



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEXCOCO
LICENCIATURA EN ECONOMÍA

“Variables socioeconómicas y ambientales que influyen
en las emisiones de CO₂ en México, 1980-2020”

T E S I S

Que como requisito parcial para obtener el título de:

LICENCIADO EN ECONOMÍA

PRESENTA:

GERARDO CORONA PEREZ

ASESOR:

DRA. EN C. LUCILA GODINEZ MONTOYA

REVISORES

DR. EN. C. JUVENCIO HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

M. EN E.S. SELENE ÁLVAREZ NIETO

Texcoco, Estado de México, Noviembre de 2023

ÍNDICE

ÍNDICE DE GRÁFICAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos	4
1.3 Hipótesis.....	5
II. ANTECEDENTES	6
2.1 Evolución de las emisiones de CO ₂ en el mundo	6
2.2 Sectores económicos que contribuyen a la generación global de CO ₂	10
2.3 Principales países productores de CO ₂	14
2.4 Emisiones de CO ₂ en países desarrollados y en vías desarrollado	17
2.5 Problemas demográficos y su impacto en las emisiones de CO ₂	20
2.6 Evolución de las emisiones de CO ₂ en México	23
2.7 Sectores económicos que contribuyen en la generación de CO ₂ en México	26
2.8 Estados de la República Mexicana que más CO ₂ emiten.....	35
III. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	39
3.1 Marco teórico	39
3.1.1 Curva de Kuznets Ambiental (CAK)	39
3.1.2 Teoría de la competencia hasta el final	40
3.1.3 Teoría paraísos de contaminación	41
3.2 Marco conceptual.....	41
3.2.1 Gas Efecto Invernadero (GEI).....	41
3.2.2 Dióxido de carbono (CO ₂)	41
3.2.3 Efecto invernadero.....	42

3.2.4 Cambio climático.....	42
3.3 Variables socioeconómicas	42
3.3.1 Población	42
3.3.2 Población urbana	43
3.3.3 Población rural.....	43
3.3.4 Actividades económicas.....	43
3.3.5 Actividades primaras.....	43
3.3.6 Actividades secundarias	44
3.3.7 Actividades terciarias	44
3.3.8 Vehículos de motor registrados en circulación	44
3.4 Variables ambientales	44
3.4.1 Medio ambiente	44
3.4.2 Degradación ambiental	45
3.4.3 Incendios forestales	45
3.5 Conceptos relacionados con econometría	45
3.5.1 Modelo.....	45
3.5.2 Econometría	45
3.5.3 Modelo econométrico.....	46
3.5.4 Variable dependiente	46
3.5.5 Variable independiente	46
3.5.6 Termino de error	46
3.5.7 Regresión Lineal Simple (RLS).....	47
3.5.8 Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)	47
3.5.9 Análisis de Varianza (ANOVA).....	48
3.5.10 Regresión lineal múltiple	49
3.5.11 Prueba de hipótesis	51
3.5.12 Prueba F-Fisher	51
3.5.13 Prueba t-student	51
3.5.14 Bondad de ajuste	52
3.5.15 Coeficiente de correlación o R^2	52
3.5.16 Supuestos del modelo de regresión lineal múltiple.....	52

3.5.17 Prueba Durbin Watson (DW).....	52
3.5.18 Prueba de Homocedasticidad.....	53
3.5.19 Prueba de multicolinealidad	53
IV. METODOLOGÍA.....	54
V. RESULTADOS.....	56
5.1 Evolución de las variables socioeconómicas y ambientales	56
5.1.1 Comportamiento de la población rural.....	56
5.1.2 Comportamiento de la población urbana.....	57
5.1.3 Comportamiento del sector primario	59
5.1.4 Comportamiento del sector secundario.....	60
5.1.5 Comportamiento del sector terciario.....	61
5.1.7 Comportamiento del sector transporte	62
5.1.8 Comportamiento de los incendios forestales.....	63
5.1.9 Comportamiento de la superficie afectada por los incendios forestales	64
5.2 Análisis estadístico.....	65
5.2.1 Análisis de autocorrelación	66
5.2.2 Análisis de heterocedasticidad.....	66
5.2.3 Análisis de multicolinealidad	67
5.3 Análisis económico	69
5.3.1 Calculo de las elasticidades	69
VI. DISCUSIÓN.....	71
VIII. CONCLUSIONES	74
IX. RECOMENDACIONES.....	75
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Evolución de las emisiones de CO ₂ en el mundo, 1959-2022	9
Gráfica 2. Países responsables de las emisiones globales de CO ₂ , 1985-2021	16
Gráfica 3. Población mundial desde 1960-2021	21
Gráfica 4. Emisiones de CO ₂ en México, 2010-2020	26
Gráfica 5. Emisiones de CO ₂ en el sector energético, 1990-2019	27
Gráfica 6. Los subsectores del transporte y sus emisiones de CO ₂ , 1994-2019.....	28
Gráfica 7. Generación de CO ₂ en los procesos industriales, 1990-2019.....	30
Gráfica 8. Emisiones de CO ₂ en PEMEX, 2001-2010.....	32
Gráfica 9. Emisiones de CO ₂ en los sectores residencial y comercial, 1990-2019	34
Gráfica 10. Emisiones de CO ₂ por actividades agropecuarias, 1990-2019.....	35
Gráfica 11. Porcentaje de emisiones de CO ₂ en la entidad federativa de 2015-2018...	36
Gráfica 13. Evolución de la población rural, 1980-2020.....	56
Gráfica 14. Población rural	57
Gráfica 15. Evolución de la población urbana, 1980-2020.....	58
Gráfica 16. Población urbana	58
Gráfica 17. Comportamiento del sector primario en México, 1980-2020	60
Gráfica 18. Comportamiento del sector secundario en México, 1980-2020	61
Gráfica 19. Comportamiento del sector terciario en México, 1980-2020.....	62
Gráfica 20. Comportamiento del sector transporte, 1980-2020	63
Gráfica 21. Comportamiento de los incendios forestales,1980-2020	64
Gráfica 22. Comportamiento de la superficie afectada por los incendios forestales	65
Gráfica 23. Prueba de heterocedasticidad.....	67
Gráfica 24. Correlación del CO ₂ y la Población urbana	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Simulación de las concentraciones de CO ₂ en el periodo Carbonífero y Pérmico	6
Figura 2. Evolución de las concentraciones de CO ₂ en los últimos 800 mil años	7
Figura 3. El ciclo del CO ₂	10
Figura 4. Serie de tiempo de la producción de CO ₂	17
Figura 5. Emisión de gases contaminantes en relación con el desarrollo de un país ...	19
Figura 6. Emisiones de CO ₂ por países desarrollados y en vías de desarrollo	20
Figura 7. Representación gráfica de la teoría malthusiana	22
Figura 8. Índices de crecimiento del CO ₂ en México, 1994-2010	25
Figura 9. Evolución energética en México, 1984-2012	33
Figura 10. Representación gráfica del término de error	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Emisiones globales de CO ₂ por sectores económicos.....	12
Tabla 2. Estimación nacional de GEI.....	24
Tabla 3. Reporte de emisiones de carbono por subsidiaria, 2001-2010	31
Tabla 4. Registro de las emisiones de CO ₂ por entidad federativa, 2015-2018	37
Tabla 5. Análisis de varianza del modelo	65
Tabla 6. Matriz de correlaciones	67
Tabla 7. Análisis de varianza del modelo corregido.....	68
Tabla 8. Elasticidades de la forma estructural	69
Tabla 9. Variación del 10.0% en PobRur, PobUrb, PIB, VehCir y IncFor.....	70

RESUMEN

Este estudio parte de la problemática de las emisiones de CO₂ y sus determinantes sociales, económicos y ambientales que influyen en las emisiones de este gas, por lo tanto, el objetivo fue desarrollar un análisis estadístico a través de la aplicación de una regresión lineal múltiple, con el paquete estadístico SAS. En este análisis se consideró como variable dependiente la producción de CO₂ anual, y como variables independientes la población rural y urbana actividades primarias, secundarias y terciarias, transporte, incendios forestales y la superficie de áreas afectas. Los resultados obtenidos demostraron que la mayoría de las variables estudiadas resultaron ser estadísticamente significativas, salvo los incendios forestales. Asimismo, se encontró que los coeficientes del PIB, su fraccionamiento en actividades económicas, el transporte e incendios forestales demostraron la relación esperada de acuerdo con la teoría económica, Sin embargo, se observó un resultado inesperado con respecto a la población rural y urbana, dado que existió una la relación directa de la población rural con las emisiones de CO₂, caso contrario de la población urbana que indica una relación inversa, lo que parece incongruente debido a que esto estaría significando que a mayor número de habitantes en zonas urbanas habrá una menor producción de CO₂, este comportamiento se debe principalmente al avance tecnológico y a las practicas sustentables de las grandes urbes.

Palabras clave: Modelo econométrico, Emisiones de CO₂, Población rural y urbana y Tecnología.

ABSTRACT

This study focuses on the problem of CO₂ emissions and their social, economic, and environmental determinants that influence the emissions of this gas; therefore, the objective was to develop a statistical analysis through the application of a multiple linear regression, with the statistical package SAS. In this analysis, annual CO₂ production was considered as the dependent variable, and rural and urban population, primary, secondary, and tertiary activities, transportation, forest fires, and the area affected were considered as independent variables. The results obtained showed that most of the variables studied were statistically significant, except for forest fires. Likewise, it was found that the coefficients of GDP, their breakdown into economic activities, transportation and forest fires showed the expected relationship according to economic theory. However, an unexpected result was observed with respect to rural and urban populations, as there was a direct relationship of rural population with CO₂ emissions, in contrast to the urban population that indicates an inverse relationship, which seems incongruent since it would mean that a higher number of inhabitants in urban areas would lead to lower CO₂ production. This behavior is mainly due to technological advances and sustainable practices in large cities.

Keywords: Econometric model, CO₂ emissions, Rural and Urban population, and Technology.

I. INTRODUCCIÓN

El principio fundamental para lograr un crecimiento económico es contar con la infraestructura necesaria que conduzca el desarrollo de la capacidad productiva, en este sentido el progreso de los sectores económicos de un país permite satisfacer las necesidades de los agentes económicos, sin embargo, un incremento desbalanceado de las actividades económicas y de la población puede ser fuente de distorsiones que afecten los niveles de producción y el equilibrio ambiental (Alarco, 2005).

El desarrollo de los sectores productivos de un país genera grandes beneficios sociales, ya que facilita la apertura de mercados, generación de empleos, desarrolla el comercio y articula nuevas regiones, sin embargo, estos beneficios no asumen las externalidades ocasionadas en el proceso como la congestión vial, el ruido, accidentes, residuos contaminantes, degradación ambiental y emisiones de gases efecto invernadero (GEI) (Elizondo y Amezcua, 2017).

En este sentido toda actividad económica que se lleva a cabo en los distintos sectores económicos origina emisiones atmosféricas que provocan el cambio climático, siendo el dióxido de carbono (CO₂) el gas más abundante en la atmósfera (Remuzgo y Sarabia, 2013). De acuerdo con Alcántara y Padilla (2005), las emisiones de CO₂ son la principal causa del efecto invernadero, esto según lo ocurrido en la Unión Europea y España. El análisis se centra especialmente en lo sucedido desde 1990, año de referencia en el protocolo de Kyoto para la gran mayoría de países. El protocolo de Kioto es un acuerdo internacional en el que los países firmantes aceptaron reducir las emisiones de gases contaminantes en el periodo comprendido entre 2008 y 2012 en torno a un 5.0% con respecto a los niveles de 1990 (Sistema Nacional de información Ambiental [SINIA], 1997).

En décadas previas, los problemas medioambientales han sido de interés para muchos gobiernos; por lo que se han establecido, a través de cumbres internacionales, medidas

en contra, por ejemplo, el cambio climático. Ante estos problemas emergen ideas que dan una solución para resolver dichas complicaciones, muchos estudios sugieren que disminuir la huella de carbono contribuye a mitigar el daño ambiental y estabilizar el calentamiento global. Aunque la relación entre CO₂ y los factores socioeconómicos y ambientales han sido discutidas en diferentes países, hay pocos estudios que ayuden estimar dicha relación (Moto, 2020).

1.1 Planteamiento del problema

En México, las emisiones de CO₂ están relacionadas con la vida humana, es decir, un problema causado por las actividades socioeconómicas de la población, en los últimos 28 años, las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera aumentaron en 71.0% al alcanzar un aproximado de 436 millones de toneladas de CO₂ en 2019, lo que ha contribuido a acelerar el cambio climático, además problemas de salud en la población, entre otros, lo que implica un costo de hasta el 1.2% del Producto Interno Bruto [PIB], pues la contaminación causó la muerte de 49 mil 95 personas en 2017 (Arias, 2020).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2018) del total de las emisiones de CO₂ el 64.0% corresponden al consumo de combustibles fósiles; 10.0% se originaron por los sistemas de producción pecuaria; 8.0% provinieron de los procesos industriales; 7.0% se emitieron por el manejo de residuos; 6.0% por las emisiones fugitivas por extracción de petróleo, gas y minerías y 5.0% se generaron por actividades agrícolas. Estas actividades en México son las responsables de la producción de CO₂ y por ende del efecto invernadero.

Este fenómeno ha generado afectaciones, debido a que estas variaciones de temperatura han dado lugar a un cambio climático a nivel mundial, desarrollando nuevos problemas, como el aumento de sequías, la desertificación de zonas fértiles, problemas en el sector primario (agricultura, ganadería, etc.) ocasionando hambrunas y escasez de alimentos, y al mismo tiempo repercutiendo en la generación de nuevas enfermedades y pandemias.

Bajo este contexto, es fundamental la elaboración de este estudio acerca de la influencia de los factores socioeconómicos y ambientales que estimulan las emisiones de CO₂, con el fin de que los resultados obtenidos puedan servir como base para tomar acuerdos sobre políticas económicas y ambientales que ayuden a mitigar las emisiones de este gas contaminante.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Analizar las variables socioeconómicas y ambientales que contribuyen en la generación de CO₂ en México, 1980-2020.

1.2.2 Objetivos específicos

Estudiar el comportamiento de las variables socioeconómicas y ambientales que contribuyen sobre las emisiones de CO₂ en México, 1980-2020.

Determinar estadística y económicamente el efecto del incremento de la población rural y urbana; de las actividades económicas del sector primario, secundario y terciario; del número de vehículos en circulación; así como del número de incendios y la superficie afectada sobre la generación de CO₂ en México, 1980-2020.

Calcular las elasticidades de las variables estadísticamente significativas en el modelo de las emisiones de CO₂ en México, 1980-2020.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis general

La producción de CO₂ es causada por factores como la población urbana-rural, actividades económicas primarias, secundarias y terciarias, los vehículos en circulación, incendios forestales y las áreas afectadas por estos mismos.

1.3.2 Hipótesis específicas

Las emisiones de CO₂ presenta una relación directa con las siguientes variables: la población urbana, las actividades económicas del sector secundario y terciario, los vehículos en circulación, incendios forestales y las áreas afectadas por estos mismos.

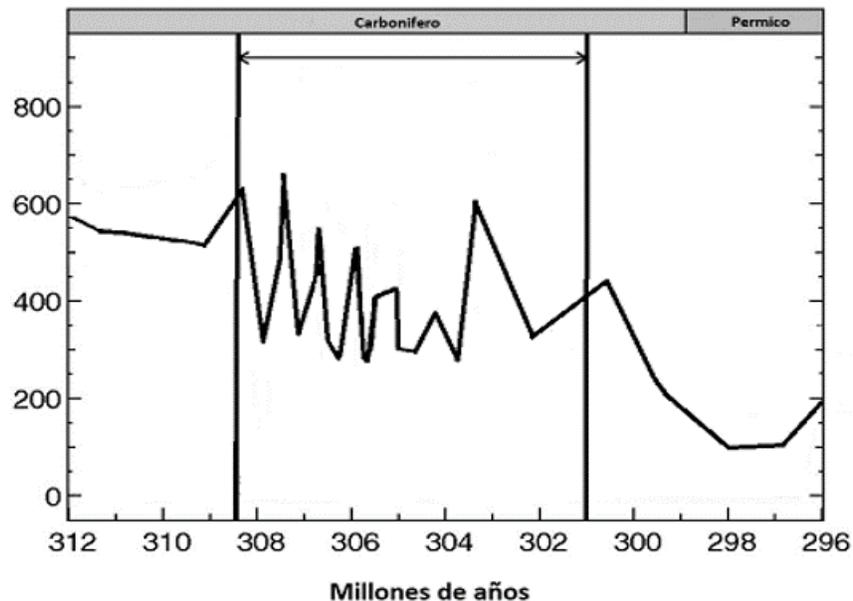
Las emisiones de CO₂ muestra una relación inversa con respecto al aumento de la población rural y las actividades económicas del sector primario en México, durante el periodo 1980-2020.

