				Adjusted R-squared	0.051787	S.D. dependent var	0.183690		
				S.E. of regression	0.178870	Akaike info criterion	-0.469581		
				Sum squared resid	2.047657	Schwarz criterion	-0.129683		
				Log likelihood	28.60930	Hannan-Quinn criter.	-0.333864		
				F-statistic	1.404152	Durbin-Watson stat	1.862679		
				Prob(F-statistic)	0.198896				

Cuadro 3

Cuadro 4

2) Enfermedades Cerebrovasculares

Estimación MCO y Dependencia Espacial

```
SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION
Data set : Base15-09-13
Dependent Variable : LTMENCEV Number of Observations : 75
Mean dependent var : -0.284848 Number of Variables : 9
S.D. dependent var : 0.587108 Degrees of Freedom : 66

R-squared : 0.185691 F-statistic : 1.88129
Adjusted R-squared : 0.086987 Prob(F-statistic) : 0.077797
Sum squared residual : 21.0516 Log likelihood : -58.7763
Sigma-square : 0.318964 Akaike info criterion : 135.553
S.E. of regression : 0.564769 Schwarz criterion : 156.41
Sigma-square ML : 0.280688
S.E. of regression ML : 0.5298
```

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	4.487273	2.072516	2.165133	0.0339977
L2PM10	0.5827301	0.4232544	1.376784	0.1732314
L2PM25	-0.1305346	0.2656023	-0.4914662	0.6247283
L2SO2	0.5204473	0.1859145	2.799391	0.0067070
L2CO	-1.110569	0.9949807	-1.116171	0.2683962
L2NOX	0.02045731	1.227591	0.0166646	0.9867164
L2COOT	26.1481	23.65477	1.105405	0.2729979
L2COV	-25.94517	22.69752	-1.143084	0.2571335
L2INDMAR	0.1682347	0.1912433	0.8796893	0.3822195

```
REGRESSION DIAGNOSTICS
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 10100.402882
TEST ON NORMALITY OF ERRORS
TEST DF VALUE PROB
Jarque-Bera 2 1.869132 0.3927564
```

```
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST DF VALUE PROB
Breusch-Pagan test 8 6.926186 0.5446173
Koenker-Bassett test 8 5.784041 0.6714078
SPECIFICATION ROBUST TEST
TEST DF VALUE PROB
White 44 43.97648 0.4726389
```

```
DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
FOR WEIGHT MATRIX : MatrizPesos21-09-13.gal
(row-standardized weights)
TEST MI/DF VALUE PROB
Moran's I (error) 0.028068 0.9946734 0.3198951
Lagrange Multiplier (lag) 1 0.6891721 0.4064461
Robust LM (lag) 1 3.0520368 0.0806360
Lagrange Multiplier (error) 1 0.1350717 0.7132304
Robust LM (error) 1 2.4979364 0.1139956
Lagrange Multiplier (SARMA) 2 3.1871085 0.2032021
===== END OF REPORT =====
```

```
SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION
Data set : Base03-09
Dependent Variable : LTMENCEV Number of Observations : 75
Mean dependent var : -0.284848 Number of Variables : 9
S.D. dependent var : 0.587108 Degrees of Freedom : 66

R-squared : 0.185691 F-statistic : 1.88129
Adjusted R-squared : 0.086987 Prob(F-statistic) : 0.077797
Sum squared residual : 21.0516 Log likelihood : -58.7763
Sigma-square : 0.318964 Akaike info criterion : 135.553
S.E. of regression : 0.564769 Schwarz criterion : 156.41
Sigma-square ML : 0.280688
S.E. of regression ML : 0.5298
```

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	4.487273	2.072516	2.165133	0.0339977
L2PM10	0.5827301	0.4232544	1.376784	0.1732314
L2PM25	-0.1305346	0.2656023	-0.4914662	0.6247283
L2SO2	0.5204473	0.1859145	2.799391	0.0067070
L2CO	-1.110569	0.9949807	-1.116171	0.2683962
L2NOX	0.02045731	1.227591	0.0166646	0.9867164
L2COOT	26.1481	23.65477	1.105405	0.2729979
L2COV	-25.94517	22.69752	-1.143084	0.2571335
L2INDMAR	0.1682347	0.1912433	0.8796893	0.3822195

```
REGRESSION DIAGNOSTICS
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 10100.402882
TEST ON NORMALITY OF ERRORS
TEST DF VALUE PROB
Jarque-Bera 2 1.869132 0.3927564
```

```
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST DF VALUE PROB
Breusch-Pagan test 8 6.926186 0.5446173
Koenker-Bassett test 8 5.784041 0.6714078
SPECIFICATION ROBUST TEST
TEST DF VALUE PROB
White 44 43.97648 0.4726389
===== END OF REPORT =====
```

Cuadro 5

Cuadro 6

Cuadro 7: Corrección de Multicolinealidad

```
SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION
Data set : Base03-09
Dependent Variable : LTMENCEV Number of Observations : 75
Mean dependent var : -0.284848 Number of Variables : 4
S.D. dependent var : 0.587108 Degrees of Freedom : 71

R-squared : 0.150517 F-statistic : 4.19343
Adjusted R-squared : 0.114624 Prob(F-statistic) : 0.00863518
Sum squared residual : 21.9609 Log likelihood : -60.362
Sigma-square : 0.309309 Akaike info criterion : 128.724
S.E. of regression : 0.556156 Schwarz criterion : 137.994
Sigma-square ML : 0.292813
S.E. of regression ML : 0.541122
```

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	3.897136	1.365913	2.853137	0.0056678
L2PM10	0.4008578	0.2245989	1.784772	0.0785699
L2SO2	0.4961126	0.1667992	2.97431	0.0040099
L2COV	-0.8337459	0.2831553	-2.944483	0.0043701

```
REGRESSION DIAGNOSTICS
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 72.755797
TEST ON NORMALITY OF ERRORS
TEST DF VALUE PROB
Jarque-Bera 2 1.410774 0.4939175
```

```
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST DF VALUE PROB
Breusch-Pagan test 3 4.349963 0.2260701
Koenker-Bassett test 3 3.997875 0.2616937
SPECIFICATION ROBUST TEST
TEST DF VALUE PROB
White 9 9.666088 0.3781872
===== END OF REPORT =====
```

3) Enfermedades Isquémicas del Corazón

Estimación MCO y Dependencia Espacial y Modelo de Rezago Espacial

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION

Data set	Base03-09
Dependent Variable	LTMISQCO
Mean dependent var	-0.321143
S.D. dependent var	0.684697
Number of Observations	75
Number of Variables	9
Degrees of Freedom	66
R-squared	0.299588
Adjusted R-squared	0.214689
Sum squared residual	24.627
Sigma-square	0.373136
S.E. of regression	0.610849
Sigma-square ML	0.32836
S.E. of regression ML	0.573027

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	6.834643	2.241613	3.048984	0.0033025
L2PM10	0.7576588	0.4577879	1.655043	0.1026538
L2PM25	-0.4929226	0.2872729	-1.715869	0.0908773
L2SO2	0.7352762	0.2010833	3.656575	0.0005084
L2COV	-1.356578	1.076161	-1.260571	0.2119016
L2NOX	0.4660918	1.327751	0.3510386	0.7266785
L2COOT	33.18987	25.58477	1.297368	0.1990209
L2COV	-33.30031	24.54942	-1.35646	0.1795748
L2INDMAR	-0.3555982	0.2068469	-1.719137	0.0902764

REGRESSION DIAGNOSTICS

MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 10100.402882

TEST ON NORMALITY OF ERRORS

TEST	DF	VALUE	PROB
Jarque-Bera	2	30.17542	0.0000003

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY

RANDOM COEFFICIENTS

TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	8	20.53175	0.0085010
Koenker-Bassett test	8	9.477778	0.3036062

SPECIFICATION ROBUST TEST

TEST	DF	VALUE	PROB
White	44	61.59931	0.0408535

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE

FOR WEIGHT MATRIX : MatrizPesos-03-09.gal

(row-standardized weights)

TEST	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I (error)	0.144319	2.6449857	0.0081695
Lagrange Multiplier (lag)	1	3.6190930	0.0571200
Robust LM (lag)	1	0.1413926	0.7069005
Lagrange Multiplier (error)	1	3.5710752	0.0587942
Robust LM (error)	1	0.0933748	0.7599299
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	3.7124678	0.1562600

===== END OF REPORT =====

SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL LAG MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION

Data set	Base03-09
Dependent Variable	LTMISQCO
Mean dependent var	-0.321143
S.D. dependent var	0.684697
Number of Observations	75
Number of Variables	7
Degrees of Freedom	68
R-squared	0.325287
Adjusted R-squared	-
Sum squared residual	24.627
Sigma-square	0.373136
S.E. of regression	0.610849
Sigma-square ML	0.32836
S.E. of regression ML	0.573027

Variable	Coefficient	Std. Error	z-value	Probability
W.LTMISQCO	0.3261132	0.1402992	2.324412	0.0201034
CONSTANT	6.384488	1.502948	4.247976	0.0000216
L2PM10	0.9626302	0.3656154	2.632904	0.0084659
L2PM25	-0.5477828	0.2532294	-2.163187	0.0305267
L2SO2	0.70164	0.1846804	3.799213	0.0001452
L2COV	-1.124957	0.3025578	-3.718156	0.0002007
L2INDMAR	-0.3414454	0.1740403	-1.961876	0.0497768

REGRESSION DIAGNOSTICS

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY

RANDOM COEFFICIENTS

TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	5	17.00822	0.0044842

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE

SPATIAL LAG DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : MatrizPesos-03-09.gal

