

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA

**ESTUDIO DE EMISIONES DE CO₂ POR FUENTES
MÓVILES: EL TRAYECTO DE LA COLONIA DE
RESIDENCIA EN MORELOS DE ESTUDIANTES DE LA
FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS SOCIALES HACIA
EL CAMPUS NORTE DE LA UAEM**

T E S I N A

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN
GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
PRESENTA:**

ARQ. SERGIO HUGO NAVA TOVAR

TUTORES:

Dr. RAFAEL MONROY ORTIZ

ENERO 2019

DEDICATORIA

A mi familia: mi madre María Rita, mi padre Hugo, mis hermanas Saide y Ale por apoyarme incondicionalmente durante toda mi vida, por sus enseñanzas, su ejemplo y sobre todo por su cariño y amor.

AGRADECIMIENTOS

A mis profesores del CEIB que siempre fueron atentos y amables durante el periodo de la especialidad, siempre dispuestos a ayudarme ante las dificultades y complicaciones que se presentaron.

A mis compañeros de generación, por su amistad y el buen trato que se estableció entre nosotros, lo cual volvió más agradable las clases y tiempos libres.

LA PRESENTE TESINA SE REALIZÓ GRACIAS AL APOYO ECONÓMICO PROPORCIONADO POR EL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACyT), PARA EL PROGRAMA DE POSGRADO: ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL EN RESIDUOS IMPARTIDA POR EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA (CEIB) CON NÚMERO DE REGISTRO (CVU) 638079 SERGIO HUGO NAVA TOVAR

RESUMEN

La ciudad actual se compone de un conjunto de elementos: sociales, políticos, religiosos, económicos, viales, tecnológicos, industriales, educativos, artísticos, culturales, naturales, entre otros. Es el medio de vida para cerca del 80% de la población mexicana, lo que equivale a 96 millones de personas. Esta condición ha provocado una crisis ambiental ya que la generación de 'basura' y residuos no sólo se limita sólo a la producción de mercancías o a la industria, sino que incluye, a todo el conjunto de actividades que se desarrollan al interior de la ciudad actual, como lo es: el comer, vestir, construir, las actividades relacionadas al entretenimiento y esparcimiento, las labores de limpieza, aseo y saneamiento, el transporte, entre otros. El transporte es uno de los aspectos básicos en el funcionamiento ciudad moderna, el uso de vehículos es necesario y, por decirlo menos, casi indispensable. El problema reside en que los vehículos, durante su funcionamiento, emiten una variedad de gases, entre ellos el Dióxido de Carbono CO₂, considerados contaminantes del medio ambiente y los ecosistemas, y al día de hoy (año 2018) se calculan 60 millones de vehículos automotores en territorio mexicano, lo que nos ayuda a dimensionar la magnitud de las emisiones al ambiente. Otra de las implicaciones de las emisiones de dichos gases son los problemas de salud causados por la exposición a ambientes contaminados, según estimaciones actuales de la OMS, se informa que en el año 2012 murieron alrededor de 7 millones de personas, una de cada ocho de las muertes mundiales, como resultado de la exposición a la contaminación del aire. Ante este contexto se presenta el siguiente trabajo de investigación: ESTUDIO DE EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO (CO₂) POR FUENTES MÓVILES: EL TRAYECTO DE LA COLONIA DE RESIDENCIA EN MORELOS DE ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS SOCIALES HACIA EL CAMPUS NORTE DE LA UAEM, a través del cual se busca identificar las cantidades de emisiones de CO₂ y remarcar también la importancia de los inventarios de emisiones como una herramienta fundamental para la medición de cualquier tipo de gases contaminantes dadas las implicaciones de éstos en los ámbitos de la salud, el ambiente, el consumo de energía, los costos y tiempos de transporte, entre varias otras divergencias, ya que son la herramienta principal de referencia en el desempeño de un periodo de tiempo comparado a otro en el comportamiento de un sistema.

ABSTRACT

The current city is composed of a set of elements: social, political, religious, economic, road, technological, industrial, educational, artistic, cultural, natural, among others. It is the livelihood for about 80% of the Mexican population, which is equivalent to 96 million people. This condition has caused an environmental crisis since the generation of 'garbage' and waste is not only limited to the production of goods or industry, but includes, the whole set of activities that take place within the current city, as it is: eating, dressing, building, activities related to entertainment and recreation, cleaning, cleaning and sanitation, transportation, among others. Transportation is one of the basic aspects in modern city operation, the use of vehicles is necessary and, to say the least, almost indispensable. The problem is that vehicles, during operation, emit a variety of gases, including CO₂ Carbon Dioxide, considered pollutants of the environment and ecosystems, and to date (year 2018) are calculated 60 million vehicles automotores in Mexican territory, which helps us to dimension the magnitude of emissions to the environment. Another of the implications of the emissions of these gases are the health problems caused by exposure to contaminated environments, according to current WHO estimates, it is reported that in 2012 about 7 million people died, one in eight of global deaths, as a result of exposure to air pollution. In this context, the following research paper is presented: STUDY OF EMISSIONS OF CARBON DIOXIDE (CO₂) BY MOBILE SOURCES: THE COLONY OF RESIDENCE PATH IN MORELOS OF STUDENTS OF THE FACULTY OF LAW AND SOCIAL SCIENCES TOWARDS THE NORTH CAMPUS OF LA UAEM, through which seeks to identify the quantities of CO₂ emissions and also highlight the importance of emissions inventories as a fundamental tool for the measurement of any type of polluting gases given the implications of these in the areas of health, the environment, energy consumption, costs and transport times, among several other divergences, since they are the main reference tool in the performance of a period of time compared to another in the behavior of a system.

PRESENTACIÓN

Cada día millones de vehículos automotores recorren las ciudades alrededor del mundo, la gran mayoría de estos vehículos funcionan mediante un diseño de motor de combustión interna, lo que significa que utilizan algún hidrocarburo para realizar su trabajo, como lo es la gasolina; el gas o diésel (existen variantes que utilizan etanol que se obtiene a partir de la fermentación de azúcares) con la consecuente emisión de gases producto de la combustión al interior del motor, uno de esos gases el CO₂, considerados como contaminantes del ambiente y nocivos para la salud.

Dicha situación se enmarca en un periodo civilizatorio caracterizado por la generación desmesurada de residuos como producto de las actividades humanas; casi cualquier actividad genera algún tipo de residuo directa o indirectamente, esto ha devenido una crisis ecológica mundial.

Por lo arriba mencionado, se presenta la necesidad de evaluar el funcionamiento de los diferentes sistemas involucrados en la generación de dicha crisis ambiental con la finalidad de poder incidir en la problemática de manera directa. Por ello se estableció como objetivo: estimar la generación de emisiones de CO₂ producidas por el el transporte a través de fuentes móviles desde sus lugares de residencia (en Morelos) hacia el campus norte de la UAEM de los estudiantes de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales. Para ello se planteó una metodología para determinar en primer término el promedio de las cantidades de CO₂ emitidas por los distintos vehículos particulares que son utilizados, así como para los camiones/autobuses del transporte público, posteriormente se tomó una muestra estadística de la población de la facultad estudiada y se aplicó un cuestionario para obtener la información necesaria.

ÍNDICE.

OBJETIVO GENERAL.....	03
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	03
HIPÓTESIS	03
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	04
MATERIALES Y MÉTODOS	04
CAPITULO 1	
1.1 INTRODUCCIÓN.....	05
1.2 PRESENTACIÓN.....	06
CAPÍTULO 2	
2.1 ¿QUÉ ES EL DIOXIDO DE CARBONO CO ₂ ?	11
2.1 CONDICIONES ACTUALES DE LAS EMISIONES DE CO ₂	12
CAPÍTULO 3	
3.1 CAMBIO CLIMÁTICO: UN PRODUCTO DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS.....	18
3.2 EMISIONES CONTAMINANTES.....	19
3.3 PROBLEMAS DE SALUD ASOCIADOS A LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.....	25
3.4 IMPLICACIONES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL MEDIO AMBIENTE	29
CAPÍTULO 4	
4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	34
CAPÍTULO 5	
5.1 INTRODUCCIÓN	40
5.2 CONSUMO DE GASOLINA PROMEDIO	41
5.3 ORIGEN POR COLONIA DE LA POBLACIÓN	42
5.4 EMISIONES DE TRANSPORTE PÚBLICO.....	50
5.5 EMISIONES DE TRANSPORTE PRIVADO	51
5.6 EMISIONES TOTALES DE TRANSPORTE PÚBLICO Y PRIVADO.....	55
CAPITULO 6	
6.1 CONCLUSIONES	59
6.2 ANEXOS	65
6.3 BIBLIOGRAFÍA	66

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

¿Cuáles son las emisiones de CO₂ producidas por el transporte a través de fuentes móviles en el traslado de los estudiantes de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales desde sus lugares de residencia en el estado de Morelos hasta el campus norte de la UAEM?

HIPÓTESIS.

El estudio y diferenciación de los medios y modos (público o privado) de transporte utilizados por un sector de los estudiantes de la UAEM ofrecerá información sobre los niveles y cantidades de emisiones de CO₂ a la atmósfera, en función del tipo de transporte utilizado, tiempo y distancias recorridas en ésta actividad.

OBJETIVO GENERAL.

Estimar la generación de emisiones de CO₂ producidas por el el transporte a través de fuentes móviles desde sus lugares de residencia (en Morelos) hacia el campus norte de la UAEM de los estudiantes de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diferenciar el tipo de transporte utilizado.
- Diferenciar las distancias y tiempos de traslado.
- Elaborar mapas, es decir georreferenciar con sistemas de información geográficos (SIG's), los campos de información obtenidos.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

- 1.- Revisión teórica y conceptual sobre los temas y conceptos referentes al proyecto de investigación.
- 2.- Levantamiento de información en campo con ayuda de instrumentos metodológicos.
- 3.- Ordenamiento y clasificación de los datos obtenidos en campo.
- 4.- Graficar mapas los datos obtenidos.
- 5.- Comparación y análisis de resultados obtenidos.
- 6.- Conclusiones.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se utilizarán instrumentos metodológicos como entrevistas y cuestionarios según convenga, para una posterior revisión y organización de las bases de datos obtenidas en campo para su clasificación y ordenamiento con una computadora personal y mediante el programa de *Microsoft Excel* y posterior graficación a través de programas de manejo de Sistemas de Información Geográficos *Arcgis* para la obtención de mapas mediante el sistema de interpolado térmico, contraste de colores y otros según convenga.

ESTUDIO DE EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO (CO₂) POR FUENTES MÓVILES: EL TRAYECTO DE LA COLONIA DE RESIDENCIA EN MORELOS DE ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS SOCIALES HACIA EL CAMPUS NORTE DE LA UAEM

1.0 INTRODUCCIÓN

La ciudad actual es el eje del desarrollo de la sociedad moderna, su estructura característica se compone de un conjunto de elementos de distinta índole: sociales, políticos, religiosos, económicos, viales, tecnológicos, industriales, educativos, artísticos, culturales, entre otros. Es también, el medio de vida para cerca del 80% de la población mexicana¹, ya que este porcentaje se ubica en zonas urbanas², esto equivale aproximadamente a 96 millones de personas.

Las ciudades son grandes consumidoras de energía; se estima que consumen la mayor proporción de la energía producida globalmente y son responsables de aproximadamente entre el 70 y el 75% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI). SEDEMA, 2014 en (GOV. CDMX, 2014).

Las ciudades son también generadoras de basura, desechos, residuos y otros contaminantes de la tierra, agua y aire, de entre los que se destacan para efectos del presente trabajo: los contaminantes atmosféricos.

Los gobiernos de países y sus equivalentes en las ciudades buscan continuamente, dado el modelo de desarrollo, promover la agenda económica para incentivar la producción y consumo de mercancías, bienes y servicios. Lo anterior implica la utilización de recursos naturales en distintos procesos industriales de fabricación³, con la consecuente generación residuos⁴, emisiones y desechos.

¹ http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P

² Dentro de las poblaciones urbanas mexicanas se han conformado zonas metropolitanas a partir de la interacción de municipios completos que comparten, además de la colindancia geográfica, una gran actividad socioeconómica. Para el 2010, SEDESOL, CONAPO e INEGI delimitaron 59 zonas de este tipo en el país. En ese año, 56.8% de la población nacional (63.8 millones de personas) habitaba estas zonas metropolitanas, las cuales, en conjunto, ocupaban 8.7% del territorio (171 817 km²). Entre ellas, la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es la más poblada, con poco más de 20 millones de personas, lo que equivale a 17.9% de los habitantes del país o 31.5% de las personas asentadas en todas las zonas metropolitanas del país.

³ Según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, en los últimos 50 años la humanidad ha transformado los ecosistemas más rápida y extensamente que en cualquier periodo comparable de la historia humana, en gran parte para satisfacer las demandas crecientes de alimento, agua, madera, fibras y combustibles (MEA, 2005).

⁴ Residuo: Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven. Residuos Incompatibles: Aquellos que al entrar en contacto o al ser mezclados con agua u otros materiales o residuos, reaccionan produciendo calor, presión, fuego, partículas, gases o vapores dañinos. (LGPGIR, 2003)

Sin embargo, la generación de residuos no sólo se limita a la producción de mercancías o a la industria, sino que incluye, a todo el conjunto de actividades que se desarrollan al interior de la ciudad moderna, como lo es: el comer, vestir, construir, las actividades relacionadas al entretenimiento, las labores de limpieza, aseo y saneamiento, el **transporte**, entre otros.

El transporte es uno de los aspectos básicos en el funcionamiento ciudad actual, el uso de vehículos es necesario y, por decirlo menos, casi indispensable, ya sean vehículos particulares o públicos, toda vez que se utilizan de manera recurrente para la movilidad de personas, materias primas y mercancías⁵.

Hoy en día, agosto de 2018, se calculan aproximadamente entre 60 millones de vehículos automotores en territorio mexicano⁶, tendencia que de seguir con el mismo porcentaje de crecimiento anual actual, es decir un aumento del 4.5% al año, se pronostica que para el año 2050 habrán 151.7 millones de vehículos en el país. (SOLÍS ÁVILA JUAN CARLOS, 2015).

En el estado de Morelos (territorio de estudio del presente trabajo) de acuerdo con información del INEGI, para el año de 2012 estaban registrados un total de 457,404 “vehículos de motor” en el estado, y para la ciudad de Cuernavaca un total de 154,013 vehículos registrados.⁷

Cada uno de estos vehículos emite una variedad de gases, considerados contaminantes del medio ambiente y los ecosistemas, entre ellos los gases GEI, responsables de calentamiento global y el cambio climático.

Los vehículos durante su funcionamiento mecánico quemar al interior de sus motores distintos tipos de combustibles según su diseño (gas LP, gasolina, etanol o diésel) y subsecuentemente emiten una variedad de gases, entre ellos podemos señalar al **Dióxido de Carbono (CO₂)** y Monóxido de Carbono, Óxidos de Nitrógeno, Partículas inhalables, Bióxido de Azufre, entre varios otros, los cuales, ¡se consideran todos contaminantes!

El CO₂ es emitido principalmente por el **transporte** (61%) y por el sector industrial (21%), el 18% restante se debe a diversas actividades de la población y los servicios. De 56.2 millones de toneladas de CO₂ equivalente emitidas en el año 2014 en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), **el de mayor emisión es el CO₂ con 43.9 millones de toneladas anuales y representa el 78% de los GEI**, sigue en abundancia el metano, el cual contribuye con el 21% y el óxido nitroso sólo representa el 1% de los GEI; los hidrofluorocarbonos no representan una participación significativa, ya que sólo se emitieron 153 toneladas, sin embargo,

⁵ En el tema de la movilidad, es importante comentar que el transporte de carga es un sistema fundamental para la economía del país, en él intervienen varios actores que hacen que sea un proceso complejo, costoso y contaminante. Este sector ocasiona problemas de circulación vial, aumento del ruido y de emisiones, en específico de carbono negro y partículas finas.

⁶ INEGI.

⁷ http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=

debido a sus potenciales de calentamiento⁸, son importantes en el cambio climático⁹. (Centro Mario Molina, 2014)

En la ZMVM de acuerdo con el Inventario de Emisiones de la Ciudad de México -como se mencionó en el párrafo anterior- correspondiente al año 2014 se calcula que se emitieron: En términos de precursores de ozono, 138454 toneladas anuales de NO_x y 360123 toneladas de COV¹⁰.

Respecto a las partículas, estas se estimaron en 31431 toneladas anuales de PM₁₀ de las cuales, el 41 % corresponden a PM_{2.5}. En lo que se refiere a los gases de efecto invernadero¹¹ (GEI), se emitieron alrededor de **56.2 millones de toneladas de CO₂ equivalente**¹² y 1793 toneladas de carbono negro (GOV. CDMX, 2014).

Asimismo, el sector del autotransporte contribuye de manera importante a la emisión de partículas suspendidas (PM¹³) y monóxido de carbono (CO). Si bien estas emisiones son el resultado directo del uso de combustibles fósiles, como la gasolina y el diésel, existen otros factores determinantes en la cantidad de contaminantes que un vehículo automotor puede generar, como la edad, la tecnología, el uso y el mantenimiento del vehículo. Los vehículos en circulación de mayor edad, con un mantenimiento deficiente, sin tecnologías para el control de emisiones y de uso intensivo presentan mayores emisiones contaminantes a la atmósfera. (Martínez Salgado, 2011)

Un dato emitido por el Inventario de Emisiones de México (INEM) señala que, en el caso de las fuentes de contaminación antropogénicas, el mayor volumen

⁸ Índice relativo empleado para comparar el impacto que tiene en el clima la emisión de un kilogramo de un gas de efecto invernadero comparado con la emisión de un kilogramo de dióxido de carbono. Los valores del índice consideran los efectos radiativos de cada compuesto, así como sus diferentes tiempos de permanencia en la atmósfera.

⁹ Se profundizará el concepto en el capítulo tercero.

¹⁰ Compuestos Orgánicos Volátiles.

¹¹ Cabe destacar que cuando hablamos de gases de efecto invernadero (GEI) nos referimos a CO₂ equivalente (CO₂ eq), que incluye los seis gases de efecto invernadero recogidos en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido de nitrógeno (N₂O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). (Oficina Catalana del Cambio Climático, 2011)

¹² Los GEI difieren en la influencia térmica positiva (forzamiento radiativo) que ejercen sobre el sistema climático mundial, por sus diferentes propiedades radiativas y periodos de permanencia en la atmósfera. Estas influencias se pueden expresar mediante una métrica común basada en el forzamiento radiativo por CO₂. Las emisiones de CO₂ equivalente constituyen un valor de referencia y una métrica útil para comparar emisiones de GEI diferentes. La definición de equivalente de dióxido de carbono (CO₂ equivalente) es la cantidad de emisiones de CO₂ que provocaría la misma intensidad radiante que una determinada cantidad emitida de un gas de efecto invernadero bien mezclado o una mezcla de gases de efecto invernadero, multiplicados por sus PEG respectivos para tener en cuenta los distintos tiempos que se mantienen en la atmósfera. (Departamento de Territorio y Sostenibilidad, 2011)

¹³ Al medir la contaminación del aire se habla de partículas menores a 10 micrómetros (PM₁₀) tan pequeñas que en el grosor de un cabello cabrían más de cinco partículas una tras otra y las menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}), de las cuales habría al menos 20 en el mismo cabello.

emitido provino de las fuentes móviles¹⁴. Se estima que la combustión de un litro de gasolina genera 2.196 kg CO₂/litro de emisiones a la atmósfera.¹⁵

Una manera de dimensionar el costo-daño ambiental de las grandes cantidades de emisiones de gases producidas por las ciudades (emisiones antropógenas) es conocer las cantidades de combustibles vendidos, por ejemplo, en la ZMVM **en el 2014 se estima se consumieron 24 millones de metros cúbicos (m³) de combustibles** destinados al transporte, con 6.1 millones m³ de gasolina “magna”, 1.2 millones de m³ de gasolina “Premium” y 1.8 millones de m³ de diésel respectivamente. (GOV. CDMX, 2014)

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC¹⁶) en su Informe de síntesis 2014 confirma que la influencia humana en el sistema climático es clara y va en aumento, y sus impactos se observan en todos los continentes y océanos.

Muchos de los cambios observados desde la década de 1950 no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. El IPCC está hoy seguro con un 95% de certeza de que la actividad humana es actualmente la causa principal del calentamiento global.¹⁷

Además, el Informe de síntesis del IPCC concluye: que cuanto mayor sea la perturbación de la actividad humana sobre el clima, mayores serán los riesgos de impactos graves, generalizados e irreversibles en las personas y los ecosistemas, y más duraderos serán los cambios en todos los componentes del sistema climático.

El Informe de síntesis del IPCC también destaca que disponemos de los medios para limitar el cambio climático y sus riesgos y de muchas soluciones que permiten el continuo desarrollo económico y humano. Sin embargo, para estabilizar el aumento de la temperatura por debajo de 2 °C respecto de los niveles preindustriales será necesario un cambio radical y urgente del statu quo. Además, cuanto más esperemos a actuar, mayores serán el costo y los desafíos tecnológicos, económicos, sociales e institucionales que enfrentaremos. (IPCC, 2014)

¹⁴ Cualquier transporte automotor que circula por vialidades. Para fines de este documento, también se les conoce como sector transporte.

¹⁵ <https://noticias.eltiempo.es/calculadora-emisiones-de-co2-cuanto-emite-coche/>

¹⁶ El IPCC es un organismo intergubernamental establecido conjuntamente por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1988 que ha proporcionado a los responsables de políticas las evaluaciones científicas y técnicas más autorizadas y objetivas en ese ámbito. Desde 1990, esta serie de informes de evaluación, informes especiales, informes técnicos e informes metodológicos del IPCC y otros productos se han convertido en obras de referencia.

¹⁷ Denota el aumento gradual, observado o proyectado, de la temperatura global en superficie, como una de las consecuencias del forzamiento radiativo provocado por las emisiones antropógenas.

Igualmente, el IPPC señala que la emisión continua de gases de efecto invernadero causará un mayor calentamiento y cambios duraderos en todos los componentes del sistema climático, lo que hará que aumente la probabilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles para las personas y los ecosistemas. Para contener el cambio climático sería necesario reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual, junto con la adaptación, puede limitar los riesgos del cambio climático. (IPCC, 2014)

El centro de investigación Mario Molina señala la importancia de los procesos de medición, reporte y verificación de los inventarios, y de la reducción de emisiones, como resultado de las actividades de mitigación del cambio climático, son esenciales para asegurar la efectividad de esas actividades (DNV, KEMA, MLED USAID, 2013).