II. ANTECEDENTES

2.1 Evolución de las emisiones de CO₂ en el mundo

El CO₂ es un compuesto que ha estado presente en la tierra desde su formación hasta nuestros días, las concentraciones de este gas se han estudiado mediante simulaciones (Figura 1), que han demostrado que los niveles de CO₂ durante el periodo Carbonífero y Pérmico estuvieron aproximadamente entre 300 y 700 partes por millón (ppm), estas cifras provocaron enfriamientos parciales en la tierra antes de presentarse la gran glaciación (Mondragón, 2021).

Figura 1. Simulación de las concentraciones de CO₂ en el periodo Carbonífero y Pérmico
(Concentración de CO₂ (ppm))



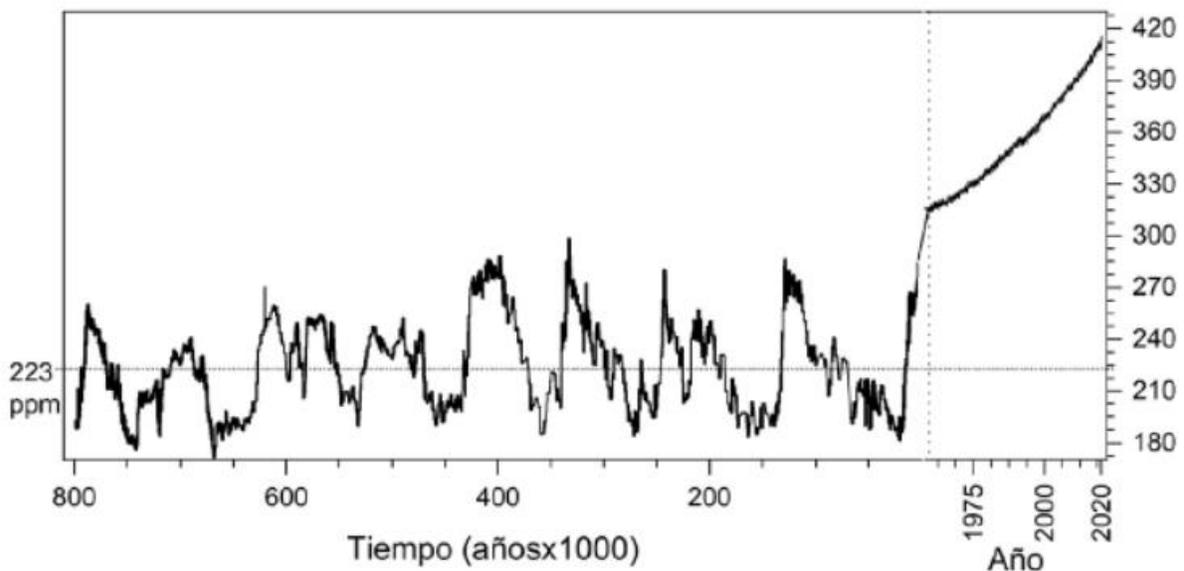
Fuente: Tomado de Feulner, 2017, p. 11336.

Nota. El gráfico representa los niveles de CO₂ contenidos en la atmósfera, medidos en ppm que hace referencia a la cantidad de unidades de la sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto.

De acuerdo con National Aeronautics and Space Administration (NASA, 2019) la tierra en los últimos 800 mil años ha tenido ocho ciclos de glaciaciones parciales y su última

glaciación fue hace unos 11,700 años este suceso marcó el comienzo de la concentración de CO₂ en la atmosfera (Figura 2), además, se experimentaron las primeras consecuencias de las concentraciones de CO₂, tal como; el aumento de la temperatura y la menor disponibilidad de agua, es decir, el surgimiento del cambio climático.

Figura 2. Evolución de las concentraciones de CO₂ en los últimos 800 mil años (Concentración de CO₂ en ppm)



Fuente: Tomada de por Mondragón, 2021, p. 835.

Nota. El gráfico nos muestra que en los últimos 800 mil años las concentraciones de CO₂ no superan las 300 ppm de CO₂ y cada mínimo en la gráfica representa una glaciación parcial de la Tierra.

El CO₂ se produce tanto por fuentes naturales como por las actividades humanas, el ser humano durante miles de años basó su desarrollo en la agricultura y la caza, por lo que las principales fuentes de CO₂ en un principio estaban vinculadas en mayor parte a la naturaleza, no obstante, a partir de la segunda mitad del siglo XVIII, la máquina de vapor lo cambió todo y la quema de biomasa (carbón) fue la principal fuente antropogénica emisora de CO₂ (Aunión y Planelles, 2019). A partir de 1750, dos tercios de las emisiones de CO₂ provenían de la quema de combustible fósil y un tercio del cambio en el uso de la tierra (Solomon et al., 2018).

La llegada de la revolución industrial y la mecanización aceleró la producción de bienes y servicios, y con ello se produjo una mayor demanda y consumo de combustibles como el carbón y petróleo, en consecuencia, las emisiones de CO₂ aumentaron y se acumularon en la atmósfera (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales [SNIARN], 2018). Estas emisiones comenzaron básicamente a partir de la revolución industrial en el siglo XIX (Rejón et al., 2022).

De 1950 a 1980 comenzó una recopilación de datos para demostrar que las concentraciones de CO₂ en la atmósfera estaban aumentando de manera creciente (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático [CICC], s/f). Asimismo, las investigaciones evidenciaron que las concentraciones de GEI permanecían mucho tiempo en la atmósfera, por lo que se previó que el cambio climático afectaría al planeta durante varios siglos, aun cuando las emisiones de dichos gases se redujeran considerablemente en el futuro próximo (Frohmann y Olmos, 2013).

Mencionado lo anterior, diversos países, preocupados por el cambio climático incentivaron mediante convenios, acuerdos y decretos intentar reducir sus emisiones de GEI, sin embargo, a pesar de las múltiples iniciativas de reducción de emisiones de CO₂, como el Protocolo de Kioto firmado en la década de 1990, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 1992 y no muy alejado el Acuerdo de París en 2015, las emisiones de CO₂ continúan incrementando globalmente hasta 130.0% desde el periodo actual hasta el año 2050 (Sánchez, 2019).

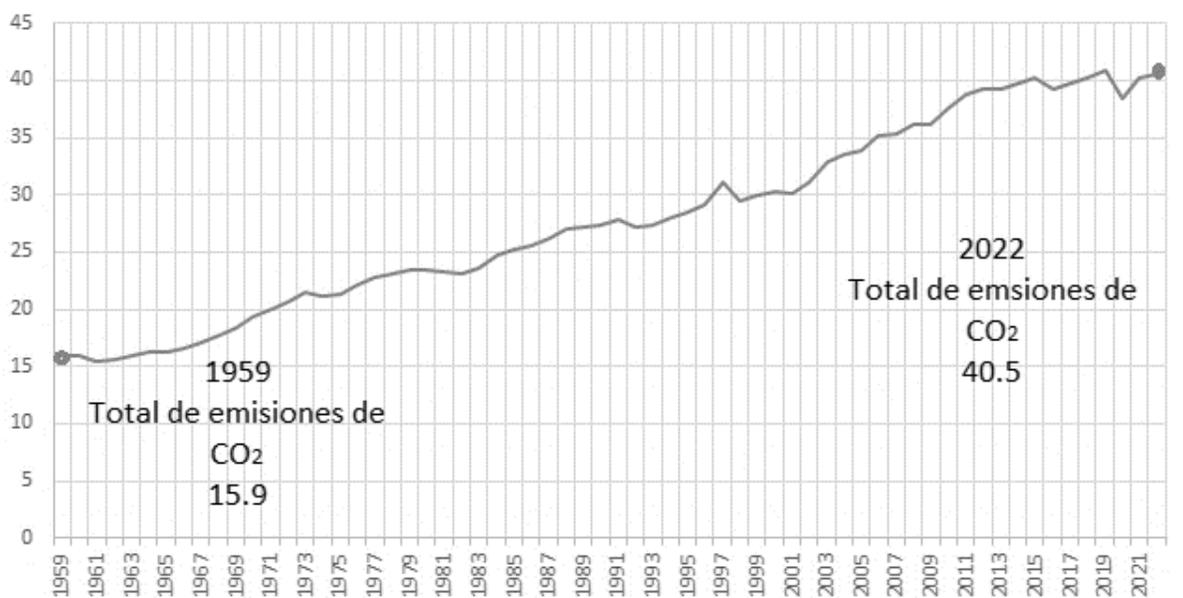
Entre los años 2014 y 2016 se produjo un pequeño estancamiento de las emisiones globales de CO₂, incluso cuando la economía mundial continuó expandiéndose. Esto fue posible gracias a la eficiencia energética y al despliegue de tecnologías renovables, así como a una menor demanda de carbón. Pero la tendencia cambió entre 2017 y 2018 debido al repunte de consumo de carbón en China, India y otros países pertenecientes al sudeste asiático (Agencia Internacional de la Energía [IEA], 2019).

En el año 2022 las emisiones mundiales de CO₂ se situaron en un máximo histórico de

hasta 40,600 miles de millones de toneladas (Gráfica 1) (Epdata, 2023). De acuerdo con el reporte anual sobre la brecha de emisiones GEI, presentado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2022), a pesar de que la crisis del COVID-19 ralentizó temporalmente la emisión de CO₂ a la atmósfera en 2020, el mundo todavía está en camino a un aumento catastrófico de temperatura superior a los 3°C sobre los niveles preindustriales para este siglo.

Oksana Tarasova, Jefe de la división de investigación de la Organización Meteorológica Mundial [OMM], menciona a través de una conferencia que, el CO₂ que tenemos ahora en la atmósfera se ha acumulado desde 1750. No es lo que sucedió hoy o ayer, es toda la historia del desarrollo humano y económico lo que realmente nos lleva a este nivel global de 410 ppm (ONU, 2020b).

Gráfica 1. Evolución de las emisiones de CO₂ en el mundo, 1959-2022
(Miles de millones de toneladas)

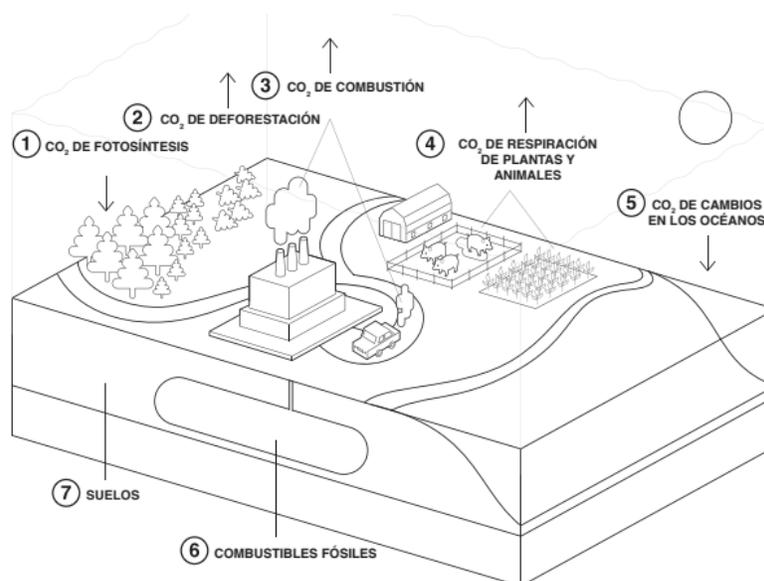


Fuente: Elaboración propia con base a datos de Epdata, 2023.

2.2 Sectores económicos que contribuyen a la generación global de CO₂

El CO₂ se encuentra presente de manera natural en la atmósfera como parte del ciclo del carbono de la tierra (la circulación natural de carbono entre la atmósfera (Figura 3), los océanos, la tierra, las plantas y los animales). Actualmente, las actividades del ser humano alteran el ciclo del carbono, puesto que, el aceleramiento de este gas influye en la capacidad de los disipadores naturales (como los bosques, océanos, entre otros) para eliminar el CO₂ de la atmósfera (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA], 2022).

Figura 3. El ciclo del CO₂



Fuente: Tomada de NASA, 2023, p. 1.

Nota. La figura muestra el movimiento del CO₂ entre la tierra, la atmósfera y el océano

1. Fotosíntesis: Las hojas verdes utilizan la energía solar a través de la fotosíntesis para combinar el CO₂ del aire con agua y nutrientes del suelo y producir su principal fuente de alimento.
2. Deforestación: Los árboles y las plantas de los árboles contienen mucho carbono. Cuando se descomponen, o para actividades no forestales (agricultura, pastoreo, etc.), el CO₂ vuelve a la atmósfera.
3. Combustión: La quema de combustibles fósiles aumenta la concentración de CO₂.
4. Parte del CO₂ se libera de nuevo a la atmósfera a través de la respiración vegetal (es decir, plantas exhalando). Los animales que comen plantas dirigen las moléculas de azúcar de las plantas para obtener energía.
5. El océano juega un papel principal en todo lo que ocurre con el medio ambiente. Una gran parte de su papel es absorber CO₂.
6. La principal fuente de aumento atmosférico del CO₂ es la quema de combustión fósiles (carbón, petróleo y gas).
7. Los suelos, incluido el permafrost (la capa permanentemente congelada), reaccionan de manera compleja a los cambios en nuestro medio ambiente al convertirse tanto en fuentes como sumideros de CO₂.

Por otra parte, existe producción de CO₂ como un subproducto indeseable de todas las económicas, provocando daños a largo plazo. Toda actividad de producción, transformación y consumo genera un flujo de desechos contaminantes a la atmósfera, el medio ambiente es el receptor de estos desechos debido a su interdependencia con el sistema económico (Barrientos, 2020). De acuerdo con Parlamento Europeo (PE, 2023) el CO₂ es el GEI que suele expulsarse con más frecuencia a la atmósfera como resultado de distintas actividades humanas.

Es importante destacar que las concentraciones de CO₂ en la atmósfera sólo pueden estabilizarse a largo plazo si las emisiones netas globales disminuyen hasta ser nulas (Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente [MAPAMA], 2015). La reducción de las emisiones de CO₂ se han convertido en el reto más importante de cientos de países y empresas para mitigar los efectos del calentamiento global, sin embargo, para conseguir este ambicioso objetivo es necesario primero conocer de donde provienen estas emisiones (Ramos, 2021).

Debido a la diversidad y la complejidad de cada país y región, así como las circunstancias que obstaculizan el desarrollo y la implantación de tecnologías, se puede decir, que los principales sectores generadores de CO₂ a nivel global son: el transporte, la industria, el sector agropecuario, el manejo de residuos domiciliarios e industriales, y el energético (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]., s/f).

No todos los sectores productivos contribuyen por igual a las emisiones de gases de CO₂, por ejemplo, el sector energético es el principal causante de las emisiones globales de GEI. Esta industria es responsable del aproximadamente 70.0% de las emisiones de CO₂ a nivel mundial, esto se debe a que la quema de combustibles fósiles sigue siendo el recurso más utilizado para producir energía (Prevención Integral [PI], 2019).

En la siguiente tabla se desglosan las principales actividades económicas generadoras de CO₂.

Tabla 1. Emisiones globales de CO₂ por sectores económicos

Sector	Subsector	Actividad	
Energía (73.2 %)	Consumo de energía en la industria (24.2%)	Hierro y acero (7.2%)	
		Química y petroquímica (3.6%)	
		Metales no ferrosos (0.7%)	
		Papel (0.6%)	
		Maquinaria (0.5%)	
		Otra industria (10.6%)	
		Transporte (16.2%)	Transporte por carretera (11.9%)
			Aviación (1.9%)
			Transporte marítimo (1.7%)
			Ferrocarril (0.4%)
	Consumo de energía en edificios (17.5%)	Oleoductos (0.3%)	
		Edificios residenciales (10.9%)	
			Edificios comerciales (6.6%)

	Combustión de combustible no asignado (7.8%)
	Emisiones fugitivas de la producción de energía (5.8%)
	Consumo de energía en la agricultura y la pesca (1.7%)
Procesos industriales (5.2%)	Cemento 3.0%
	Productos químicos y petroquímicos (2.2%)
Residuos (3.2%)	Aguas residuales (1.3%)
	Vertederos (1.9%)
	Pastizales (0.1%)
	Tierras de cultivo (1.4%)
Agricultura, silvicultura y uso de la tierra (18.4%)	Deforestación (2.2%)
	Quema de cultivos (3.5%)
	Cultivo de arroz (1.3%)
	Suelos agrícolas (4.10%)

Ganado y estiércol
(5.80%)

Fuente: Elaboración propia con base en Our World in Data, 2020.