TEST	DF	VALUE	PROB
Likelihood Ratio Test	1	4.353272	0.0369379

===== END OF REPORT =====

Cuadro 8

Cuadro 9

Modelo de Error Espacial y Eliminación de Multicolinealidad

SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION

Data set	Base03-09
Spatial Weight	MatrizPesos-03-09.gal
Dependent Variable	LTMISQCO
Mean dependent var	-0.321143
S.D. dependent var	0.684697
Lag coeff. (Lambda)	0.351177
Number of Observations	75
Number of Variables	6
Degrees of Freedom	69
R-squared	0.326560
Adjusted R-squared	-
Sum squared residual	25.7294
Sigma-square	0.37289
S.E. of regression	0.610847
Sigma-square ML	0.343059
S.E. of regression ML	0.585712

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	6.375536	1.628939	3.91392	0.0002104
L2PM10	0.8232157	0.3960498	2.078566	0.0413781
L2PM25	-0.4735284	0.2746361	-1.724203	0.0891490
L2SO2	0.7905182	0.1972084	4.008542	0.0001524
L2COV	-1.110086	0.3282949	-3.381367	0.0011911
L2INDMAR	-0.3827837	0.1873254	-2.043416	0.0448317

REGRESSION DIAGNOSTICS

MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 95.889262

TEST ON NORMALITY OF ERRORS

TEST	DF	VALUE	PROB
Jarque-Bera	2	39.6285	0.0000000

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY

RANDOM COEFFICIENTS

TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	5	15.91469	0.0070919
Koenker-Bassett test	5	6.726379	0.2417981

SPECIFICATION ROBUST TEST

TEST	DF	VALUE	PROB
White	20	18.34279	0.5648380

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE

FOR WEIGHT MATRIX : MatrizPesos-03-09.gal

(row-standardized weights)

TEST	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I (error)	0.150639	2.5369559	0.0111821
Lagrange Multiplier (lag)	1	4.4043725	0.0358469
Robust LM (lag)	1	0.5148027	0.4730671
Lagrange Multiplier (error)	1	3.8908961	0.0485543
Robust LM (error)	1	0.0011264	0.9732269
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	4.4054988	0.1104989

===== END OF REPORT =====

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION

Data set	Base03-09
Dependent Variable	LTMISQCO
Mean dependent var	-0.321143
S.D. dependent var	0.684697
Number of Observations	75
Number of Variables	6
Degrees of Freedom	69
R-squared	0.268235
Adjusted R-squared	0.215208
Sum squared residual	25.7294
Sigma-square	0.37289
S.E. of regression	0.610847
Sigma-square ML	0.343059
S.E. of regression ML	0.585712

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	6.375536	1.628939	3.91392	0.0002104
L2PM10	0.8232157	0.3960498	2.078566	0.0413781
L2PM25	-0.4735284	0.2746361	-1.724203	0.0891490
L2SO2	0.7905182	0.1972084	4.008542	0.0001524
L2COV	-1.110086	0.3282949	-3.381367	0.0011911
L2INDMAR	-0.3827837	0.1873254	-2.043416	0.0448317

REGRESSION DIAGNOSTICS

MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 95.889262

TEST ON NORMALITY OF ERRORS

TEST	DF	VALUE	PROB
Jarque-Bera	2	39.6285	0.0000000

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY

RANDOM COEFFICIENTS

TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	5	15.91469	0.0070919
Koenker-Bassett test	5	6.726379	0.2417981

SPECIFICATION ROBUST TEST

TEST	DF	VALUE	PROB
White	20	18.34279	0.5648380

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE

FOR WEIGHT MATRIX : MatrizPesos-03-09.gal

(row-standardized weights)

TEST	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I (error)	0.150639	2.5369559	0.0111821
Lagrange Multiplier (lag)	1	4.4043725	0.0358469
Robust LM (lag)	1	0.5148027	0.4730671
Lagrange Multiplier (error)	1	3.8908961	0.0485543
Robust LM (error)	1	0.0011264	0.9732269
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	4.4054988	0.1104989

===== END OF REPORT =====

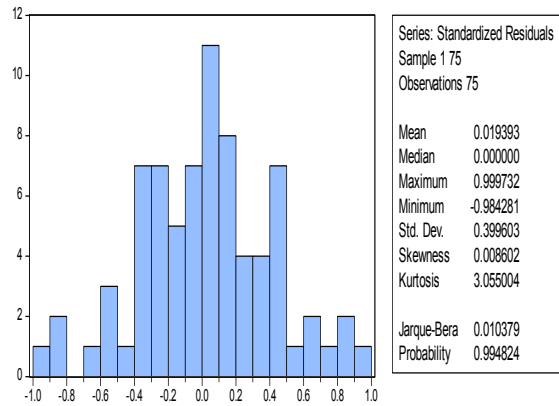
Cuadro 10

Cuadro 11

Pruebas de Heterocedasticidad y Normalidad

Heteroskedasticity Test: White				
F-statistic	1.359591	Prob. F(5,69)	0.2503	
Obs*R-squared	6.726390	Prob. Chi-Square(5)	0.2418	
Scaled explained SS	13.47022	Prob. Chi-Square(5)	0.0193	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 09/13/13 Time: 16:51				
Sample: 175				
Included observations: 75				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.831522	0.937225	0.887218	0.3780
L2PM10^2	0.236467	0.299418	0.789757	0.4324
L2PM25^2	-0.220260	0.274438	-0.802585	0.4250
L2SO2^2	0.033100	0.081248	0.407397	0.6850
L2COV^2	-0.028811	0.030948	-0.930938	0.3551
L2INDMAR^2	0.057126	0.054745	1.043502	0.3004
R-squared	0.089685	Mean dependent var	0.343059	
Adjusted R-squared	0.023720	S.D. dependent var	0.751288	
S.E. of regression	0.742324	Akaike info criterion	2.318558	
Sum squared resid	38.02214	Schwarz criterion	2.503957	
Log likelihood	-80.94591	Hannan-Quinn criter.	2.392585	
F-statistic	1.359591	Durbin-Watson stat	2.048051	
Prob(F-statistic)	0.250283			

Cuadro 12



Gráfica 1

4) Enfermedades respiratorias

Estimación MCO y Dependencia Espacial y Corrección de Multicolinealidad

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION				
Data set	Base15-09-13			
Dependent Variable	LTMENRES	Number of Observations	75	
Mean dependent var	1.15985	Number of Variables	9	
S.D. dependent var	0.449186	Degrees of Freedom	66	
R-squared	0.411196	F-statistic	5.76145	
Adjusted R-squared	0.339825	Prob(F-statistic)	1.44772e-005	
Sum squared residual	8.91014	Log likelihood	-26.5342	
Sigma-square	0.135002	Akaike info criterion	71.0684	
S.E. of regression	0.367426	Schwarz criterion	91.9258	
Sigma-square ML	0.118802			
S.E. of regression ML	0.344676			
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	7.297448	1.348333	5.412198	0.0000009
L2PM10	0.3931994	0.27536	1.427947	0.1580223
L2PM25	-0.3707183	0.172795	-2.145422	0.0356026
L2SO2	0.444026	0.1209519	3.671097	0.0004850
L2CO	-1.846713	0.6473126	-2.852892	0.0057802
L2NOX	0.2471751	0.7986439	0.3094936	0.7579193
L2COV	-5.158486	15.38927	-0.3352001	0.7385380
L2COV	6.400647	14.76651	0.433457	0.6660957
L2INDMAR	0.06807293	0.1244187	0.5471279	0.5861362

REGRESSION DIAGNOSTICS			
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 10100.402882			
TEST ON NORMALITY OF ERRORS			
TEST	DF	VALUE	PROB
Jarque-Bera	2	1.012785	0.6026658
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY			
RANDOM COEFFICIENTS			
TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	8	8.794306	0.3599443
Koenker-Bassett test	8	8.412147	0.3942797
SPECIFICATION ROBUST TEST			
TEST	DF	VALUE	PROB
White	44	50.04247	0.2459885
DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE			
FOR WEIGHT MATRIX : MatrizPesos21-09-13.gal			
(row-standardized weights)			
TEST	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I (error)	0.013355	0.7858049	0.4319817
Lagrange Multiplier (lag)	1	0.1992394	0.6553355
Robust LM (lag)	1	0.4753223	0.4905488
Lagrange Multiplier (error)	1	0.0305781	0.8611850
Robust LM (error)	1	0.3066610	0.5797364
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	0.5059003	0.7765066
***** END OF REPORT *****			

Cuadro 13

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION				
Data set	Base15-09-13			
Dependent Variable	LTMENRES	Number of Observations	75	
Mean dependent var	1.15985	Number of Variables	6	
S.D. dependent var	0.449186	Degrees of Freedom	69	
R-squared	0.407904	F-statistic	9.50704	
Adjusted R-squared	0.364999	Prob(F-statistic)	6.25106e-007	
Sum squared residual	8.95995	Log likelihood	-26.7433	
Sigma-square	0.129854	Akaike info criterion	65.4865	
S.E. of regression	0.360353	Schwarz criterion	79.3914	
Sigma-square ML	0.119466			
S.E. of regression ML	0.345639			
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	7.294863	1.318667	5.532	0.0000005
L2PM10	0.4365489	0.2347652	1.859513	0.0672180
L2PM25	-0.3600072	0.1623915	-2.216909	0.0299273
L2SO2	0.4378897	0.1157266	3.783829	0.0003255
L2CO	-1.837883	0.4555071	-4.034806	0.0001392
L2COV	1.427956	0.5182886	2.755136	0.0074964

REGRESSION DIAGNOSTICS			
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 307.451611			
TEST ON NORMALITY OF ERRORS			
TEST	DF	VALUE	PROB
Jarque-Bera	2	1.21164	0.5456269
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY			
RANDOM COEFFICIENTS			
TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	5	7.562546	0.1820497
Koenker-Bassett test	5	6.754561	0.2395432
SPECIFICATION ROBUST TEST			
TEST	DF	VALUE	PROB
White	20	26.29052	0.1564300
***** END OF REPORT *****			

Cuadro 14

5) Porcentaje de defunciones por Infarto Agudo de Miocardio (Mayores a 65 y menores de 5 años).