Los inventarios¹⁸ de emisiones son una herramienta fundamental para identificar la importancia relativa de las principales fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera y, por lo tanto, para diseñar estrategias de control. De acuerdo con el inventario nacional de emisiones de México - 1999 (INE, 2006), el transporte y los vehículos son la principal fuente antropogénica de emisión de óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COV), sustancias precursoras de la formación de ozono.

Sin embargo, La información sobre las características del funcionamiento de la flota vehicular nacional y sobre todo estatal y sus emisiones es escasa, poco se ha estudiado los modos de transporte y distancias recorridas de la población en un territorio determinado (hablando particularmente de México), sólo en localidades que han implementado un programa de verificación vehicular o bien, que han realizado estudios de campo, se ha logrado obtener información sobre el desempeño ambiental de los distintos tipos de vehículos automotores. (Martínez Salgado, 2011)

Derivado de los impactos negativos en salud y ante la escasa información sobre el desempeño ambiental de la flota vehicular en ciudades mexicanas la elaboración de estudios que contribuya al conocimiento y a la obtención de información consideramos que resulta importante y una condición necesaria para el diseño y formulación de estrategias de control de las emisiones, también para en conjunción con los programas urbanos dicha información sea integrada en los planes de movilidad de las ciudades mexicanas.

La propuesta de este trabajo es entonces estudiar la actividad del transporte, de una población y un trayecto determinado con el objetivo de determinar las cantidades de emisiones de CO₂, uno de los gases denominados gases de efecto

¹⁸ Es importante mencionar que el Inventario de Emisiones es una herramienta para determinar el origen de los contaminantes y su localización, asimismo, es un elemento básico para la toma de decisiones en materia de calidad del aire, en la implementación y evaluación de medidas de reducción de contaminantes en beneficio de la población de esta ciudad. (GOV. CDMX, 2014)

invernadero¹⁹ (GEI), efecto causante del cambio climático. Esperando así, poder estimar las cantidades de CO₂ que se emiten a la atmósfera por esta actividad, y así, contribuir al conocimiento del desempeño ambiental de una parte de los vehículos automotores en el estado de Morelos.

También, se busca caracterizar y georreferenciar los modos de utilización de los distintos tipos de vehículos involucrados, el origen por colonia de la población muestra en el estado de Morelos, los tiempos de traslado, el tipo de transporte utilizado ya sea público o privado y los costos de utilización de dichos vehículos.

Para tal efecto se ha elegido a uno de los referentes académicos de la ciudad de Cuernavaca y del estado de Morelos; la sede principal de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) y el trayecto que realizan los estudiantes de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales desde sus colonias de residencia en el estado de Morelos hasta el campus norte (Chamilpa) de la UAEM a partir del estudio de una muestra estadística de su población/padrón de estudiantes.

Sin embargo, vale la pena mencionar que se está consciente de que el conocimiento de los contaminantes y de las fuentes de emisión no abarca la totalidad del complejo proceso de la contaminación atmosférica, el presente trabajo se centra en estimar las cantidades de CO₂ de una población determinada en una actividad determinada; el trayecto de la colonia de residencia en Morelos de estudiantes de la facultad de derecho y ciencias sociales hacia el campus norte de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Ya que, como señala Emiliano Aránguez, las características estructurales y dinámicas de la atmósfera y las características morfológicas del terreno determinan la dispersión de los contaminantes en el espacio y su evolución temporal. La dispersión configura la diferente concentración de contaminantes en la atmósfera (inmisión) en la zona de influencia de la fuente emisora.

La evolución de los contaminantes conlleva la aparición de otros nuevos no emitidos por la fuente directamente: son los contaminantes secundarios, como el ozono formado a partir de los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles en presencia de la luz solar, o el ácido sulfúrico formado a partir de la oxidación del dióxido de azufre. (Emiliano Aránguez, 1999)

Aunque la determinación de la exposición individual depende de múltiples factores (ritmos de actividad, relación entre exposición en ambientes exteriores y ambientes interiores, laborales y no laborales), se puede afirmar que el conocimiento de los valores de inmisión en el aire ambiente nos acerca al de la dosis a la que está expuesta la población posibilitando el estudio de sus efectos en la salud y el medio ambiente. Este hecho, por ejemplo, ha justificado históricamente

¹⁹ Los seis gases contemplados por el protocolo de Kyoto son: CO₂, CH₄, N₂O, los HFC, los PFC y el SF₆. No se incluyen los CFC por estar ya regulados por otro acuerdo internacional (el protocolo de Montreal). Para los tres últimos gases se permite considerar 1995 como año base. El compromiso se refiere al agregado de los seis gases que se suman en toneladas de CO₂-equivalente según los valores de potencial de calentamiento global fijados por el segundo informe del IPCC (1995), valores basados en los efectos de los gases de efecto invernadero en un horizonte temporal de 100 años.

el control y la vigilancia de los niveles de inmisión de contaminación atmosférica. (Emiliano Aránguez, 1999).

2.0 ANTECEDENTES

2.1 EL DIOXIDO DE CARBONO (CO₂)

El dióxido de carbono (CO₂)²⁰ es un gas sin color, sin olor y no tóxico en condiciones estándar. Sin embargo, una concentración alta con valor numérico superior a 100 puntos (efecto moderado), provoca aturdimiento y sofocación debido a la falta de oxígeno para respirar. La escala de 201 a 500 puntos de CO₂ produce efectos muy serios y peligrosos en los seres humanos.

Aunque el CO₂ no es tóxico, es un contaminante de la atmósfera cuya presencia perturba y desordena el balance del medio ambiente. Es soluble en agua y su temperatura crítica es de 31°C. Se usa en refrescos embotellados como inhibidor microbiano (4 volúmenes), en heladeras como refrigerante y en extintores para incendio.

El CO₂ es un subproducto resultante de la quema de combustibles fósiles como petróleo, gas natural y carbón, de algunos procesos industriales y la biomasa. Es la causa principal del gas de invernadero que afecta el balance radioactivo de la Tierra.²¹

EL CO₂ es uno de los gases considerados como gases de efecto invernadero (GEI), se utiliza como medida de referencia para los otros gases GEI, ya que estos difieren en la influencia térmica positiva (forzamiento radiativo) que ejercen sobre el sistema climático mundial, por sus diferentes propiedades radiativas y periodos de permanencia en la atmósfera. Estas influencias se pueden expresar mediante una métrica común basada en el forzamiento radiativo por CO₂. (SEMARNAT, INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE MÉXICO, 2012)

²⁰ El bióxido de carbono (CO₂) es el gas de efecto invernadero (GEI) más importante por su larga vida en la atmósfera (de entre 5 y 200 años), su forzamiento radiativo (1.3-1.5 Wm⁻²) y sus grandes volúmenes de emisión (IPCC, 2013).

²¹ <http://www.elfinanciero.com.mx/opinion/vehiculos-y-dioxido-de-carbono.html>

GAS	FÓRMULA	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO IPCC 1995 ¹
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	21
Óxido nitroso	N ₂ O	310
HIDROFLUOROCARBUROS		
HFC-23	CHF ₃	11700
HFC-32	CH ₂ F ₂	650
HFC-41	CH ₃ F	150
HFC-43-10mee	C ₅ H ₂ F ₁₀	1300
HFC-125	C ₂ HF ₅	2800
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄ (CHF ₂ CHF ₂)	1000
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄ (CH ₂ FCF ₃)	1300
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂ (CH ₃ CHF ₂)	140
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃ (CHF ₂ CH ₂ F)	300
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃ (CF ₃ CH ₃)	3800
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	2900
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	6300
HFC-245ca	C ₃ H ₃ F ₅	560
PERFLUOROCARBUROS		
Perfluorometano	CF ₄	6500
Perfluoroetano	C ₂ F ₆	9200
Perfluoropropano	C ₃ F ₈	7000
Perfluorobutano	C ₄ F ₁₀	7000
Perfluorociclobutano	c-C ₄ F ₈	8700
Perfluoropentano	C ₅ F ₁₂	7500
Perfluorohexano	C ₆ F ₁₄	7400
HEXAFLUORURO DE AZUFRE	SF ₆	23900

FIGURA 1. Potenciales de calentamiento. Fuente: II Informe de Evaluación del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), 1995.

Las emisiones de CO₂ equivalente constituyen un valor de referencia y una métrica útil para comparar emisiones de GEI diferentes. La definición de equivalente de dióxido de carbono (CO₂ equivalente) es la cantidad de emisiones de CO₂ que provocaría la misma intensidad radiante que una determinada cantidad emitida de un gas de efecto invernadero bien mezclado o una mezcla de gases de efecto invernadero, multiplicados por sus PEG²² respectivos para tener en cuenta los distintos tiempos que se mantienen en la atmósfera. (Departamento de Territorio y Sostenibilidad, 2011)

2.2 CONDICIONES ACTUALES DE LAS EMISIONES DE CO₂ DE FUENTES MÓVILES

Diferentes autores contribuyen desde sus distintos estudios a estimar las proyecciones en el crecimiento del parque vehicular en México, las emisiones de CO₂, identificar los problemas al ambiente de las altas emisiones de GEI, información que resulta relevante para el cálculo a través de distintas metodologías de nuestro trabajo de investigación.

²² Potencias de calentamiento global. Índice relativo empleado para comparar el impacto que tiene en el clima la emisión de un kilogramo de un gas de efecto invernadero comparado con la emisión de un kilogramo de dióxido de carbono. Los valores del índice consideran los efectos radiativos de cada compuesto, así como sus diferentes tiempos de permanencia en la atmósfera.

Solís Ávila y Sheinbaum señalan que el crecimiento de la flota de vehículos, la escasa mejoría en los rendimientos de combustibles y el bajo desarrollo del transporte público, son las causas principales del aumento en el consumo de combustibles y en las emisiones de CO₂.

Un estudio elaborado por el Instituto Nacional de Energía señala que el parque vehicular que circula en ciudades mexicanas ha crecido a un ritmo acelerado en los últimos 30 años, el INEGI estima que en el año 1980 la flota vehicular de México ascendía a 5 millones de automotores y para el año 2010 aumentó a 32 millones; el mayor crecimiento se dio entre el año 2000 y el 2010.

El INEGI contabiliza (de manera oficial) para diciembre del año 2016 un total de **42,932,567 millones** de vehículos automotores registrados en México²³.

En 2005, la mayor parte de las emisiones antropogénicas fueron generadas por los vehículos automotores (fuentes móviles carreteras; 78.3% del total). Este tipo de fuentes emitieron principalmente CO (91.5% del CO total emitido por todas las fuentes), NO_x (66.4%) y COV (59.3%) (SEMARNAT, INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE MÉXICO, 2012).

El aumento de la flota vehicular obedece a varios factores como son: el aumento de la población, la tendencia a nivel mundial del uso del automóvil particular sobre el transporte público y a las facilidades que otorgan las agencias distribuidoras para adquirir un vehículo. Cabe resaltar, que las ciudades mexicanas de la frontera norte son las que presentan mayor cantidad de vehículos en relación con el número de habitantes, situación que se ha generado por la facilidad de importar vehículos usados de los Estados Unidos de América. (Martínez Salgado, 2011)

En 2010 el vehículo particular representó 62% del parque, seguido por el camión ligero con 28%. En la Ciudad de México de acuerdo con su propio Inventario de Emisiones correspondiente al año 2014 se calcula que se emitieron: En términos de precursores de ozono, se emitieron 138454 toneladas anuales de NO_x y 360123 de COV²⁴. Respecto a las partículas, estas se estimaron en 31431 toneladas anuales de PM₁₀ de las cuales, el 41 % corresponden a PM_{2.5}. En lo que se refiere a los gases de efecto invernadero (GEI), se emitieron alrededor de **56.2 millones de toneladas de CO₂ equivalente**²⁵ y 1793 toneladas de carbono negro (CN).

²³ <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>

²⁴ Compuestos Orgánicos Volátiles.

²⁵ Los GEI difieren en la influencia térmica positiva (forzamiento radiativo) que ejercen sobre el sistema climático mundial, por sus diferentes propiedades radiativas y periodos de permanencia en la atmósfera. Estas influencias se pueden expresar mediante una métrica común basada en el forzamiento radiativo por CO₂. Las emisiones de CO₂ equivalente constituyen un valor de referencia y una métrica útil para comparar emisiones de GEI diferentes. La definición de equivalente de dióxido de carbono (CO₂ equivalente) es la cantidad de emisiones de CO₂ que provocaría la misma intensidad radiante que una determinada cantidad emitida de un gas de efecto invernadero bien mezclado o una mezcla de gases de efecto invernadero, multiplicados por sus PEG respectivos para tener en cuenta los distintos tiempos que se mantienen en la atmósfera. Las emisiones

El carbono negro (CN) es producto de la combustión incompleta y por lo tanto es co-emitido junto con el monóxido de carbono (CO), aunque en proporciones diferentes de acuerdo con el tipo de fuente emisora. El CN puede impactar el cambio climático por su capacidad para absorber grandes cantidades de energía.

La reducción de las emisiones de CN puede producir resultados casi inmediatos en el balance energético a escala regional, porque su vida media en la atmósfera es sólo de algunos días. Además, el CN puede tener efectos directos sobre la salud humana y puede afectar los patrones de precipitación a escala local y regional. Por lo tanto, los controles dirigidos a reducir las emisiones de CN tienen el beneficio potencial de mitigar los impactos en el clima y mejorar la calidad del aire, induciendo con ello beneficios para la salud pública, como un complemento a las estrategias globales para la mitigación del cambio climático basadas en el control de los GEI (Hansen, 2000; Jacobson, 2007; Grieshop et al., 2009; Wallack and Ramanathan, 2009).

Un dato emitido por el Inventario de Emisiones de México (INEM) señala que, en el caso de las fuentes de contaminación antropogénicas, el mayor volumen emitido provino de las fuentes móviles carreteras. También señala el INEM que 2005 se emitieron alrededor de 71.2 millones de toneladas de contaminantes, de los cuales, 22% fueron emitidos por fuentes naturales y 78% por fuentes antropogénicas (SEMARNAT, 2013).

En el caso de las fuentes antropogénicas, el mayor volumen emitido provino de las fuentes móviles carreteras con (61%) estas incluyen: autos particulares camionetas de tipo pick-up, vehículos comerciales, autobuses de transporte, tracto-camiones, taxis, camionetas de transporte público de pasajeros y motocicletas, seguidas por las fuentes de área (9%), las fuentes fijas (7%) y las fuentes móviles no carreteras. (SEMARNAT, 2013).

De acuerdo con un escenario de proyección a futuro (2010-2050), el consumo energético del autotransporte en México (**FIGURA 2**) crecerá con una tasa media de crecimiento anual (TMCA)²⁶ de 3.9 % y la proporción del consumo de gasolina será aún mayor debido al alto crecimiento de automóviles y camiones ligeros (de 72 % en 2010 a 81 % en 2050).

de los seis gases de efecto invernadero incluidos en el Anexo I del Protocolo de Kioto se computan de forma agregada en términos de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq), ponderando la masa de cada gas de acuerdo con la tabla de potenciales de calentamiento global (PEG) del GIECC de 1995. (Departamento de Territorio y Sostenibilidad, 2011)

²⁶ Tasa media de crecimiento anual.

	2010	2030	2050
Automóvil privado	44 %	35 %	39 %
Motocicleta	3 %	7 %	11 %
Taxi	7 %	6 %	4 %
Camiones ligeros	40 %	48 %	44 %
Otros gasolina	6 %	4 %	2 %
Gasolina	1491	3125	7909
Autobús interurbano	30 %	33 %	35 %
Camión pesado interurbano	13 %	10 %	8 %
Tractocamión	25 %	29 %	37 %
Camión pesado urbano	13 %	14 %	12 %
Otros diésel	20 %	14 %	9 %
Diésel	537	930	1725
Gas licuado de petróleo	41	63	95
Consumo energético total (PJ)	2069	4118	9729

FIGURA 2. ESTRUCTURA DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLES DEL AUTOTRANSPORTE EN MÉXICO EN 2010, 2030 Y 2050. ELABORACIÓN: (SOLÍS ÁVILA JUAN CARLOS, 2015)

Entre 2010 y 2050 (FIGURA 3) las emisiones del sector del autotransporte crecerán 370 %, de 146 a 682 Tg de CO₂ (millones de toneladas de CO₂). En 2050, 80 % de las emisiones del autotransporte provendrán de la quema de gasolina, 19 % del diésel y 1 % del GLP.

Modo	Combustible	2010	2030	2050
Camión ligero	Gasolina	28 %	39 %	35 %
Automóvil	Gasolina	31 %	28 %	32 %
Motocicletas	Gasolina	2 %	5 %	9 %
Camión y tractocamión	Diésel	10 %	9 %	8 %
Autobús interurbano	Diésel	8 %	9 %	7 %
Otros	Gasolina y diésel	10 %	7 %	3 %
Taxi	Gasolina	5 %	5 %	3 %
Camión pesado urbano	Diésel	4 %	4 %	2 %
Camión ligero	GLP	2 %	1 %	1 %
Total (millones de TCO ₂)		146	290	682

GLP: gas licuado de petróleo

FIGURA 3. CONTRIBUCIÓN DE CADA MODO DE AUTOTRANSPORTE A LAS EMISIONES DE CO₂. ELABORACIÓN: (SOLÍS ÁVILA JUAN CARLOS, 2015)

El consumo de gasolina (**FIGURA 4-A**) seguirá dominado por los camiones ligeros y el automóvil particular. La categoría “Otra gasolina”, que representa al transporte urbano de pasajeros en vehículos como microbuses, reducirá su proporción en el consumo de gasolina de 6 % a 2 % en el periodo de 2010-2050, mientras que las motocicletas aumentarán su proporción de 3 % a 11 %. Dentro de los automóviles privados, en 2050 las camionetas consumirán 44 % de la gasolina, el subcompacto 25 % y el compacto 24 %.

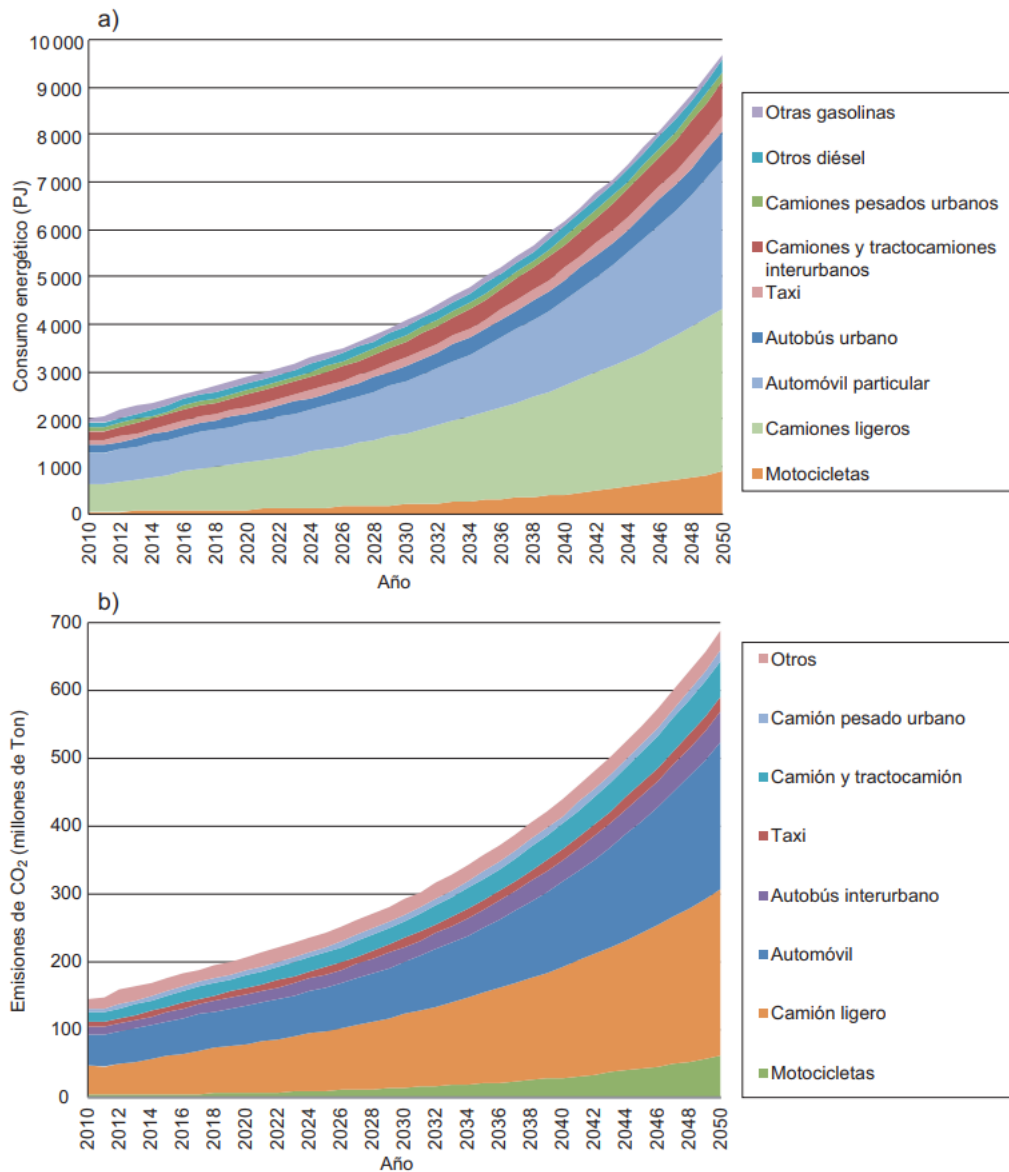


FIGURA 4 A y B. A) CONSUMO DE ENERGÍA DEL AUTOTRANSPORTE EN MÉXICO. ESCENARIO BASE; B) EMISIONES DE CO₂ DEL AUTOTRANSPORTE EN MÉXICO. ELABORACIÓN: (SOLÍS ÁVILA JUAN CARLOS, 2015)

En el año 2012 el transporte en México representó 39 % de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) asociadas a la producción y uso de la energía. Esto

significa que las emisiones de CO₂ y otros gases seguirán incrementándose de manera progresiva durante las próximas décadas, lo que nos da una advertencia sobre el uso del automóvil como elemento principal de movilidad, así como de los efectos adversos al medio ambiente (tema que se menciona con mayor amplitud en los capítulos siguientes).