El desglose de la Tabla 1 explica claramente que los sectores y procesos económicos no tienen el mismo impacto en la producción de CO₂, esto puede deberse a que no todos los sectores económicos son relevantes para el crecimiento de la actividad económica (Quadri, 2014). De acuerdo con la Tabla 1 son 5 sectores los causantes de emisiones CO₂, donde podemos destacar que, dentro de sector energético, el consumo de energía en edificios es superior a las emisiones generadas por el transporte, asimismo es importante mencionar que la agricultura, silvicultura y uso de la tierra es considerada el segundo sector con mayor participación en la generación de CO₂ (Ritchie, 2020).

Por otro lado, Mengpin et al. (2021) mencionan que, el 93.0% de las emisiones de CO₂ provienen del uso de combustibles fósiles, especialmente para la generación de electricidad y calor, transporte, industria y consumo, el uso de suelo, el cambio de uso y la silvicultura es otro sector que contribuye en un 3.3% a las emisiones de CO₂ causadas por el hombre, principalmente debido a la deforestación. Expertos aseguran que el proceso de descarbonización en sectores como el energético, industrial, electricidad y transporte demorará, puesto que todavía se tiene un 83.0% de dependencia a los combustibles fósiles en todo el mundo (Jasso, 2022).

2.3 Principales países productores de CO₂

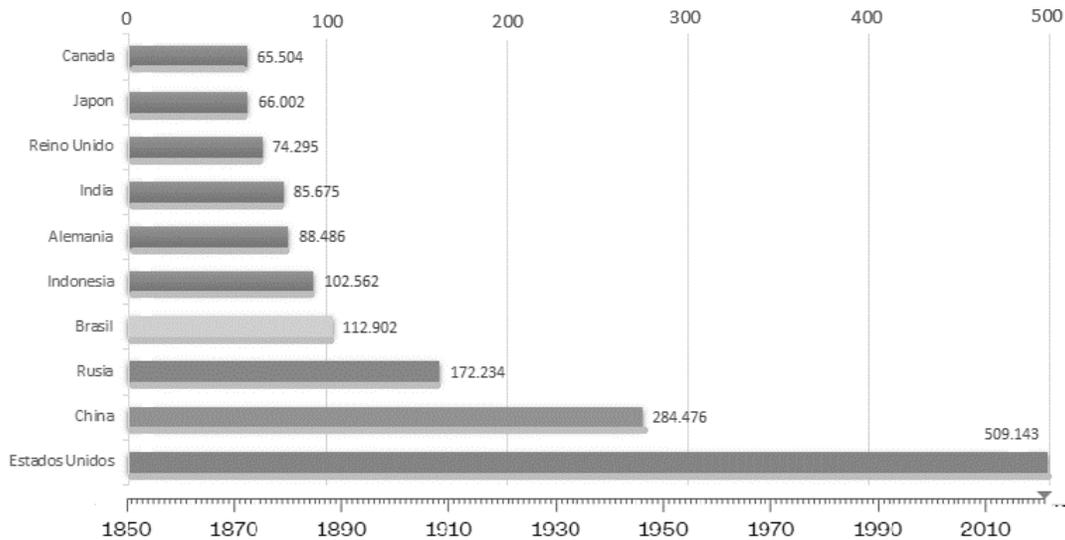
Una de las principales causas del calentamiento global son las actividades económicas de cada país, esto debido al elevado número de gases contaminantes que se emiten en la atmósfera, aunque es importante mencionar que no todos los países contribuyen por igual (Garrett, 2019). El cambio de economías agrarias a economías con un fuerte peso industrial originó que los países tuvieron poco o nada de interés por el medio ambiente, durante la transición de los sistemas económicos, los países que lograron una fuerte industrialización para acceder al desarrollo han terminado convirtiéndose en aquellos que

más contaminan (Gil, 2021).

Durante la Revolución Industrial, los países han liberado más de 1.5 billones de toneladas de CO₂ a la atmósfera terrestre. En el año 2019 hubo un incremento de alrededor de 37 miles de millones toneladas de CO₂, esto representa un 50.0% más que el año 2000 y casi tres veces más que hace 50 años (ONU, 2020a). Con base en Manea (2022), son diez países (China, Estados Unidos, India, Rusia, Japón, Irán, Alemania, Corea del sur, Indonesia y Arabia Saudí) los responsables de dos tercios del total de las emisiones mundiales de CO₂.

Los países que más han prosperado y enriquecido en diferentes ámbitos, principalmente en lo económico, han mostrado a lo largo de la historia un impacto negativo a la atmosfera, las naciones históricamente responsables de las emisiones de CO₂ en el mundo (Gráfica 2), son los Estados Unidos con un 20.3% de todas las emisiones de CO₂, en segundo lugar, no muy lejos de Estados Unidos, se encuentra China, con un 11.4% de las emisiones de CO₂ acumuladas hasta la fecha, cabe destacar que china siempre ha tenido emisiones elevadas relacionadas con uso de la tierra, su rápido auge económico es la principal causa de su posición actual, el tercer lugar lo ocupa Rusia con 6.9%, seguido de Brasil 5.0% e Indonesia 4.0% ocupando el cuarto y quinto lugar, respectivamente. Mientras tanto, las grandes naciones europeas poscoloniales, como Alemania y el Reino Unido, representan el 4.0% y 3.0% del total mundial (Robaina, 2021).

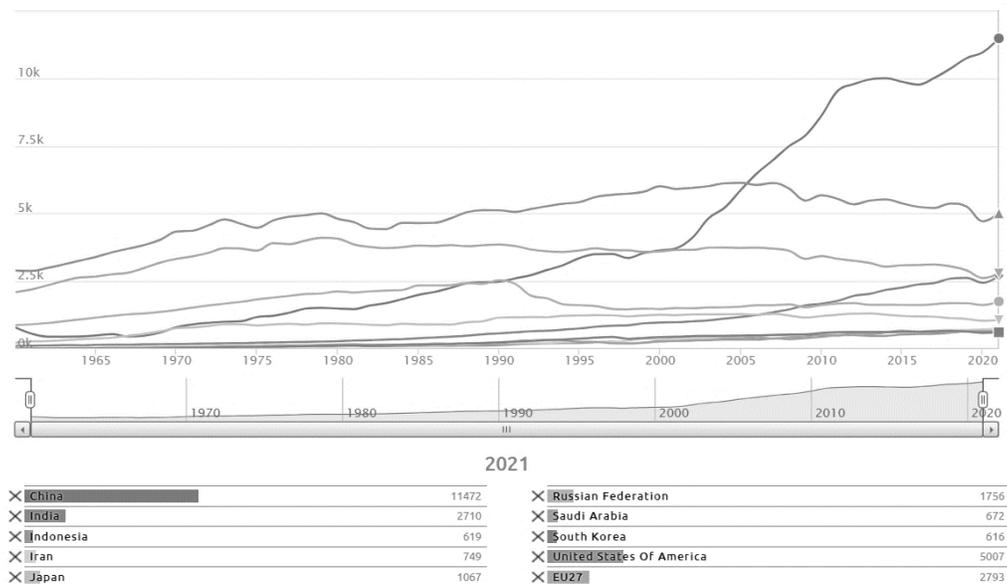
Gráfica 2. Países responsables de las emisiones globales de CO₂, 1985-2021
(Millones de toneladas)



Fuente: Elaboración propia con datos de Regan, 2021.

No obstante, en los últimos 15 años China se ha posicionado como el mayor productor de CO₂ al año, con 12,466 millones de toneladas, seguido por Estados Unidos, con 4,752 millones de toneladas; India, con 2,648 millones de toneladas; Rusia, con 1,942 millones de toneladas; y Japón, con 1,084 millones de (Vargas, 2022). Si bien China es considerado el mayor emisor de CO₂ en la actualidad, no siempre fue así, las emisiones de CO₂ del gigante asiático comenzaron a incrementarse en la década del 2000 a medida que el país se desarrollaba, por el contrario, los países avanzados, como estados unidos, el Reino Unido y muchos en países europeos, se han industrializado y desarrollado durante unos 200 años a costa del medio ambiente (Figura 4) (Regan, 2021).

**Figura 4. Serie de tiempo de la producción de CO₂
(Millones de toneladas)**



Fuente: Tomado de Global Carbon Project [GCP], 2021, p. 1.

Actualmente, existe una crisis ecológica de gran magnitud provocada por el funcionamiento del sistema económico actual (Martínez, 2013). Pese a que varios países se han comprometido a la descarbonización de sus economías, existen algunas excepciones, como Estados Unidos, China e India, que tienen el mayor número de emisiones en el mundo, sin embargo, un país que contribuye menos del 1.0% al calentamiento global, como Costa Rica, que genera un 99.0% de su energía eléctrica de fuentes renovables y se ha comprometido a lograr emisiones cero para 2050 en todos los sectores, te hace reflexionar en ¿Vale la pena el esfuerzo de muchos países pequeños aun cuando los grandes emisores de CO₂ no contribuyen? (ONU, 2019).

2.4 Emisiones de CO₂ en países desarrollados y en vías desarrollado

Durante los últimos dos siglos, se ha creído considerablemente que, si la actividad económica de un país crece, también lo hacen sus emisiones de carbono, cuanto más próspero y desarrollado es un país, más emisiones de CO₂ produce (Woitas, 2022). Los problemas ambientales ocasionados por el crecimiento y desarrollo económico de un

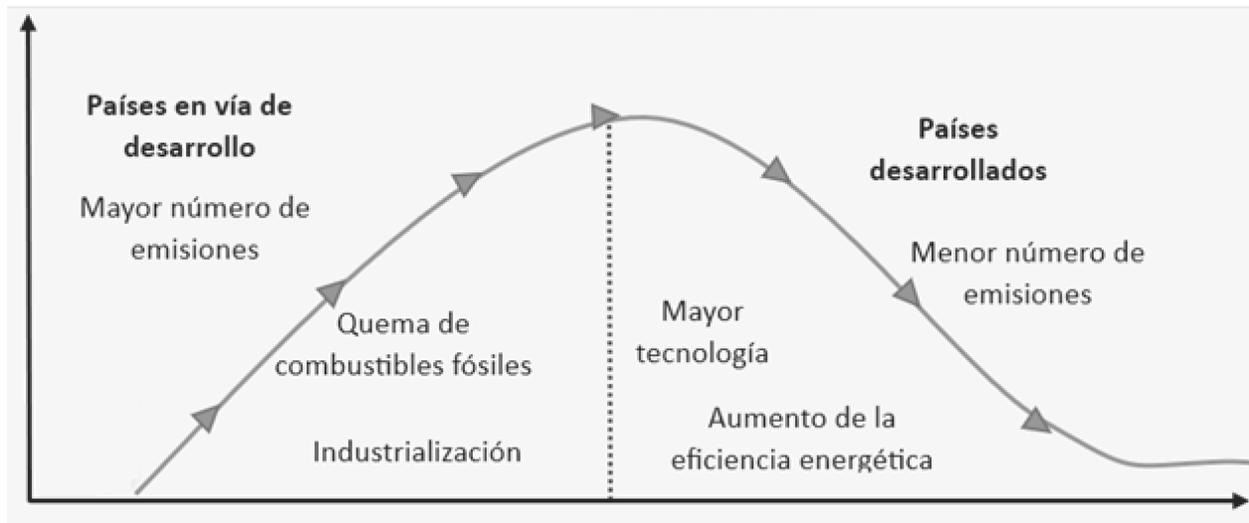
país no han sido un tema de interés que preocupe a los países emergentes, esto debido a que el enfoque principal de un país es alcanzar un nivel óptimo de desarrollo (Bordalí, 1993).

Dicho lo anterior, Castro (1973), argumenta que desarrollarse equilibradamente con el medio ambiente, es difícil y tan complicado que ningún país en el mundo lo ha logrado en su totalidad dado que los primeros efectos de la expansión económica es la contaminación y la degradación del medio ambiente originada por el imponente desequilibrio que existe entre la industrialización y el entorno natural.

El dilema de la degradación ambiental surge en los años setenta cuando los países desarrollados comienzan a preocuparse por las repercusiones ambientales que surgen del sistema económico, a diferencia de los países emergentes que se encuentran lidiando con extrema pobreza y buscando una fórmula que les permita despegar hacia mayores niveles de prosperidad a través de su propia industrialización, en este sentido, los países menos desarrollados rechazaron las regulaciones medio ambientales, con el objetivo de reducir la brecha entre ellos y los países desarrollados (Polet, 2019).

Un país desarrollado puede modificar ciertos factores socioeconómicos que le permitan invertir la relación destructiva entre el crecimiento económico y la degradación atmosférica, como el progreso tecnológico, la preocupación por la conservación de la naturaleza, la transformación de la actividad económica, que ocurre cuando la sociedad incrementa la actividad del sector terciario (servicios), desplazando el sector primario (explotación de recursos naturales y secundario manufactura), mientras que los países en vías de desarrollo dependerán en gran medida de la explotación de los recursos y la degradación ambiental para lograr el desarrollo y el crecimiento económico deseado, independientemente de los factores externos causados en el proceso (Figura 5) (Vergara et al., 2018).

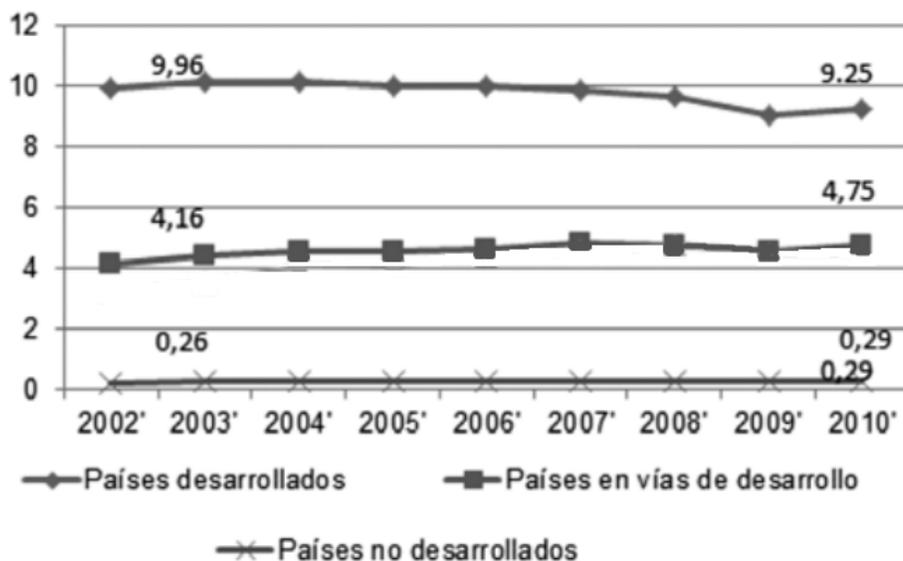
Figura 5. Emisión de gases contaminantes en relación con el desarrollo de un país



Fuente: Elaboración propia con base a Agras y Chapman, 1999, p. 275.

De acuerdo con datos publicados por el Banco Mundial (BM) los países en vías de desarrollo emiten aproximadamente el mismo porcentaje de CO₂ a la atmósfera, he incluso, van en camino a superar a los países desarrollados (Figura 6). En otras palabras, las economías emergentes podrían originar su propia crisis climática si no actúan para reducir sus niveles de CO₂ (El país, 2007). Por esta razón, es importante que los países menos desarrollados encuentren un equilibrio entre los sistemas ambientales y su imperativo crecimiento económico, el no hacerlo llevará inevitablemente al aumento drástico de su huella de carbono (ONU, 2022).

**Figura 6. Emisiones de CO₂ por países desarrollados y en vías de desarrollo
(Tonelada métrica per cápita)**



Fuente: Tomado de Tafani et al., 2015, p, 31.

Nota. El gráfico nos muestra tres comportamientos que corresponden a los tres grupos de países analizados. Procesos de disminución de contaminación en los países desarrollados, aumentos en los países en vías de desarrollo y un movimiento estable en el grupo de países subdesarrollados.