Estimación MCO y Dependencia Espacial

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION

Data set : Base15-09-13

Dependent Variable : LINFAMPO Number of Observations : 75

Mean dependent var : 4.3233 Number of Variables : 9

S.D. dependent var : 0.185253 Degrees of Freedom : 66

R-squared : 0.032048 F-statistic : 0.273152

Adjusted R-squared : -0.085279 Prob(F-statistic) : 0.972522

Sum squared residual : 2.49142 Log likelihood : 21.2534

Sigma-square : 0.0377488 Akaike info criterion : -24.5069

S.E. of regression : 0.19429 Schwarz criterion : -3.64949

Sigma-square ML : 0.0332189

S.E. of regression ML : 0.182261

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	4.655034	0.7129818	6.528966	0.0000000
L2PM10	-0.08953724	0.1456069	-0.6149243	0.5407183
L2PM25	0.04556399	0.09137184	0.4986656	0.6196730
L2SO2	0.03759284	0.06395783	0.5877753	0.5586884
L2CO	-0.04392034	0.3422908	-0.128313	0.8982935
L2NOX	0.2234905	0.4223129	0.529206	0.5984386
L2COT	-2.13918	8.137655	-0.2628743	0.7934641
L2COV	1.968624	7.808345	0.252118	0.8017352
L2INDMAR	-0.009511261	0.06579103	-0.1445677	0.8854934

REGRESSION DIAGNOSTICS

MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 10100.402882

TEST ON NORMALITY OF ERRORS

TEST DF VALUE PROB

Jarque-Bera 2 39.4529 0.0000000

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY

RANDOM COEFFICIENTS

TEST DF VALUE PROB

Breusch-Pagan test 8 27.82286 0.0005091

Koenker-Bassett test 8 11.63348 0.1683216

SPECIFICATION ROBUST TEST

TEST DF VALUE PROB

White 44 44.45039 0.4526649

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE

FOR WEIGHT MATRIX : MatrixPesos21-09-13.gal

(row-standardized weights)

TEST MI/DF VALUE PROB

Moran's I (error) -0.054763 -0.1811920 0.8562169

Lagrange Multiplier (lag) 1 0.4402045 0.5070238

Robust LM (lag) 1 0.2418496 0.6228734

Lagrange Multiplier (error) 1 0.5141873 0.4733318

Robust LM (error) 1 0.3158324 0.5741231

Lagrange Multiplier (SARMA) 2 0.7560369 0.6852179

***** END OF REPORT *****

Cuadro 15

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION

Data set : Base15-09-13

Dependent Variable : LINFAMPO Number of Observations : 75

Mean dependent var : 4.3233 Number of Variables : 9

S.D. dependent var : 0.185253 Degrees of Freedom : 66

R-squared : 0.032048 F-statistic : 0.273152

Adjusted R-squared : -0.085279 Prob(F-statistic) : 0.972522

Sum squared residual : 2.49142 Log likelihood : 21.2534

Sigma-square : 0.0377488 Akaike info criterion : -24.5069

S.E. of regression : 0.19429 Schwarz criterion : -3.64949

Sigma-square ML : 0.0332189

S.E. of regression ML : 0.182261

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	4.655034	0.7129818	6.528966	0.0000000
L2PM10	-0.08953724	0.1456069	-0.6149243	0.5407183
L2PM25	0.04556399	0.09137184	0.4986656	0.6196730
L2SO2	0.03759284	0.06395783	0.5877753	0.5586884
L2CO	-0.04392034	0.3422908	-0.128313	0.8982935
L2NOX	0.2234905	0.4223129	0.529206	0.5984386
L2COT	-2.13918	8.137655	-0.2628743	0.7934641
L2COV	1.968624	7.808345	0.252118	0.8017352
L2INDMAR	-0.009511261	0.06579103	-0.1445677	0.8854934

REGRESSION DIAGNOSTICS

MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 10100.402882

TEST ON NORMALITY OF ERRORS

TEST DF VALUE PROB

Jarque-Bera 2 39.4529 0.0000000

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY

RANDOM COEFFICIENTS

TEST DF VALUE PROB

Breusch-Pagan test 8 27.82286 0.0005091

Koenker-Bassett test 8 11.63348 0.1683216

SPECIFICATION ROBUST TEST

TEST DF VALUE PROB

White 44 44.45039 0.4526649

***** END OF REPORT *****

Cuadro 16

Variables Dummy e Histograma

Dependent Variable: LINFAMPO
 Method: Least Squares
 Date: 09/19/13 Time: 14:24
 Sample: 175
 Included observations: 75

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
L2CO	0.000782	0.269193	0.002905	0.9977
L2COT	-9.673083	6.502974	-1.487486	0.1417
L2COV	9.293538	6.242488	1.488755	0.1414
L2INDMAR	-0.013572	0.051728	-0.262371	0.7939
L2NOX	0.323920	0.332381	0.974544	0.3334
L2PM10	-0.011592	0.115108	-0.100710	0.9201
L2PM25	-0.008212	0.072315	-0.113554	0.9099
L2SO2	0.046917	0.050304	0.932685	0.3544
C	5.424777	0.573046	9.466559	0.0000
DINFAGMIPO	-0.745447	0.115326	-6.463812	0.0000

R-squared 0.410785 Mean dependent var 4.323295

Adjusted R-squared 0.329201 S.D. dependent var 0.186501

S.E. of regression 0.152748 Akaike info criterion -0.796482

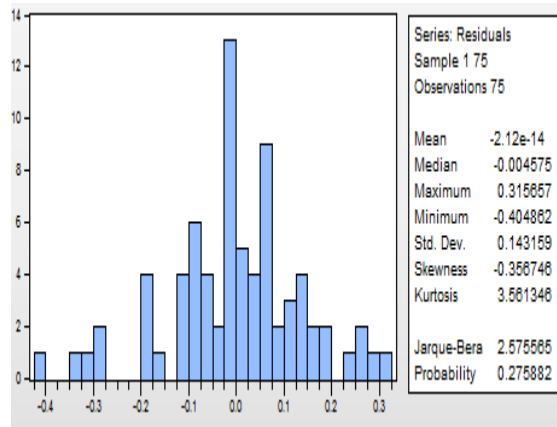
Sum squared resid 1.516587 Schwarz criterion -0.487484

Log likelihood 39.86808 Hannan-Quinn criter. -0.673103

F-statistic 5.035138 Durbin-Watson stat 1.804244

Prob(F-statistic) 0.000038

Cuadro 17



Gráfica 2

Prueba de Heteroscedasticidad y Multicolinealidad

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	1.514690	Prob. F(8,66)	0.1691
Obs*R-squared	11.63393	Prob. Chi-Square(8)	0.1683
Scaled explained SS	21.54664	Prob. Chi-Square(8)	0.0058

Test Equation:
 Dependent Variable: RESID^2
 Method: Least Squares
 Date: 09/22/13 Time: 16:07
 Sample: 1 75
 Included observations: 75

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.251732	0.130106	1.934816	0.0573
L2CO^2	0.001822	0.007654	0.238090	0.8125
L2COT^2	-0.310256	0.248712	-1.247451	0.2166
L2COV^2	0.297626	0.241586	1.231969	0.2223
L2INDMAR^2	0.001807	0.005770	0.313238	0.7551
L2NOX^2	0.009834	0.010995	0.894478	0.3743
L2PM10^2	0.031333	0.030676	1.021430	0.3108
L2PM25^2	-0.034009	0.027880	-1.219837	0.2269
L2SO2^2	0.007274	0.008019	0.907149	0.3676

R-squared	0.155119	Mean dependent var	0.033219
Adjusted R-squared	0.052709	S.D. dependent var	0.073141
S.E. of regression	0.071187	Akaike info criterion	-2.334844
Sum squared resid	0.334462	Schwarz criterion	-2.056745
Log likelihood	96.55665	Hannan-Quinn criter.	-2.223802
F-statistic	1.514690	Durbin-Watson stat	2.163508
Prob(F-statistic)	0.169108		

Dependent Variable: LINFAMPO

Method: Least Squares

Date: 09/25/13 Time: 09:08

Sample: 1 75

Included observations: 75

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
L2COT	-9.348695	4.131922	-2.262553	0.0268
L2COV	8.980212	4.078074	2.202072	0.0310
C	5.254349	0.356839	14.72471	0.0000
DINFAGMIPO	-0.746901	0.111173	-6.718383	0.0000
L2NOX	0.330602	0.191491	1.726461	0.0887

R-squared	0.400064	Mean dependent var	4.323295
Adjusted R-squared	0.365782	S.D. dependent var	0.186501
S.E. of regression	0.148525	Akaike info criterion	-0.911784
Sum squared resid	1.544181	Schwarz criterion	-0.757285
Log likelihood	39.19189	Hannan-Quinn criter.	-0.850094
F-statistic	11.66977	Durbin-Watson stat	1.845202
Prob(F-statistic)	0.000000		