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, en 2011 las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) atribuibles al transporte alcanzaron 22% de las emisiones por producción y consumo de energía (detrás del sector de generación eléctrica y de calor con 42 % y poco más que las emisiones de la industria con 21 %).²⁷ (SOLÍS ÁVILA JUAN CARLOS, 2015)

A pesar de que, de acuerdo con el Balance Nacional de Energía (BNE) (SENER 2012), el autotransporte representa 92 % del consumo del sector, no existen datos oficiales acerca de la demanda de combustibles por submodos del autotransporte (transporte de carga o de pasajeros, público o particular, urbano e interurbano, etc.)²⁸

Dichas actividades, generan una gran cantidad de residuos contaminantes que llegan a la atmósfera, al suelo y a los cuerpos de agua, degradando así los diferentes ecosistemas.

El Instituto Nacional de Ecología con el apoyo del Centro de Transporte Sustentable de México A.C. y de las autoridades estatales y municipales, durante 2007 y 2011 realizaron la medición de emisiones de los vehículos que circulan en Tijuana y Mexicali, Baja California; Matamoros y Reynosa, Tamaulipas; Nogales, Sonora; Morelia, Michoacán; en las zonas metropolitanas del Valle de México, de Monterrey, Guadalajara, Toluca, en Puebla, Puebla; León, Guanajuato; Veracruz, Veracruz; Oaxaca, Oaxaca; Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y Campeche, Campeche. Se usó el equipo de detección remota propiedad del INE, el cual permite conocer en poco tiempo las emisiones de monóxido de carbono, CO; óxido de nitrógeno, NO; hidrocarburos totales, HC; dióxido de carbono, CO₂; y opacidad de miles de vehículos. (Martínez Salgado, 2011)

En dichos estudios, se encontró que las emisiones de los vehículos de diez o más años de antigüedad son mucho mayores que las de los vehículos más recientes. Asimismo, se recopiló información importante (cantidad, tipo, antigüedad, uso y actividad) sobre los vehículos en circulación, que alimentarán el diseño de programas y políticas para reducir las emisiones de los vehículos, como los programas de verificación vehicular. (Martínez Salgado, 2011)

La **Figura 5** (página siguiente) presenta de manera general, una comparación de emisiones de dióxido de carbono CO₂ por tipo de vehículo (promedio de emisión por km/pasajero); lo cual nos indica que las políticas de transporte y movilidad deben estar orientadas hacia el desarrollo de transporte

²⁷ Solís Ávila, Juan Carlos y Sheinbaum Pardo, Claudia. CONSUMO DE ENERGÍA Y EMISIONES DE CO₂ DEL AUTOTRANSPORTE EN MÉXICO Y ESCENARIOS DE MITIGACIÓN. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, vol. 32, núm. 1, 2016 Universidad Nacional Autónoma de México. México 2016.

²⁸ IDEM.

público de alta capacidad, asimismo, se debe fomentar que los usuarios modifiquen sus modos de transporte, con la finalidad de reducir emisiones y mejorar la movilidad.

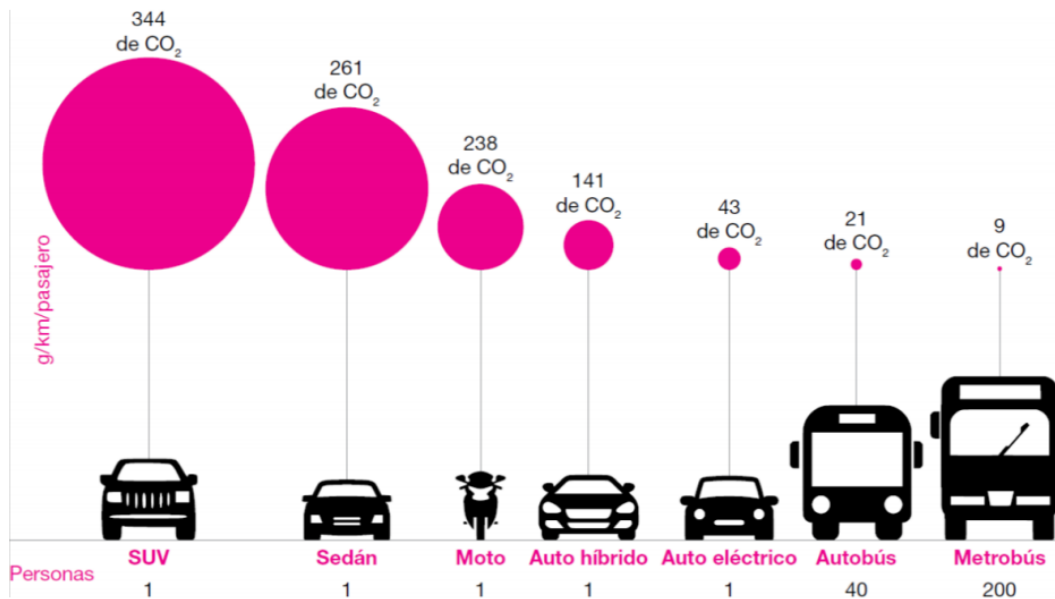


FIGURA 5. CAPACIDAD DE PASAJEROS Y EMISIONES DE CO₂ EN g/km/pasajero.

ELABORACIÓN: (GOV. CDMX, 2014)

Ante este panorama, en las últimas décadas se ha vuelto evidente los **efectos adversos al ambiente** como consecuencia de las actividades humanas, de igual manera, se vuelve necesario tomar medidas de acción ante sus consecuencias: **las enfermedades asociadas a la contaminación del aire**, agua y suelos, la mayor intensidad de los fenómenos meteorológicos y el agotamiento de los recursos naturales, que contribuyeron, sin duda, a marcar la necesidad de replantear el modo de comprender a la ciudad y su funcionamiento.

Sin embargo, las autoridades locales no cuentan con información adecuada ni suficiente sobre su parque vehicular para poder establecer programas de verificación vehicular, indispensables para el cumplimiento de la NOM-041 establecida por la SEMARNAT. Esta situación es especialmente complicada en aquellas entidades con alta afluencia de vehículos usados de procedencia extranjera, no inscritos en el padrón vehicular local o que han sido regularizados y empadronados, pero cuyo desempeño ambiental se desconoce.

En este contexto, uno de los pasos necesarios para formular estrategias y políticas de gobierno que conjunten armónicamente el desarrollo económico y la conservación del ambiente es contar con información suficiente y confiable de los distintos procesos que ocurren al interior de la ciudad, para el caso de este trabajo un inventario de emisiones.

3.0 CAPÍTULO TERCERO: CAMBIO CLIMÁTICO, UN PRODUCTO DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS

3.1 INTRODUCCIÓN

La influencia humana sobre el sistema climático es clara; así lo indica el resumen para responsables de política del Grupo de Trabajo I del IPCC publicado el pasado 27 de septiembre de 2013, rumbo al quinto reporte de evaluación del mismo IPCC²⁹.

Dicho documento afirma, además, que el cambio climático es inequívoco, y que, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no tienen precedentes en las últimas décadas e incluso milenios.

El IPCC define al Cambio Climático como la variación del estado del clima identificable en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. (IPCC, 2014)

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad del clima atribuible a causas naturales.

La temperatura de la atmósfera y el océano ha aumentado, la cantidad de hielo y nieve ha disminuido, el nivel del mar se ha elevado y la concentración de GEI se ha incrementado. La evidencia de la influencia humana sobre el sistema climático se ha incrementado desde la publicación del cuarto reporte del IPCC, y ahora se afirma que es extremadamente probable, que ésta sea la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX (IPCC, 2013 en (Centro Mario Molina, 2014)).

Algunos de los hechos más relevantes presentados en el resumen del IPCC se listan a continuación:

²⁹ La organización científica más reconocidas en el tema es el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) establecido en 1988 por dos organizaciones de Naciones Unidas, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El IPCC no lleva a cabo su propia investigación. Su función consiste en analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo.

- Cada una de las tres últimas décadas ha sido sucesivamente más caliente en la superficie terrestre que cualquier década precedente desde 1850.

- El incremento de la temperatura global, comparando los periodos 1850-1900 y 2003-2012, es de 0.78°C. • Considerando los primeros 75 m de profundidad del mar, la temperatura ha incrementado en 0.11°C por década en el periodo 1971-2010.

- Se considera muy probable que las regiones de alta salinidad donde domina la evaporación se han vuelto más salinas, mientras que las regiones de baja salinidad donde domina la precipitación se han vuelto aún menos salinas desde la década de 1950.

- La velocidad promedio de pérdida de glaciares a nivel mundial se estima, con alta probabilidad, en 275,000 millones de toneladas anuales en el periodo 1993-2009.

- La velocidad media de aumento del nivel del mar se estima, con alta probabilidad, en 1.7 mm por año en el periodo 1901-2010, 2.0 mm entre 1971-2010 y 3.2 mm entre 1993 y 2010. Esto se explica en gran parte por la pérdida de glaciares y la expansión térmica del océano.

- **La concentración de CO₂ se ha incrementado en 40%** en comparación con la época preindustrial, principalmente por las emisiones de los combustibles fósiles y en segundo lugar por las emisiones del cambio de uso del suelo. En 2011 la concentración de CH₄ en la atmósfera excedió la concentración preindustrial en 150%, mientras que la del N₂O la excedió en 20%.

- De acuerdo con todos los modelos desarrollados, **las concentraciones atmosféricas de CO₂ son mayores en 2011 comparadas con la concentración actual**, como resultado del incremento cumulativo de las emisiones durante el siglo XXI.

- La temperatura media global de la superficie cambiará, con confianza media, en el periodo 2016-2035 en el rango de 0.3°C a 0.7°C con respecto al periodo 1986-2005. Habrá más periodos de temperatura extrema alta y menos periodos con temperaturas bajas; y es muy probable que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y duración.

- Los eventos de precipitación extrema sobre la mayor parte de la superficie en latitudes medias y en regiones húmedas tropicales muy probablemente se tornarán más intensos y más frecuentes hacia el final de este siglo.

- Hay alto grado de confianza en que el calentamiento mayor a un umbral de entre 1°C y 4°C (con respecto a la era preindustrial) conllevaría a la casi completa pérdida de la capa de hielo en Groenlandia en un milenio o más, causando la elevación del nivel del mar en 7 m.

La creciente evidencia de que el cambio climático antropogénico es una realidad ha enfocado la atención de la comunidad científica, los desarrolladores de

políticas y del público en general en la concentración ascendente de gases y el efecto invernadero.

3.2 EL CAMBIO CLIMÁTICO; ESCENARIOS

Para limitar el calentamiento ocasionado por las emisiones antropogénicas de CO₂ a menos de 2°C, se requiere que las emisiones cumulativas de CO₂ de todas las fuentes antropogénicas no superen las 3,670 Gt CO₂. Esta cantidad se reduce a 2,900 Gt si se tienen en cuenta los forzamientos distintos del CO₂. (Centro Mario Molina, 2014)

Para el 2011 ya se habían emitido 1,890 Gt CO₂ (IPCC, 2013). El concepto de “presupuesto de carbono del planeta” hace referencia a que ya hemos emitido más de la mitad de las emisiones admisibles para no superar el umbral de CO₂, y sólo resta un “presupuesto” global de alrededor de 1,010 Gt de CO₂. (Centro Mario Molina, 2014)

El cambio climático antropogénico supone amenazas para la infraestructura y la calidad de vida en las ciudades. El aumento del nivel del mar constituye un problema crítico para muchas ciudades; en Europa, por ejemplo, 70% de las ciudades tienen áreas a menos de 10 m.s.n.m. (Kamal-Chaoui et al., 2009 en (Centro Mario Molina, 2014)).

Por otra parte, el efecto de isla de calor en las ciudades debe considerarse en materia de adaptación, pues sin duda se trata de una forma de cambio climático. Por ejemplo, la señal de cambio en la temperatura de la Ciudad de México fue de 3°C a 4°C durante el siglo XX. Los escenarios futuros de impactos en disponibilidad de agua, salud o protección civil sugieren un mayor riesgo para la población de las ciudades, principalmente la población en situación de pobreza (SEMARNAT, INECC, 2012).

Resulta prudente pues, aunque no es el tema central de este trabajo de investigación, mencionar los riesgos asociados al cambio climático, ya puede llegar a ser necesario ante dichas circunstancias diseñar mecanismos de adaptación dentro de las ciudades, y para lo cual es necesario, conocer los riesgos derivados de esta alteración de los ciclos naturales del planeta producto de las actividades antropogénicas.

Esto implica analizar la vulnerabilidad de la población, infraestructura estratégica, sistemas productivos, patrimonio natural y salud pública, ante algunos de los fenómenos provocados por un comportamiento extremo en los elementos del clima, tales eventos incluyen huracanes, inundaciones, sequías, deslizamientos detonados por una tormenta extrema, incendios forestales y la propagación de dengue y paludismo. (Centro Mario Molina, 2014)

El Informe de síntesis 2014 del IPCC también hace hincapié en el hecho de que casi todos los sistemas del planeta se verían afectados por el impacto del cambio climático, y que no es posible poner límites al cambio climático, sus riesgos e impactos conexos, por un lado, y al desarrollo que satisface las necesidades de la presente, por el otro.

3.3 EMISIONES CONTAMINANTES

Los residuos generados por la actividad humana se han descargado históricamente al ambiente con la idea equivocada de que se degradarán o desaparecerán. Sin embargo, el resultado es que los efectos adversos al ambiente y a la salud de dichas actividades son evidentes en prácticamente cualquier lugar del planeta.

Para ser más precisos vale la pena destacar los impactos directos del cambio climático en los sistemas naturales y los efectos directos e indirectos sobre los sistemas humanos, como la salud humana, la seguridad alimentaria y la seguridad de las condiciones sociales.

Se entiende por contaminación atmosférica la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza. Siempre ha existido contaminación atmosférica de origen natural, por erupciones volcánicas, incendios, tormentas de arena, descomposición de la materia orgánica o polen, pero es a partir del descubrimiento del fuego por el hombre cuando aparece la contaminación atmosférica antropogénica o contaminación atmosférica en sentido estricto, la cual ha cobrado importancia, sobre todo, a partir de la revolución industrial y el uso masivo de combustibles fósiles como fuente de energía. (Emiliano Aránguez, 1999)

A partir de la Revolución Industrial iniciada en el siglo XVIII, se intensificó significativamente la producción de mercancías, la cual trajo consigo una mayor demanda y consumo de combustibles fósiles que generaron emisiones crecientes de GEI que al ser incorporadas a la atmósfera, incrementaron su concentración y, de acuerdo con la evidencia científica disponible, han promovido el calentamiento global y el cambio climático (IPCC, 2007).

Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero han aumentado desde la era preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico, y actualmente son mayores que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado unas concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso sin parangón en por lo menos los últimos 800 000 años. Los efectos de las emisiones, así como de otros factores antropógenos, se han detectado en todo el sistema climático y es sumamente probable que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX. (IPCC, 2014)

La **FIGURA 6** nos muestra como las emisiones antropógenas totales de GEI³⁰ han seguido aumentando entre 1970 y 2010 con mayores incrementos absolutos entre 2000 y 2010, a pesar del creciente número de políticas de mitigación del cambio climático.

³⁰ Las emisiones de los seis gases de efecto invernadero incluidos en el Anexo I del Protocolo de Kioto se computan de forma agregada en términos de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq), ponderando la masa de cada gas de acuerdo con la tabla de potenciales de calentamiento global (PEG) del GIECC de 1995.

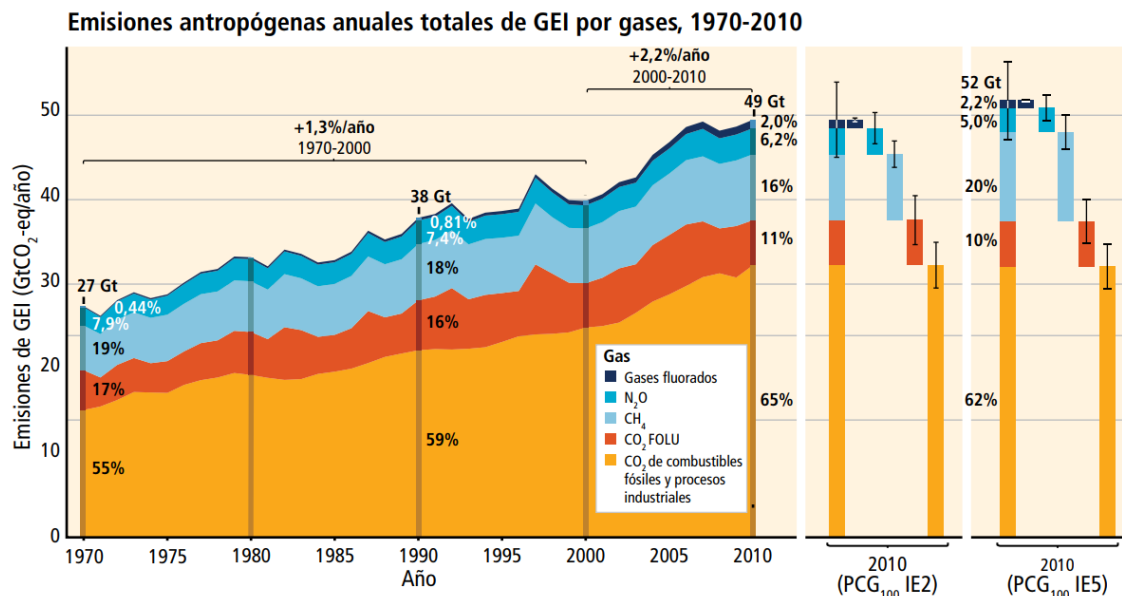


FIGURA 6. EMISIONES ANTROPÓGENAS ANUALES TOTALES DE GEI POR GASES, 1970-2010. ELABORACIÓN: INFORME DE SÍNTESIS (IPCC, 2014)

Las emisiones antropogénicas de GEI en 2010 alcanzaron la cifra de $49 \pm 4,5$ GtCO₂-eq/año³¹. Las emisiones de CO₂ proveniente de la combustión de combustibles fósiles y los procesos industriales contribuyeron en torno al 78% del aumento total de emisiones de GEI de 1970 a 2010, con una contribución porcentual similar para el aumento experimentado durante el período de 2000 a 2010. A nivel mundial, el crecimiento económico y el crecimiento demográfico continuaron siendo los motores más importantes de los aumentos en las emisiones de CO₂ derivadas de la quema de combustibles fósiles. La contribución del crecimiento demográfico entre 2000 y 2010 siguió siendo a grandes rasgos idéntica a los tres decenios anteriores, mientras que la contribución del crecimiento económico ha aumentado notablemente de acuerdo con el Informe de Síntesis del IPCC. (IPCC, 2014)

En la mayoría de las grandes ciudades de México y el mundo, la composición del aire ha sido alterada con compuestos que provienen en su mayoría de la quema de combustibles fósiles en vehículos automotores, así como en industrias o fábricas y hogares.

Las ciudades consumen una gran proporción de la energía producida globalmente –entre 60% y 80%– y son responsables de un porcentaje similar de las emisiones de CO₂ del mundo. Dentro de la OCDE, los países más urbanizados tienden a generar una mayor cantidad de emisiones. Las emisiones de GEI en las ciudades OCDE están cada vez menos relacionadas con actividades industriales y más relacionadas con el consumo de energía requerido para iluminación,

³¹ Las emisiones de gases de efecto invernadero se contabilizan como emisiones de CO₂-equivalente (GtCO₂-eq) utilizando los valores de las ponderaciones basadas en los potenciales de calentamiento global de 100 años que figuran en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC.

calefacción y enfriamiento, el uso de electrodomésticos y aparatos electrónicos, y para la movilidad (Kamal-Chaoui, 2009)

Aunque se puede originar contaminación atmosférica por escapes o arrastres de gases u otro material volátil, almacenado o utilizado de diversas formas, la principal fuente de contaminación son los procesos que implican combustión, al producirse la oxidación de los distintos elementos que componen los combustibles, las materias primas y el aire.

Los vehículos son una de las principales fuentes antropogénicas de emisión de contaminantes atmosféricos. Si bien estas emisiones son el resultado directo del uso de combustibles fósiles, como la gasolina y el diésel, existen otros factores determinantes en la cantidad de contaminantes que un vehículo automotor puede generar, como son la edad, la tecnología, el uso y el mantenimiento.

Las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles (COV) se sitúan como uno de los principales problemas de contaminación del aire de la ZMVM³² (por ejemplo), debido a su participación en la formación del ozono troposférico y porque varios de sus compuestos son considerados tóxicos o contaminantes peligrosos del aire.

En la siguiente tabla (**FIGURA 7**) elaborada por la SEDEMA, podemos observar la emisión del año 2014 de los diferentes gases y compuestos contaminantes a la atmósfera en la Ciudad de México, el Estado de México y la Zona Federal correspondiente al ZMVM, se especifica la fuente de generación, el tipo de gas correspondiente a los GEI, la cantidad emitida, su equivalencia en CO₂ equivalente, el carbono negro y el total de las emisiones en las tres áreas geoadministrativas antes mencionadas.

³² Zona Metropolitana de Valle de México.