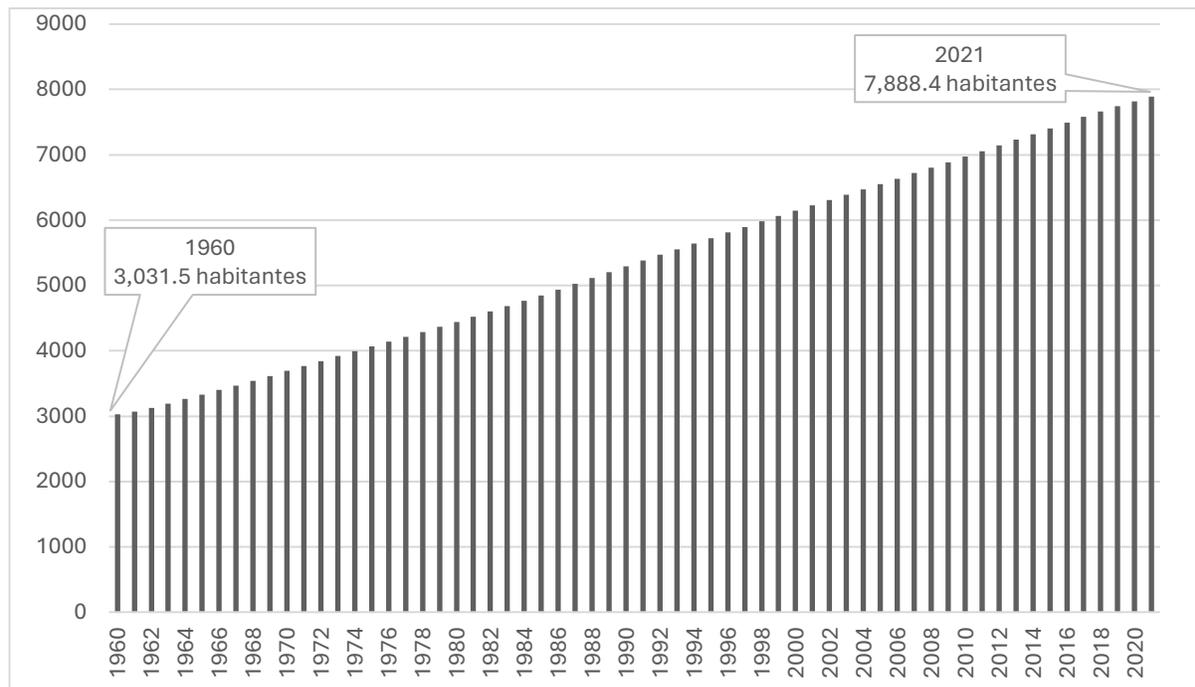
Evitar el impacto del cambio climático requiere la reducción de emisiones de CO₂ no sólo en los países desarrollados si no también en los países en vías desarrollo, sin embargo varias hipótesis señalan que la mitigación del cambio climático originada por el CO₂ puede verse obstaculizada debido a las siguientes razones: en primer lugar, el uso de fuentes de energía bajas en carbono que usualmente son más costosas, por lo que resulta difícil invertir en ciencia y tecnología amigable con el medio ambiente ocasionando el así el retraso estructural de un país, en segundo lugar, el aumento de los precios de la energía podría tener efectos negativos en entorno a la sociedad (Jakob y Steckel, 2014).

2.5 Problemas demográficos y su impacto en las emisiones de CO₂

Las estadísticas poblacionales de los últimos años demuestran que la población mundial se ha quintuplicado de 1.5 a 7.5 miles de millones de habitantes (Gráfica 3). Por lo tanto, la demanda de recursos naturales para sustentar la población durante estos últimos años ha llevado a una gran acumulación de CO₂ en la atmosfera, provocando un incremento de la temperatura, el deshielo acelerado de los casquetes polares, aumento del nivel de

mar y sobre todo constantes sucesos climáticos como: olas de calor, inundaciones y sequías (Peinado, 2018).

Gráfica 3. Población mundial desde 1960- 2021
Millones de habitantes)

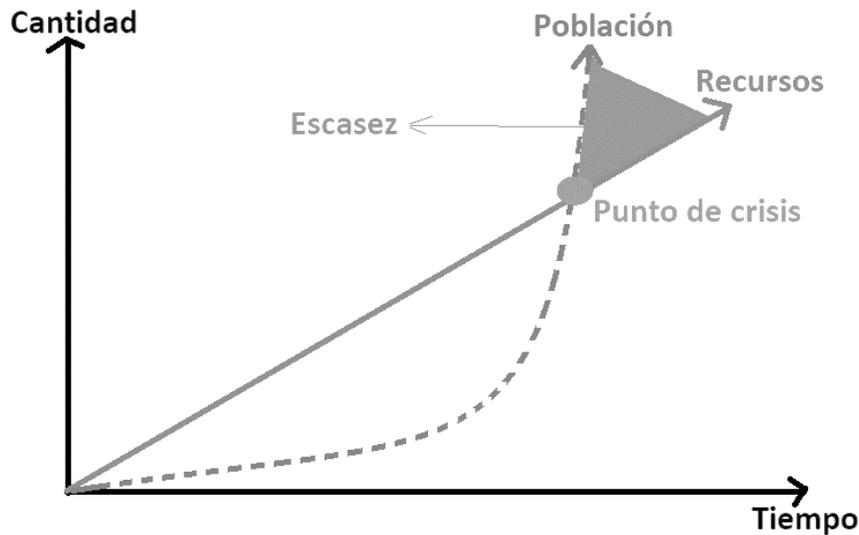


Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial [BM], 2021.

Nota. La población mundial alcanzó los 8000 millones a mediados de noviembre de 2022, en tan solo 12 años la población mundial ha pasado de 7000 a 8000 millones de habitantes.

Un mundo finito solo puede soportar una población finita, si el incremento de la población continua, las próximas generaciones sufrirían los efectos de la degradación ambiental y la miseria humana aumentara a menos que se asume que los recursos disponibles que tenemos para la población humana son limitados, por lo que ni el espacio y la tecnología serán la solución (Hardin, 1968). Recordando la Teoría Malthusiana que expresa que la población tiende de manera natural a crecer exponencialmente (Figura 7), por lo que proveer de alimentos a una población mundial de aproximadamente 9000 millones de personas para 2050 será necesario aumentar la producción y mecanización en un 70.0% repercutiendo así en el incremento de las emisiones de carbono (Peinado, 2018).

Figura 7. Representación gráfica de la teoría malthusiana



Fuente: Elaboración propia en base a Palma, 2020, p.12.

Nota. La teoría del crecimiento poblacional de Tomas Robert Malthus menciona que el crecimiento población se da en forma geométrica, mientras que la producción de alimentos solo crece de forma aritmética. De esta forma, aparecería una escasez en el largo plazo, impidiendo cubrir las necesidades futuras de la población (Vargas, 2013).

E45

Investigadores de Austria, Alemania y Estados Unidos señalan que la desaceleración del crecimiento de la población podría significar una reducción de hasta un 29.0% en las emisiones globales de GEI para el año 2050, incluso, si se mantiene un crecimiento poblacional reducido hasta finales del siglo se podría lograr hasta un 41.0% de la reducción de producción de CO₂ a la atmosfera (Comisión Europea [CE], 2010). La disminución del crecimiento demográfico resulta un requisito necesario para reducir las emisiones de carbono en el futuro, además, de tratar los problemas demográficos como una variable que debe incluirse en el proceso de desarrollo sostenible, y no como un tópico aislado (Gutiérrez, 2013).

Los países con altos niveles de población generalmente se consideran los principales generadores de CO₂, sin embargo, Alemania y Japón son países con niveles bajos de fecundidad, donde las mujeres apenas si alumbran a un hijo durante toda su vida fértil y aun así son países con mayores emisiones de CO₂ en el mundo (Fondo de Población de las Naciones Unidas [UNFPA], 2021). De acuerdo con OXFAM (2020), evaluador de la desigualdad de las emisiones de carbono derivadas del consumo en colaboración con

Environmental Policy (IEEP) y el Stockholm Environment Institute (SEI), el 10.0% de la población mundial más rica ha sido responsable de más de la mitad (52.0%) de las emisiones acumuladas a la atmósfera originado por el consumo excesivo de bienes y servicios.

Niranjan (2020), señala que el consumo excesivo es la causa del aumento de las emisiones de CO₂ y no el incremento de la población, según los demógrafos, la superpoblación no es el problema, es lógico pensar que una disminución de la población mundial ocasionara una caída en las emisiones de carbono, sin embargo no se puede omitir que no todos los individuos emiten CO₂ de la misma manera, un país con mayor densidad de población podría generar menos emisiones de CO₂ si utiliza energías limpias, que un país con menor población pero con un gran consumo de combustibles fósiles.

2.6 Evolución de las emisiones de CO₂ en México

De acuerdo con datos de GCP (2021), México es considerado como el segundo país de América Latina con mayor generación de CO₂, produciendo aproximadamente 407 millones de toneladas al año, cifras que representan alrededor del 1.2% de las emisiones globales y colocan al país en la posición número 15 en el ranking de emisiones de CO₂.

Si bien México plantea su interés en aspectos ambientales y de sustentabilidad a partir de 1992 en la cumbre de Río, fue en 1997 cuando mediante la reforma a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente [LGEEPA] y la presentación de la primera comunicación nacional sobre cambio climático se advirtió y planteo el nuevo rol e involucramiento del gobierno en aspectos ambientales y de sustentabilidad (González, 2012).

La LGEEPA establece los presupuestos mínimos para la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional, además, de establecer un marco general sobre la información y participación en asuntos

ambientales como responsabilidad por daño ambiental y la forma en resarcir el impacto (Cámara de Diputados, 1988).

Es importante mencionar que la primera estimación nacional de emisiones de GEI se publicó en 1997 con datos de 1990, pero esta no ha sido la única, han seguido cuatro más entre 1990 y 2010 (Tabla 2). México ha realizado grandes esfuerzos en estimar la producción de CO₂ pues es un factor clave para la mitigación del cambio climático.

Tabla 2. Estimación nacional de GEI

Fecha de publicación	Descripción
Primera 1997	*Primera estimación nacional de las emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI). *Incluye una visión general de las circunstancias nacionales respecto al cambio climático y los avances y resultados de los primeros estudios de vulnerabilidad del país ante el cambio climático.
Segunda 2001	*Actualización del inventario nacional. *Las emisiones de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura sólo presentaron datos para 1996. *Incluyó escenarios de emisiones de GEI futuras.
Tercera 2006	*Actualización y recálculo del inventario nacional. *Las emisiones de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura consideran el periodo 1993-2002.
Cuarta 2009	*Incluye los avances nacionales en materia de cambio climático a partir de la publicación de la Tercera Comunicación. *Actualización y recálculo del inventario nacional.
Quinta 2012	*Incluye los avances nacionales en materia de cambio climático entre la Cuarta y Quinta Comunicaciones Nacionales.

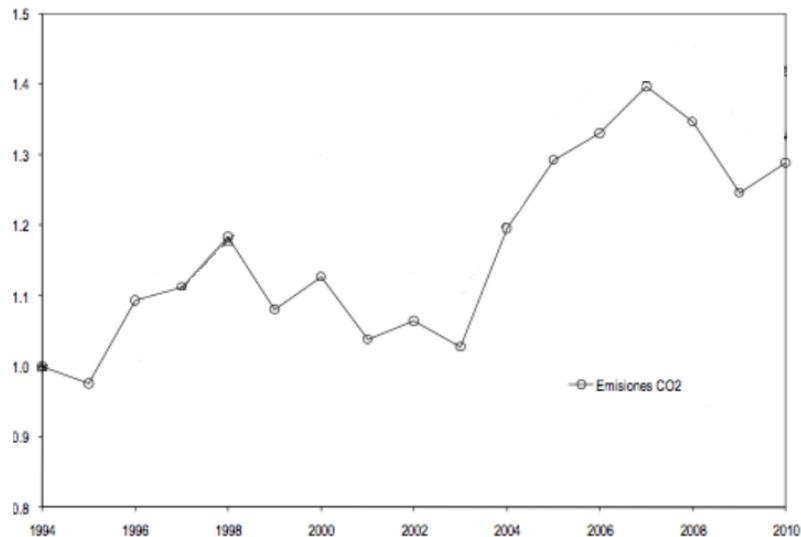
- *Incorpora el tema de cambio climático en ciudades.
- *Actualización y recálculo del inventario nacional.

Fuente: Tomado de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2012.

Nota. Todas las estimaciones tienen diferentes metodologías.

En la Figura 8 se muestran los datos de las estimaciones del CO₂, en donde se refleja una tendencia creciente, observándose los descensos en su emisión en los lapsos de 2000-2003 y 2007-2009. En el año 2003 a 2004 la emisión de CO₂ pasó de 65 a 75 millones de toneladas. De 2003 a 2007 la tendencia de la emisión de CO₂ incrementó considerable en 35.0%, disminuyendo 10.0% en 2009 y por último se incrementa en 3.0% en 2010 (González, 2012).

Figura 8. Índices de crecimiento del CO₂ en México, 1994-2010
(Índice de carbono)

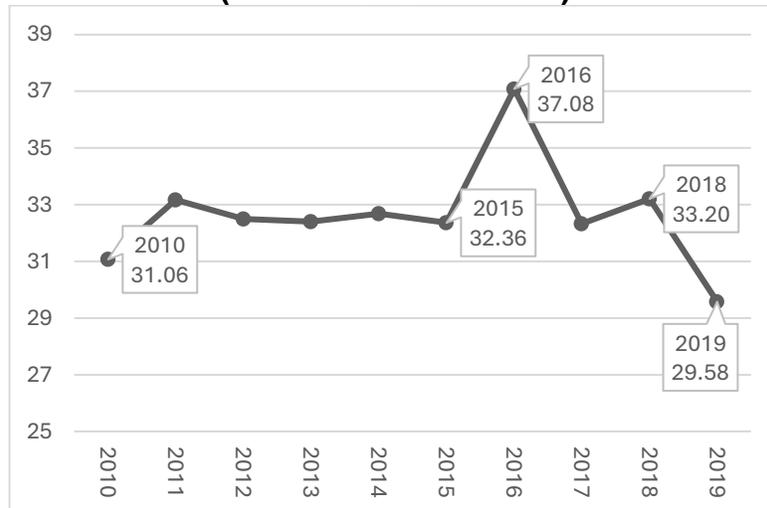


Fuente: Tomado de González, 2012, p. 4.

En 2015, México ratifica su apoyo al cambio climático participando en el acuerdo de París, comprometiéndose a reducir sus emisiones de carbono en 22.0% antes del 2030 con respecto a su línea base de emisiones y tomando como punto de partida los datos del último inventario de emisiones disponible en ese momento hasta 2013 (Iniciativa Climática México [ICM], 2021). Las emisiones de carbono, sin tener en cuenta las

absorciones por entes naturales, entre 1990 y 2019 reflejan un comportamiento creciente con una tasa de crecimiento anual (TCM) de 1.59% (Gráfica 4), se podría decir que entre 2010 y 2019 las emisiones fueron más moderadas con una TCM de 0.28% (Secretaría de Gobernación [SEGOB] et al., 2022).

**Gráfica 4. Emisiones de CO₂ en México, 2010-2020
(Millones de toneladas)**



Fuente: Elaboración propia con datos de INECC, 2019.

Méndez (2021), plantea que México logró reducir las emisiones de carbono aproximadamente en 50 millones de toneladas en el período de 2018 a 2020, conforme a las metas establecidas en el Acuerdo de París, según datos publicados por el INECC, la reducción significaría que México estaría cumpliendo con la cuarta parte del compromiso asumido en 2015, específicamente con el 22.9%, lo que para expertos no es posible, sobre todo ahora que las acciones del gobierno van a contracorriente.

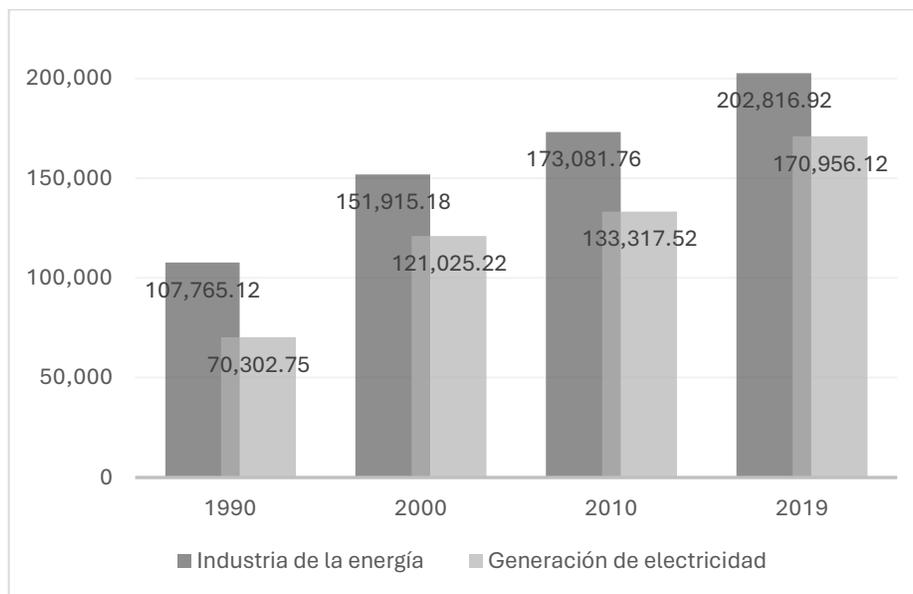
2.7 Sectores económicos que contribuyen en la generación de CO₂ en México

De acuerdo con datos del INECC (2018b), los sectores con mayores emisiones de CO₂ en México son la industria energética y el transporte, que emiten 32.8% y 31.0% de las emisiones totales, seguido por la industria manufacturera y de la construcción con 11.6%, los procesos industriales con 9.8%, las emisiones fugitivas (minas de carbón, gas natural, etc.) con 7.9% y por último los sectores económicos comercial, residencial y agropecuario

con 6.72%.