Cuadro 18

Cuadro 19

6) Porcentaje de Defunciones por Enfermedades Cerebrovasculares

Estimación por MCO y Dependencia Espacial y Modelo de Error espacial

SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
 Data set : Base15-09-13
 Spatial Weight : MatrizPesos21-09-13.gal
 Dependent Variable : LENFCEPO Number of Observations: 75
 Mean dependent var : 2.000860 Number of Variables : 9
 S.D. dependent var : 1.546484 Degrees of Freedom : 66
 Lag coeff. (Lambda) : 0.379042

R-squared : 0.844935 R-squared (BUSE) : -
 Sq. Correlation : -0.07513887 Log likelihood : -70.419455
 Sigma-square : 0.370855 Akaike info criterion : 158.839
 S.E of regression : 0.608978 Schwarz criterion : 179.696

Variable	Coefficient	Std. Error	z-value	Probability
CONSTANT	-0.4863737	2.478184	-0.1962621	0.8444050
L2PM10	-0.07513887	0.4425215	-0.1697971	0.8651697
L2PM25	-0.1611929	0.273181	-0.590059	0.5551510
L2SO2	0.2623384	0.2187058	1.199503	0.2303324
L2CO	-1.85837	1.235917	-1.503636	0.1326751
L2NOX	-0.355666	1.259528	-0.2823803	0.7776520
L2COT	22.43614	26.75443	0.8385955	0.4016962
L2COV	-19.31424	25.73568	-0.7504851	0.4529625
L2INDMAR	-0.3207743	0.2181979	-1.470107	0.1415329
LAMEDA	0.379042	0.1422303	2.664988	0.0076992

REGRESSION DIAGNOSTICS
 DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
 RANDOM COEFFICIENTS
 TEST
 Breusch-Pagan test 8 6.658229 0.5739153

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
 SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : MatrizPesos21-09-13.gal
 TEST DF VALUE PROB
 Likelihood Ratio Test 1 5.716701 0.0168043
 ***** END OF REPORT*****

Cuadro 20

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION
 Data set : Base15-09-13
 Dependent Variable : LENFCEPO Number of Observations: 75
 Mean dependent var : 2.000860 Number of Variables : 9
 S.D. dependent var : 1.546484 Degrees of Freedom : 66

R-squared : 0.827226 F-statistic : 39.5002
 Adjusted R-squared : 0.806284 Prob(F-statistic) : 2.82744e-022
 Sum squared residual : 30.9907 Log likelihood : -73.2778
 Sigma-square : 0.469555 Akaike info criterion : 164.556
 S.E. of regression : 0.685241 Schwarz criterion : 185.413
 Sigma-square ML : 0.413209
 S.E of regression ML : 0.642813

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	-0.2746036	2.514609	-0.1092033	0.9133709
L2PM10	-0.3617385	0.5135397	-0.7433475	0.4599095
L2PM25	-0.1784417	0.3225885	-0.5537225	0.5816389
L2SO2	0.3978858	0.2255723	1.763895	0.0823775
L2CO	-2.09809	1.207222	-1.737949	0.0868836
L2NOX	-0.3165299	1.489451	-0.2125145	0.8323638
L2COT	17.42189	28.70062	0.6070213	0.5459203
L2COV	-13.86944	27.53918	-0.5036258	0.6162019
L2INDMAR	-0.4157404	0.2320378	-1.791693	0.0777664

REGRESSION DIAGNOSTICS
 MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 10100.402882
 TEST ON NORMALITY OF ERRORS
 TEST DF VALUE PROB
 Jarque-Bera 2 3.194586 0.2024439

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
 RANDOM COEFFICIENTS
 TEST
 Breusch-Pagan test 8 5.43133 0.7106356
 Koenker-Bassett test 8 7.819288 0.4513190

SPECIFICATION ROBUST TEST
 TEST DF VALUE PROB
 White 44 35.97159 0.8000941

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
 FOR WEIGHT MATRIX : MatrizPesos21-09-13.gal
 (row-standardized weights)
 TEST ML/DF VALUE PROB
 Moran's I (error) 0.188727 3.2754065 0.0010552
 Lagrange Multiplier (lag) 1 5.0742048 0.0242844
 Robust LM (lag) 1 0.7697804 0.3802850
 Lagrange Multiplier (error) 1 6.1068966 0.0134655
 Robust LM (error) 1 1.8024722 0.1794139
 Lagrange Multiplier (SARMA) 2 6.8766770 0.0321180
 ***** END OF REPORT*****

Cuadro 21

Estimación de Modelo de Rezago Espacial y Eliminación de Multicolinealidad

SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL LAG MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION

Data set	: Base15-09-13			
Spatial Weight	: MatrizPesos21-09-13.gal			
Dependent Variable	: LENFCEPO	Number of Observations	: 75	
Mean dependent var	: 2.00086	Number of Variables	: 10	
S.D. dependent var	: 1.54648	Degrees of Freedom	: 65	
Lag coeff. (Rho)	: 0.253172			
R-squared	: 0.841264	Log likelihood	: -70.6092	
Sq. Correlation	: -	Akaike info criterion	: 161.218	
Sigma-square	: 0.379635	Schwarz criterion	: 184.393	
S.E. of regression	: 0.616145			

Variable	Coefficient	Std. Error	z-value	Probability
W_LENFCPEO	0.2531723	0.099449	2.54575	0.0109044
CONSTANT	-2.734028	2.411529	-1.133732	0.2569070
L2PM10	-0.2325494	0.462235	-0.5030978	0.6148955
L2PM25	-0.1716316	0.2897708	-0.5923011	0.5536489
L2SO2	0.2780184	0.2042116	1.361423	0.1733800
L2CO	-0.7664913	1.20368	-0.6367901	0.5242614
L2NOX	-0.2044175	1.340095	-0.1525396	0.8787614
L2COT	3.545812	26.77775	0.1324164	0.8946549
L2COV	-1.57819	25.61094	-0.06162171	0.9508639
L2INDMAR	-0.1968353	0.2201413	-0.8941318	0.3712513

REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS

TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	8	4.98438	0.7592444

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL LAG DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : MatrizPesos21-09-13.gal

TEST	DF	VALUE	PROB
Likelihood Ratio Test	1	5.337309	0.0208737

***** END OF REPORT*****

Cuadro 22

SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION

Data set	: Base15-09-13			
Spatial Weight	: MatrizPesos21-09-13.gal			
Dependent Variable	: LENFCEPO	Number of Observations	: 75	
Mean dependent var	: 2.000860	Number of Variables	: 3	
S.D. dependent var	: 1.546484	Degrees of Freedom	: 72	
Lag coeff. (Lambda)	: 0.493124			
R-squared	: 0.842292	R-squared (BUSE)	: -	
Sq. Correlation	: -	Log likelihood	: -71.994083	
Sigma-square	: 0.377175	Akaike info criterion	: 149.988	
S.E. of regression	: 0.614146	Schwarz criterion	: 156.941	

Variable	Coefficient	Std. Error	z-value	Probability
CONSTANT	-3.166113	0.8539866	-3.707451	0.0002094
L2COT	0.854637	0.0728187	11.73651	0.0000000
L2INDMAR	-0.302149	0.2085756	-1.448631	0.1474408
LAMBDA	0.4931243	0.1272697	3.874642	0.0001068

REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS

TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	2	2.141182	0.3428055

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : MatrizPesos21-09-13.gal

TEST	DF	VALUE	PROB
Likelihood Ratio Test	1	13.46469	0.0002431

***** END OF REPORT*****

Cuadro 23

7) Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Isquémicas del corazón

Estimación por MCO y Dependencia Espacial y Gráfica de Residuos

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION

Data set	: Base15-09-13			
Dependent Variable	: LISQCOFO_1	Number of Observations	: 75	
Mean dependent var	: 3.84171	Number of Variables	: 9	
S.D. dependent var	: 1.43173	Degrees of Freedom	: 66	
R-squared	: 0.343344	F-statistic	: 4.31366	
Adjusted R-squared	: 0.263750	Prob(F-statistic)	: 0.000322042	
Sun squared residual	: 100.954	Log likelihood	: -117.565	
Sigma-square	: 1.52961	Akaike info criterion	: 253.129	
S.E. of regression	: 1.23677	Schwarz criterion	: 273.986	
Sigma-square ML	: 1.34605			
S.E. of regression ML	: 1.1602			

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	-4.540452	4.538545	-1.00042	0.3207607
L2PM10	0.7802954	0.9268731	0.8418578	0.4029077
L2PM25	-1.154277	0.581635	-1.984538	0.0513558
L2SO2	-0.9040886	0.4071289	-2.220645	0.0298128
L2CO	1.800205	2.17888	0.8262065	0.4116639
L2NOX	1.332589	2.688248	0.4957094	0.6217471
L2COT	-47.05955	51.80092	-0.9084694	0.3669353
L2COV	45.34254	49.70467	0.9122389	0.3649637
L2INDMAR	-0.2460103	0.4187983	-0.5874195	0.5589253

REGRESSION DIAGNOSTICS
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 10100.402882

TEST ON NORMALITY OF ERRORS	DF	VALUE	PROB
Jarque-Bera	2	76.93725	0.0000000

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS

TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	8	40.84024	0.0000022
Koenker-Bassett test	8	13.81855	0.0866192