Fuente Contaminante	Emisiones de la Ciudad de México [t/año]					% CO ₂ eq.	Carbono Negro
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	CO ₂ eq.		
Puntuales	1 534 106	30	4	1	1 537 906	7.5	35
Área	3 971 439	57 529	174	1	5 630 166	27.2	95
Móviles	13 297 919	850	310	77	13 504 009	65.3	820
Naturales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.04
Total	18 803 464	58 409	488	79	20 672 082	100	950

Fuente Contaminante	Emisiones del Estado de México [t/año]					% CO ₂ eq.	Carbono Negro
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	CO ₂ eq.		
Puntuales	7 685 670	121	101	0.4	7 716 295	21.7	71
Área	3 734 577	351 603	758	0.9	13 781 974	38.8	91
Móviles	13 685 336	1209	727	72.6	14 006 202	39.5	681
Naturales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.14
Total	25 105 583	352 932	1586	74	35 504 471	100	843

Fuente Contaminante	Emisiones de la ZMVM [t/año]					% CO ₂ eq.	Carbono Negro
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	CO ₂ eq.		
Puntuales	9 219 776	151	105	1	9 254 202	16.4	106
Área	7 706 016	409 132	933	2	19 412 140	34.6	186
Móviles	26 983 255	2059	1 037	150	27 510 211	49	1501
Naturales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.2
Total	43 909 047	411 341	2074	153	56 176 552	100	1793

FIGURA 7. SE MUESTRAN LAS EMISIONES POR TIPO DE FUENTE CONTAMINANTE Y ENTIDAD, SE OBSERVA QUE DE LOS 56.2 MILLONES DE TONELADAS DE GEI QUE SE EMITEN EN LA ZMVM, EL 63% CORRESPONDE AL ESTADO DE MÉXICO CON 35.5 MILLONES DE TONELADAS DE CO₂ EQUIVALENTE, Y EL 37% A LA CIUDAD DE MÉXICO CON 20.7 MILLONES DE TONELADAS DE CO₂ EQUIVALENTE. ELABORACIÓN: (GOV. CDMX, 2014)

En la tabla correspondiente a la FIGURA 5, podemos observar como las fuentes de generación de emisiones de GEI a la atmósfera proviene principalmente de las fuentes móviles con un porcentaje arriba del 62% del total generado.

Para conocer y reducir los impactos de la contaminación atmosférica, así como hacer frente al cambio climático, los gobiernos e instituciones de las ciudades requiere de recursos que permitan identificar las fuentes emisoras y la composición de las emisiones; dicha información es parte de los productos obtenidos a través de los inventarios de emisiones, por mencionar alguno, los cuales no sólo permiten conocer las fuentes generadoras de emisiones, sino también el aporte de cada una de ellas a la contaminación del aire, con la finalidad de generar propuestas de reducción de contaminantes en beneficio de la población.

Otro de los efectos adversos de los contaminantes atmosféricos al ambiente, es el Efecto Invernadero.

En México, el Inventario Nacional de Emisiones de México (INEM), señala que las emisiones totales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en 2013 sin incluir las absorciones por las permanencias del sector Uso del Suelo, Cambio de Uso del

Suelo y Silvicultura (USCUSS) fueron de **665,304.92 Gg de CO₂e**. Las emisiones netas, al incluir las absorciones por permanencias, fueron de 492,307.31 Gg de CO₂e. Los sectores del inventario son: generación eléctrica; petróleo y gas; **fuentes móviles de autotransporte** y no carreteras; industria; agropecuario; uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (USCUSS); residuos, residencial y comercial³³.

Ante este contexto, uno de los retos de México y de las grandes ciudades alrededor del mundo es reducir la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Los GEI son los gases que atrapan el calor en la atmósfera, de esta manera contribuye al calentamiento global. Normalmente cuando la radiación solar (luz y calor del sol) llega a la superficie de la Tierra, una parte se refleja, pasa de nuevo por la atmósfera y sale al espacio. Los GEI rompen este ciclo, ya que una vez que la radiación entra a la atmósfera ya no dejan que salga. (CI, 2013)

Como ya se ha mencionado en párrafos anteriores los principales GEI son el dióxido de carbono (CO₂), el metano, el óxido nitroso y los gases fluorados. El CO₂ es el principal gas emitido por las actividades humanas y se produce por la quema de combustible para energía (petróleo y sus derivados, gas natural y carbón).

En México, las emisiones de CO₂ contribuyen con el 66% del total de los GEI, y durante los últimos 20 años crecieron 24%. De estas, el transporte representa el 31% y la generación eléctrica 23%. Del transporte, el 95% de los gases es generado por vehículos automotores. (CI, 2013)

México está en el *top quince* de las economías con más emisiones contaminantes a nivel mundial, generando casi 1.5% de las emisiones anuales globales, de acuerdo con datos de la Agencia Internacional de Energía. México se ha propuesto la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), para el año 2020 del 30% de sus emisiones y para 2050 una reducción del 50%.

Sin embargo, en México, particularmente en el estado de Morelos, la información sobre las características de la flota vehicular nacional y sus emisiones es escasa, sólo en localidades que han implementado un programa de verificación vehicular o bien, que han realizado estudios de campo, se ha logrado obtener información sobre el desempeño ambiental de los automotores. Dicha información es básica para el diseño de estrategias de control de las emisiones y de renovación del parque vehicular.

Como se ha venido exponiendo en los párrafos anteriores, el aumento en las concentraciones de CO₂ en la atmósfera causado por la actividad humana es el principal factor responsable de la intensificación del efecto invernadero y el cambio climático resultante. A pesar de que esto es ya una evidencia incontestable y los efectos del cambio climático ya se empiezan a notar, no parece que la alarma

³³INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE MÉXICO. <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>

despertada haya conllevado una actuación decidida para reducir las emisiones y mitigar los efectos del cambio climático. (Alcántara Escolano Vicent, 2005)

Vale la pena hacer mención que en un artículo publicado por la revista Nature Communications el 20 de febrero de 2018 se señala que a pesar de la reducción en las emisiones de CO₂, los niveles de los océanos seguirán en aumento.

La revista señala que: Un grupo de científicos ha establecido que el nivel del mar crecerá entre 0,7 y 1,2 metros incluso si se logra un cero neto en las emisiones de gases de efecto invernadero y se mantienen a este nivel hasta el año 2300. Esto significa que ni el Acuerdo de París sobre el cambio climático, que busca reducir la emisión de gases de efecto invernadero a cero neto y frenar el calentamiento global, podrá detener este proceso.

De igual manera, Nature Communications señala que los investigadores precisan que incluso en el caso de que las temperaturas se mantengan a 2 grados centígrados, no será suficiente para mantener el aumento del nivel del mar por debajo de 1,5 metros hasta 2300.

"Tampoco se puede descartar por completo el aumento del nivel del mar hasta tres metros para 2300, ya que todavía no estamos del todo seguros de cómo reaccionará la capa de hielo de la Antártida al calentamiento global", ha comentado el autor principal del estudio Matthias Mengel, del Instituto de Potsdam para la Investigación del Impacto Climático (PIK, por sus siglas en alemán).

La reducción inmediata de emisiones de CO₂, clave para mitigar los riesgos: Los científicos sostienen que es necesario actuar para mitigar los riesgos del aumento del nivel del mar a largo plazo e instan a reducir las emisiones de CO₂. "Incluso entre los límites del Acuerdo de París, la rápida mitigación del cambio climático es crucial para limitar los riesgos adicionales", ha asegurado el coautor del estudio, Carl Friedrich Schleussner, también del PIK.

"Para millones de personas por todo el mundo que viven en las zonas costeras cada centímetro puede marcar una gran diferencia. Para limitar los riesgos del aumento del nivel del mar, es clave una reducción inmediata de CO₂", ha agregado el científico³⁴.

3.3 IMPLICACIONES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL MEDIO AMBIENTE

Otro de los efectos adversos de la contaminación del aire es la Lluvia Ácida. Se forma a partir de la reacción química de sus precursores dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x) con la humedad atmosférica. La lluvia ácida puede producir la acidificación de lagos y arroyos con baja capacidad de amortiguamiento; los lagos que tienen pH entre 6 y 8 pueden mitigar mejor el efecto ácido de la lluvia;

³⁴ <https://www.nature.com/articles/s41467-018-02985-8> en <https://actualidad.rt.com/actualidad/263586-aumento-nivel-mar-cambio-climatico>

mientras que los que son naturalmente ácidos, presentan menor capacidad de amortiguamiento (EPA, 2011)³⁵.

La acidificación de los cuerpos de agua tiene diversas consecuencias en los ecosistemas y, en particular en las redes tróficas. Por ejemplo, se ha observado la disminución de las poblaciones de invertebrados acuáticos, así como del peso y talla de los peces (EPA, 2011)³⁶, lo que a su vez impacta el éxito reproductivo y la abundancia de las aves que se alimentan de ellos (Graveland, 1998)³⁷.

Los precursores de la lluvia ácida provienen de fuentes naturales, como los incendios forestales, las emisiones volcánicas y la materia orgánica en descomposición, o de fuentes antropogénicas relacionadas con la agricultura y la **quema de combustibles fósiles** en la industria, la generación de energía y el **sector transporte** (EPA,2011; SMAGDF *et al.*, 2011)³⁸.

En este sentido, el INEM señala también que en el sector autotransporte y no carreteros se reportan las emisiones generadas por la combustión interna de los automotores con motor ciclo Otto y diésel, así como por la combustión interna de los vehículos correspondientes a los sectores de aviación, ferroviario, marítimo, de la construcción y agrícola. En 2013 **las emisiones de las fuentes móviles de autotransporte y no carreteras fueron de 174,156.53 Gg de CO₂e**, contribuyendo con **26.2% de las emisiones totales a nivel nacional**³⁹.

A pesar de que existen varios factores que pueden afectar el clima, el IPCC concluyó en su Cuarto Informe de Evaluación de 2007 que el incremento de la temperatura promedio observado desde mediados del siglo XX a la fecha, se debe muy probablemente al incremento de las concentraciones de GEI de origen antropogénico (IPCC, 2007)⁴⁰.

El CO₂ es el GEI más importante en términos de su volumen emitido, su larga vida en la atmósfera (entre 5 y 200 años), su forzamiento radiativo¹⁰ (1.3-1.5 Wm⁻²) y el notable incremento de su concentración en la atmósfera (IPCC, 2001). A este gas se le ha asignado un potencial de calentamiento de 1 y es usado como referencia para establecer el potencial del resto de los GEI (IPCC, 2001; NAS, 2001)⁴¹.

De acuerdo con el último Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI), la emisión total de GEI aumentó aproximadamente 33.4% entre 1990 y 2010 siendo en este último año de alrededor de 748 millones de toneladas de CO₂ equivalente. El sector energético, que incluye el consumo de

³⁵ A. *Acid rain*. 2011. Disponible en: www.epa.gov/acidrain/index.html. Fecha de consulta: abril de 2012.

³⁶ Idem.

³⁷ Graveland, J. Effects of acid rain on bird populations. *Environmental Review* 6: 41-54. 1998.

³⁸ SMAGDF, SMAGEM, Semarnat y Salud. *Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2011-2020*. México. 2011.

³⁹ INEM

⁴⁰ IPCC. The AR4 Synthesis Report. France. 2007.

⁴¹ IPCC. *Climate Change 2001: the Scientific Basis*. Cambridge University Press. United Kingdom. 2001.

combustibles fósiles y las emisiones fugitivas, emitió en el 2010 poco más del 67% del total de GEI (503.8 millones de toneladas de CO₂ equivalente). Dentro de este sector, el consumo de combustibles fósiles es la principal fuente de emisiones en el país: entre 1990 y 2010 emitió entre 48.6 y 56.2%, respectivamente, del volumen total de GEI.

De los seis principales GEI contemplados por el Protocolo de Kioto, que incluyen al CO₂, CH₄ (metano), N₂O (óxido nitroso), HFC (hidrofluorocarbonos), PFC (perfluorocarbonos) y SF₆ (hexafluoruro de azufre), el CO₂ fue el que se emitió en mayor proporción a nivel nacional (66% del total de GEI emitido), seguido por el metano, con alrededor del 22% del total.

En términos generales, se ha estimado que el CO₂ es responsable de aproximadamente 60% del efecto invernadero acumulado desde el siglo XVIII, el CH₄ de 20%, el N₂O de 6% y los halocarbonos de 14% (PNUMA, 2002; IPCC, 2007a).

El forzamiento radiativo del CO₂ se incrementó 20% de 1995 a 2005, lo que representa el mayor cambio por década en los últimos 200 años (IPCC, 2007a).

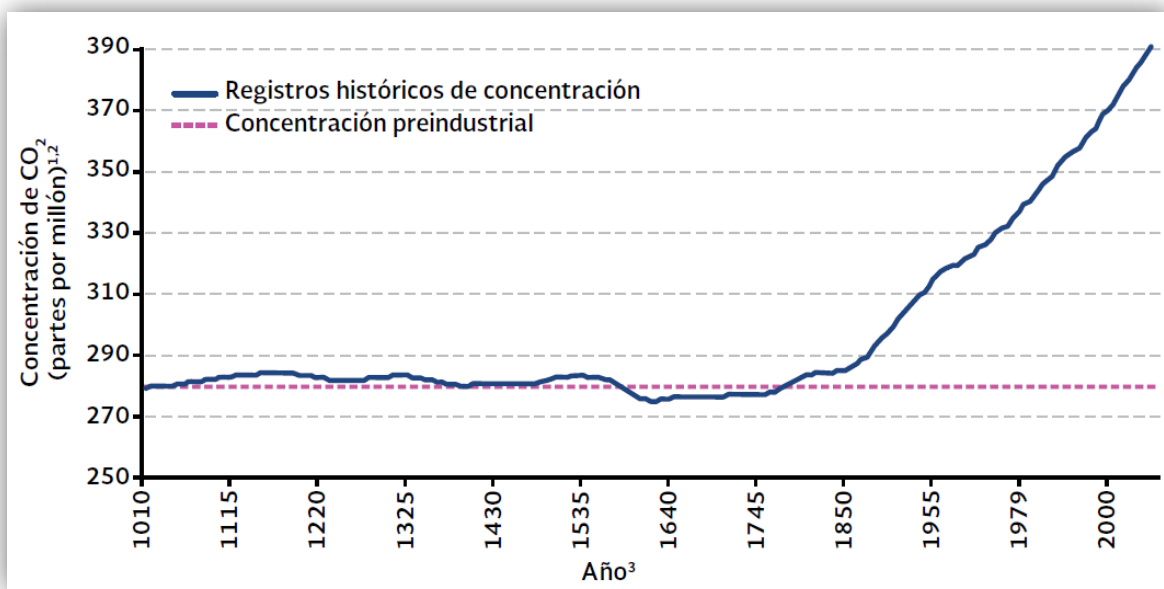


FIGURA 8. Concentración global atmosférica de CO₂, 1010 – 2012.

ELABORACIÓN: (SEMARNAT, INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE MÉXICO, 2012)

La concentración de población en las zonas metropolitanas⁴² del país (en el estado de Morelos contamos con dos Zonas Metropolitanas: la de Cuautla y la de

⁴² La zona metropolitana se define como el conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración

Cuernavaca) tiene como consecuencia fuertes presiones que generan degradación sobre el ambiente, las cuales pueden rebasar, en muchas ocasiones, los límites del propio asentamiento humano y sus alrededores.

En 2010, cada habitante del planeta emitió a la atmósfera en promedio 4.44 toneladas de CO₂, el principal gas causante del calentamiento global, aunque con grandes diferencias entre países: un habitante de los Estados Unidos emitió en promedio 17.3 toneladas; 3.85 toneladas uno de México y tan sólo 60 kilogramos uno de Etiopía (IEA, 2012)⁴³.

En enero de 2006 se publicó la norma NOM-086- SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, que establece nuevas especificaciones para los combustibles que se venden en México, principalmente relacionadas con el contenido de azufre, olefinas y benceno.

La comercialización de estos combustibles ha sido paulatina: por ejemplo, en enero de 2005 se introdujo al mercado la gasolina Magna de 300 partes por millón (ppm) promedio de azufre y 500 ppm máximo; en octubre de 2006 se incorporó al mercado la gasolina Premium UBA (ultra bajo azufre) de 30 ppm promedio de azufre y 80ppm máximo para su consumo en todo el país. Además, a principios de 2007 se inició la comercialización, en la frontera norte, del diésel UBA de 15 ppm máximo.

En este contexto el presente trabajo surge en este ánimo de comprender el proceso del transporte; los medios utilizados por un sector de la UAEM; una muestra estadística del padrón de estudiantes de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales. Para así, comprender desde, ¿qué lugares?, ¿qué distancias?, ¿qué vehículos?, ¿qué horarios? Son utilizados por los estudiantes en su trayecto hacia el campus norte de la UAEM. Ampliando y señalando el panorama de análisis sobre las emisiones de CO₂ a la atmósfera para una comprensión más profunda/completa del tema.

Vale la pena remarcar que la propuesta no quedará solo en el compendio y estudio de datos estadísticos, sino que se realizarán cuestionarios y levantamientos de información, para una posterior elaboración de mapas de la ciudad de Cuernavaca y el estado de Morelos, con la información obtenida al georreferenciar los campos de análisis obtenidos, para así, tener una comprensión y divulgación más completa del trabajo.

Esperamos entonces, ante este panorama poder responder con a través de los mapas elaborados a la pregunta de investigación del presente trabajo y de igual

socioeconómica. También se incluye a los municipios que por sus características son relevantes para la planeación y política urbana y a los que contienen una ciudad de un millón o más habitantes, así como aquellos con ciudades de 250 mil habitantes que comparten conurbación con ciudades de Estados Unidos (Sedesol, Conapo e INEGI, 2012).

⁴³ IEA. CO₂ Emissions from fuel combustion. Highlights. 2012 Edition. International Energy Agency. France. 2012.

manera alcanzar así y los objetivos; general y particulares que nos guía en este proyecto.

3.3 PROBLEMAS DE SALUD ASOCIADOS A LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

En las últimas décadas, la población se ha concentrado más en zonas urbanas: pasó de 46.6% a mediados del siglo pasado, a 78.8% del total de la población en la última década⁴⁴. Esto evidentemente ha impactado en la transición de riesgos de la gente para enfermar y para morir.

Este movimiento de la población de zonas rurales a zonas urbanas contribuye a la modificación del perfil de salud de la población; la urbanización genera una expansión en el centro del país y la concentración de la población alrededor de unas cuantas ciudades. Este proceso genera en el corto plazo un desequilibrio entre las necesidades de la población, los servicios públicos y la disponibilidad de viviendas, la exposición a contaminantes son una constante con claros **efectos sobre la salud de los individuos**⁴⁵.

Uno de los problemas ambientales en los que se incrusta este estudio que tienen implicaciones tanto locales como globales son los problemas de contaminación **atmosféricos**, los cuales, tienen efectos sobre **la salud de la población y los ecosistemas** naturales. Hasta el año 2014, las principales causas de morbilidad han sido las enfermedades infecciosas, los tres primeros lugares como causa de morbilidad los han ocupado **las infecciones respiratorias agudas**, las infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas y la infección de vías urinarias⁴⁶.

Está generalmente aceptado que niveles altos de contaminación atmosférica se asocian con un exceso de morbi-mortalidad. En este contexto, vienen a la memoria sucesos como el del Valle del Mosa (Bélgica), Donora (Pensilvania) o Londres, que cursaron con la muerte de un número importante de personas expuestas a unos niveles de contaminación extremadamente altos. Estos sucesos plantearon la necesidad de limitar la emisión de contaminantes a la atmósfera y, sobre todo, de acometer actuaciones de vigilancia de la calidad del aire ambiente. (Emiliano Aránguez, 1999).

⁴⁴ El siglo XX fue el de la urbanización, la población urbana en el mundo pasó de 15% en 1890 a más del 50% en el año 2000. Actualmente, más de la mitad de la población mundial vive en áreas urbanas y se espera que esta proporción siga aumentando, para alcanzar un 60% en el año 2030 (WHO, 2014). En México, en 2011, 76.9% de la población vivía en localidades urbanas y 23.1% en zonas rurales, esto significa un cambio trascendente en el modelo demográfico, pues el país ya no es “predominantemente rural” como lo era hace 100 años.

⁴⁵ Welti C. Transición demográfica y salud. En: Cordera R, Murayama C, coordinadores. Los determinantes sociales de la salud en México. México: Fondo de Cultura Económica, Programa Universitario de Estudios del Desarrollo, UNAM; 2012.

⁴⁶ Fuente: Anuarios de Morbilidad, SUIVE/Secretaría de Salud/Estados Unidos Mexicanos 2014.

Según estimaciones actuales de la OMS, se informa que en el año 2012 murieron alrededor de 7 millones de personas, una de cada ocho de las muertes mundiales, como resultado de la exposición a la contaminación del aire. Este hallazgo más que duplica las estimaciones anteriores y **confirma que la contaminación del aire es ahora el mayor riesgo de salud ambiental individual más grande del mundo**. ¡La reducción de la contaminación del aire podría salvar millones de vidas!

Los nuevos datos presentados por la OMS, revelan un vínculo más fuerte entre la exposición a la contaminación del aire tanto en el interior como en el exterior y las enfermedades cardiovasculares, como derrames cerebrales y cardiopatía isquémica, así como entre la contaminación del aire y el cáncer.

Los anterior se suma al papel de la contaminación del aire en el desarrollo de enfermedades respiratorias, incluidas las infecciones respiratorias agudas y las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas.

Las nuevas estimaciones no solo se basan en un mayor conocimiento sobre las enfermedades causadas por la contaminación del aire, sino también en una mejor evaluación de la exposición humana a los contaminantes del aire mediante el uso de mediciones y tecnología mejoradas. Esto ha permitido a los científicos realizar un análisis más detallado de los riesgos para la salud a partir de una distribución demográfica más amplia que ahora incluye áreas rurales y urbanas⁴⁷.

La Organización Mundial de la Salud también asegura que la contaminación del aire representa un importante riesgo medio ambiental para la salud.

Según estimaciones de 2012, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca, cada año, 3,7 millones de defunciones prematuras. Agrega que los residentes de las ciudades donde hay niveles elevados de contaminación atmosférica padecen más enfermedades cardíacas, problemas respiratorios y cánceres de pulmón que quienes viven en zonas urbanas donde el aire es más limpio.

Según las estimaciones de la OMS, hay 64 millones de personas con EPOC⁴⁸, y en 2004 fallecieron 3 millones de pacientes por esta causa. Se prevé que las muertes por EPOC aumenten en los próximos 10 años, convirtiéndose en la tercera causa mundial de muerte, a no ser que se reduzcan sus factores de riesgo, y en particular el consumo de tabaco y la contaminación atmosférica⁴⁹.

En su informe correspondiente al año 2012 la OMS señala el desglose de las muertes atribuidas a enfermedades específicas, lo que subraya que la gran mayoría de las

⁴⁷ <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>

⁴⁸ Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica

⁴⁹ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. <http://www.who.int/features/qa/48/es/>

muerres por contaminación del aire se deben a enfermedades cardiovasculares de la siguiente manera:

Muertes causadas por la contaminación del aire en el exterior - Descomposición por enfermedad:

- 40% - Enfermedad cardíaca isquémica;
- 40% - Accidente cerebrovascular;
- 11% - Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC);
- 6% - Cáncer de pulmón; y
- 3% - Infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores en niños.