Históricamente, la industria energética y el transporte han sido los sectores más relevantes en la producción de CO₂, debido que a partir de 1970 se incrementó el uso de hidrocarburos llegando a convertirse en la principal fuente de energía eléctrica, y México no fue la excepción ya que la mayor parte de la energía del país se produce a partir de la combustión de gas natural, combustóleo y petróleo (Ramos y Montenegro, 2012). De acuerdo con datos INECC (2019), las emisiones en industria energética han aumentado en un 46.0% durante 29 años (Gráfica 5).

**Gráfica 5. Emisiones de CO₂ en el sector energético, 1990-2019
(Millones de toneladas)**

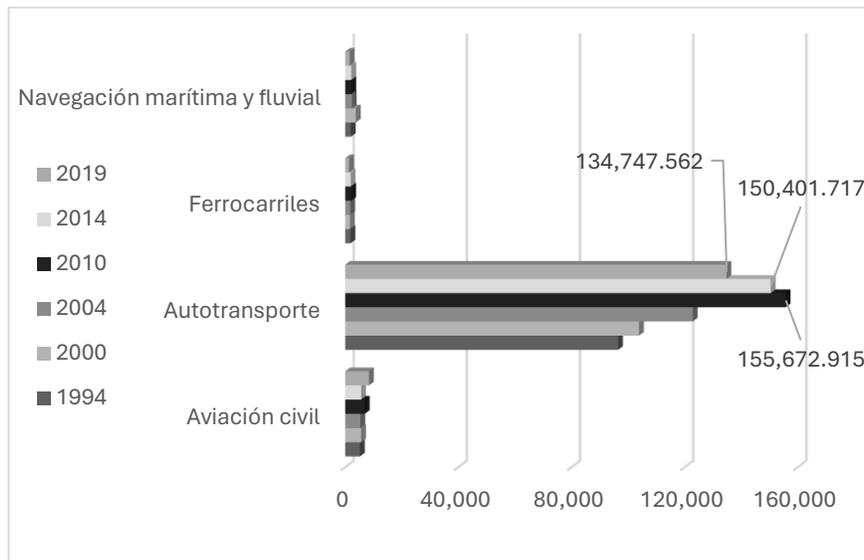


Fuente: Elaboración propia con datos de INECC, 2019.

Por otra parte, el transporte en México ha tenido un significativo crecimiento desde la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte [TLCAN] ahora Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá [T-MEC], el mecanismo que usualmente usa el transporte son los motores a diésel y gasolina, y son estos mecanismos los principales generadores de gases contaminantes, cabe destacar que en México el autotransporte es por mucho la rama con mayor emisiones de CO₂ desde 1994 hasta

2019 (Gráfica 6) (Mendoza y Salazar, 2014).

Gráfica 6. Los subsectores del transporte y sus emisiones de CO₂, 1994-2019
(Millones de toneladas)



Fuente: Elaboración propia con datos de INECC, 2019.

Nota. Desde 2017, las emisiones relacionadas con el autotransporte han disminuido los datos más recientes muestran un deceso de las emisiones de CO₂ en 18.4%.

El tercer lugar lo ocupa la industria de manufactura y de la construcción, estos sectores son muy importantes en la económica mexicana, dado que representan el 16.6% y 7.4% del PIB, respectivamente (López, 2021). Según el último Censo Económico 2019, de todas las unidades económicas del país, el 97.3% son microempresas y solo el 2.7% son pequeñas y medianas empresas [PyMES], consecuentemente el proceso de producción de bienes y servicios de las PyMES tiene un impacto significativo en las emisiones de CO₂ ya que suelen ser responsables de aproximadamente del 70.0% de la contaminación, debido a que tienen recursos ilimitados para operar pero carecen de tecnología para aminorar las emisiones de carbono y la contaminación ambiental (Rosales et al., 2018).

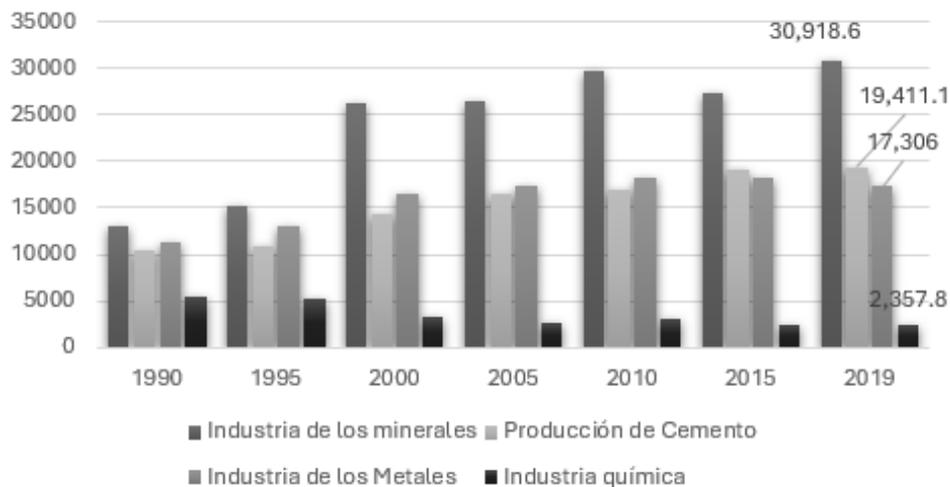
Dentro de los sectores de la industria manufacturera y de la construcción, los subsectores con mayor producción de CO₂ fueron la minería (sin extracción de combustibles), las

sustancias químicas, papel, imprenta, procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco ,y por último la construcción, estos subsectores requieren del uso de combustibles fósiles y de una alta demanda energética, por lo que producir un bien generará grandes cantidades de CO₂, pues tan solo en 2019 las emisiones estuvieron por encima de los 50 millones de toneladas, teniendo un fuerte impacto ambiental.

Por otra parte, los procesos industriales ocupan el cuarto lugar con aproximadamente 8.0% de las emisiones totales de CO₂, en México la mayoría de los procesos industriales comienzan a partir de la transformación de materias primas mediante métodos químicos y físicos, en donde se pueden destacar algunos subsectores como la industria de los minerales con 30,918.5 millones de toneladas, seguido de la producción de cemento y la industria de los metales (hierro, acero, aluminio y plomo) con 19,411.1 y 17,306 millones de toneladas respectivamente, y finalmente la industria química específicamente la producción petroquímica con 1,805 millones de toneladas de acuerdo con datos del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero [INEGYCEI] 1990-2019.

Dentro de los procesos industriales se destaca la industria de los minerales, en especial la producción de cemento, pues desde 1990 hasta 2019 fue el proceso industrial con mayor número de emisiones (Gráfica 7), el cemento se fabrica esencialmente de materias primas carbonatadas y de altas temperaturas, las elevadas temperaturas en los hornos calcinan los compuestos carbonatados y liberan grandes cantidades de CO₂ en el proceso (INECC, 2018b).

**Gráfica 7. Generación de CO₂ en los procesos industriales, 1990-2019
(Millones de toneladas)**



Fuente: Elaboración propia con datos de INECC, 2019.

Por su parte, la extracción, procesamiento y transporte de combustibles fósiles hasta sus destinos finales puede dar lugar a la liberación intencional o no intencional de gases de efecto invernadero, conocidas como emisiones fugitivas, provenientes principalmente de la producción de combustibles como el petróleo y el gas natural, además de que una pequeña parte también proviene de la extracción de combustibles sólidos, como la minería del carbón (INECC, 2018a).

Desde 2001, Petróleos Mexicanos (PEMEX) se ha encargado de reportar las emisiones de GEI a la Comisión Nacional de Hidrocarburos [CNH], indicando las emisiones fugitivas por la exploración, producción, transporte, distribución, procesamiento y uso de hidrocarburos de PEMEX en sus cuatro subsidiarias: PEMEX Exploración y Producción (PEP); PEMEX Petroquímica (PPQ); PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB), y PEMEX Refinación (Pref) (Tabla 3) (INECC, 2017).

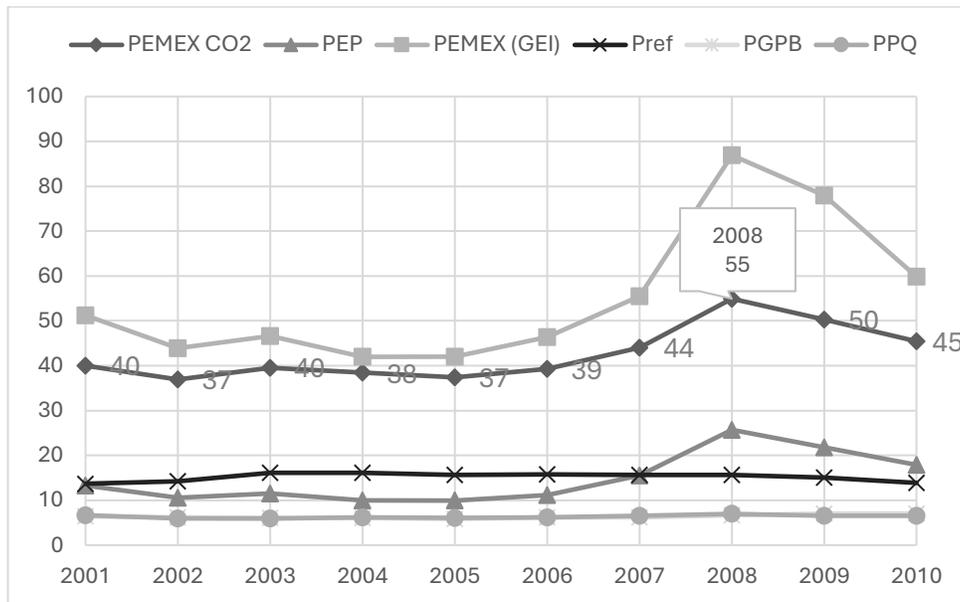
Tabla 3. Reporte de emisiones de carbono por subsidiaria, 2001-2010
(Millones de toneladas)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PEMEX CO₂	40.05	36.92	39.58	38.43	37.44	39.25	43.98	54.92	50.33	45.44
PEMEX (GEI)	51.19	43.87	46.62	41.96	42.02	46.33	55.47	86.90	77.97	59.91
PEP	13.26	10.55	11.52	10.02	9.93	11.18	15.50	25.70	21.76	17.88
Pref	13.69	14.24	16.09	16.12	15.64	15.75	15.69	15.62	15.02	13.90
PGPB	6.40	6.18	6.03	6.12	5.85	6.14	6.20	6.63	7.01	7.06
PPQ	6.68	5.95	5.92	6.15	6.03	6.19	6.60	6.96	6.55	6.60

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Mexicano del Petróleo [IMP] et al., 2012.

De acuerdo, con el inventario de emisiones de PEMEX, 2001-2012, las emisiones de CO₂ aumentaron durante tres años consecutivos a partir de 2005, alcanzando un máximo de 55 millones de toneladas de CO₂ en 2008 originado principalmente por el incremento de la producción y la quema de gas amargo en los activos de producción Cantarell (Gráfica 8) (IMP et al., 2012). Sin embargo, México no contaba con la infraestructura necesaria para procesar el gas en Cantarell, por lo que se tuvo que reducir la exploración y producción de hidrocarburos en 2009 con el objetivo de ampliar las operaciones y la capacidad de producción de gas amargo, estas acciones se tradujeron en una disminución del 88.7% en 2012, lo que significó un decremento de 40.3 millones de toneladas de CO₂ (PEMEX, 2013).

**Gráfica 8. Emisiones de CO₂ en PEMEX, 2001-2010
(Millones de toneladas)**



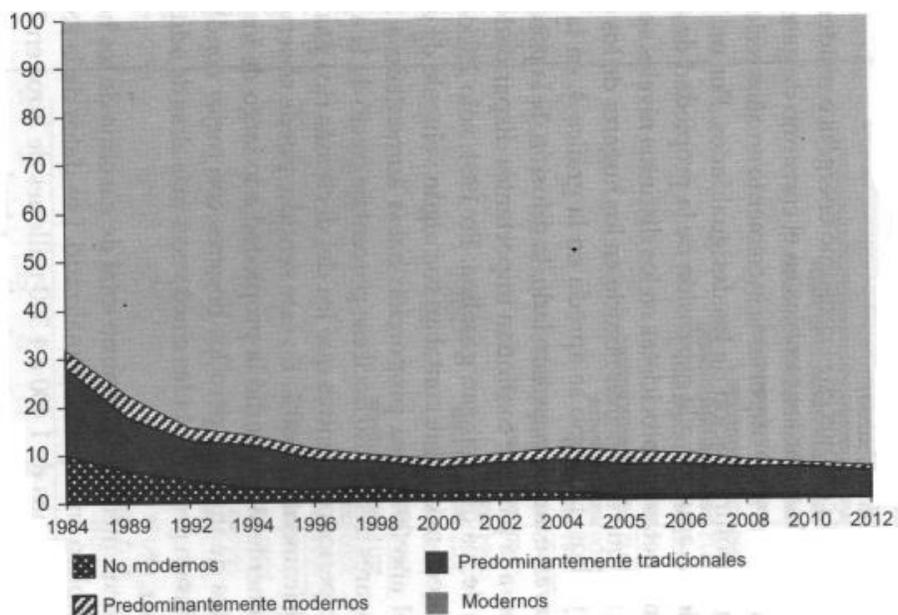
Fuente: Elaboración propia con datos de IMP *et al.*, 2012.

El último puesto lo ocupa el sector residencial, comercial y agropecuario reportando emisiones por encima de los 26 millones de toneladas de CO₂ por año, originados principalmente por la demanda de electricidad, gas licuado de petróleo, diésel, queroseno y leña, además, es importante mencionar, que a lo largo de las últimas décadas es posible observar una transición en las fuentes de energía, como el creciente consumo de gas y de electricidad (Cruz, 2016).

En México, el consumo energético residencial creció de manera notoria en las dos últimas décadas, a pesar de avance tecnológico y la implementación de campañas y políticas públicas orientadas al ahorro energético. Aunque este incremento puede explicarse por el aumento en el número de aparatos electrodomésticos utilizados en los hogares, la transición energética de fuentes tradicionales (carbón y leña) a fuentes modernas (electricidad y gas) han tenido un papel importante en la generación de CO₂, pues cuanto mayor demanda exista de energía moderna mayores niveles de CO₂ se producirán en estos sectores (Lezama, 2018).

Figura 9. Evolución energética en México, 1984-2012

(%)



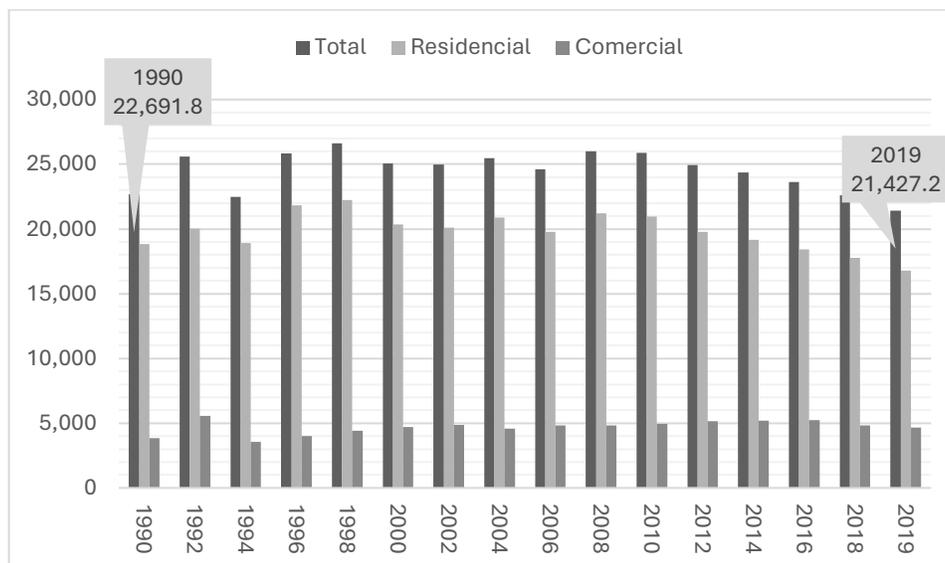
Fuente: Tomado de Lezama, 2018, p. 415.