SPECIFICATION ROBUST TEST

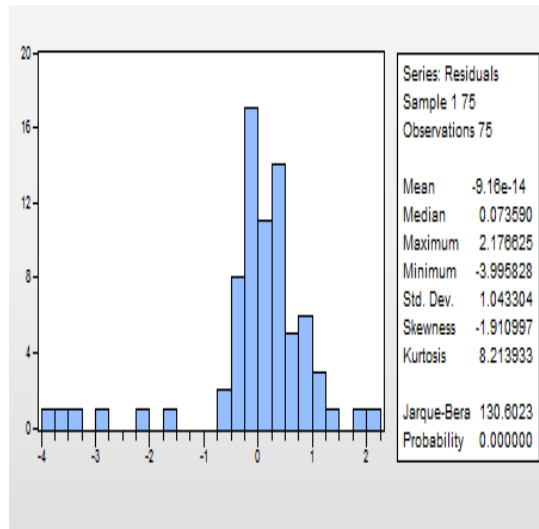
TEST	DF	VALUE	PROB
White	44	47.58465	0.3289229

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
FOR WEIGHT MATRIX : MatrizPesos21-09-13.gal
(row-standardized weights)

TEST	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I (error)	-0.033936	0.1144627	0.9088709
Lagrange Multiplier (lag)	1	0.4384929	0.5078556
Robust LM (lag)	1	0.4644141	0.4955682
Lagrange Multiplier (error)	1	0.1974592	0.6567796
Robust LM (error)	1	0.2233903	0.6364687
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	0.6618732	0.7182507

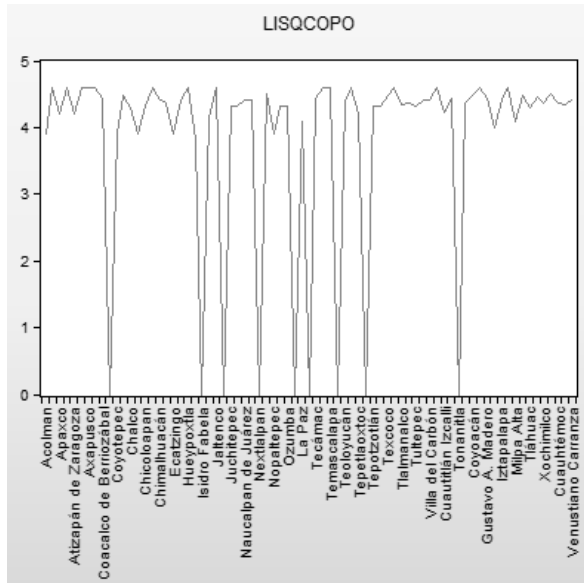
***** END OF REPORT*****

Cuadro 24



Gráfica 3

Gráfica de líneas Porcentaje de Enfermedades Isquémicas del Corazón y Prueba de Multicolinealidad



Dependent Variable: LISQCOPO
 Method: Least Squares
 Date: 10/01/13 Time: 12:24
 Sample: 175
 Included observations: 75

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
L2COV	1.702100	0.384152	4.430793	0.0000
L2PM25	-0.639473	0.312340	-2.047362	0.0444
L2SO2	-0.812976	0.350032	-2.322576	0.0231
C	-5.469613	1.997384	-2.738389	0.0078
DISQPO	-3.208852	0.824101	-3.893760	0.0002

R-squared	0.435215	Mean dependent var	3.841708
Adjusted R-squared	0.402942	S.D. dependent var	1.441375
S.E. of regression	1.113744	Akaike info criterion	3.117672
Sum squared resid	86.82978	Schwarz criterion	3.272171
Log likelihood	-111.9127	Hannan-Quinn criter.	3.179362
F-statistic	13.48525	Durbin-Watson stat	2.141153
Prob(F-statistic)	0.000000		

Gráfica 4

Cuadro 25

8) Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Respiratorias

Estimación por MCO y Dependencia y Modelo de Error Espacial

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION

Data set : Base15-09-13
 Dependent Variable : LENFREPO_1 Number of Observations : 75
 Mean dependent var : 1.947170 Number of Variables : 9
 S.D. dependent var : 1.605653 Degrees of Freedom : 66

R-squared : 0.832909 F-statistic : 41.1243
 Adjusted R-squared : 0.812856 Prob(F-statistic) : 9.56412e-023
 Sum squared residual : 32.3086 Log likelihood : -74.8396
 Sigma-square : 0.489524 Akaike info criterion : 167.679
 S.E. of regression : 0.69966 Schwarz criterion : 188.537
 Sigma-square ML : 0.430781
 S.E. of regression ML : 0.656339

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	2.086328	2.56752	0.812585	0.4193779
L2PM10	-0.2736319	0.5243454	-0.5218542	0.6035198
L2PM25	-0.4549537	0.3290393	-1.382673	0.1714261
L2SO2	0.6366471	0.2303187	2.764201	0.0073890
L2COV	-2.884908	1.232624	-2.340461	0.0222922
L2NOX	-0.2668168	1.520792	-0.175446	0.8612661
L2COT	34.10724	29.30452	1.16389	0.2486591
L2COV	-29.9153	28.11865	-1.063895	0.2912534
L2INDMAR	-0.7959932	0.2369202	-3.359752	0.0012999

REGRESSION DIAGNOSTICS
 MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER : 10100.402882
 TEST ON NORMALITY OF ERRORS
 TEST DF VALUE PROB
 Jarque-Bera 2 1.193568 0.5505795

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
 RANDOM COEFFICIENTS
 TEST DF VALUE PROB
 Breusch-Pagan test 8 5.586097 0.6934837
 Koenker-Bassett test 8 4.569515 0.8024388

SPECIFICATION ROBUST TEST
 TEST DF VALUE PROB
 White 44 60.13613 0.0531526

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
 FOR WEIGHT MATRIX : MatrizPesos21-09-13.gal
 (row-standardized weights)
 TEST MI/DF VALUE PROB
 Moran's I (error) 0.179973 3.1511318 0.0016265
 Lagrange Multiplier (lag) 1 4.1486039 0.0416689
 Robust LM (lag) 1 0.4660905 0.4947913
 Lagrange Multiplier (error) 1 5.5534963 0.0184438
 Robust LM (error) 1 1.8709829 0.1713626
 Lagrange Multiplier (SARMA) 2 6.0195867 0.0493019

***** END OF REPORT *****

Cuadro 26

SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION

Data set : Base15-09-13
 Spatial Weight : MatrizPesos21-09-13.gal
 Dependent Variable : LENFREPO_1 Number of Observations : 75
 Mean dependent var : 1.947170 Number of Variables : 9
 S.D. dependent var : 1.605653 Degrees of Freedom : 66
 Lag coeff. (Lambda) : 0.439014

R-squared : 0.853388 R-squared (BUSE) : -
 Sq. Correlation : - Log likelihood : -71.585911
 Sigma-square : 0.377984 Akaike info criterion : 161.172
 S.E. of regression : 0.614804 Schwarz criterion : 182.029

Variable	Coefficient	Std. Error	z-value	Probability
CONSTANT	2.476629	2.553733	0.9698071	0.3321427
L2PM10	0.07065853	0.4449992	0.1587835	0.8738394
L2PM25	-0.5101471	0.2734694	-1.865463	0.0621164
L2SO2	0.5669169	0.223748	2.53373	0.0112856
L2COV	-2.919773	1.28248	-2.276662	0.0228063
L2NOX	-0.2134623	1.260889	-0.1692951	0.8655645
L2COT	41.1889	27.2277	1.512757	0.1303414
L2COV	-37.26397	26.19634	-1.422488	0.1548848
L2INDMAR	-0.6920723	0.2225399	-3.10988	0.0018718
LAMBDA	0.4390136	0.1346999	3.259198	0.0011174

REGRESSION DIAGNOSTICS
 DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
 RANDOM COEFFICIENTS
 TEST DF VALUE PROB
 Breusch-Pagan test 8 8.784933 0.3607625

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
 SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : MatrizPesos21-09-13.gal
 TEST DF VALUE PROB
 Likelihood Ratio Test 1 6.507287 0.0107433

***** END OF REPORT *****

Cuadro 27

Modelo de Rezago espacial, Prueba de Heteroscedasticidad y Multicolinealidad

SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL LAG MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
 Data set : Base15-09-13
 Spatial Weight : MatrizPesos21-09-13.gal
 Dependent Variable : LENFREPO_1 Number of Observations: 75
 Mean dependent var : 1.94717 Number of Variables : 10
 S.D. dependent var : 1.60565 Degrees of Freedom : 65
 Lag coeff. (Rho) : 0.248705
 R-squared : 0.845085 Log likelihood : -72.4929
 Sq. Correlation : - Akaike info criterion : 164.986
 Sigma-square : 0.39939 Schwarz criterion : 188.161
 S.E of regression : 0.631973

Variable	Coefficient	Std. Error	z-value	Probability
W_LENFREPO_1	0.248705	0.1010644	2.460857	0.0138606
CONSTANT	-0.07504911	2.508137	-0.02992226	0.9761289
L2PM10	-0.05010821	0.4758847	-0.1052949	0.9161417
L2PM25	-0.4763315	0.2972139	-1.602656	0.1090107
L2SO2	0.5387684	0.2109198	2.554375	0.0106379
L2CO	-1.463517	1.272064	-1.150506	0.2499356
L2NOX	-0.2007334	1.373955	-0.146099	0.8838432
L2COT	16.5657	27.6769	0.5985388	0.5494804
L2COV	-14.06982	26.44994	-0.5319413	0.5947666
L2INDMAR	-0.5537907	0.2293673	-2.414427	0.0157600