Muertes causadas por la contaminación del aire en interiores: desintegración por enfermedad:

- 34% - Accidente cerebrovascular;
- 26% - Enfermedad cardíaca isquémica;
- 22% - COPD;
- 12% - Infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores en niños; y
- 6% - Cáncer de pulmón.

Son varios efectos adversos provocados por la exposición a contaminantes atmosféricos: las enfermedades respiratorias y los problemas cardiovasculares son uno de ellos, es por esta es una razón, que se monitorean constantemente la concentración de gases y partículas contaminantes en las distintas zonas metropolitanas, el monitoreo de la ZMVM es un ejemplo claro, que tiene el objeto de garantizar la protección de la salud de la población, incluyendo a los grupos más susceptibles.

En México, alrededor de 28 millones de personas están expuestas a contaminantes atmosféricos cuya toxicidad está ampliamente demostrada, por ejemplo, la exposición a óxidos de nitrógeno (NOx), ozono (O₃), bióxido de azufre (SO₂) y material particulado con diámetro menor de 10 micrómetros (PM10) afectan las funciones respiratorias (Andersen, Z.J et al., 2010; Linares, B. et al., 2010), contribuye al desarrollo de cáncer de pulmón (Raaschou-Nielsen O. et al., 2011) y aumenta el riesgo de muerte (Kumar, R. et al., 2010; Michael Jerrett, Ph.D. et al., 2009).

Las estadísticas de salud en México indican que las infecciones respiratorias agudas, el asma y estado asmático, y la conjuntivitis se encuentran dentro de los diez padecimientos más frecuentes entre la población (Secretaría de Salud, 2011).

Según estimaciones del Centro Mario Molina, con una población del tamaño de la Ciudad de México, una reducción de 10µg/m³ en las concentraciones de PM10 puede reducir las muertes prematuras hasta en mil por año (Molina, L.T y Molina, M., 2002).

Existen varios estudios sobre poblaciones que habitan en zonas con elevada concentración de contaminantes están expuestas a un mayor riesgo de contraer enfermedades asociadas a la contaminación atmosférica. Por ejemplo, existen estudios que han analizado el efecto de las emisiones de partículas sobre la salud de las personas, en los que se plantea que un incremento de 10 µg/m³ de partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros (PM10 y PM2.5, respectivamente) causan un aumento en la mortalidad de 1.83 y 1.48% respectivamente. (García-Suástegui, 2011).

Diversos análisis llevados a cabo en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) han encontrado una asociación entre las concentraciones de ozono y el incremento en admisiones hospitalarias por asma. También reportan una correlación entre el incremento de mortalidad en la población total y grupos vulnerables como niños y adultos mayores⁵⁰ (GDF, Semarnat, SSA, GEM, 2002).

En Morelos, el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales arroja los siguientes datos en cuanto a infecciones respiratorias agudas: en 2014 se registraron 498,375 casos, en 2015 459,869 casos, en 2016 451,994 casos, Se trata de casos nuevos reportados por la Secretaría de Salud en el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE), e integrados por las instituciones públicas de Salud en todo el país.

Enfermedades respiratorias crónicas (ERC), que afectan las vías respiratorias y otras estructuras de pulmón. Algunas de las más frecuentes son: asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), las alergias respiratorias, enfermedades pulmonares de origen laboral e hipertensión pulmonar.

La gestión de la calidad del aire requiere información de diversos tipos, destacando la que se refiere a la identificación de los principales generadores de emisiones, del volumen y composición de éstas, así como de la concentración de los contaminantes en la atmósfera.

La contaminación excesiva del aire suele ser un subproducto de políticas insostenibles en sectores como el transporte, la energía, la gestión de desechos y la industria.

En la mayoría de los casos, las estrategias más sanas también serán más económicas a largo plazo debido al ahorro en los costos de atención médica y al aumento del clima, dice el Dr. Carlos Dora, Coordinador de la OMS para Salud Pública, Determinantes Ambientales y Sociales de la Salud. "La OMS y los sectores de la salud tienen un rol único en la traducción de la evidencia científica sobre la contaminación del aire a políticas que pueden generar impacto y mejoras que salvan vidas"⁵¹.

⁵⁰ GDF, Semarnat, SSA, GEM. Programa para mejorar la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México. México. 2002.

⁵¹ <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>

4.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad son pocos los estudios en Morelos y la ciudad de Cuernavaca que aborden el tema del transporte y su problemática desde una perspectiva ambiental, hablando específicamente de un sector estudiantil de la universidad (UAEM).

Dado el panorama mencionado en los capítulos anteriores resulta pertinente estudiar el fenómeno del transporte para poder comprender su funcionamiento, identificar los patrones generales por los que se rige y estructura, para así, generar propuestas de reducción y minimización de emisiones de gases, entre ellos el protagonista de nuestro trabajo: el CO₂.

Mencionando y recalcando que el año 2016 fue catalogado como el año más “caliente” desde que existen registros de temperaturas promedio anuales como consecuencia de las *Emisiones Antropogénicas*⁵². Consideramos, por tanto, que es pertinente y responsabilidad de todos tomar las medidas necesarias para minimizar los riesgos de este escenario que termina por afectar de manera general a todos.

En este contexto, la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) es el referente educativo y académico no solo del estado de Morelos, sino también de la región. es por esto que se elige una parte que corresponde a la UAEM como objeto de estudio del presente trabajo.

La UAEM cuenta con un padrón de 45,000 alumnos aproximadamente registrados en el campus Chamilpa, a los cuales, habría que sumar: profesores, trabajadores, investigadores, personal de servicio y administración, comerciantes y demás individuos allegados a la universidad, siendo una población grande, de importancia y consideración para el presente estudio, ya que nos dará una idea clara de las implicaciones ambientales de la movilidad a través del transporte público y privado.

Para realizar nuestro proyecto, primero se determinará la elección de la población muestra, en este caso se eligió a través del método de: Muestreo Aleatorio (vale la pena recordar que nuestro trabajo se acotará a la Facultad de derecho y Ciencias Sociales).

En esta técnica, cada miembro de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado como sujeto. Todo el proceso de toma de muestras se realiza en un paso, en donde cada sujeto es seleccionado independientemente de los otros miembros de la población.

Otra de las ventajas del muestreo aleatorio simple es la facilidad para armar la muestra. También se considera una forma justa de seleccionar una muestra a

⁵² Emisiones antropogénicas: Emisiones de gases de efecto invernadero, de precursores de gases de efecto invernadero, y aerosoles asociados con actividades humanas. Entre estas actividades se incluyen la combustión de combustibles fósiles para producción de energía, la deforestación y los cambios en el uso de las tierras que tienen como resultado un incremento neto de emisiones.

partir de una población, ya que cada miembro tiene igualdad de oportunidades de ser seleccionado.

Además, una característica clave del muestreo aleatorio simple es la representatividad de la población. En teoría, lo único que puede poner en peligro su representatividad es la suerte. Si la muestra no es representativa de la población, la variación aleatoria es denominada error de muestreo.

Para sacar conclusiones de los resultados de un estudio son importantes una selección aleatoria imparcial y una muestra representativa. Recalcando aquí, que uno de los objetivos de la investigación es sacar conclusiones con relación a la población a partir de los resultados de una muestra.

Debido a la representatividad de una muestra obtenida mediante un muestreo aleatorio simple, es razonable hacer generalizaciones a partir de los resultados de la muestra con respecto a la población.

En la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales están registrados 1301 (2017) estudiantes en total, esto incluye turnos matutinos y vespertinos, este estudio pretende obtener resultados de una muestra representativa con un nivel de confianza del 95% y con un error o desviación de .08 con la siguiente fórmula⁵³ para poblaciones finitas y de tamaño “pequeño”:

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2 (N - 1)}{z^2 pq}}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra.

N = Población total.

e = Error o desviación.

z = Nivel de confianza (95%).

pq = Varianza.

Sabemos que en la facultad de derecho de la UAEM están inscritos un total de **1301 estudiantes** en los diferentes semestres. En primer término, se había propuesto realizar el muestreo sólo a los estudiantes del turno matutino, pero nos

⁵³ Muestra obtenida por medios manuales y verificada con ayuda del programa:
<https://www.surveysystem.com/sscalc.htm>

llevamos la sorpresa que en la facultad ya no existen turnos, sino etapas y créditos, dejando de lado dicha posibilidad.

Del total de alumnos, se determinó que la muestra probabilística corresponde a un total de **135 individuos**, a los cuales, se le realizará un cuestionario con el objeto de obtener información relacionada a los objetivos de nuestra investigación, en este caso, el cuestionario aplicado constará de seis a ocho preguntas generales, sin la necesidad de obtener datos confidenciales y/o personales.

PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO:

- 1.- ¿Eres estudiante inscrito de la facultad de derecho de la UAEM?
- 2.- ¿Cuál es tu colonia de residencia desde la que te trasladas todos los días hacia la UAEM? (Colonia, código postal y municipio)
- 3.- ¿Qué medio de transporte utilizas para llegar a la UAEM? (público, privado/ especificar auto, moto, bici, ruta, taxi, a pie, etc).
- 4.- ¿En qué días y horarios acudes a la UAEM?
- 5.- ¿Cuánto tiempo tardas en llegar a la UAEM?
- 6.- ¿Cuánto gastas (estimación) por semana en transporte?

Con el anterior cuestionario, obtenemos dos de los datos más importantes para la estimación de las emisiones de CO₂, el cual es: el origen por colonia del trayecto realizado, así como el tipo de transporte y vehículos utilizado para dicho fin. De igual manera se complementa la información al preguntar la duración del traslado, así como la cantidad de dinero que cuesta dicha actividad (estimación).

Posterior a la realización de los cuestionarios, se organizarán los datos, se analizarán, se clasificarán y se podrá dar inicio a la clasificación de los mismos en un mapa de la ciudad de Cuernavaca y del estado de Morelos, esperando obtener un mapa por cada campo de información obtenido para su posterior comparación de acuerdo a lo que resulte pertinente.

Aquí se clasificarán los datos ya georreferenciados en función de su distancia y el tipo de transporte utilizado, se propone un esquema de anillos concéntricos de: 500m, 1000m, 2km, 5km, 10km, 20km, 30km, 40km, 50km, 60km y 70km respecto de la UAEM, es decir el centro de los anillos es el campus norte de la UAEM.

Finalmente, con las muestras ya organizadas y referenciadas en uno o varios mapas de la ciudad podremos ofrecer nuestras conclusiones del estudio, sabremos ya diferenciar los modos y tipos de transporte utilizados y así con mayor precisión señalar las fuentes que en función de su naturaleza emiten mayor o menor cantidad de CO₂.

Identificamos en primer término, que los medios de transporte más utilizados en la actualidad en México y particularmente hablando del estado de Morelos y la

ciudad de Cuernavaca (zona de estudio de este trabajo), son vehículos automotores, donde destacan con un porcentaje mayor los vehículos ubicados en la categoría de compactos y subcompactos.

En el estado de Morelos, de acuerdo con información obtenida del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), para el año de 2012 estaban registrados un total de 457,404 “vehículos de motor” en el estado, y para la ciudad de Cuernavaca un total de registraron 154,013 vehículos⁵⁴.

Un vehículo automotor, carro particular o público, motocicleta, autobús, camión, necesita para desplazarse energía de alguna fuente y transformarla mediante el motor en energía cinética para que las ruedas giren y se produzca el desplazamiento.

Convencionalmente (a excepción de los nuevos autos híbridos y eléctricos) los vehículos adquieren la energía que se encuentra almacenada en un combustible fósil, ya sea: gasolina, diésel o gas licuado de petróleo (LP), que se libera mediante la combustión en el interior de un motor.

Estos combustibles fósiles son primordialmente derivados del petróleo: gasolina y diésel; aunque también podrían ser biocombustibles hechos a partir de fuentes renovables. Es entonces, el producto de la combustión al interior del motor lo que genera gases de escape, es en ese momento donde las emisiones de CO₂ son despedidas a la atmósfera a partir de los gases de escape del motor.

Hay que tener en cuenta que, las emisiones en función de la distancia recorrida varían en función de múltiples factores, como por ejemplo las características del vehículo y la velocidad de la vía, dicho esto, el rango de emisiones es muy amplio y va desde coches que emiten por debajo de los 100 gramos de CO₂ por kilómetro hasta los que emiten más de 400 gramos por kilómetro. También los tiempos y distancias de traslados influyen en la cantidad de emisiones.

Existe varios métodos para el cálculo general de las estimaciones de la generación de CO₂ producidas por los vehículos automotores.

Para realizar el cálculo de las emisiones producidas debido a los desplazamientos en vehículos necesitamos saber **cuál es el consumo de combustible**.

Podemos disponer de este dato de dos formas:

- A:** Litros de combustible (diésel o gasolina) consumidos.
- B:** Kilómetros recorridos, marca y modelo del vehículo.

Así, en el **caso A**, tendremos que multiplicar el dato por los siguientes factores de emisión:

⁵⁴ http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=

Factor de emisión

Gasolina----- 2,265 kg CO₂/lDiésel-----2,599 kg CO₂/l

En el **caso B**, el factor de emisión para cada marca y modelo de coche habrá que consultarlo en la página web de la IDAE⁵⁵ (datos en g CO₂/km).

Ejemplo:

Modelo	Emisiones (g CO ₂ /km)
Seat León 1.6 TDI MAN. 110CV	102
Seat Ibiza 1.4 TDI MAN. 105 CV	100
Volkswagen Golf 1.6 TDI MAN. 110 CV	99

En el año 2014 el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) publicó los resultados del estudio sobre los Factores de Emisión, como método de cálculo para la estimación de emisiones de una manera más precisa con respecto de las estimaciones hechas por el IPCC.

El INECC señala en su informe final que: Los factores de emisión de GEI que se utilizan en México para el cálculo del inventario nacional de GEI (INEGEI), por consumo de combustibles fósiles, son los factores por defecto proporcionados por el IPCC en sus guías metodológicas para el desarrollo de inventarios nacionales.

Por lo tanto, el INECC señala que, para tener una mayor precisión en la estimación de las emisiones nacionales es importante desarrollar factores de emisión propios para los diferentes tipos de combustibles comercializados en los diferentes sectores de la actividad económica, basados en la medición del contenido de carbono de cada uno de los combustibles (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014).

El objetivo central del trabajo desarrollado por el INECC fue: Determinar los factores de emisión, a partir de su contenido de carbono por unidad de energía, de los principales combustibles que se consumen en México en los sectores energético, **del transporte**, industrial, comercial y residencial, incluyendo: **gasolina (magna y premium)**, **diésel (automotriz)**, industrial y marino), combustóleo (ligero y pesado), intermedio 15, carbón (térmico y siderúrgico), coque de petróleo, coque de carbón, gas natural, gas propano, gas butano, gas propano, gasóleo, gas residual, gas licuado de petróleo utilizados en transporte e industria y los utilizados en la aviación (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014).

En el caso de la gasolina, combustible utilizado por la mayoría de los automóviles, se clasificó en función de la refinería de origen y por el tipo; Magna y

⁵⁵ <http://coches.idae.es/portal/BaseDatos/MarcaModelo.aspx>

Premiun. El Diésel igualmente fue clasificado por el origen de su producción arrojando los siguientes resultados mostrados en las siguientes tablas:

Muestra	Densidad	Contenido de carbono	PCN	Contenido de carbono	Factores de emisión		
	kg/litro	% Peso	MJ/kg	kg C/GJ	kgCO ₂ /TJ	kgCO ₂ / kg comb.	kgCO ₂ / l comb.
MAGNA RP VERACRUZ	0.740	86.21	42.72	20.18	73,943.26	3.159	2.338
MAGNA RP VILLAHERMOSA	0.740	86.13	42.83	20.11	73,684.91	3.156	2.334
MAGNA ZMVM	0.723	85.52	39.53	21.63	79,270.77	3.134	2.265
MAGNA RP LEÓN	0.742	86.22	42.45	20.31	74,422.20	3.159	2.344
MAGNA ZMG	0.742	86.07	42.47	20.27	74,257.74	3.154	2.341
MAGNA RP LAGOS DE MORENO	0.743	86.04	42.49	20.25	74,196.92	3.153	2.343
MAGNA ZMM 1	0.795	85.48	43.04	19.86	72,772.02	3.132	2.489
MAGNA ZMM 2	0.727	85.45	43.98	19.43	71,191.65	3.131	2.275
MAGNA RP TAMPICO	0.750	85.39	43.18	19.78	72,459.71	3.129	2.346
PREMIUM RP VERACRUZ	0.731	86.22	42.23	20.42	74,809.91	3.159	2.309
PREMIUM RP VILLAHERMOSA	0.738	86.14	42.02	20.50	75,114.02	3.156	2.329
PREMIUM ZMVM	0.729	83.41	40.89	20.40	74,743.46	3.056	2.229
PREMIUM RP LEON	0.730	86.16	42.24	20.40	74,740.15	3.157	2.304
PREMIUM ZMG 1	0.733	86.05	42.71	20.15	73,823.31	3.153	2.310
PREMIUM ZMG 2	0.736	86.09	42.85	20.09	73,616.32	3.154	2.321
PREMIUM ZMM 1	0.749	85.21	43.49	19.59	71,791.55	3.122	2.338
PREMIUM ZMM 2	0.735	85.18	43.65	19.51	71,503.22	3.121	2.295
PREMIUM RP TAMPICO	0.729	85.26	43.45	19.62	71,899.81	3.124	2.277
Promedio	0.739	75.72	42.57	20.14	73,791.164	3.139	2.322
Desviación estándar	0.016	0.58	1.03	0.50	1,844.661	0.025	0.053
Incertidumbre 95% Confianza	0.009	0.65	0.61	0.30	1,086.977	0.015	0.031
% Incertidumbre 95%Confianza	1.25	0.86	1.43	1.47	1.47	0.47	1.35
# Muestras % deseado incert.	2	1	2	2	2	1	2

FIGURA 9. TABLA DE VALORES DE FACTORES DE EMISIÓN POR UNIDAD DE ENERGÍA (KG CO₂/TJ), POR UNIDAD DE PESO (KG CO₂/KG COMBUSTIBLE) Y POR UNIDAD DE VOLUMEN (KG CO₂/L COMBUSTIBLE). ADEMÁS, SE INCLUYEN LA DENSIDAD, EL PODER CALORÍFICO NETO (MJ/KG COMBUSTIBLE) Y EL CONTENIDO DE CARBONO EN % EN PESO Y POR UNIDAD DE ENERGÍA (KG C/GJ) PARA CADA UNA DE LAS MUESTRAS. ELABORACIÓN: (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014)

Muestra	Densidad	Contenido de carbono	PCN	Contenido de carbono	Factores de emisión		
	kg/litro	% Peso	MJ/kg	kg C/GJ	kgCO ₂ /TJ	kgCO ₂ /kg comb.	kgCO ₂ /l comb.
PEMEX DIÉSEL ZMVM	0.827	85.78	42.83	20.03	73,385.49	3.143	2.599
PEMEX DIÉSEL ZMM 1	0.832	85.78	43.08	19.91	72,959.62	3.143	2.614
PEMEX DIÉSEL ZMM 2	0.817	85.84	43.34	19.81	72,572.65	3.145	2.569
PEMEX DIÉSEL ZMG 1	0.826	85.40	42.98	19.87	72,805.41	3.129	2.586
PEMEX DIÉSEL ZMG 2	0.826	85.85	43.18	19.88	72,850.05	3.146	2.597
PEMEX DIÉSEL RP L. DE MORENO	0.832	85.91	42.87	20.04	73,428.12	3.148	2.618
PEMEX DIÉSEL RP VILLAHERMOSA	0.820	85.82	42.37	20.25	74,216.80	3.145	2.579
PEMEX DIÉSEL RP SALAMANCA	0.827	86.07	43.27	19.89	72,884.82	3.154	2.609
PEMEX DIÉSEL RP TULA	0.833	85.95	45.92	18.72	68,582.96	3.149	2.625
PEMEX DIÉSEL RP LEON	0.829	85.63	43.15	19.84	72,713.88	3.138	2.602
PEMEX DIÉSEL REF. CADEREYTA	0.812	85.83	43.37	19.79	72,514.00	3.145	2.552
PEMEX DIÉSEL REF. MADERO	0.810	85.80	43.44	19.75	72,371.85	3.144	2.547
DIÉSEL MARINO REF. CADEREYTA	0.839	85.90	43.09	19.94	73,044.73	3.147	2.640
DIÉSEL MARINO TAR VERACRUZ	0.832	85.93	42.48	20.23	74,119.50	3.149	2.620
DIÉSEL IND. TAR MINATITLÁN	0.822	85.95	42.38	20.28	74,311.69	3.149	2.589
Promedio	0.826	85.83	43.18	19.88	72,850.77	3.145	2.596
Desviación estándar	0.008	0.16	0.83	0.36	1,334.57	0.006	0.027
Incertidumbre 95% Confianza	0.005	0.10	0.54	0.24	861.46	0.004	0.017
% Incertidumbre 95%Confianza	0.64	0.12	1.24	1.18	1.18	0.12	0.66
# Muestras % deseado incert.	1	1	1	1	1	1	1

FIGURA 9. TABLA DE VALORES DE FACTORES DE EMISIÓN POR UNIDAD DE ENERGÍA MUESTRA LOS RESULTADOS OBTENIDOS Y EL ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE TANTO PARA LOS FACTORES DE EMISIÓN OBTENIDOS COMO PARA LA DENSIDAD, EL CONTENIDO DE CARBONO Y EL PODER CALORÍFICO NETO DEL DIÉSEL. ELABORACIÓN: (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014)

Para el caso del factor de emisión de la gasolina, el valor promedio obtenido en este estudio, es un 6.5 % mayor al promedio del IPCC en 2006 y un 7.5 % mayor al de 1996. El promedio obtenido está fuera del intervalo de confianza reportado por el PICC en 2006. Estos promedios son un 1% mayores al límite superior reportado por el PICC en 2006. El límite superior encontrado, es mayor en 1 % al reportado por el PICC. (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014)

En el caso del diésel, el promedio encontrado en este estudio es 1.6 % menor al reportado por el PICC en 2006 y 0.61 % menor al de 1996 y se encuentra dentro del intervalo de confianza mostrado en las Directrices del 2006. (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014)

Para tal efecto se revisarán las listas de automóviles ofrecidos por las agencias distribuidoras de automóviles referenciados en el portal del INECC⁵⁶ para así detectar los consumos de combustible por litro (Km/l) diferenciado por

⁵⁶ <http://www.ecovehiculos.gob.mx/>

rendimientos: Rendimiento en Carretera, Rendimiento en Ciudad, Rendimiento Promedio y Rendimiento ajustado⁵⁷.