Nota. La figura muestra los accesos de consumo de energía en México desde 1984-2012

- Modernos son aquellos que solo consumen electricidad y gas.
- No modernos son aquellos que solo consumen fuentes naturales tradicionales como biomasa (leña y carbón).
- Predominantemente tradicionales son aquellos que usan ambas fuentes, pero predomina la energía tradicional.
- Predominantemente modernos son aquellos que usan ambas fuentes, pero predomina la energía moderna.

En los sectores residencial y comercial, las emisiones de CO₂, para el periodo de 1990 a 2019, pasaron de 22,691.8 a 21,427.2 millones de toneladas de CO₂. Según datos del INECC, las emisiones mostraron una tendencia menguante desde 2010 (Gráfica 9), pero se espera que el consumo de energía y las emisiones de CO₂ sigan creciendo a pesar de que pueden ocurrir cambios que pueden alterar la trayectoria de las emisiones de carbono, como la condición social de las personas, su organización familiar y comunitaria, sus gustos y preferencias, las características de su hábitat, la cultura ambiental, las dimensiones de la localidad en que viven, entre otros aspectos (Cruz, 2016).

Gráfica 9. Emisiones de CO₂ en los sectores residencial y comercial, 1990-2019
(Millones de toneladas)

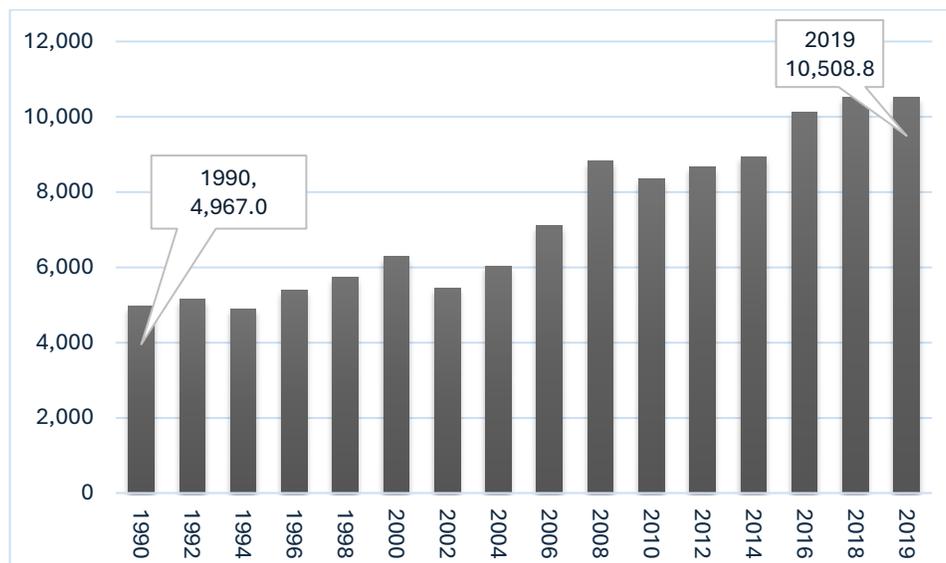


Fuente: Elaboración propia con datos de INECC, 2019.

Finalmente, se estima que el sector agropecuario es responsable de hasta el 39.0% de las emisiones de GEI ya que en este persisten diversas fuentes contaminantes como la quema de residuos agrícolas y el uso de combustibles fósiles para diversos procesos, pero principalmente por maquinaria y sistemas de riego (Morales, 2023). Saynes et al. (2016), mencionan que el sector agropecuario en México es fundamental, ya que las actividades agrícolas tienen una participación de 3.8% del PIB y emplea al 11.0% de la población económicamente activa con 5.6 millones de personas, además de jugar un papel importante en la producción de alimentos.

Asimismo, Saynes et al. (2016), describen que el sector agropecuario mexicano representa únicamente del 3.0 al 4.5% de las emisiones de CO₂, sin embargo, sus efectos pueden ser significativos al reducir la fertilidad y productividad de los suelos cultivados. Según datos del INECC la evolución de las emisiones de CO₂ del sector agropecuario desde 1990 han expuesto una tendencia ascendente e históricamente ha incrementado en un 50.0% la producción de CO₂, pasando de 4,967.03 a 10,509.83 millones de toneladas en 29 años (Gráfica 10).

**Gráfica 10. Emisiones de CO₂ por actividades agropecuarias, 1990-2019
(Millones de toneladas)**



Fuente: Elaboración propia con datos de INECC, 2019.

Las emisiones de carbono del sector agropecuario se han incrementado sustancialmente, expertos preocupados por la situación agroalimentaria mencionan que, si no se logran estabilizar las emisiones de GEI, el impacto del cambio climático en la producción agropecuaria y en la vida rural tendrá consecuencias negativas de gravedad y difícilmente se podrá resarcir (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria [CEDRSSA], 2019). Un estudio elaborado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Food and Agriculture Organization (SAGARPA y FAO, 2012), refiere que los impactos del cambio climático provocarían pérdidas agrícolas con un efecto multiplicador en la economía y además de un efecto radical la degradación ambiental.

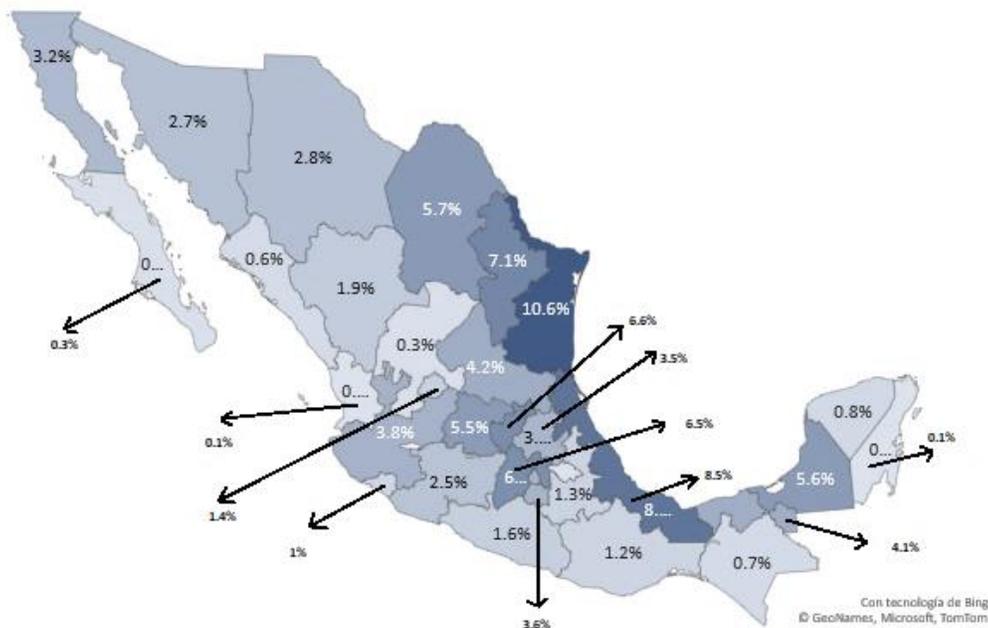
2.8 Estados de la República Mexicana que más CO₂ emiten

El aire que se respira en México se encuentra contaminado por varios compuestos atmosféricos, que son generados tanto por procesos naturales como por actividades humanas, la exposición de las personas a los contaminantes atmosféricos está asociada con graves afecciones de la salud, lo que ha provocado que las autoridades ambientales den seguimiento los problemas de la calidad del aire (Zuk et al., 2007).

México cuenta con una red nacional de monitoreo de contaminantes atmosféricos que abarca 52 zonas metropolitanas y poblaciones, la red local más completa y antigua se localiza en la Zona Metropolitana del Valle de México, que hoy en día tiene 36 estaciones de monitoreo automático y 13 de monitoreo manual. Estas redes o estaciones de monitoreo son operadas por instituciones gubernamentales y empresas privadas, trabajan de manera independiente, con distintos objetivos y diferentes metodologías para el reporte de información (SEMARNAT, 2006).

Según el informe de resultados del Registro Nacional de Emisiones [RENE] (2015-2018), y presentado a través (SEMARNAT, 2020), los estados con mayor producción de CO₂ son Tamaulipas, Veracruz, Nuevo León, Querétaro, Estado de México, Coahuila, Campeche, Guanajuato, San Luis Potosí y Tabasco, es decir, estos 10 estados concentraron el 64.3% de las emisiones totales de México (Gráfica 11), lo que puede estar relacionado con su actividad económica, población y niveles de inversión.

Gráfica 11. Porcentaje de emisiones de CO₂ por entidad federativa, 2015-2018 (%)



Fuente: Elaboración propia con base a SEMARNAT, 2020.

Nota. La industria es el sector económico más grande de los estados con mayores emisiones de CO₂.

En la Tabla 4 se observa que el CO₂ generado por las entidades federativas puede variar en el tiempo, pues, hay periodos en donde se observar aumentos considerables en la producción de CO₂ en estados con emisiones demasiado bajas (Guanajuato). Cabe destacar que los estados de Tamaulipas, Veracruz y Nuevo León registran las mayores emisiones de carbono desde 2015 hasta 2018, teniendo en promedio 65,822,540.9, 54,437,102.5 y 46,355,828.9 millones de toneladas de CO₂ respectivamente.

Tabla 4. Registro de las emisiones de CO₂ por entidad federativa, 2015-2018

Entidad	Toneladas de CO ₂			
	2015	2016	2017	2018
Aguascalientes	10,330,312.81	2,280,310.34	21,189,829.19	2,619,280.89
Baja california	8,228,142.76	44,392,911.99	21,790,545.60	14,079,627.99
Baja california sur	1,875,768.82	1,371,910.19	2,145,569.99	2,348,062.28
Campeche	12,715,866.67	18,503,601.88	19,377,079.42	20,014,821.99
Chiapas	4,027,138.29	4,660,617.95	3,654,915.65	3,349,625.85
Chihuahua	10,296,857.63	10,104,332.89	43,773,274.29	9,030,598.24
Coahuila	23,173,122.97	34,535,146.09	50,530,414.16	47,817,490.05
Colima	1,478,345.60	7,764,454.35	8,901,651.59	9,346,196.74
CDMX	20,869,615.92	15,301,776.91	24,660,360.96	15,440,645.13
Durango	4,093,920.84	4,305,836.17	21,601,643.10	21,521,891.57
Guanajuato	6,957,020.26	9,665,613.99	37,951,438.08	96,983,929.49
Guerrero	429,052.27	14,374,744.90	14,813,691.76	14,446,415.35
Hidalgo	21,364,778.38	17,398,395.30	38,816,953.00	18,542,933.91
Jalisco	56,783,667.19	6,412,962.21	12,111,357.82	28,023,005.86
México	40,601,349.70	45,336,226.12	57,780,437.83	34,098,054.01
Michoacán	6,466,923.88	6,493,785.97	8,194,576.78	8,156,160.89
Morelos	21,164,808.87	36,225,105.39	36,979,841.70	4,117,708.88
Nayarit	681,464.30	727,433.92	562,998.03	572,943.94
Nuevo León	49,588,337.04	31,430,126.94	56,203,065.92	48,201,785.78
Oaxaca	3,790,222.22	5,948,507.91	4,788,422.93	13,854,989.80
Puebla	9,247,369.24	8,188,830.34	8,618,429.00	8,231,227.77
Querétaro	57,723,014.59	84,356,249.46	19,814,768.16	12,723,252.27
Quintana Roo	127,538.93	774,196.54	482,945.06	606,361.12
San Luis Potosí	16,108,544.56	26,176,342.20	41,636,029.16	30,958,799.43
Sinaloa	513,565.70	2,920,093.26	5,160,718.55	5,751,911.64
Sonora	10,510,721.59	15,430,463.62	16,095,841.11	14,572,164.01
Tabasco	8,531,621.89	11,916,237.98	8,130,876.10	7,789,035.72

Tamaulipas	58,222,686.11	75,922,213.10	54,779,670.91	74,365,593.59
Tlaxcala	418,209.25	508,953.13	609,491.48	1,752,856.30
Veracruz	58,605,724.72	51,291,381.44	71,565,697.02	36,285,607.09
Yucatán	6,237,707.24	6,702,376.63	4,593,350.77	3,578,583.23
Zacatecas	1,875,762.54	1,938,310.54	1,873,300.79	2,370,871.92
Total	533,039,182.78	603,359,449.65	719,189,185.91	611,552,432.73

Fuente: Elaboración propia con base a datos de SEMARNAT, 2020.

Es importante mencionar que México no cuenta con información completa respecto a las emisiones de los GEI, desagregada a nivel región o entidad federativa, los únicos datos reportados son por la Secretaría de Energía, a través del Balance Nacional de Energía y el INEGYCE, en una serie estimada para diferentes años, a nivel nacional y por sector económico, existen datos desagregados por entidad pero son presentados en informes parciales y discontinuos, por lo que determinar las emisiones de CO₂ originados por la actividad humana sigue siendo todo un reto (Maldonado, 2018).

III. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Actualmente, el estudio de las emisiones de CO₂ es un tema de gran interés, se ha buscado comprender que factores participan en la generación de este gas nocivo para el medio ambiente, sin embargo, para comprender la influencia de estas variables, primeramente, es importante definir algunas bases teóricas y aunado a esto, investigar conceptos claves en el tema de estudio.

3.1 Marco teórico

Aproximadamente, 500 años atrás los procesos naturales de la tierra liberaban anualmente cerca de 210 mil millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera, se podría pensar como una cantidad altamente elevada. No obstante, junto con esto cada año los bosques, selvas y praderas además de las grandes extensiones de algas marinas tenían la capacidad de absorber hasta un 6.0% por encima de la producción natural de CO₂, lo que aseguraba un buen equilibrio dinámico con respecto al ciclo vital de este gas (Medina, 2010).

Medina (2010), señala que durante el siglo XVII el equilibrio dinámico natural se rompió, mientras que, en los últimos 50 años, las concentraciones de gases de efecto invernadero han venido creciendo rápidamente como consecuencia de toda acción humana. Hoy en día, las actividades del hombre producen alrededor de 6,500 mil millones de toneladas de CO₂ por año con un crecimiento del 3.0% anual y sumado a la disminución de áreas verdes sobre la tierra, llevan como resultado catastrófico a la producción del doble de CO₂ de lo que puede absorber la biósfera de una manera natural.

3.1.1 Curva de Kuznets Ambiental (CAK)

Grossman y Kruger en 1995 establecieron que la relación entre el nivel de ingreso per cápita y el deterioro de la calidad del medio ambiente se representa por una curva con forma de U invertida. Esta relación fue conocida entonces como la curva ambiental; esta hipótesis indica que bajos niveles de ingreso están correlacionados con un creciente deterioro en el medio ambiente, pero después de un cierto punto de inflexión del ingreso per cápita, la relación entre las dos variables se vuelve negativa. Así, un mayor nivel de

ingreso per cápita corresponde a una disminución en la degradación ambiental (Catalán, 2014).

En este sentido se cree que las economías desarrolladas perjudican y destruyen los recursos naturales de una manera más rápida que las economías pobres, debido a sus consumos, es decir, la degradación ambiental tiende a incrementarse a medida que la estructura económica de un país o región cambia de una economía agrícola hacia una industrial, y posteriormente, esta degradación tiende a disminuir a medida que se pasa de un sector industrial intensivo a una economía basada en los servicios (Grossman y Kruger, 1995).

3.1.2 Teoría de la competencia hasta el final

El estudio de la CAK tiende a exponer que la degradación ambiental es un problema de crecimiento que debe superarse a través de un rápido crecimiento económico en lugar del establecimiento de políticas ambientales. Sin embargo, la teoría de la “competencia hasta el final” de James Boyce 2004 sostiene que la competencia generada por el libre comercio genera un equilibrio inferior en los estándares ambientales, puesto que, en la búsqueda de mejores circunstancias para competir, las empresas tienden a invertir en regiones cuyas regulaciones ambientales sean más frágiles, es decir, que impliquen menores costos (Temkin et al., 2018).