REGRESSION DIAGNOSTICS
 DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
 RANDOM COEFFICIENTS
 TEST
 Breusch-Pagan test DF VALUE PROB
 8 11.42591 0.1787142
 DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
 SPATIAL LAG DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : MatrizPesos21-09-13.gal
 TEST DF VALUE PROB
 Likelihood Ratio Test 1 4.693357 0.0302794
 ===== END OF REPORT=====

Cuadro 28

Heteroskedasticity Test: White
 F-statistic 0.535264 Prob. F(8,66) 0.8258
 Obs*R-squared 4.569560 Prob. Chi-Square(8) 0.8024
 Scaled explained SS 4.326017 Prob. Chi-Square(8) 0.8266

Test Equation:
 Dependent Variable: RESID^2
 Method: Least Squares
 Date: 09/30/13 Time: 09:37
 Sample: 1 75
 Included observations: 75

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.015501	1.271752	0.798505	0.4274
L2CO^2	0.002582	0.074811	0.034514	0.9726
L2COT^2	1.737570	2.431091	0.714729	0.4773
L2COV^2	-1.799443	2.361436	-0.762012	0.4488
L2INDMAR^2	-0.025311	0.056397	-0.448809	0.6550
L2NOX^2	-0.002975	0.107470	-0.027684	0.9780
L2PM10^2	0.383667	0.299849	1.279533	0.2052
L2PM25^2	-0.342679	0.272521	-1.257441	0.2130
L2SO2^2	0.044495	0.078379	0.567695	0.5722

R-squared 0.060927 Mean dependent var 0.430783
 Adjusted R-squared -0.052900 S.D. dependent var 0.678129
 S.E. of regression 0.695834 Akaike info criterion 2.224756
 Sum squared resid 31.95623 Schwarz criterion 2.502855
 Log likelihood -74.42836 Hannan-Quinn criter. 2.335798
 F-statistic 0.535264 Durbin-Watson stat 1.547181
 Prob(F-statistic) 0.825778

Cuadro 29

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	57.65	43	0.0669
Skewness	16.23	8	0.0392
Kurtosis	0.32	1	0.5730
Total	74.19	52	0.0233

Cuadro 30

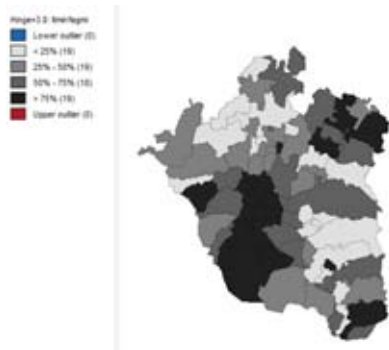
Dependent Variable: LENFREPO
 Method: Least Squares
 Date: 09/30/13 Time: 09:45
 Sample: 1 75
 Included observations: 75

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
L2CO	-1.995673	0.956877	-2.085612	0.0407
L2COT	2.882032	1.004520	2.869065	0.0055
L2INDMAR	-0.775970	0.226026	-3.433106	0.0010
L2PM25	-0.661803	0.203895	-3.245795	0.0018
L2SO2	0.710579	0.217435	3.268015	0.0017
C	2.820636	2.295960	1.228521	0.2234

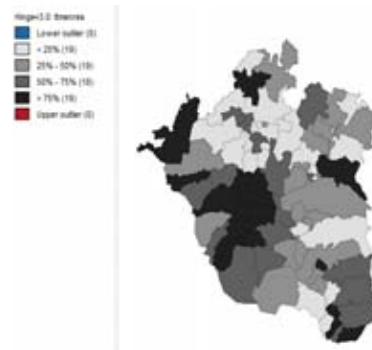
R-squared 0.828288 Mean dependent var 1.947170
 Adjusted R-squared 0.815845 S.D. dependent var 1.616466
 S.E. of regression 0.693678 Akaike info criterion 2.183000
 Sum squared resid 33.20204 Schwarz criterion 2.368399
 Log likelihood -75.86250 Hannan-Quinn criter. 2.257028
 F-statistic 66.56726 Durbin-Watson stat 1.763163

Cuadro 31

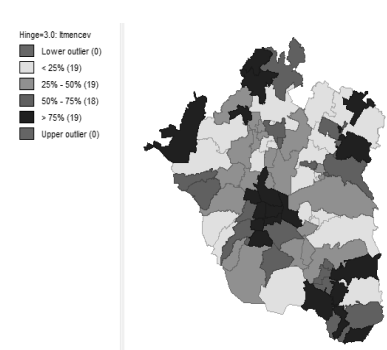
Anexo 3: Scatterplot restantes



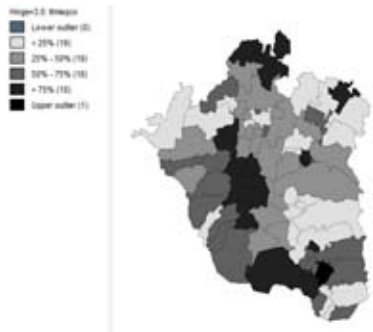
a) Infarto agudo de miocardio



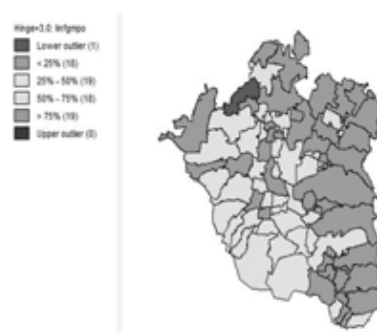
b) Enfermedades respiratorias



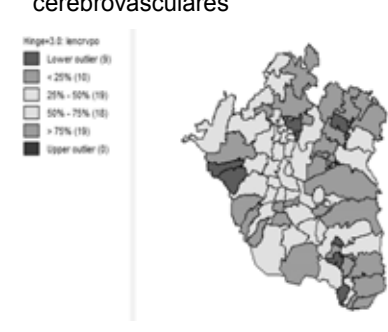
c) Enfermedades cerebrovasculares



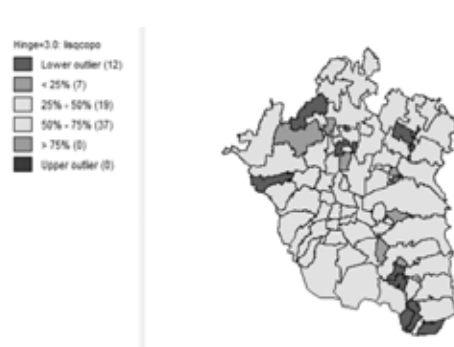
d) Enfermedades Isquémicas



e) %, Infarto agudo de miocardio,



f) % Enfermedades cerebrovasculares



g) %, Enfermedades Isquémicas del corazón



h) %, Enfermedades respiratorias

Fuente: Elaboración propia con datos de SINAIS

Anexo 4: Simbología de variables de Modelo

infagumi_1 : Número de defunciones por Infarto Agudo de Miocardio
infagmpo : Porcentaje de edad del total de defunciones por Infarto Agudo de Miocardio, mayores de 65 años y menores de 5.
enfcereb_1 : Número de defunciones por Enfermedades Cerebrovasculares
encervpo : Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Cerebrovasculares, mayores de 65 años y menores de 5.
isqcoraz_1 : Número de defunciones por Enfermedades Isquémicas del corazón
isqcorpo : Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Isquémicas del corazón, mayores de 65 años y menores de 5.
enfrespi_1 : Número de defunciones por Enfermedades Respiratorias
enferespo : Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Respiratorias, mayores de 65 años y menores de 5.
pob_1 : población por municipio y delegación
tminfagm_1 : Tasa de mortalidad por Infarto agudo de Miocardio
tmenfcer_1 : Tasa de mortalidad por Enfermedades Cerebrovasculares
tmisqcor_1 : Tasa de mortalidad por Enfermedades Isquémicas del corazón
tmenfres_1 : Tasa de mortalidad por Enfermedades respiratorias
pm10_1 : partículas suspendidas PM10, por toneladas anuales
pm25_1 : partículas suspendidas Pm2.5, por toneladas anuales
so2_1 : emisión de Bióxido de Azufre, por toneladas anuales
co_1 : emisión de Monóxido de Carbono, por toneladas anuales
nox_1 : emisión de óxido de Nitrógeno, por toneladas anuales
cot_1 : emisión de compuestos orgánicos totales, por toneladas anuales
cov_1 : emisión de compuestos orgánicos volátiles, por toneladas anuales
indmarg_1 : índice de marginación
ltminfagmi : Logaritmo natural de la tasa de mortalidad por infarto agudo de miocardio
ltmencev : Logaritmo natural de la tasa de mortalidad por enfermedades cerebrovasculares
ltmisqco : Logaritmo natural de la tasa de mortalidad por enfermedades isquémicas del corazón
ltmenres : Logaritmo natural de la tasa de mortalidad por enfermedades respiratorias
lpm10 : Logaritmo natural de partículas suspendidas PM10
lpm25 : Logaritmo natural de partículas suspendidas PM2.5
lso2 : Logaritmo natural emisión de Bióxido de azufre
lco : Logaritmo natural de emisiones de monóxido de carbono
lnox : Logaritmo natural de óxido de Nitrógeno
lcot : Logaritmo natural de emisión de compuestos orgánicos totales
lcov : Logaritmo natural de emisión de Compuestos Orgánicos volátiles
lindmarg : Logaritmo natural de índice de marginación
linfgmpo : Logaritmo natural del porcentaje de edad del total de defunciones por Infarto Agudo de Miocardio mayores de 65 años y menores de 5.
lencrvpo : Logaritmo natural del Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Cerebrovasculares mayores de 65 años y menores de 5.
lisqcopo : Logaritmo natural del Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Isquémicas del corazón mayores de 65 años y menores de 5.
lenfrepo : Logaritmo natural del Porcentaje de edad del total de defunciones por Enfermedades Respiratorias mayores de 65 años y menores de 5.