De igual manera, el mismo portal nos brinda una casilla dedicada a la emisión promedio de gases de CO₂ en gramos por kilómetro recorrido (g/km) la cual se utilizará para comparar la información obtenida con nuestra propia metodología.

⁵⁷ (Rendimiento de combustible: km/L) Los valores de rendimiento se obtuvieron en condiciones controladas de laboratorio, que bien pueden no ser reproducibles ni obtenerse en condiciones y hábitos de manejo convencionales, debido a condiciones climatológicas, combustible, condiciones topográficas y otros factores. (Rendimiento combinado: km/L) Es el que se obtiene al sumar los productos de los rendimientos de ciudad y carretera de cada modelo por un factor específico, según la ecuación siguiente: Rendimiento combinado = (0.55xRendimiento en ciudad) + (0.45xRendimiento en carretera)

5.0 RESULTADOS

5.1 INTRODUCCIÓN

En general, el trabajo de campo tuvo resultados satisfactorios, se logró la meta de recopilar información suficiente sobre el uso y actividad vehicular para realizar un análisis cartográfico y así obtener una buena confianza en los resultados.

El análisis de resultados de la información obtenida se presenta en dos secciones: la primera con la información sobre las colonias, el modo y tipo de transporte y las características vehiculares recabada por medio de la aplicación del cuestionario, análisis de bases de datos; y la segunda, sobre la estimación de emisiones vehiculares con la metodología elegida.

Se cartografiaron 1215 colonias en el estado de Morelos, como base del trabajo de investigación, toda de acuerdo con información del INEGI, las cuales están en posibilidad de ser diferenciadas por municipio y código postal en caso de ser requerido.

La recopilación de la información de actividad y características de los vehículos utilizados en el transporte de estudiantes de la facultad de derecho se llevó a cabo en la sede de la propia facultad en el campus Chamilpa de la UAEM.

Se aplicaron 160 cuestionarios con base en la muestra estadística a 135 individuos, como se observa se rebasó en 25 cuestionarios la muestra original ante la incertidumbre del llenado correcto de los formatos por parte de los individuos, ya que se buscaba que todos los estudiantes estuvieran inscritos formalmente y se advertía un número de posibles errores en el llenado de los formatos.

También se realizaron observaciones de vehículos en vialidades principales cerca de la universidad con la finalidad de definir adecuadamente las preguntas a formular.

5.2 CONSUMO DE GASOLINA PROMEDIO

Se buscaron y revisaron las tablas de información correspondientes a los distintos vehículos vendidos en México, se identificó que los vehículos más utilizados en México son los autos compactos y subcompactos, por lo que se procedió a revisar las bases de datos de dichos vehículos, totalizando 1233 vehículos identificados (tablas completas en los anexos finales) en las categorías de autos compactos y subcompactos con 730 vehículos compactos (Jetta, Sentra, Civic, por ejemplo) y 503 vehículos subcompactos (Fit, Yaris, Mazda 2, por ejemplo)⁵⁸.

Resulta importante señalar que, de acuerdo a los resultados obtenidos en los cuestionarios, y a observaciones hechas en el campus la gran mayoría de vehículos utilizados se encuentran en estas dos categorías de autos; compactos y subcompactos, de tal manera que se descartaron a los automóviles en las

⁵⁸ <http://www.ecovehiculos.gob.mx/>

categorías de vehículos: deportivos, de alto lujo, de trabajo (pick-up's) para la obtención del promedio de consumo.

Posteriormente se ubicó el campo de información correspondiente al consumo de gasolina (km/l) en las dos categorías antes mencionadas para obtener el promedio general de consumo con los siguientes datos:

Vehículos compactos: 11.77 km/l (730 vehículos analizados)

Vehículos subcompactos: 13.38 km/l (503 vehículos analizados)

Promedio final:

12.57 km/l = .0795 litros de gasolina cada km recorrido.

De igual manera se revisó el campo de información proporcionado por el fabricante, de los mismos tipos de vehículos (compactos y subcompactos), en lo referente a emisiones de CO₂ en gramos por kilómetro recorrido (g/km) con los siguientes resultados:

Vehículos compactos: 204.23 gr/km de CO₂ (730 vehículos)

Vehículos subcompactos: 178.31gr/km de CO₂ (503 vehículos)

Promedio final:

191.27 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido.

Para el caso de los camiones de transporte público se obtuvo la siguiente información proporcionada por el Gobierno de la CDMX (GOV. CDMX, 2014), se calcula un promedio de 21 gramos de CO₂ por cada kilómetro recorrido por persona para un autobús de 40 pasajeros totalmente lleno, esto significa una ocupación del 100%, hecho que consideramos difiere de las características de los camiones interurbanos utilizados en la ciudad de Cuernavaca y el estado de Morelos.

Sin embargo, podemos utilizar de referencia dicha información y adaptarla las condiciones de Cuernavaca y Morelos, con las siguientes características: se calcula un capacidad promedio de 24-28 personas por camión de pasajeros o *ruta*, con una ocupación del 75%, esto significa; 18.75 pasajeros de ocupación promedio durante el recorrido.

Por tanto, con el promedio de 18.75 pasajeros a bordo del camión o *ruta*, estimamos un dato promedio de emisión de CO₂ por persona de: **44.8gr/CO₂/km por persona.**

Municipios, número de colonias y total de individuos:

MUNICIPIO	NÚMERO DE COLONIAS	NÚMERO DE INDIVIDUOS
CUERNAVACA	45	87
JIUTEPEC	17	20
TEMIXCO	9	12
YAUTEPEC	9	9
XOCHITEPEC	4	6
EMILIANO ZAPATA	3	3
PUENTE DE IXTLA	2	2
JOJUTLA	2	2
TEPOZTLAN	2	2
CUAUTLA	1	1
HUITZILAC	1	1
TEMOAC	1	1
TLAQUILTENANGO	1	1
TLAYACAPAN	1	1

TABLA 1. TABLA DE MUNICIPIOS CON NÚMERO DE COLONIAS Y NÚMERO DE INDIVIDUOS POR COLONIA ELABORADA A PARTIR DE LOS CUESTIONARIOS APLICADOS EN LA FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS SOCIALES. ELABORACIÓN PROPIA.

En la tabla superior podemos observar que el municipio de Cuernavaca cuenta con el mayor número de individuos de la población muestra con 87, esto equivale a más del 50% del total, le siguen los municipios de Jiutepec y Temixco con 20 y 12 individuos respectivamente. Con 1 individuo únicamente, aparecen los municipios de Cuautla, Hiutzilac, Temoac, Tlaquiltenango y Tlayacapan.

En el mapa siguiente (Figura 12), se cartografiaron los resultados referentes al origen por colonia de la población muestra, como se indicó en la tabla anterior se identifican 98 colonias de origen en el estado de Morelos.

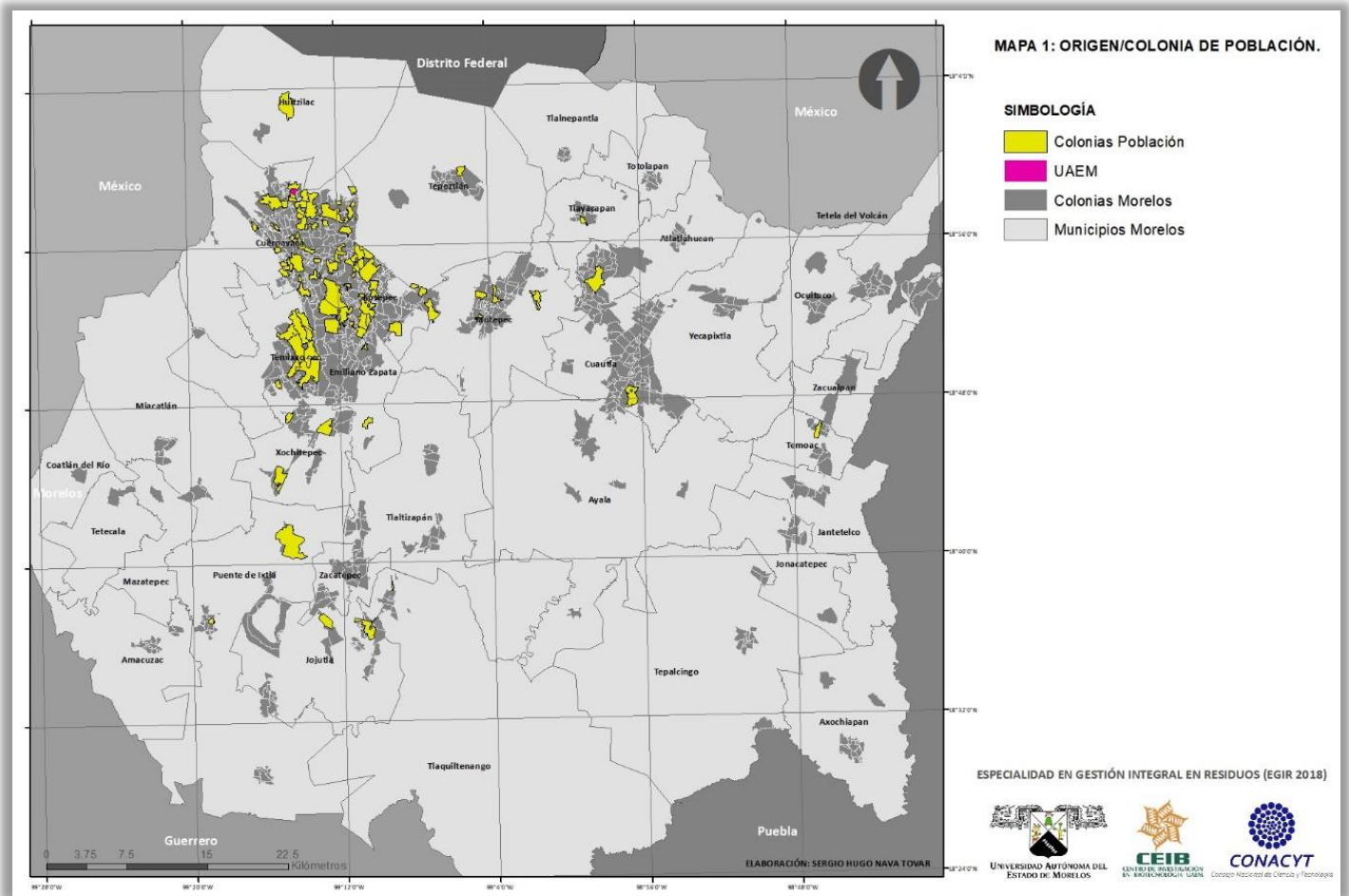


FIGURA 11. MAPA 1. ESTADO DE MORELOS CON SUS MUNICIPIOS Y COLONIAS, RESALTA EN COLOR AMARILLO LAS COLONIAS DE RESIDENCIA DE LA POBLACIÓN MUESTRA. TOTALIZANDO 98 COLONIAS DISTRIBUIDAS EN 14 MUNICIPIOS. ELABORACIÓN PROPIA.

Posteriormente de la clasificación general se procedió a establecer un criterio para el análisis de los resultados, esto nos llevó a proponer un esquema de anillos concéntricos en torno al campus de la UAEM y así diferenciar por distancias de .5km, 1km, 2km, 5km, 10km, 20km, 30km, 40km y 60km a la población de nuestra muestra estadística con el siguiente resultado:

En el primer anillo (color rojo) **FIGURA 12** que abarca hasta los 500m de diámetro desde el perímetro de la UAEM, están ubicados 21 individuos, distribuidos en 4 colonias, los cuales, corresponde al 14.09% de la población total, del total 8 acude caminado a la UAEM, 7 en transporte público y 6 en automóvil particular, es el único anillo dónde se presenta la posibilidad de asistir "a pie" a la universidad. Se estima un tiempo promedio de 10 minutos del traslado con un costo también promedio de \$87.61 pesos semanales por persona.

En el segundo anillo (color naranja) **FIGURA 12** que va desde 0.5km a 1km con centro en la UAEM están ubicados 9 individuos, distribuidos en 4 colonias, los cuales corresponden a un 6.04% de la población total, donde 4 de ellos acuden en transporte público y 5 transporte privado 4 en automóvil y 1 en motocicleta. Se

estima un tiempo promedio de 15 minutos en el traslado con un costo por individuo de 302.2 pesos semanales, vale la pena señalar que este es el único anillo donde la utilización del transporte privado es mayor a la del transporte público.

En el tercer anillo (color naranja claro) **FIGURA 12** que va desde 1km hasta 2km están ubicados solamente 4 individuos en 2 colonias, correspondiente al 2.68% del total, donde 3 de ellos utilizan transporte público y 1 transporte privado; automóvil. Se estima un tiempo promedio de traslado de 30 minutos y un costo también promedio de \$142.5 pesos por persona a la semana.

En el cuarto anillo (color amarillo) **FIGURA 12** que va desde los 2km hasta los 5km están ubicados 24 individuos distribuidos en 17 colonias, los cuales corresponden a un 16.1% del total de la muestra, de estos individuos 19 utilizan el transporte público (ruta) y 5 el privado (automóvil). Se estima un tiempo promedio de traslado de 36.97 minutos y un costo por persona de \$181.62 pesos semanales.

En el quinto anillo (color verde limón) **FIGURA 12** que va desde los 5km hasta los 10km se encuentra el mayor porcentaje de la muestra total, el 26.17%, es decir 39 individuos distribuidos en 27 colonias, de los cuales 28 utilizan el transporte público con 24 en camión (ruta), 6 en taxi y 1 en autobús, 15 utilizan el transporte privado con 14 de ellos en automóvil y 1 en motocicleta. También destaca el hecho de que aparece el modo de transporte mixto, es decir, 4 individuos utilizan tanto transporte público como transporte privado. Se estima un tiempo promedio de traslado de 45.3 minutos y un costo por persona de \$259.74 pesos semanales.

En el sexto anillo (color verde) **FIGURA 12** que va desde los 10km hasta los 20km se ubican a 33 individuos distribuidos en 28 colonias, equivalente a un porcentaje total del 22.14%, de los cuales 26 utilizan el transporte público con 26 en camión (ruta), 4 en taxi y 1 en autobús, aquí es importante señalar que aparece el modo de transporte mixto en la categoría de transporte público ya que 4 individuos utilizan tanto el camión como el taxi para llegar a la UAEM. 10 individuos utilizan transporte privado con 6 de ellos en automóvil y 4 en motocicleta. Se estima un tiempo promedio de 72.5 minutos ($1\frac{1}{4}$ horas) en el traslado y \$274.54 pesos de gasto por persona a la semana.

En el séptimo anillo (color cian) **FIGURA 12** que va desde los 20km hasta los 30km están ubicados 12 individuos distribuidos en 10 colonias, corresponden al 8.05% del total de la muestra, de los cuales 9 utilizan el transporte público con 4 de ellos en autobús, 6 en ruta y 2 en taxi, nuevamente aparece el modo de utilización mixto, 4 individuos utilizan el transporte privado con 2 de ellos en automóvil y 2 en motocicleta. Se estima un tiempo promedio de 103 minutos ($1\frac{3}{4}$ horas) y un gasto promedio de \$328.5 pesos semanales.

En el octavo anillo (color azul) **FIGURA 12** que va desde los 30km a los 40km se ubican a 5 individuos repartidos en 5 colonias, correspondiente al 3.35% del total, 3 de ellos utilizan el transporte público con un uso mixto del autobús y el camión (ruta) y 2 el transporte privado con automóvil. Se estima un tiempo promedio de 97 minutos ($1\frac{3}{4}$ horas) y un gasto de \$686 pesos semanales.

En el noveno y último anillo (color azul marino) **FIGURA 12** que va desde los 40km hasta los 60km se ubican solamente 2 individuos en 2 colonias, con los 2 utilizando el transporte público (autobús). Se estima un tiempo promedio de 117.5 minutos (2 horas) y un gasto semanal de \$550 pesos promedio.

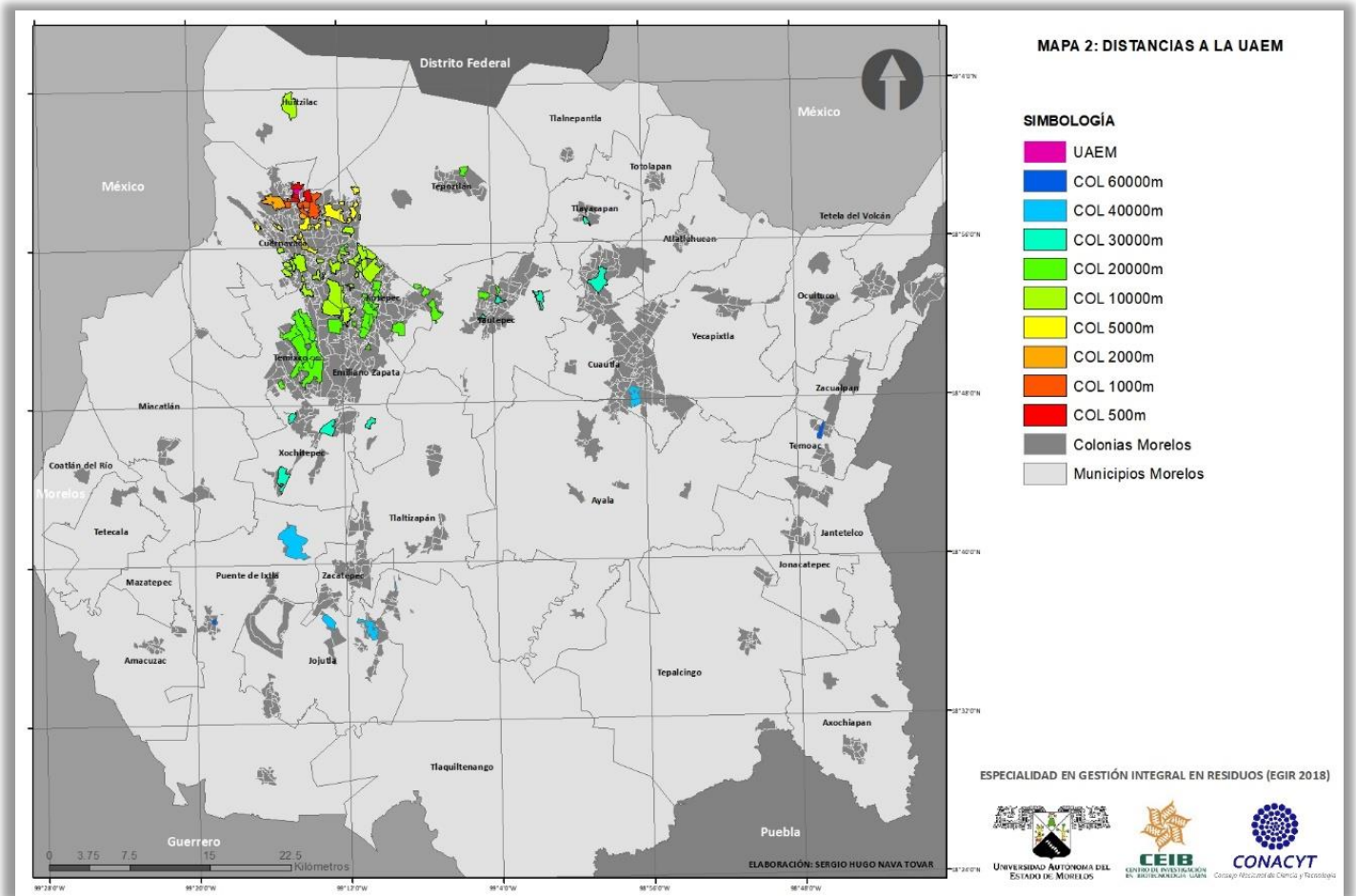


FIGURA 12. MAPA 2. DIVISIÓN EN ANILLOS CONCÉNTRICOS DE COLONIAS DE ORIGEN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS SOCIALES EN EL ESTADO DE MORELOS CON CENTRO EN LA UAEM. SE DIFERENCIAN POR COLOR. ELABORACIÓN PROPIA.

Podemos observar (**Tabla 2**) un comportamiento en la distribución de la población, la cual, se concentra en la zona conurbada de Cuernavaca (Cuernavaca, Jiutepec, Temixco, Yautepec) con un total de 128 individuos equivalentes al 86.48% del total de la muestra, esto equivale a 1125.18 individuos de la población total, dato que consideramos resulta sumamente interesante porque nos da una pauta para la implementación de cualquier plan, política, propuesta en la minimización de las emisiones producto de dicha actividad,

Posteriormente se organizaron los datos en una serie de tablas para tener una lectura más clara y amplia de los resultados, por ejemplo, destaca el hecho de que entre los 2km y 20km se concentra el mayor número de individuos con un

64.86% del total de la muestra, esto significa que 843.89 individuos de la población total se concentran en esta franja. (**Tablas 2-9**).

ANILLO	NÚMERO DE INDIVIDUOS	PORCENTAJE %
0.5KM	21	14.09
0.5KM – 1.0KM	9	6.04
1.0KM – 2.0KM	4	2.7
2.0KM – 5.0KM	24	16.21
5.0KM – 10KM	39	26.17
10KM – 20KM	33	22.14
20KM – 30KM	12	8.05
30KM – 40KM	5	3.35
40KM – 50KM	2	1.35

TABLA 2. TABLA CORRESPONDIENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN MUESTRA EN EL ESQUEMA DE ANILLOS CONCÉNTRICOS A LA UAEM. ELABORACIÓN PROPIA.

A continuación, se presentan una serie de tablas individuales correspondientes a cada uno de los anillos concéntricos de análisis de la distribución y características de la población muestra y sus equivalencias totales respecto de la población total de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la UAEM.

ANILLO 1	NÚMERO DE INDIVIDUOS (MUESTRA)	PORCENTAJE	NÚMERO DE INDIVIDUOS (POBLACIÓN)	TRANSPORTE PÚBLICO (POBLACIÓN)	TRANSPORTE PRIVADO (POBLACIÓN)	CAMINA*
0.5km	21	14.09 %	184.6	61.53	52.74	70.32*

*Único anillo dónde se camina para llegar a la UAEM.