De acuerdo con Boyce (2004), se plantea que a medida en que el libre comercio acelera el crecimiento económico y aumenta los ingresos per cápita, cualquier restricción al comercio o desviación de recursos del crecimiento impulsado por las exportaciones ralentiza la transición a una relación positiva entre ingresos y entorno. Asimismo, el mismo autor argumenta que la inversión extranjera directa funciona como un vehículo para la mejora del medio ambiente sobre la base de que las empresas extranjeras tienen conocimientos tecnológicos que dan lugar a una producción orientados a cuidar el medio ambiente.

3.1.3 Teoría paraísos de contaminación

La hipótesis de la CAK implica que, en el corto plazo, el crecimiento económico afecta negativamente la calidad del medio ambiente, en cambio, a largo plazo un mayor crecimiento reducirá la degradación ambiental, sin embargo, Neumayer (2001), explica que los países desarrollados trasladan su producción intensiva de recursos y contaminación a los países menos desarrollados e importan estos productos desde allí, lo que puede dar la impresión de que la degradación ambiental disminuye con el progreso económico, esta teoría se le nombra “paraísos de la contaminación” donde se plantea que las industrias más contaminantes emigran a países con reglas ambientales más laxas y por tanto, con menores costos (Sultan et al., 2021).

De acuerdo con Eskeland y Harrison (1997), la teoría paraísos de la contaminación puede verse como una secuela de la ventaja comparativa debido a que los costos de cumplimiento de la normatividad ambiental comienzan a ser importantes para algunas industrias en algunos países, otros ganan ventaja comparativa si los costos de cumplimiento son bajos, y por lo tanto toman la decisión de la reubicación de la empresa.

3.2 Marco conceptual

3.2.1 Gas Efecto Invernadero (GEI)

Los GEI están hechos de moléculas que pueden mantener la radiación infrarroja del sol reflejada en la superficie de la tierra durante largos períodos de tiempo, lo que hace que la temperatura de la tierra aumente, algunos gases tienen un mayor efecto de reflexión que otros, o simplemente pueden permanecer en la atmósfera durante por más tiempo (Barbosa, 2022). A lo largo de la historia de la tierra el CO₂ ha sido el GEI con mayor importancia, sin la presencia de CO₂, la temperatura en la tierra sería unos 33°C inferior a la actual, lo que haría imposible la vida en la tierra (Echeverri, 2006).

3.2.2 Dióxido de carbono (CO₂)

El CO₂ es un gas denso, incoloro que se encuentra en la troposfera, la capa de la atmósfera que se encuentra más próxima a la Tierra, las moléculas de este gas se componen de un átomo de carbono y dos de oxígeno, es hidrosoluble cuando la presión

se mantiene en niveles constantes, y casi siempre se encuentra en forma gaseosa en la naturaleza. No obstante, cuando el CO₂ es sometido a una presión y temperatura muy bajas, se transforma en líquido, e incluso puede llegar a ser sólido. Este es un compuesto no inflamable y no tóxico, cuyas propiedades se vienen utilizando desde hace muchas décadas en industrias de todos los sectores de actividad (Manzanas, 2019).

3.2.3 Efecto invernadero

El efecto invernadero es el proceso mediante el cual la atmósfera de un planeta deja pasar la radiación solar proveniente del sol, pero en cambio, impide o dificulta la salida de energía térmica del planeta, una parte de la radiación solar que llega a nuestro planeta es absorbida y otra parte rebota de nuevo al espacio (Planas, 2020). Dicho de otro modo, el efecto invernadero provoca que la energía que llega a la tierra regrese lentamente al espacio, por lo que permanece más tiempo en la superficie, causando el aumento de la temperatura (Espíndola y Valderrama, 2012).

3.2.4 Cambio climático

De acuerdo con la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC), el cambio climático se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (Benavides y León, 2007).

3.3 Variables socioeconómicas

3.3.1 Población

Una población se define como un grupo de organismos de la misma especie que viven en un lugar y tiempo determinados y que interaccionan tanto genética como ecológicamente, las poblaciones pueden sufrir cambios como el aumento o disminución en el número de organismos, el éxito o fracaso biológico y en sus interacciones con el ambiente (Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], 2017). La población puede ser clasificada en población rural o urbana.

3.3.2 Población urbana

Una población urbana es aquella que concentra 1,500 o más habitantes y que partiendo de un núcleo central presenta continuidad física en todas direcciones hasta ser interrumpidas por terrenos agrícolas, además de disponer con servicios públicos como electricidad, acueducto público, sistema de alcantarillado, trazado de calles, edificios, colegios, establecimientos comerciales y centros sociales (Camacho et al., 2015). En este sentido, Zenteno (1962), menciona que la población urbana tendrá mayor concentración de población y menor dependencia de actividades agrícolas.

3.3.3 Población rural

Una población rural es aquella con baja densidad poblacional y generalmente ubicadas en zonas no urbanizadas que se dedican a la producción primaria, ya sea de productos agrícolas como de productos ganaderos, dicho de otro modo, las poblaciones rurales suelen contar con un estilo de vida más natural y mucho más alejado de los elementos que caracterizan a la población urbana como tecnología, medios de comunicación, entre otros (Bembibre, 2023). Por su parte, Zamudio et al. (2008), establece que la población rural es aquella que basa su actividad económica en la agricultura, ganadería y la explotación de los recursos naturales.

3.3.4 Actividades económicas

Las actividades económicas o productivas son procesos que a través del uso de factores de producción crean bienes y servicios para satisfacer las necesidades de los consumidores en la economía (Montoya, 2023). El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, s/f), por su parte, describe a las actividades económicas como el conjunto de acciones realizadas por una unidad económica con el propósito de producir o proporcionar bienes y servicios que se intercambian por dinero u otros bienes o servicios.

3.3.5 Actividades primarias

Las actividades económicas primarias son aquellas que pertenecen al sector de la

economía que hace uso directo de los recursos naturales (Cajal, 2020). Es decir, es el sector de la economía que comprende justamente el aprovechamiento de los recursos agrícolas, pecuarios, pesqueros y forestales (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2020).

3.3.6 Actividades secundarias

Las actividades económicas secundarias son aquellas que se encargan de producir los bienes y servicios mediante labores de producción y transformación de materias primas en productos disponibles para su venta, dentro sector hacemos referencia a todas aquellas actividades industriales (Caurin, 2016). En este mismo sentido, Rosenberg (2020), señala que las actividades secundarias producen bienes terminados a partir de las materias primas extraídas por el sector primario.

3.3.7 Actividades terciarias

Las actividades económicas terciarias son las encargadas de realizar la distribución y comercialización de los productos y servicios, su finalidad es llevar al consumidor los bienes obtenidos a través de las actividades primarias y secundarias. Las actividades terciarias son todas las labores de comercio como las tiendas, supermercados, o cualquier actividad que ofrezca servicios al consumidor (Caurin, 2016).

3.3.8 Vehículos de motor registrados en circulación

La Estadística de Vehículos de Motor Registrados en Circulación, es un proyecto que genera información sobre la composición y evolución del parque vehicular registrado que circula en el territorio nacional, identificando la clase de vehículo y el tipo de servicio, contribuyendo así a la elaboración y/o formulación de políticas de desarrollo del sector transportes (INEGI, 2021).

3.4 Variables ambientales

3.4.1 Medio ambiente

Cuando hablamos de medio ambiente, nos referimos a una conjunción de elementos formados por la química, la biología y los factores sociales que tienen la capacidad de generar efectos adversos, directa o indirectamente, sobre los seres vivos y las

actividades de los seres humanos (Krause, 2021).

3.4.2 Degradación ambiental

La degradación ambiental es el deterioro del medio ambiente reflejado por el agotamiento de recursos naturales como el aire, el agua, el suelo y la cubierta del suelo, el cual conlleva a la destrucción de ecosistemas y la extinción de la vida silvestre (Pérez et al., 2020). Este proceso de degradación ambiental puede ser de origen natural o causado por el aumento de la actividad humana y la aplicación de las tecnologías que contaminan y reducen los recursos (Rosales, 2018).

3.4.3 Incendios forestales

Los incendios forestales son propagaciones libres y no programadas del fuego sobre la vegetación en los bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas (Benítez, 2022). Por su parte Pérez (2019), menciona que los incendios forestales pueden ser causados de forma natural, accidental o intencional y consumir los recursos naturales como hojas y ramas secas situados en lo inferior de bosques y selvas; así mismo, las llamas pueden quemar los troncos y las ramas de arbustos y árboles, convirtiéndose en un incendio de gran dimensión.

3.5 Conceptos relacionados con econometría

3.5.1 Modelo

Un modelo es un intento de describir alguna parte del mundo real en términos matemáticos (Brito et al., 2011).

3.5.2 Econometría

De acuerdo con varios autores la econometría puede ser definida como el análisis cuantitativo de los fenómenos económicos reales, basado en el desarrollo simultáneo de la teoría y la observación, relacionados mediante métodos apropiados de inferencia (Portillo, 2006). La econometría consiste en una combinación de economía matemática, teoría de probabilidad y estadística, datos económicos y, claro está, teoría económica. Esta disciplina fortalece el carácter científico de la economía (o cuando menos lo intenta):

compara los modelos económicos con lo que se observa en la realidad y, por lo mismo, da indicios respecto a cuáles teorías resultan demasiado alejadas de lo observado (Ventosa, 2006).

3.5.3 Modelo econométrico

Es una simplificación de la realidad o conjunto de relación entre variables que se utilizan para una representación de una realidad más compleja (Pulido, 1983).

3.5.4 Variable dependiente

Reciben este nombre las variables a explicar, ósea, el objeto de la investigación, que se trata de explicar en función de otros elementos (Cauas, 2015).

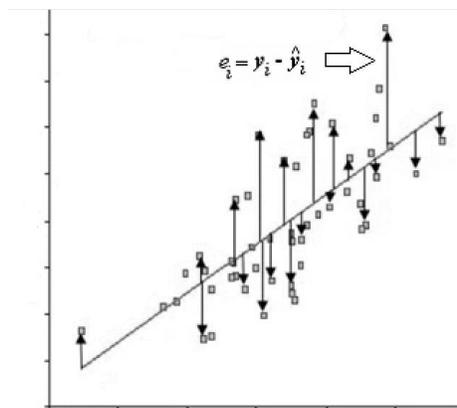
3.5.5 Variable independiente

Son las variables explicativas, o sea, los factores o elementos susceptibles de explicar las variables dependientes (en un experimento son las variables que se manipulan) (Cauas, 2015).

3.5.6 Término de error

El término de error en estadística es un valor que representa cómo los datos observados difieren de los datos de la población real (Figura 10) (Benites, 2021).

Figura 10. Representación gráfica del término de error



Fuente: Tomada de Benites, 2021.

Nota. Las flechas negras en el gráfico representan el error que hay entre las observaciones y las estimaciones.

3.5.7 Regresión Lineal Simple (RLS)

Un modelo de RLS es un modelo que permite explicar la relación que existe entre una variable dependiente o respuesta (Y) y un conjunto de variables independientes o explicativas ($X_1 \dots X_n$) (Carollo, 2012). En este sentido Amat (2016), señala que la RLS consiste en generar una ecuación de una recta que permita explicar a relación lineal que existe entre dos variables.

El modelo de RLS está formada por dos coeficientes: la constante de la ecuación (β_0) y el coeficiente de la correlación entre las dos variables (β_1). Por lo tanto, la ecuación de un modelo de regresión lineal simple es:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

donde:

Y: Variable dependiente

X: Variable independiente

β_0 : Ordenada al origen

β_1 : Pendiente

ε_i (épsilon): Término de error o error aleatorio

Para la estimación de los parámetros se usará el principio de mínimos cuadrados.

3.5.8 Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)

El método de mínimos cuadrados consiste en ajustar la recta que cumpla con la condición de que la suma de los cuadrados de las desviaciones de cada valor observado Y de su correspondiente valor de predicción \hat{Y} , sea mínima (Marques et al., 2007).

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2 \quad (2)$$

Derivando parcialmente la suma de cuadrados, con respecto a β_0 y β_1 , e igualando a cero para minimizarla (cero es el valor mínimo que puede tomar cualquier cantidad elevada al cuadrado), se tiene:

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2}{\partial \beta_0} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i) = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2}{\partial \beta_1} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i) x_i = 0$$

Lo que da origen a las ecuaciones normales para la recta de mínimos cuadrados

$$\sum_{i=1}^n y_i = n \beta_0 + \beta_1 \sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i = \beta_0 \sum_{i=1}^n x_i + \beta_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 \quad (5)$$

Despejando de β_0 (4) se tiene

$$\beta_0 = \frac{\sum y_i - \beta_1 \sum x_i}{n} = \hat{y} - \beta_1 \bar{x} \quad (6)$$

Sustituyéndola en [5], se tiene β_1 .

$$\beta_1 = \frac{\sum y_i x_i - \sum x_i \sum y_i}{\sum x_i^2 - n} = \frac{\sum y_i x_i - n \bar{x} \hat{y}}{\sum x_i^2 - n \bar{x}^2} \quad (7)$$

Una vez estimados los coeficientes de los parámetros con las ecuaciones 6 y 7, se llevará a cabo el análisis de varianza.

3.5.9 Análisis de Varianza (ANOVA)

El ANOVA es una prueba estadística para analizar si más de dos grupos difieren

significativamente entre sí en cuanto a sus medias y varianzas. La comparación entre variables se realiza con una variable independiente de tipo categórica (nominal o razón) y una variable dependiente con un nivel de medición por intervalos o razón (Juárez, 2015). En otras palabras, el ANOVA de un conjunto de muestras consiste en contrastar la hipótesis nula “todas las medias poblacionales de las que provienen las muestras son iguales”, contra la hipótesis alternativa “no todas las medias son iguales” con un nivel de significación α prefijado (Gibergans, 2019).

3.5.10 Regresión lineal múltiple

En el modelo de regresión lineal múltiple suponemos que más de una variable tiene influencia o está correlacionada con el valor de una tercera variable. Por ejemplo, en el peso de una persona pueden influir edad, género y estatura, en la renta pueden influir trabajo, capital físico, conocimientos, etc., (Granados, 2016).

En el modelo de regresión lineal múltiple esperamos que los sucesos tengan una forma funcional como:

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n + \varepsilon_i$$

Donde:

Y= Variable endógena

X=Variables exógenas o explicativas

β =Coeficientes estimados

ε_i =Residuos

Si utilizamos la notación matricial, la ecuación del modelo puede escribirse como:

$$Y = X * \beta + \varepsilon_i$$

Donde:

$$y = \begin{pmatrix} y_1 & 1 & x_{11} & \dots & x_{1k} \\ y_2 & 1 & x_{21} & \dots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_n & 1 & x_{n1} & \dots & x_{nk} \end{pmatrix}$$

$$\beta = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix}$$

$$\varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_0 \\ \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \varepsilon_k \end{pmatrix}$$

Partiendo de esta definición matricial, la estimación por mínimos cuadrados minimiza el valor de β :

$$S(\beta) = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \varepsilon' \varepsilon = (y - X\beta)'(y - X\beta) \quad (1)$$

Por lo tanto, lo que se debe hacer es derivar la expresión anterior y buscar el valor de β que la hace igual a cero. Antes de derivar note que la expresión anterior se puede escribir como:

$$\begin{aligned} S(\beta) &= y'y - \beta'X'y - y'X\beta + X'\beta'\beta X \\ S(\beta) &= y'y - 2\beta'X'y + X'\beta'\beta X \end{aligned} \quad (2)$$

Ahora si derivando e igualando a cero se obtiene:

$$\frac{\partial S}{\partial \beta} = -2X'y + 2X'X\hat{\beta} = 0 \quad (3)$$

Que se simplifica a

$$X'X\hat{\beta} = X'y \quad (4)$$

Esta ecuación se conoce como las ecuaciones normales de mínimos cuadrados. Para hallar la expresión de $\hat{\beta}$ se pre-multiplica la ecuación anterior por la inversa de $X'X$ (que en este caso se asume que existe). Por lo tanto, el estimador de β por mínimos cuadrados es:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'y \quad (5)$$

Una vez sacados los valores de las β 's se genera el ANOVA.

3.5.11 Prueba de hipótesis

Dagnino (2014), señala que una hipótesis es una proposición que puede o no ser verdadera pero que se adopta provisionalmente hasta recabar información que sugiera lo contrario. Si hay inconsistencia, se rechaza la hipótesis. Las pruebas de hipótesis se usan precisamente para evaluar el grado de esa inconsistencia, hay dos clases de hipótesis con las cuales realizar una prueba:

La hipótesis nula denotada como H_0 (Nula, falta de valor y fuerza para obligar o tener efecto). La expresión matemática es $H_0: \mu_1 = \mu_2$.

La hipótesis alternativa es que el efecto sí existe, que es distinto de cero, y que en algunos casos se puede especificar el signo de esa diferencia.