Bibliografía

1. Agenda de Sustentabilidad Ambiental para la Zona Metropolitana del Valle de México, (2010), Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.
2. *Air quality guidelines for Europe (2000)*. World Health Organization Regional Office for Europe 2nd ed. Copenhagen, Regional Publications, European Series, No. 91.
3. Alonso, W. (1961). "A model of the Urban Market: Location and Densities of Dwellings and Business", thesis, Universidad de Pennsylvania.
4. Alonso, W. (1964). Location and Land use. Cambridge: Harvard University Press.
5. Alonso, W. (1974). Toward a General Theory of Land Rent, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
6. Anselin L. (2005). *GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis*, Luc Anselin, Ibnu Syabri, Youngjahn Kho Issue Volume 38, Issue 1, pages 5–22.
7. Anselin L. y E. Talen (1998). "Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playgrounds" *Environment and Planning* 30(4) 595 – 613.
8. Anselin L. y R. Florax (1995). "Small sample properties of tests for spatial dependence in regression models: Some further results. In *New Directions in Spatial Econometrics*, pp. 21–74. Berlin: Springer-Verlag
9. Anselin, L y R. Moreno (2001). Properties of tests for Spatial Error Components, University of Illinois, Urbana-Campaign y University of Barcelona.
10. Anselin, L. (1980). "Estimation methods for spatial autorregresive structures". Ithaca NY: Cornell University, Regional Science Dissertation and Monograph Series #8.
11. Anselin, L. (1988). *Spatial econometrics: Methods and models*. Dordrecht: Kluwer Academic.
12. Anselin, L. (1992). *SpaceStat: A program for the analyst of spatial data*, National Center for Geographic Information and Analyst. University of California, Santa Barbara, CA.
13. Anselin, L. y S. Hudak (1992). "Spatial econometrics in practice, a review of software options". *Regional Science and Urban Economics* 22: 509–536.
14. Anselin, L. y S. Rey (1991). "Properties of tests for spatial dependence in linear regression models". *Geographical Analysis* 23:112–31.
15. Anselin, L. (1999). "Interactive Techniques and Exploratory Spatial Data Analysis, "In *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*, 251–64, edited by P. A. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire, and D. W. Rhind. New York: Wiley.
16. Anselin, L. (2000). "Computing Environments for Spatial Data Analysis. *Journal of Geographical Systems* 2 (3), 201–20.
17. Aroca, P. y M. Bosch (2000). "Crecimiento, Convergencia y Espacio en las regiones chilenas: 1960-1998", *Estudios de Economía*, Vol. 27, No. 2, pp. 199-224.
18. Beckman, M. (1969). "On the distribution of urban rent and residential density" *Journal of Economic Theory*, Vol. 1: 60-67.
19. Beckmann, M. J. (1969), "On the Distribution of Urban Rent and Residential Density", *Journal of Economic Theory*, no. 1.
20. Biblioteca Médica (2011). www.mhs.net/library/spanish%20hie%20multimedia.html, Consultada el 6 de abril de 2013.
21. Blommestein, H. (1983). "Specification and estimation of spatial econometric models: A discussion of alternative strategies for spatial economic modelling", *Regional Science and Urban Economics*, 13: 251-270.
22. Boots, B.N. y P.S. Kanaroglou (1988). "Incorporating the Effect of Spatial Structure in Discrete Choices Models of Migration", *Journal of Regional Science*, 28, 495-507.
23. Buendía J. D. et al. (2010). "Estimación de la renta bruta disponible municipal mediante técnicas de econometría espacial. Un ejercicio de aplicación". *Revista de Estudios Regionales* No. 93, Universidad de Murcia, pp. 119-142.
24. Camagni, R. (2005). *Economía Urbana*, Antoni Bosch Editor, Barcelona, España.
25. Cantillon, R. (1755), *Essai sur la nature du commerce en général*.

26. Capello R. y A. Faggian (2002). "An economic-ecological model of urban growth and urban externalities: empirical evidence from Italy", *Ecological Economics*, Elsevier, vol. 40, pp. 181-198.
27. Carmona A. y J. J. Monsalve (1999). *Sistemas de Información Geográficos*, www.monografias.com.
28. Censos de Población y Vivienda (2010), INEGI.
29. Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, (2009), *La contaminación del aire de la ZMVM Problemática y Oportunidades*, Seminario Internacional sobre Calidad del Aire y Efectos a la Salud, diciembre de 2009. Presentación.
30. Chasco, C. Y. (2003). *Econometría Espacial aplicada a la predicción-extrapolación de datos microterritoriales*, Tesis Doctoral, Comunidad de Madrid, Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, España.
31. Christaller, W. (1966). *Central Places in Southern Germany*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall. Traducción del texto original "Die Zentralen Orte in Suddeutschland".
32. Cicero, et al. *Valuación económica de los beneficios en la salud causados por la reducción de la contaminación, experiencia de México*, Evaluación de exposición, UCLA y SMA del GDF, Centro Nacional de Salud Ambiental de la Secretaría de Salud. http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/ecosistema_urbano_y_salud_habitantes.pdf Presentación.
33. Cliff, A. y J. K. Ord (1973). *Spatial autocorrelation*. London: Pion.
34. Cliff, A. y J.K. Ord (1981). *Spatial processes: Models and applications*. London: Pion.
35. Clínica Dam (2012). <https://www.ecologistasenaccion.org/article19723.html>. Consultado el 30 agosto de 2013.
36. Consejo Nacional de Población (2012), http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indices_de_Marginacion_Publicaciones. Consultado el 30 de mayo de 2012.
37. *Contaminación de Suelos por Compuestos Orgánicos*, (2003). Informe Final Consejería de Medio Ambiente de Andalucía.
38. Dacey, M. F. (1968). "A review on Measures of Contiguity for Two and K-Color Maps", in *Spatial Analysis- A Reader in Statistical Geography*, ed. By B. J. Berry, and D. F. Marble, pp. 479-195. Prentice Hall, Englewood Cliffs (NJ).
39. Del Zoppo, et al. (2009). "Expansion of the time window for treatment of acute ischemic stroke with intravenous tissue plasminogen activator: a science advisory", from the American Heart Association/American Stroke Association, American Heart Association Stroke Council, 2945-2948.
40. *Delimitación de las zonas metropolitanas de México*, (2005). SEDESOL- CONAPO - INEGI.
41. *Diccionario de Medicina*, Océano Mosby (8ª ed.). (2006), España.
42. *Enfermedad cerebrovascular* (2012). [Enfermedad-cerebrovascular18.blogspot.mx/](http://enfermedad-cerebrovascular18.blogspot.mx/). Consultado el 25 de abril de 2013.
43. EPA, (2010). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*.
44. Escalante, S. R. y C. A. Ferrer (2009). "Contaminación atmosférica y efectos sobre la salud en la ZMVM", *Economía Informa*, UNAM, pp. 22-39.
45. Evans, J. et al. (2002). "Health Benefits of Air Pollution Control". In *Air quality in the Mexico megacity*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
46. Florax R. J. y A. J. Van Der Vlist (2003). "Spatial Econometric Data Analysis: Moving beyond traditional models", *International Regional Science Review*, 26, 3: 223-243.
47. Florax, R. J. G. M., Folmer and y Rey S. J. (2003). "Forthcoming. Specification searches in spatial econometrics: The relevance of Hendry's methodology", *Regional Science and Urban Economics* 33.
48. Fujita, M. (1989). *Urban Economic Theory, Land Use and City Size*, Cambridge University Press.
49. Geary, R. (1954). "The contiguity ratio and statistical mapping", *The Incorporated Statistician*, 5: 115-145.