ANILLO 2	NÚMERO DE INDIVIDUOS (MUESTRA)	PORCENTAJE	NÚMERO DE INDIVIDUOS (POBLACIÓN)	TRANSPORTE PÚBLICO (POBLACIÓN)	TRANSPORTE PRIVADO (POBLACIÓN)
0.5-1km	9	6.04 %	79.11	35.16	43.95

ANILLO 3	NÚMERO DE INDIVIDUOS (MUESTRA)	PORCENTAJE	NÚMERO DE INDIVIDUOS (POBLACIÓN)	TRANSPORTE PÚBLICO (POBLACIÓN)	TRANSPORTE PRIVADO (POBLACIÓN)
1-2km	4	2.7 %	35.16	26.37	8.79

ANILLO 4	NÚMERO DE INDIVIDUOS (MUESTRA)	PORCENTAJE	NÚMERO DE INDIVIDUOS (POBLACIÓN)	TRANSPORTE PÚBLICO (POBLACIÓN)	TRANSPORTE PRIVADO (POBLACIÓN)
2-5km	24	16.21 %	210.97	167.02	43.95

ANILLO 5	NÚMERO DE INDIVIDUOS (MUESTRA)	PORCENTAJE	NÚMERO DE INDIVIDUOS (POBLACIÓN)	TRANSPORTE PÚBLICO (POBLACIÓN)*	TRANSPORTE PRIVADO (POBLACIÓN)*
5-10km	39	26.17 %	342.83	246.13*	131.85*

*modo de transporte mixto por parte del 2.7% = 35.16 individuos.

ANILLO 6	NÚMERO DE INDIVIDUOS (MUESTRA)	PORCENTAJE	NÚMERO DE INDIVIDUOS (POBLACIÓN)	TRANSPORTE PÚBLICO (POBLACIÓN)*	TRANSPORTE PRIVADO (POBLACIÓN)*
10-20 km	33	22.29 %	290.08	228.55*	87.90*

*modo de transporte mixto por parte del 2.02% = 26.37 individuos.

ANILLO 7	NÚMERO DE INDIVIDUOS (MUESTRA)	PORCENTAJE	NÚMERO DE INDIVIDUOS (POBLACIÓN)	TRANSPORTE PÚBLICO (POBLACIÓN)*	TRANSPORTE PRIVADO (POBLACIÓN)*
20-30 km	12	8.1 %	105.48	79.11*	35.16*

*modo de transporte mixto por parte del 0.675% = 8.79 individuos.

ANILLO 8	NÚMERO DE INDIVIDUOS (MUESTRA)	PORCENTAJE	NÚMERO DE INDIVIDUOS (POBLACIÓN)	TRANSPORTE PÚBLICO (POBLACIÓN)	TRANSPORTE PRIVADO (POBLACIÓN)
30-40 km	5	3.37 %	43.95	26.37	17.58

ANILLO 9	NÚMERO DE INDIVIDUOS (MUESTRA)	PORCENTAJE	NÚMERO DE INDIVIDUOS (POBLACIÓN)	TRANSPORTE PÚBLICO (POBLACIÓN)	TRANSPORTE PRIVADO (POBLACIÓN)
40-60 km	2	1.35 %	17.58	17.58	0

En las tablas anteriores (Tablas 3-11) podemos observar que aparece un modo alternativo de transporte; el *Transporte Mixto*, es decir que se utiliza alternativamente por parte de un porcentaje de la población muestra, el 5.39% equivalente a 70.18 individuos, tanto el transporte público como el transporte privado, condición ajena a lo originalmente planteado/supuesto en el inicio de la investigación, sin embargo, también serán contabilizados de acuerdo a un esquema particular, con un porcentaje de utilización del 50% y 50%.

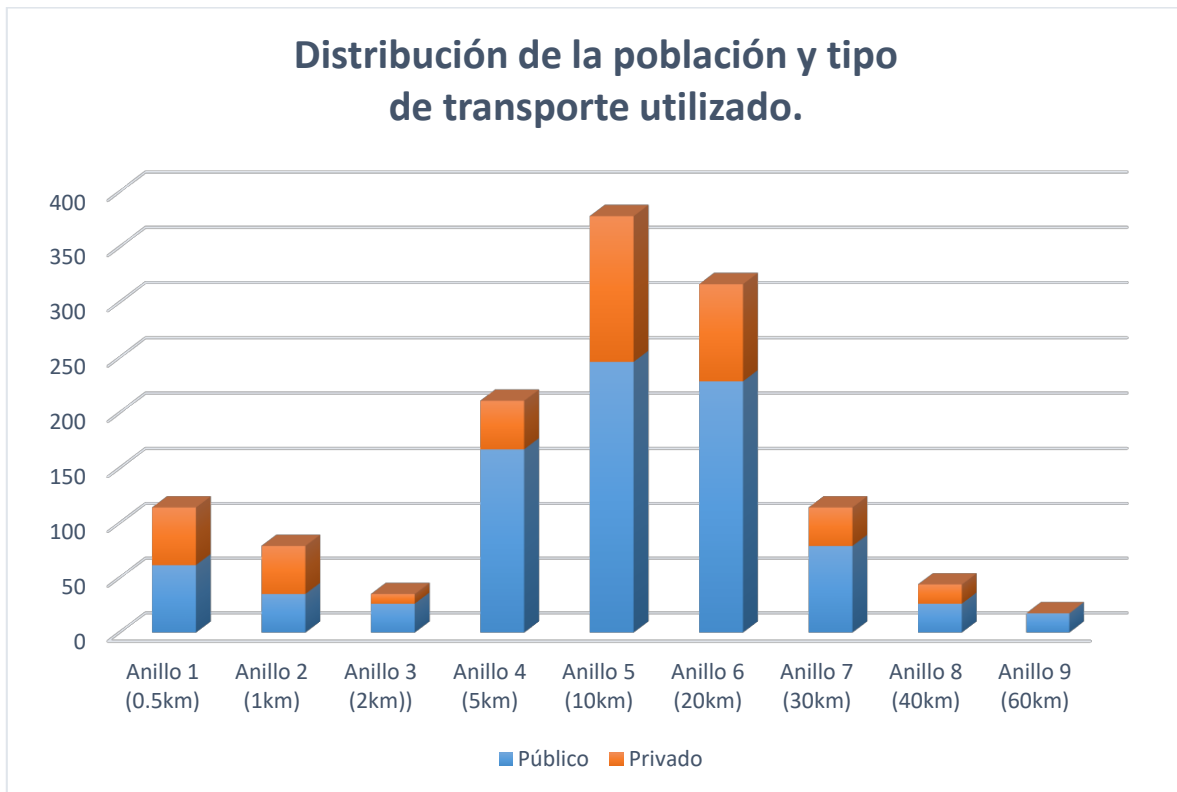


FIGURA 13 GRÁFICA DÓNDE SE MUESTRA LA DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LOS DIFERENTES ANILLOS DE ANÁLISIS, ASÍ COMO SU COMPOSICIÓN DE ACUERDO AL TIPO DE TRANSPORTE UTILIZADO. ELABORACIÓN PROPIA.

5.4 EMISIONES DEL TRANSPORTE PÚBLICO OBTENIDO A TRAVÉS LA EMISIÓN PROMEDIO DE CO₂ 44.8Gr/Km POR PERSONA, EN SU TRAYECTO HACIA LA UAEM

Posteriormente, se generó un mapa (**figura 14**) con la información referente al origen por colonia de la población que utiliza únicamente el transporte público para llegar a la UAEM, con 109 individuos distribuidos en 79 colonias, esto equivale al 73.64% de la muestra, esto significa 958.16 individuos de la población total usa el transporte público como medio de traslado al a UAEM.

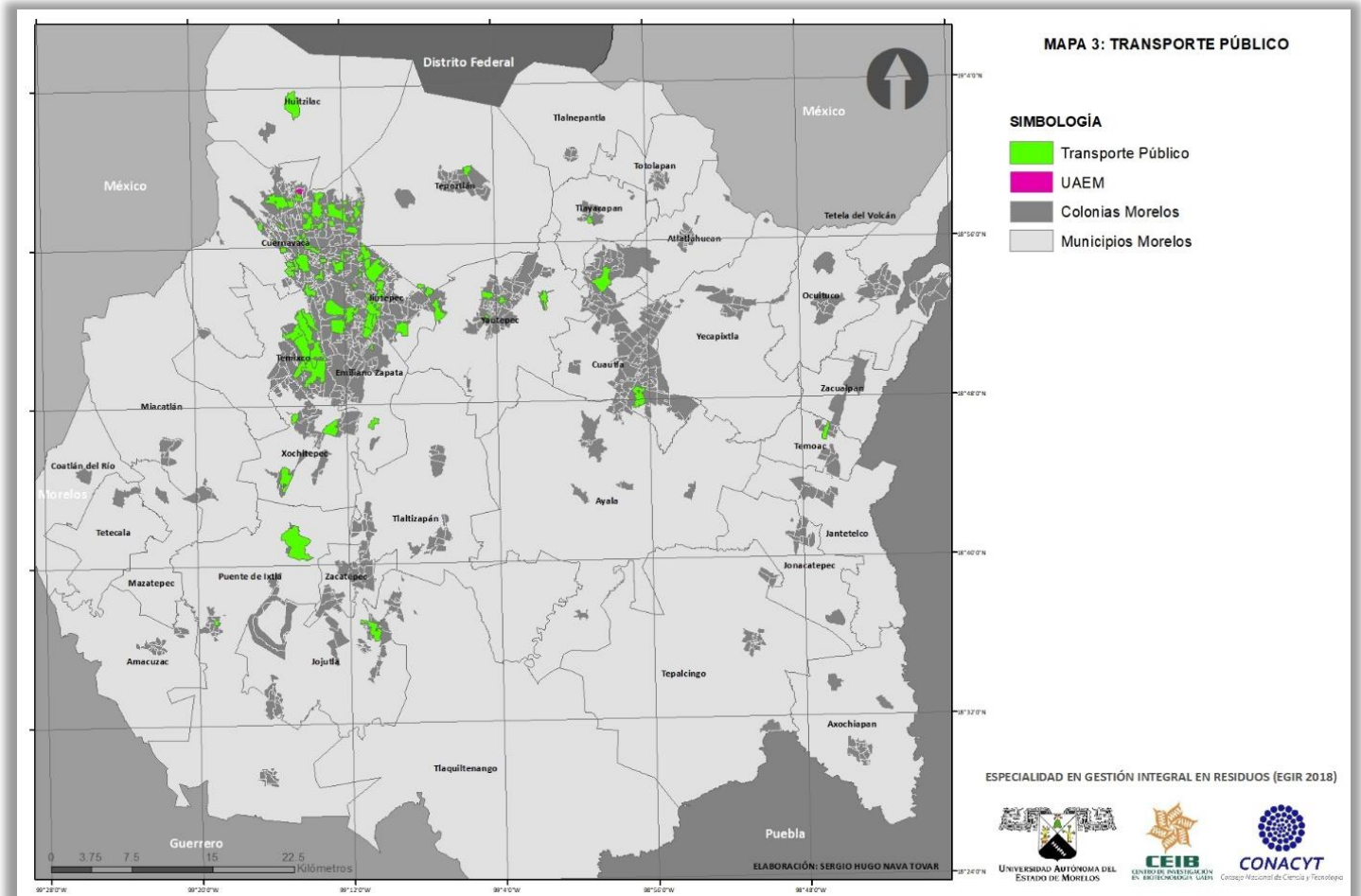


FIGURA 14. MAPA 3. COLONIAS DE ORIGEN DE LA POBLACIÓN MUESTRA EN EL ESTADO DE MORELOS DE LA POBLACIÓN QUE UTILIZA EL TRANSPORTE PÚBLICO PARA ASISTIR A LA UAEM (CAMPUS NORTE). ELABORACIÓN PROPIA.

A continuación, en la **Tabla 12** se incorpora de acuerdo a cada anillo de análisis previo el factor de emisión de CO₂ correspondiente al tipo de transporte utilizado, en este caso el transporte público, multiplicando el factor de emisión por la distancia recorrida del total de los individuos por anillo.

ANILLO	NÚMERO DE INDIVIDUOS DE LA POBLACIÓN TOTAL/ANILLO.	INDIVIDUOS QUE UTILIZA EL TRANSPORTE PÚBLICO	EMISIONES DE CO ₂ (44.8gr/CO ₂ /km por persona)
1 (0.5km)	184.6	61.53	1378.54 gr/CO ₂
2 (0.5-1km)	79.11	35.16	1575.168 gr/CO ₂
3 (1-2km)	35.16	26.37	2362.75 gr/CO ₂
4 (2-5km)	210.97	167.02	37412.45 gr/CO ₂
5 (5-10km)	342.83	246.13	110266.24 gr/CO ₂
6 (10-20km)	290.08	228.55	204780.80 gr/CO ₂
7 (20-30km)	105.48	79.11	106323.84 gr/CO ₂
8 (30-40km)	43.95	26.37	47255.04 gr/CO ₂
9 (40-60km)	17.58	17.58	47255.04 gr/CO ₂
TOTAL			1550409.56 gr/CO₂

TABLA 12. TABLA DE ANILLOS DE ANÁLISIS: SE MUESTRAN LAS CANTIDADES TOTALES DE EMISIONES DE CO₂ POR ANILLO DE LOS INDIVIDUOS DE LA POBLACIÓN QUE UTILIZAN EL TRANSPORTE PÚBLICO.

5.5 EMISIONES DE TRANSPORTE PRIVADO OBTENIDO A TRAVÉS LA EMISIÓN PROMEDIO DE CO₂ DE VEHÍCULOS COMPACTOS Y SUBCOMPACTOS Y EL FACTOR DE EMISIÓN PARA LA GASOLINA VENDIDA EN LA ZMVM EN SU TRAYECTO HACIA LA UAEM

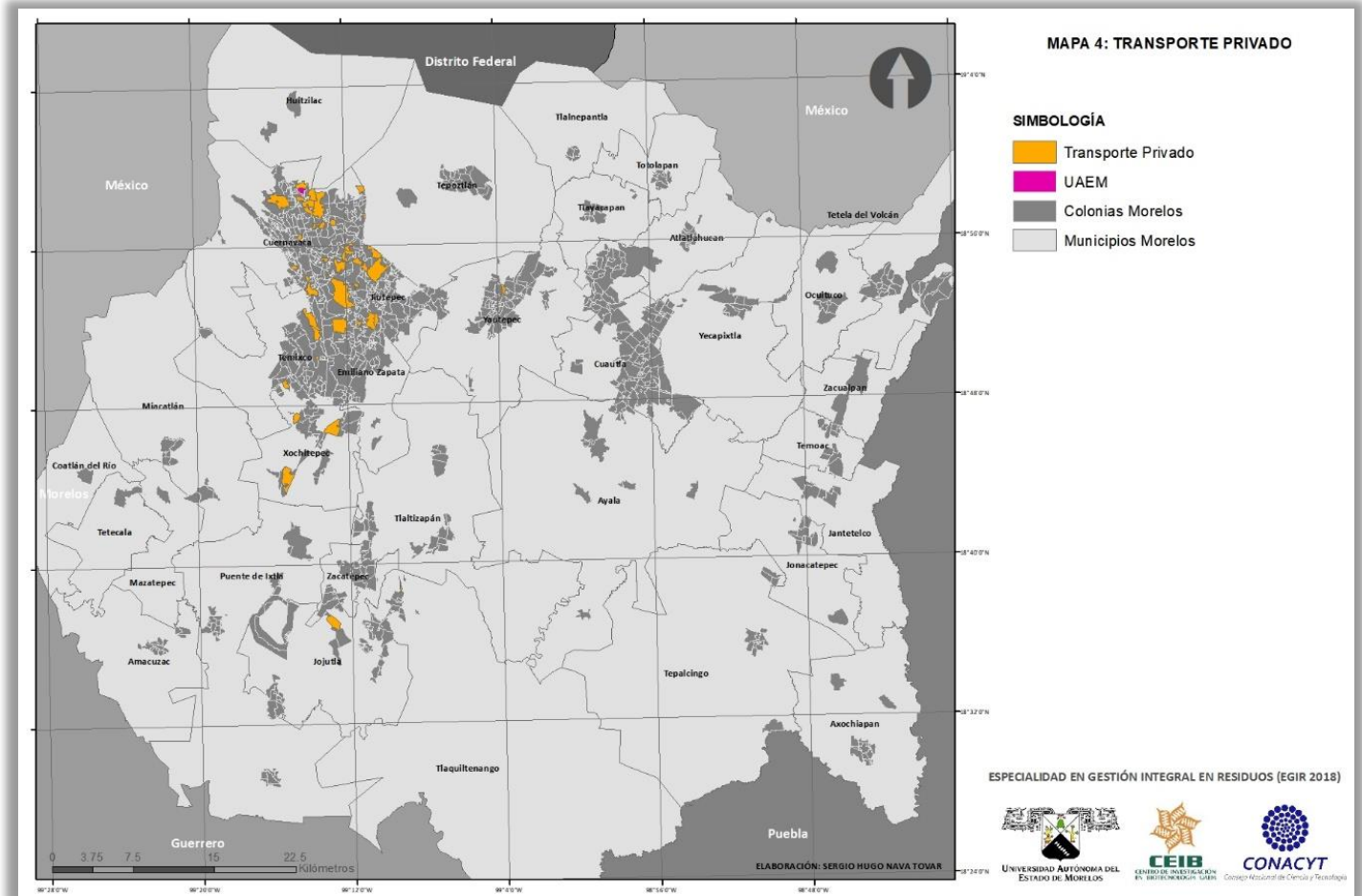


FIGURA 15. MAPA 4. COLONIAS DE ORIGEN DE LA POBLACIÓN MUESTRA EN EL ESTADO DE MORELOS DE LA POBLACIÓN QUE UTILIZA EL TRANSPORTE PRIVADO PARA LLEGAR A LA UAEM (CAMPUS NORTE). ELABORACIÓN PROPIA.

Se contabilizaron 47 individuos repartidos en 38 colonias que utilizan el transporte privado como medio para acudir al campus norte de la UAEM, esto equivale al 33% aproximadamente del total de la población muestra, esto significa que 420-425 individuos de la población total utilizan el transporte privado.

A continuación, en la tabla 13 Se organiza la información del mapa superior correspondiente a la población que utiliza el transporte privado para asistir a la UAEM, igualmente, diferenciando los anillos concéntricos. Se proponen dos metodologías de cálculo; una a través del Factor de Emisión para la gasolina magna

con origen en la ZMVM (2.265 kg/CO_2)⁵⁹ por cada litro consumido, el otro método de cálculo de las emisiones de CO₂, es a través de la información proporcionada a la SEMARNAT por parte de los marcas/fabricantes de automóviles vendidos en México, particularmente de las categorías de vehículos compactos y subcompactos.

ANILLO	NÚMERO DE INDIVIDUOS DE LA POBLACIÓN TOTAL	INDIVIDUOS QUE UTILIZA EL TRANSPORTE PRIVADO	COMSUMO PROMEDIO DE LITROS DE COMBUSTIBLE .0795 l/km	EMISIONES DE CO ₂ DE ACUERDO AL FACTOR DE EMISIÓN DE 2.265kgCO ₂ /l
1 (0.5km)	184.6	52.74	2.09 Litros	4.73 kg/CO ₂
2 (0.5-1km)	79.11	43.95	3.49 Litros	7.9 kg/CO ₂
3 (1-2km)	35.16	8.79	1.39 Litros	3.14 kg/CO ₂
4 (2-5km)	210.97	43.95	16.81 Litros	38.07 kg/CO ₂
5 (5-10km)	342.83	131.85	100.86 Litros	228.44 kg/CO ₂
6 (10-20km)	290.08	87.90	134.48 Litros	304.59 kg/CO ₂
7 (20-30km)	105.48	35.16	80.69 Litros	182.76 kg/CO ₂
8 (30-40km)	43.95	17.58	53.79 Litros	121.83 kg/CO ₂
9 (40-60km)	17.58	0	0	0 kg/CO ₂
TOTAL		421.92 ind.	393.6L	891.46 kg/CO₂

TABLA 13. TABLA DE ANILLOS DE ANÁLISIS: SE MUESTRAN LAS CANTIDADES TOTALES DE EMISIONES DE CO₂ POR ANILLO DE LOS INDIVIDUOS DE LA POBLACIÓN QUE UTILIZAN EL TRANSPORTE PRIVADO, ASÍ COMO EL CONSUMO EN LITROS DE GASOLINA.

⁵⁹ (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014)

5.5.1 EMISIONES DE TRANSPORTE PRIVADO OBTENIDO A TRAVÉS DEL PROMEDIO DE EMISIÓN DE CO₂ POR KILÓMETRO RECORRIDO

Otro método que se utilizó para calcular las emisiones de CO₂ en este trabajo, fue el de utilizar el dato proporcionado por los fabricantes de los automóviles sobre las emisiones promedio de dióxido de carbono en gramos por kilómetro recorrido, de esta manera se llegaron a los siguientes resultados.

ANILLO	NÚMERO DE INDIVIDUOS	INDIVIDUOS QUE UTILIZA EL TRANSPORTE PRIVADO	EMISIONES DE CO ₂ (191.27 gr/CO ₂ por kilómetro recorrido)
1 (0.5km)	184.6	52.74	5043.78 gr/CO ₂
2 (0.5-1km)	79.11	43.95	8406.31 gr/CO ₂
3 (1-2km)	35.16	8.79	3362.52 gr/CO ₂
4 (2-5km)	210.97	43.95	42031.58 gr/CO ₂
5 (5-10km)	342.83	131.85	252189.49 gr/CO ₂
6 (10-20km)	290.08	87.90	336252.66 gr/CO ₂
7 (20-30km)	105.48	35.16	201407.31 gr/CO ₂
8 (30-40km)	43.95	17.58	134501.64 gr/CO ₂
9 (40-60km)	17.58	0	0.0 gr/CO ₂
TOTAL		421.92	983194.71 gr/CO₂

TABLA 14. TABLA DE ANILLOS DE ANÁLISIS: SE MUESTRAN LAS CANTIDADES TOTALES DE EMISIONES DE CO₂ POR ANILLO DE LOS INDIVIDUOS DE LA POBLACIÓN QUE UTILIZAN EL TRANSPORTE PRIVADO CON UN FACTOR DE EMISIÓN DE 191.27gr DE CO₂ POR KILÓMETRO RECORRIDO.