50. Getis, A. y J. Ord (1992). "The analysis of spatial association by use of distance statistics", *Geographical Analysis*, 24: 189-206.
51. Gini, C. (1912). "Variability and Mutability, C. Cuppini, Bologna, 156 pages. Reprinted in *Memorie di metodologica statistica* (Ed. Pizetti E, Salvemini, T). Rome: Libreria Eredi Virgilio Veschi (1955).
52. Gobierno de Navarra (2013). Óxidos de nitrógeno (NOx), http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Calidad+del+aire/Informacion/C+ontaminantes/Oxidos+de+nitrogeno.htm. Consultado el 18 de septiembre de 2013.
53. Griffith, D. (1996). Some Guidelines for Specifying the Geographic Weights Matrix Contained in Spatial Statistical Models. In S. Arlinghaus (Ed.), *Practical Hand Book of Spatial Statistics* (pp. 65-82). Boca Raton: CRC Press.
54. Heilbrun, J. (1987). *Urban Economics and Public Policy*, Palgrave MacMillan, 3a edición, U. S.
55. Henderson J.V. y Y.M. Loannides (1983). "A Model of Housing Tenure Choice", *American Economic Review*.
56. Henderson, V. (1977). *Economic Theory and the Cities*, Academic Press, New York.
57. Hendry D. F. (1979), Predictive failure and econometric modelling in macroeconomics: The transaction demand for money. In P. Ormerod, (ed. *Economic Modelling*. Heinemann, London.
58. Hernández, L. et al. (2007). "Morbilidad infantil por causas respiratorias y su relación con la contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua, México", *Salud Pública de México*, 49 (1): 27-36.
59. Imagen del corazón (2008-2013). IMAIOS.com
60. Imagen del pericardio (2013). www.clinicadelaasuncion.com
61. Inventario de Emisiones Criterio de la ZMVM (2010). Sistema de Distribución Espacial y Temporal de las Emisiones Contaminantes y de Efecto Invernadero, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.
62. Kanemoto, Y. (1980). *Theories of Urban Externalities*, North Holland, Amsterdam.
63. Kunzli, N. et al., (2000). "Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment", *Lancet*, 356: 795-801.
64. LeSage, J. y K. R. Pace (2009). *Spatial Econometrics*, Taylor & Francis Group, Chapman & Hall/CRC.
65. Lezama, J. L. (2000). "Aire dividido: críticas a la política del aire en el Valle de México 1979-1996", en *El Colegio de México*.
66. Loomis D. et al., (1999). Air pollution and infant mortality in Mexico City. *Epidemiology*; 10: 118123.
67. Lösch, A. (1940). *Die Räumliche Ordnung der Wirtschaft*, Gustav Fischer, Jena. 1940. Traducido al inglés en 1954 como "The Economics of Location". Yale University Press. New Haven.
68. Lule, S. (2012). Virus y contaminación provocan bronquitis, sitio: www.sumedico.com/modulos/notaImpresion.php?id_nota=10839, Consultado el 30 julio de 2013.
69. Lundbeck Institute, (2011). Atlas del encéfalo http://es.brainexplorer.org/brain_atlas/Brainatlas_Cerebral_vasculature.shtml#image Consultado el 8 de abril de 2013.
70. Manual de Medicina (1993). Joan Rodés Teixidor, Jaime Guardia Massó, Ediciones Científicas y Técnicas, S. A., Barcelona, España.
71. Manual Merck de Información Médica para el hogar (1997). Editorial Océano, España.
72. Marco Geoestadístico Municipal (2000). www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx
73. Martínez, L. F. (1997). Sobre el significado de la economía ambiental urbana: algunos conceptos básicos, en *Economía Ambiental: Lecciones de América Latina*, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP.
74. Marx, K. (1867). *El Capital: Crítica de la Economía Política*, Tomo I, FCE, México, pp. 769.
75. Marx, K. y F. Engels (1967). *The Communist manifesto*, Harmondsworth, Penguin.

76. Mendoza, A. y M. R. García, (2012). "Modelación inversa aplicada al análisis del inventario de emisiones de la Zona Metropolitana de Guadalajara, México" (Abstract). En *Memorias del 42 Congreso de Investigación y Desarrollo del Tecnológico de Monterrey*, Monterrey, México, p. 65 (ISBN 978-607-501-073-1).
77. Mills, E. S. (1967). "An Aggregative Model of Resource Allocation in a Metropolitan Area", *American Economic Review, Papers and Proceedings*, vol. 57.
78. Mills, E. S. (1972). *Studies in the Structure of the Urban Economy*, Baltimore: Johns Hopkins Press.
79. Miyao, T. (1981). *Dynamic Analysis of the Urban Economy*, Academic Press, Nueva York.
80. Molina M. J. y L. T. Molina (2004). "Megacities and Atmospheric Pollution", *J. Air & Waste Management Association* 54: 644-680 MIT, Cambridge, Massachusetts.
81. Moran, P. (1948). "The interpretation of statistical maps", *Journal of the Royal Statistical Society B*, 10: 243-251.
82. Moreno, R. y E. Vayá (2000). *Técnicas Econométricas para el tratamiento de datos espaciales: La econometría espacial*. UB 44 manuals, Ediciones Universitat de Barcelona.
83. Moreno, R. y E. Vayá (2004), "Econometría espacial: nuevas técnicas para el análisis regional. Una aplicación a las regiones europeas", *Investigaciones Regionales*, 1- pp. 83-116.
84. Muth R. F. (1969). *Cities and housing: the spatial pattern of urban residential land use*, Chicago, Illinois: University of Chicago Press, 355 p.
85. Muth, R. (1961). "Economic Change and Rural-Urban Land Conversions", *Econometrica*, vol. 29, no. 1.
86. Muth, R. (1979). *Cities and Housings, the Spatial Pattern of Urban Residential Land Use*, Chicago y Londres, University of Chicago Press.
87. Newey, W. y K. West (1987). "A Simple Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix". *Econometrica* 55, 703-708.
88. O'Sullivan, A. (2007). *Urban Economics*, McGraw-Hill. Sexta Edición.
89. Ochoa, O. (1997). *La agenda ambiental de la economía urbana e industrial, Los instrumentos económicos en la gestión urbana en Economía Ambiental en Lecciones de América Latina*, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP.
90. Organización Mundial de Salud (2011 y 2012). *Air Quality and health*, Factsheet no. 313.
91. Organización Mundial de Salud, (2011). Centro de Prensa, Nota descriptiva No. 313, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/index.html>. Consultada el 30 junio de 2013.
92. OpenGeoda, (2013). Descargado en GeoDa.exe el día 27 de julio de 2013.
93. Ord J. K. y Getis, A. (1995), *Local spatial autocorrelación statistics: distributional issues and an application*, *Geographical Analysis*, 27(4): 286-306.
94. Ord, J.K. (1975). "Estimation Methods for Models of Spatial Interaction", *Journal of American Statistical Association*, 70.
95. Paelinck J. H. y Klaassen, L. H. (1979). *Spatial econometrics*. Farnborough, UK: Saxon House.
96. Perdomo, C. H. et al. (2001). "Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay". *Agrociencia* 1: 10-22.
97. Petty, W. (1662). *A treatise of taxes & contributions*. Printed for C. Wilkinson and T. Burrel, at their shops in Filletstreet, London. P. A2. (Preface).
98. Poisson, N. et al. (2000). "Impact of nonmethanehydrocarbons on tropospheric chemistry and the oxidizing power of the global troposphere: 3-dimensional modelling results", *Journal of Atmospheric Chemistry*, vol. 36, pp. 157-230.
99. Polèse, M. (1998). *Economía urbana y regional, Introducción a la relación entre territorio y desarrollo*, Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica.
100. PROAIRE (2002-2003 y 2011-2020). "Gobierno del Estado de México y del Distrito Federal, Agenda de Sustentabilidad Ambiental para la Zona Metropolitana del Valle de México", Comisión Ambiental Metropolitana.
101. Rey, S.J. (1997). "Integrating regional econometric and input-output models: An evaluation of embedding strategies", *Environment and Planning*, 29: 1057-1072.

102. Rey, S.J. y B.D. Montouri (1999). "U.S. regional income convergence: A spatial econometric perspective." *Regional Studies* 33: 145-156.
103. Riojas H. et al. (2009). Estado del conocimiento sobre los efectos en la salud asociados a la contaminación del aire en la población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, INSP.
104. Rojas-Martínez, R. et al. (2007). "Lung function growth in children with long-term exposure to air pollutants in Mexico City", *Am J Respir Crit. Care Med.*, 176(4): 377-84.
105. Romieu et al., (1996). "Effects of air pollution on the respiratory health of asthmatic children living in Mexico City", Center for Human Ecology and Health, Panamerican Health Organization, Mexico; National Institute of Public Health, Cuernavaca, Morelos, Mexico, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, Vol. 154.
106. Sarel, M. (1995). "NonLinear Effects of Inflation on Economic Growth, IMF Working Paper No. 95/56.
107. Schrank, D. L. y T. J. Lomax (2009). "Urban Mobility Report: Six Congestion Reduction Strategies and their effects on Mobility", Texas Transportation Institute A&M University System.
108. Sistema Nacional de Información en Salud SINAIS, (2011). www.sinais.salud.gob.mx/basesdedatos. Consultado el 09 de junio de 2011.
109. Sistema respiratorio (2013). <http://noeydali.blogspot.es/1246572960/>. Consultado el 25 de abril de 2013.
110. Smith, A. (1776). *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, Strahan W. y Cadell T., London. UK.
111. Stevens, G. A. et al. (2008). The effects of 3 environmental risks on mortality disparities across Mexican communities, World Health Organization, CH-1211 Geneva, Suiza.
112. Tarriba G. (2012). *Calidad del aire y competitividad en las ciudades mexicanas: retos y soluciones*. Instituto Mexicano de Competitividad.
113. Téllez, J. y A. Fajardo (2006). "Contaminación por monóxido de carbono: un problema de salud ambiental". *Rev. salud pública [online]*, vol.8, n.1, pp. 108-117.
114. The Benefits and Costs of the Clean Air Act, 1970 to 1990 (1997), USEPA, adaptado en: *Economic Valuation of the health impacts of air pollution (Clean Air Initiative, s. f)*.
115. Theil, H. (1967). "Economics and Information Theory". Chicago: Rand McNally and Company. Theil, H. (1996). *Studies in Global Econometrics*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
116. Thünen, J. H. (1966). *Der isohrierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*", Editorial Gustav Fischer, Stuttgart. Germany.
117. Tobler W. (1970). "A computer model simulation of urban growth in the Detroit region", *Economic Geography*, 46(2): 234-240.
118. Varian, H. (1994). *Microeconomía Intermedia*, Antoni Bosch Editor, Barcelona, España.
119. Weber, T. (1909). *Über den Standort der Industrien*, Tübingen, Verlag Mohr. Trad. Al inglés Friedrich, C. J., 1929-1957, *Alfred's Weber Theory of the Location of Industries*, University of Chicago Press.
120. What is Particulate Matter? Air Info Now: http://www.airinfonow.org/espanol/html/ed_particulate.html. Consultado el 11 de mayo de 2013.
121. Wingo L. Jr. (1961). *Transportation and Urban Land Use*. The Johns Hopkins Press, Baltimore, MD.