Podemos observar, que al comparar los resultados se presenta una diferencia en el total de emisiones de acuerdo al factor de emisión utilizado, ésta diferencia es aproximadamente del 9.33% mayor en el segundo método, de igual manera observamos que los resultados son notoriamente similares.

5.6 EMISIONES TOTALES DE TRANSPORTE PRIVADO Y PRIVADO

De acuerdo con el calendario escolar oficial 2018 de la UAEM, son al año; 172 días laborables, repartidos en el semestre Enero-Julio con 87 días y en el semestre Agosto-Diciembre con 85 días. Cabe mencionar que ya fueron descartados del total, los días festivos y las vacaciones correspondientes a la “Semana Santa” y las vacaciones de verano.

Lo anterior es parte de la base para el cálculo de las emisiones de CO₂ en un periodo determinado de tiempo, es decir, así podemos establecer lapsos de tiempo por mes, semestre o por año, por mencionar unos ejemplos.

Recordemos que, de acuerdo a nuestros resultados presentados en el capítulo anterior, se emiten diariamente a la atmósfera por parte del transporte público; **1550.40956 Kg/CO₂** y **983.19471 Kg/CO₂** por parte del transporte privado. Estas cantidades suman; **2533.599 Kg/CO₂** emitidos a la atmósfera diariamente.

En la siguiente tabla se exponen las cantidades emitidas en diferentes periodos de tiempo:

PERIODO	EMISIONES TRANSPORTE PÚBLICO (Kg/CO ₂)	EMISIONES TRANSPORTE PRIVADO (Kg/CO ₂)	EMISIONES DE CO ₂ TOTALES (Kg/CO ₂)
1 Día	1550.409	983.194	2533.599
1 Semana (5 días laborables)	7752.045	4915.97	12668.015
1 mes (22 días laborables)	34108.998	21630.268	55739.266
1 semestre (87 días laborables)	134885.583	85537.878	220423.461
1 año (172 días laborables)	266670.348	169109.368	435779.716

TABLA 15. TABLA DE PERIORDOS DE TIEMPO: SE MUESTRAN LAS CANTIDADES TOTALES DE EMISIONES DE CO₂ POR PERIODO TANTO DEL TRANSPORTE PÚBLICO COMO PRIVADO EN LAPOS DE; UN DÍA, UNA SEMANA, UN MES Y UN AÑO TOMANDO EN CUENTA SOLO LOS DÍAS LABORABLES.

La siguiente tabla nos muestra el consumo total en litros de gasolina, necesarios para la movilidad del porcentaje de la población que utiliza el transporte privado como medio para llegar a la UAEM.

PERIODO	CONSUMO EN LITROS DE GASOLINA DEL TRANSPORTE PRIVADO
1 Día	393.6 L
1 Semana (5 días laborables)	1968 L
1 mes (22 días laborables)	8659.2 L
1 semestre (87 días laborables)	34243.2 L
1 año (172 días laborables)	67699.2 L

TABLA 16. TABLA DE PERIODOS DE TIEMPO: SE MUESTRAN LAS CANTIDADES TOTALES DE EMISIONES DE CONSUMO DE GASOLINA EN LITROS DE LOS INDIVIDUOS DE LA POBLACIÓN QUE UTILIZAN EL TRANSPORTE PRIVADO POR PERIODOS DE; UN DÍA, UNA SEMANA, UN MES, UN SEMESTRE Y UN AÑO, TOMANDO EN CUENTA SOLO LOS DÍAS LABORABLES.

ANILLO	NÚMERO DE INDIVIDUOS DE LA POBLACIÓN TOTAL/ANILLO.	TIEMPO PROMEDIO DE TRASLADO (MINUTOS)	GASTO PROMEDIO DE TRASLADO (\$ PESOS)
1 (0.5km)	184.6	10	\$87.61
2 (0.5-1km)	79.11	15	\$302.22
3 (1-2km)	35.16	29.25	\$142.5
4 (2-5km)	210.97	36.87	\$181.62
5 (5-10km)	342.83	45.25	\$259.74
6 (10-20km)	290.08	72.57	\$274.54
7 (20-30km)	105.48	85.83	\$273.75
8 (30-40km)	43.95	97	\$686
9 (40-60km)	17.58	117.5	\$550

TABLA 17. TABLA DE TIEMPO Y GASTO DEDICADO AL TRASLADO: SE MUESTRAN LAS CANTIDADES PROMEDIO POR PERSONA DE MINUTOS DESTINADOS AL TRASLADO DESDE SUS COLONIAS DE RESIDENCIA HASTA EL CAMPUS NORTE DE LA UAEM, ASÍ COMO EL GASTO EN PESOS MEXICANOS DEL LOS MEDIOS DE TRANSPORTE EMPLEADO.

TOTAL DE INDIVIDUOS	TIEMPO PROMEDIO TRANSPORTE PÚBLICO (MINUTOS)	TIEMPO PROMEDIO TRANSPORTE PRIVADO (MINUTOS)	GASTO PROMEDIO TRANSPORTE PÚBLICO (PESOS)	GASTO PROMEDIO TRANSPORTE PRIVADO (PESOS)
109	59.59		\$248.66	
48		31.35		\$399.66

TABLA 17. TABLA DE TIEMPO Y GASTO PROMEDIO DEDICADO AL TRASLADO DE ACUERDO AL MODO DE TRANSPORTE

6.0 CONCLUSIONES

El estudio de la realidad a partir de investigaciones de carácter científico es un factor fundamental en la implementación de estrategias y políticas sociales y urbanas, ya que permite sustentar la implementación de las mismas en un área o región determinada con una mayor posibilidad de éxito.

La información sobre las características y el funcionamiento y utilización de la flota o padrón vehicular relacionado a la UAEM, puntualmente hablando de la parte correspondiente a la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales obtenidos en este trabajo nos permite exponer a manera de conclusiones los siguientes enunciados:

6.1 CONCLUSIONES FINALES

1.- Señalar la importancia de los inventarios de emisiones como una herramienta fundamental para la medición de cualquier tipo de gases contaminantes dadas las implicaciones de éstos en los ámbitos de la salud, el ambiente, el consumo de energía, los costos de transporte, entre otros. Ya que son la herramienta principal de referencia en el desempeño de un periodo de tiempo comparado a otro en el comportamiento de un sistema. En el caso de este trabajo, el estudio de la flota vehicular relacionada al transporte de un sector de estudiantes de la UAEM-, así como la eficacia o no de las distintas estrategias de mitigación.

2.- El papel fundamental del transporte público. Sustentando esta afirmación en los resultados del presente trabajo investigación; ya que el 73.64% de la población de estudiantes utilizan este medio de transporte. Esto pone en perspectiva la relevancia que juega el Estado en la supervisión y de la adecuada implementación de políticas, leyes y reglamentos en pro del transporte público ambientalmente responsable, así como los concesionarios/permisionarios de las unidades de transporte público, conocidas popularmente en Morelos como "Rutas", particularmente las Rutas números 1, 13 y 16 (para el caso del trayecto estudiado) las cuales tienen como destino la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Lo mencionado en el párrafo anterior toma relevancia al considerar que, a partir de un mejoramiento o empeoramiento en el desempeño ambiental de sus unidades, se incide directamente en las cantidades de contaminantes emitidos a la atmósfera. De igual manera, la eficacia en los tiempos de traslado, el buen servicio, la seguridad en torno al uso del transporte público inciden en la decisión de la población en la utilización o no del mismo por un porcentaje de los posibles usuarios, que, de otra manera, al tener la posibilidad optarán por el transporte en vehículos particulares.

3.- Desincentivar el uso del automóvil particular como medio principal de transporte. Una constante en las ciudades mexicanas actuales es uso de vehículos particulares, y como hemos visto en este trabajo, su utilización conlleva una gran cantidad de efectos adversos/negativos al medio ambiente y a la salud de la población.

En el año 2015, la Cámara de Diputados aprobó un exhorto de la comisión para que las autoridades ambientales y de salud de los diferentes niveles de gobierno, implementen campañas de información y concientización sobre las afectaciones que provoca el **uso irracional de automóviles y desincentivar** su utilización e impulsar la movilidad y activación física de la sociedad.

También señala que la dependencia del automóvil particular, crea una fuerte fragilidad externa en México y una sujeción energética, ya que la gasolina se ha convertido en uno de los principales productos importados, por lo que esta situación es preocupante desde el punto de vista económico. Además, acaba con las ventajas de vivir en la ciudad, ya que genera pérdidas millonarias anualmente.

Afirma que esta dependencia fragmenta el espacio urbano y favorece una menor convivencia social, y fomenta la segregación social y una menor tolerancia, factores que afectan a la construcción de un proyecto de nación estable. Esta situación es desalentadora cuando se observa que las políticas públicas favorecen el uso del automóvil particular, mediante la construcción de nuevas vías de comunicación y los subsidios a la gasolina, así como la eliminación del impuesto a la tenencia. Por último, estima urgente implementar políticas que tengan por objetivo reducir los kilómetros recorridos por los automóviles en áreas urbanas y que funjan como una opción viable, posible y deseable para el país.

4.- La posición de la Facultad de Derecho y la Universidad frente al panorama ambiental. La Universidad del Estado crea en el año 2002 el Programa Gestión Ambiental Universitario con el siguiente lema:

*“El Programa de Gestión Ambiental Universitario (PROGAU) fue institucionalizado por el H. Consejo Universitario el día cinco de diciembre del año 2002, con el objetivo de **implementar acciones para fomentar la cultura ambiental entre los universitarios y la sociedad en su conjunto, reducir impactos nocivos al ambiente y conservar los recursos naturales.** La problemática ambiental se presenta como un sistema complejo que debe abordarse de manera integral desde las perspectivas de diferentes áreas del conocimiento. Por tal motivo, se coordinan los esfuerzos de diversas unidades académicas de las áreas científico-técnicas, sociales y humanísticas; formando así redes que permiten atender y diseñar estrategias de respuesta a problemas ambientales específicos.”*⁶⁰

Lo anterior, de la mano con el “Manual Verde Universitario”, a través del cual, la propia universidad manifiesta su responsabilidad y conciencia al saberse generadora de impactos ambientales producto del conjunto de actividades que se desarrollan en torno a ella, a partir de lo cual, la UAEM menciona, que ha iniciado un

⁶⁰ <https://www.uaem.mx/progau/>

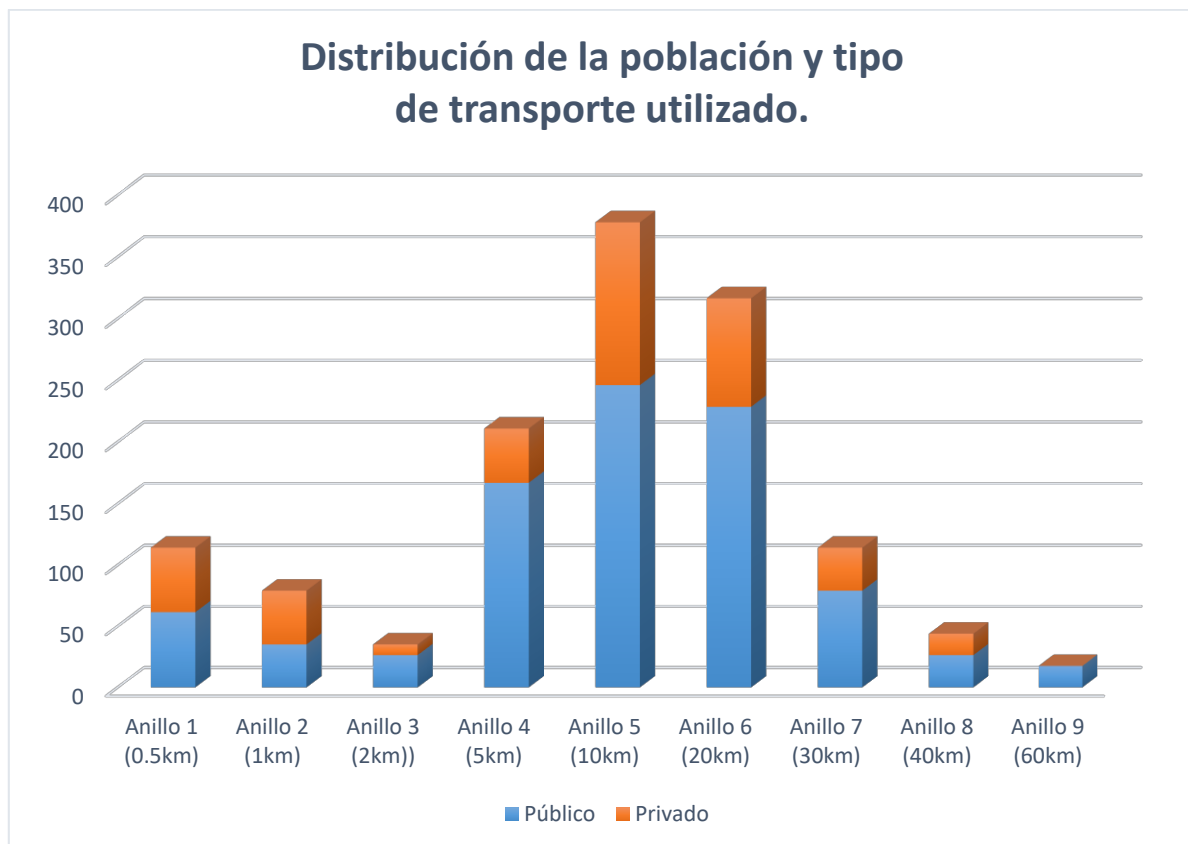
proceso de mejora continua en los ámbitos del ambiente, la seguridad y la calidad, para así, contribuir a la consolidación de un *eco-campus* universitario.

A partir de lo expuesto en el párrafo anterior, consideramos, da pauta a la implementación de alguna estrategia de minimización de emisiones por parte de la Universidad, así como de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales. De igual manera, el presente trabajo se sincroniza y constituye un aporte de la UAEM para la UAEM, ya que como se señala en el punto correspondiente a la letra G de los lineamientos a seguir para cumplir la *Política Ambiental de la UAEM*:

g) Establecer, de manera permanente, indicadores de desempeño ambiental acerca de las funciones sustantivas y adjetivas, para generar cambios estructurales profundos y establecer prácticas ambientales consistentes. (UAEM, 2013)

5.- La condición territorial del emplazamiento de la UAEM. La ubicación en el territorio del estado de Morelos de la UAEM genera condiciones urbanas que son de consideración según la perspectiva de análisis que se utilice.

Podemos señalar en primer término que su ubicación de un individuo en el territorio del estado de Morelos determina la posibilidad o no, de estudiar en ella, para sustentar lo anterior, recurrimos a la siguiente gráfica expuesta en el trabajo ya expuesto:



La gráfica superior indica que; entre más alejado se está territorialmente de la UAEM serán menos los estudiantes que asiste a ella, de las posibles causas estamos en condición de señalar que la falta de solvencia económica sea la principal.

En el mismo sentido y relacionado a ésta condición de ubicación, en la distribución de la población de estudiantes, observamos que las barras correspondientes a los anillos 1 y 2 están fuera de la curva natural de distribución de la propia gráfica, lo cual nos lo explicamos por lo siguiente: son individuos que deciden trasladarse a vivir cerca de la UAEM por motivos del tiempo y costo del transporte desde sus lugares de origen (pudiendo ser de comunidades a una distancia mayor a los 40km de la UAEM, ya sea en el estado de Morelos y fuera de él) obviamente de un sector de la población que tiene los recursos económicos para realizarlo, por tanto entre menos posibilidades económicas se tengan y más lejos se encuentre un individuo de los centros de enseñanza menos posibilidades tiene de estudio.

6.2 ANEXOS

6.2.1 MAPAS TAMAÑO GRANDE

6.2.2 VOTOS APROBATORIOS

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara Escolano Vicent, P. R. (2005). ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE CO₂ Y SUS FACTORES EXPLICATIVOS EN LAS DIFERENTES AREAS DEL MUNDO. *Rev Esp Salud Pública* , 17-35.
- Centro Mario Molina, 2. (2014). *Programa de Acción Climática Programa 2014-2020*. CDMX: Gobierno de la CDMX.
- CI, B. (2013). *Emisiones contaminantes de CO₂ por vehículos*. Ciudad de México.: Dirección de Análisis Económico y Administración Integral de Riesgo.
- Departamento de Territorio y Sostenibilidad, C. (2011). *Metodología de inventarios de GEI. Cuestiones básicas*. Barcelona: Gobierno de Cataluña.
- Emiliano Aránguez, J. M. (1999). CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS Y SU VIGILANCIA . *Consejería de Sanidad y Servicios Sociales* . , 123-132.
- García-Suástegui, W. A.-C.-C. (2011). *Seasonal variations in the levels of PAH-DNA adducts in young adults living in Mexico City*. *Mutagenesis*.
- GOV. CDMX, 2. (2014). *Inventario de Emisiones de la CDMX 2014, contaminantes criterio, tóxicos y de efecto invernadero*. CDMX: NA.
- IPCC. (2014). *CAMBIO CLIMÁTICO 2014. INFORME DE SÍNTEISIS*. Ginebra, Suiza: R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.).
- Kamal-Chaoui, L. a. (2009). *Competitive Cities and Climate Change*. OECD publishing.
- LGPGIR. (2003). *LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS*. CDMX: CONGRESO GENERAL DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.
- Martínez Salgado, H. (2011). Estudio de emisiones y características vehiculares en ciudades mexicanas. *Centro de Transporte Sustentable*, 10-58.
- SEMARNAT. (2012). *INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE MÉXICO*. CDMX: SEMARNAT.
- SEMARNAT. (2013). *INFORME DE LA SITUACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO*. CDMX: SEMARNAT.
- SOLÍS ÁVILA JUAN CARLOS, S. P. (2015). CONSUMO DE ENERGÍA. *REDALYC*, 10-11.
- <https://www.surveysystem.com/sscalc.htm>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CEIB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN BIOTECNOLOGÍA

Centro de Investigación en Biotecnología

Especialidad en Gestión Integral de Residuos

Cuernavaca, Morelos, 30 de mayo de 2018

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
PRESENTE**

Como miembro del Jurado del alumno **C. SERGIO HUGO NAVA TOVAR** con número de matrícula **8820141108**, aspirante al grado de Especialista en Gestión Integral de Residuos y después de haber evaluado la tesina titulada **“ESTUDIO DE EMISIONES DE CO₂ POR FUENTES MÓVILES: EL TRAYECTO DE LA COLONIA DE RESIDENCIA EN MORELOS DE ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS SOCIALES HACIA EL CAMPUS NORTE DE LA UAEM”**, considero que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia



Dr. Rafael Monroy Ortiz



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CEIB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN BIOTECNOLOGÍA

Centro de Investigación en Biotecnología

Especialidad en Gestión Integral de Residuos

Cuernavaca, Morelos, 30 de mayo de 2018

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
PRESENTE**

Como miembro del Jurado del alumno **C. SERGIO HUGO NAVA TOVAR** con número de matrícula **8820141108**, aspirante al grado de Especialista en Gestión Integral de Residuos y después de haber evaluado la tesina titulada **“ESTUDIO DE EMISIONES DE CO2 POR FUENTES MÓVILES: EL TRAYECTO DE LA COLONIA DE RESIDENCIA EN MORELOS DE ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS SOCIALES HACIA EL CAMPUS NORTE DE LA UAEM”**, considero que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

Dr. Alexis Joavany Rodríguez Solís



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CEIB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN BIOTECNOLOGÍA

Centro de Investigación en Biotecnología

Especialidad en Gestión Integral de Residuos

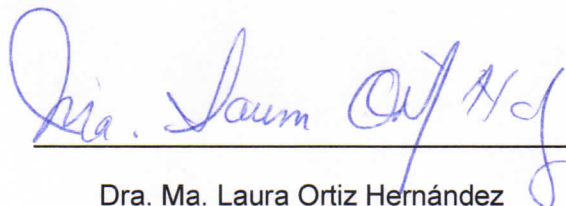
Cuernavaca, Morelos, 30 de mayo de 2018

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
PRESENTE**

Como miembro del Jurado del alumno **C. SERGIO HUGO NAVA TOVAR** con número de matrícula **8820141108**, aspirante al grado de Especialista en Gestión Integral de Residuos y después de haber evaluado la tesina titulada **“ESTUDIO DE EMISIONES DE CO₂ POR FUENTES MÓVILES: EL TRAYECTO DE LA COLONIA DE RESIDENCIA EN MORELOS DE ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS SOCIALES HACIA EL CAMPUS NORTE DE LA UAEM”**, considero que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia



Dra. Ma. Laura Ortiz Hernández



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Centro de Investigación en Biotecnología

Especialidad en Gestión Integral de Residuos

Cuernavaca, Morelos, 30 de mayo de 2018

COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E

Como miembro del Jurado del alumno **C. SERGIO HUGO NAVA TOVAR** con número de matrícula **8820141108**, aspirante al grado de Especialista en Gestión Integral de Residuos y después de haber evaluado la tesina titulada **“ESTUDIO DE EMISIONES DE CO₂ POR FUENTES MÓVILES: EL TRAYECTO DE LA COLONIA DE RESIDENCIA EN MORELOS DE ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS SOCIALES HACIA EL CAMPUS NORTE DE LA UAEM”**, considero que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

M. en B. María Luisa Castrejón Godínez



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CEIB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN BIOTECNOLOGÍA

Centro de Investigación en Biotecnología

Especialidad en Gestión Integral de Residuos

Cuernavaca, Morelos, 30 de mayo de 2018

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
PRESENTE**

Como miembro del Jurado del alumno **C. SERGIO HUGO NAVA TOVAR** con número de matrícula **8820141108**, aspirante al grado de Especialista en Gestión Integral de Residuos y después de haber evaluado la tesina titulada **“ESTUDIO DE EMISIONES DE CO₂ POR FUENTES MÓVILES: EL TRAYECTO DE LA COLONIA DE RESIDENCIA EN MORELOS DE ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS SOCIALES HACIA EL CAMPUS NORTE DE LA UAEM”**, considero que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia



M. MRN. Julio Cesar Lara Manrique