3.5.12 Prueba F-Fisher

El estadístico F es una prueba que se utiliza para evaluar la capacidad explicativa que tiene un grupo de variables independientes sobre la variación de la variable dependiente, de esta manera, la prueba F pretende determinar si de entre un grupo de variables independientes, al menos una tiene capacidad de explicar una parte significativa de la variación de la variable dependiente (Marco, 2018).

3.5.13 Prueba t-student

La prueba t de Student, en su uso más común, es la prueba de hipótesis acerca de la

media de una sola población y también valoración de si las medias de dos grupos son estadísticamente diferentes entre sí, lo que tiene los siguientes supuestos: 1) las observaciones en cada grupo siguen una distribución normal; 2) la desviación estándar en ambas muestras es igual, y 3) independencia. El valor de las observaciones en un grupo no proporciona información alguna sobre el otro grupo. Es probablemente la prueba estadística más ampliamente usada y conocida (Gómez et al., 2013).

3.5.14 Bondad de ajuste

Es un indicador que permite discernir acerca de que tan buena es la ecuación obtenida (Asurza, 2006). Dicho de otro modo, La bondad de ajuste de un modelo estadístico describe lo bien que se ajusta un conjunto de observaciones (Guerrero, 2015).

3.5.15 Coeficiente de correlación o R^2

Este coeficiente nos indica el grado de ajuste de la recta de regresión a los valores de la muestra, y se define como el porcentaje de la variabilidad total de la variable dependiente Y que es explicada por la recta de regresión. Cuanto menos dispersos sean los residuos (recordad que los residuos o errores son la diferencia entre los valores observados y los valores estimados por la recta de regresión), mejor será la bondad del ajuste (Laguna, 2014).

3.5.16 Supuestos del modelo de regresión lineal múltiple

Rodríguez (2010), señala que los supuestos de un modelo de regresión lineal múltiple representan una serie de condiciones que deben cumplirse para garantizar la validez del modelo.

- Independencia (autocorrelación): los residuos son independientes entre sí.
- Homocedasticidad: los residuos tienen varianza constante.
- No colinealidad (multicolinealidad): las variables independientes no están correlacionadas entre sí.

3.5.17 Prueba Durbin Watson (DW)

El estadístico DW se utiliza para comprobar si existe una relación de interdependencia entre los residuos. Su fórmula es la siguiente:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}$$

Para realizar la prueba de autocorrelación, la hipótesis nula y alternativa son: Ho: Sin correlación serial vs Ha= Correlación positiva o negativa

- Si el valor d es menor que el límite inferior dL de tablas, se rechaza la hipótesis nula.
- Si el valor d es mayor que el límite superior dU de tablas, no se rechaza la hipótesis nula.
- Si el valor d se encuentran entre dL y dU, los resultados no son concluyentes.

Si no se rechaza la hipótesis nula, se concluye que no hay autocorrelación y se cumple con el supuesto, si el estadístico no es conclusivo, significa que no se puede determinar si hay autocorrelación o no (Lind et al., 2012).

3.5.18 Prueba de Homocedasticidad

El supuesto de la homocedasticidad implica que los errores tengan varianza constante. Este supuesto lo verificamos mediante el estadístico de Levene o un gráfico de dispersión donde se traza en el eje Y los valores pronosticados y en el eje X los residuos. El supuesto de homocedasticidad supone que la variación de los residuos es uniforme, es decir, que en el gráfico no se visualizan pautas de asociación (Baños et al., 2019).

3.5.19 Prueba de multicolinealidad

Existe multicolinealidad entre las variables explicativas cuando existe algún tipo de dependencia lineal entre ellas, o lo que es lo mismo, si existe una fuerte correlación entre las mismas. La forma más sencilla de ver si existe multicolinealidad entre las variables es realizar un matriz de correlación y ver que tan relacionadas estas las variables entre, existe multicolinealidad si la relación es muy cerca a uno o es aproximadamente uno (Baños et al., 2019).

IV. METODOLOGÍA

Para la realización de esta investigación como primer paso se llevó a cabo una revisión de literatura en fuentes primarias y secundarias tales como: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Banco de Mundial (BM), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Our World in Data, Sistema Nacional de Incendios Forestales (SNIF) del 2020. Además, se consultaron publicaciones de revistas, libros y otros recursos bibliográficos con el fin de obtener información de las variables socioeconómicas y ambientales que influyen en las emisiones de CO₂.

Como segundo punto, se elaboró un modelo de regresión lineal múltiple, donde la variable dependiente o endógena serán las emisiones de CO₂ y como variables independientes los factores socioeconómicos y ambientales. El modelo propuesto es el siguiente:

$$CO_2 = \beta_0 + \beta_1 PobRur_t + \beta_2 PobUrb_t + \beta_3 ActPrim_t + \beta_4 ActSec_t + \beta_5 ActTer_t + \beta_6 VehCir_t + \beta_7 IncFor_t + \beta_8 SupFor_t + \varepsilon_t$$

Donde:

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7$ y β_8 , fueron los parámetros a estimar en el modelo; ε_t = es el término de error en el modelo y se distribuye independiente e idénticamente con media de cero y varianza constante; CO_2 = Emisiones de CO₂ (millones de toneladas); $PobRur$ = Población rural (número de habitantes); $PobUrb$ = Población urbana (número de habitantes); $ActPrim_t$ = Actividades primarias (millones de pesos constantes base 2013); $ActSec_t$ = Actividades secundarias (millones de pesos constantes base 2013); $ActTer_t$ = Actividades terciarias (millones de pesos constantes base 2013); $VehCir_t$ = Vehículos en circulación (número de vehículos); $IncFor_t$ = Incendios forestales (número de incendios); $SupFor_t$ = Superficie forestal afectada (hectáreas).

La estimación del modelo de regresión lineal múltiple se llevó a cabo mediante el método

de MCO con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS). Además, se empleó el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) para realizar la prueba de los supuestos del modelo. Finalmente se realizó el análisis estadístico y económico, así como el cálculo e interpretación de las elasticidades del modelo.

V. RESULTADOS

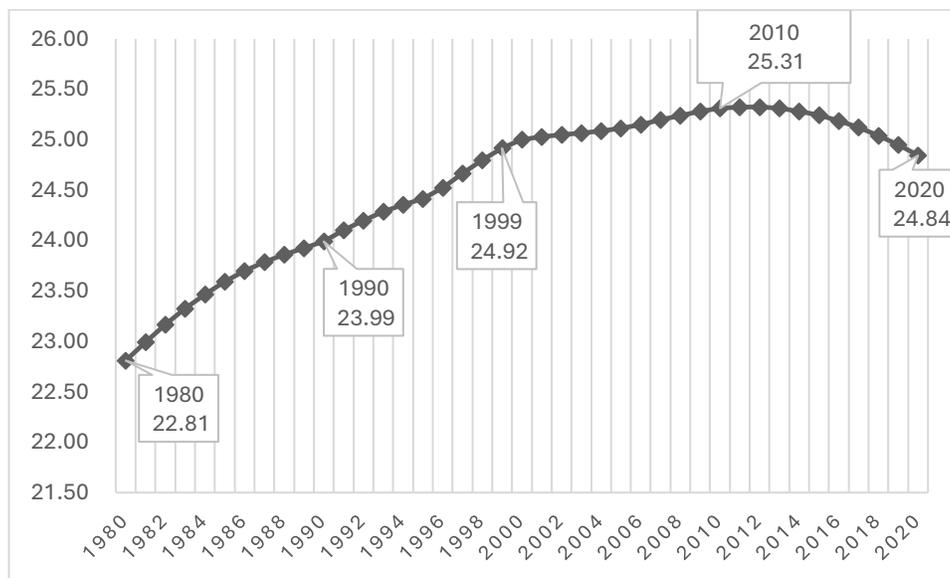
Con el fin de lograr los objetivos planteados, en este capítulo se presentan los resultados de la investigación, como primer análisis se consideró el estudio de las variables socioeconómicas y ambientales que contribuyen sobre las emisiones de CO₂, seguido se muestra los resultados obtenidos en el análisis estadístico y económico y finalmente se calcularon las elasticidades del modelo.

5.1 Evolución de las variables socioeconómicas y ambientales

5.1.1 Comportamiento de la población rural

La población rural creció de manera constante a lo largo del siglo XX. En 1980, la población rural era de 22.8 millones de habitantes, cifra que ascendió a 23.9 millones en 1990; posteriormente, vinieron los años de mayor crecimiento, pues aumentó a 24.9 millones en el año 2000 y 25.3 millones en el 2010. No obstante, tres años después, en 2012, la población rural empezó a descender y al cierre del año 2020 la cifra se convirtió en 24.8 millones de habitantes (Gráfica 13).

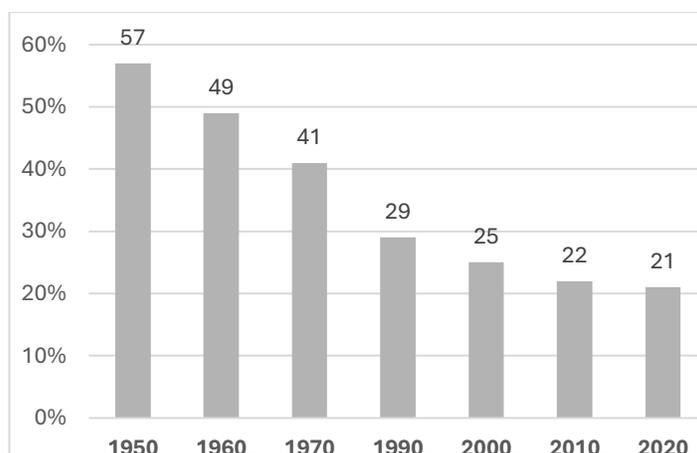
**Gráfica 12. Evolución de la población rural, 1980-2020
(Millones de habitantes)**



Fuente: Elaboración propia con base a datos de BM, s/f.

Dicho lo anterior, es importante destacar que la población durante 1980 era en su mayoría rural, pues 81 de cada 100 habitantes vivían en localidades rurales, para 1930, el porcentaje se redujo a 74.4 y en 1950 a 65.4%. En 1970 el país tenía un número similar de población rural y urbana. De este modo, aunque la población rural aumentara constantemente en términos absolutos, el grado de ruralización del país disminuyó a 39.9% en 1980, 34.4% en 1990 y a 31.0% en el año 2000, como consecuencia del mayor crecimiento de la población urbana (INEGI, 2000). Datos más actuales muestran que en 1950 la cantidad de personas que habitaban en comunidades rurales representaba 57.0% del total de la población del país; en 1990 era de 29.0% y para 2020 se tuvo un 21.0% (Gráfica 14) (INEGI, 2020).

Gráfica 13. Población rural (%)

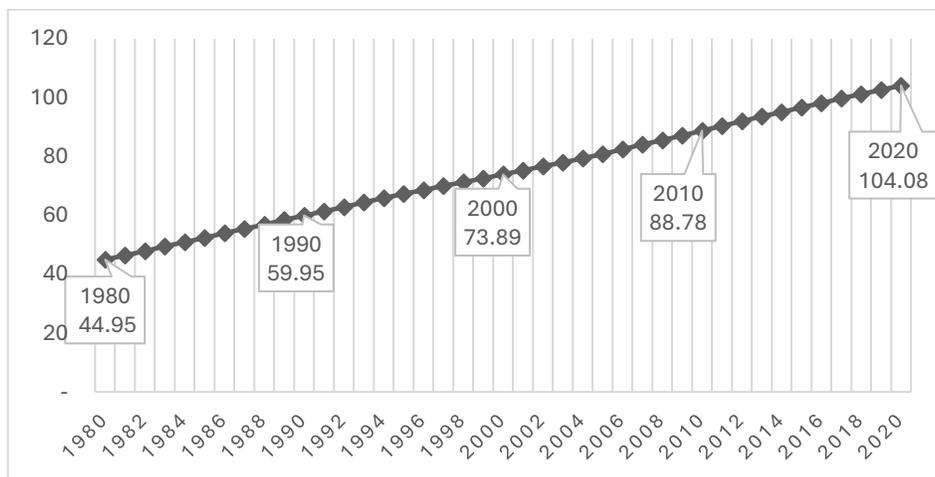


Fuente: Elaboración propia con base a datos INEGI, 2020.

5.1.2 Comportamiento de la población urbana

En México, la población urbana ha tenido un incremento constante durante varios años, ocasionado por el gran desarrollo industrial que se generan en las ciudades, provocando que las poblaciones rurales migren a los centros urbanos en busca de oportunidades (Gutiérrez, 2003). La población urbana en 1980 era de 44.9 millones de habitantes, cantidad que ha seguido creciendo a 73.8 millones en el 2000, posteriormente, en 2010 la cifra alcanzó los 88.7 millones y para el año 2020 la población urbana era cuatro veces más grande que la población rural con más de 104 millones de habitantes (Gráfica 15).

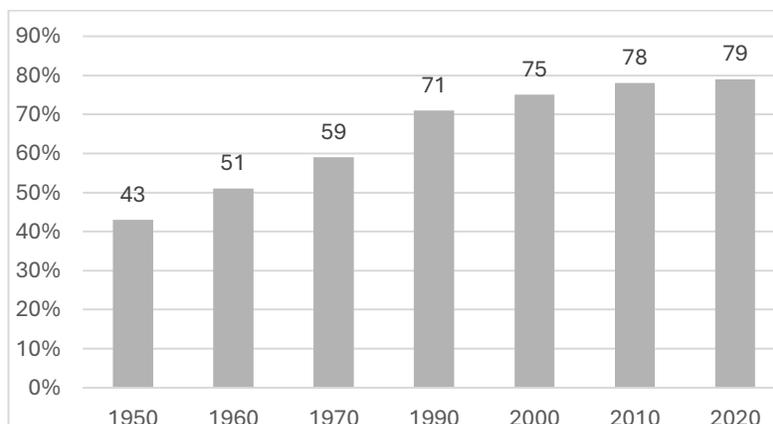
**Gráfica 14. Evolución de la población urbana, 1980-2020
(Millones de habitantes)**



Fuente: Elaboración propia con base a datos de BM, s/f.

De acuerdo con datos del (INEGI, 2020), durante el año de 1950 el 43.0% de la población vivía en localidades urbanas; en 1990 aumento a 71.0% y finalmente en el 2020 se tuvo un 79.0% de personas que vivían en centros urbanos (Gráfica 16). En este sentido, Almejo et al. (2014), señalan que tres de cada cuatro personas habitan en centros urbanos, y que esta multiplicación de asentamientos urbanos y la concentración de la población se debe en gran medida a las ventajas y oportunidades que las ciudades representan.

**Gráfica 15. Población urbana
(%)**



Fuente: Elaboración propia con base a datos INEGI, 2020.

Con base a los diferentes tipos de población mencionados anteriormente (población rural y urbanas) se han desarrollado diferentes actividades económicas, tal como: el sector primario, secundario y terciario.

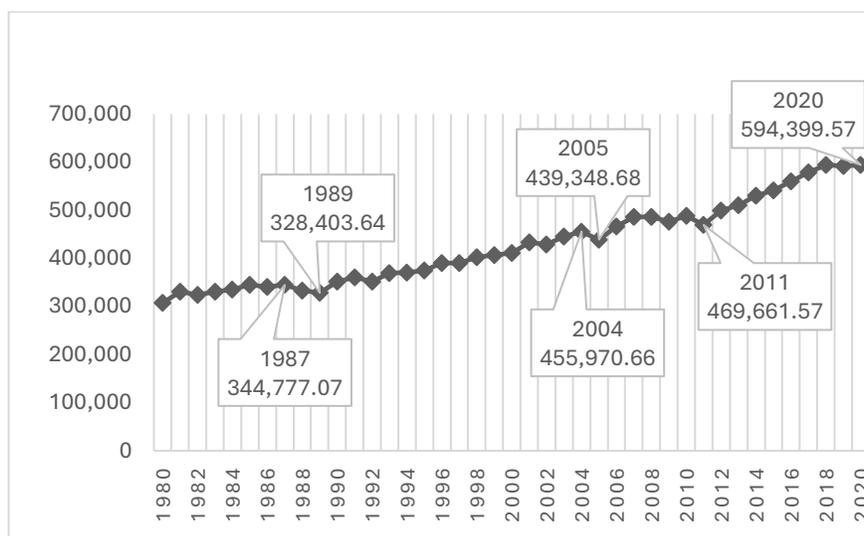
5.1.3 Comportamiento del sector primario

El sector primario ha crecido de manera estable desde 1980, sin embargo, este crecimiento ha tenido un desempeño muy bajo en los últimos años debido principalmente a la falta de incentivos al sector y una deficiencia política agropecuaria, la orientación de la política económica en México se basada en la manufactura que ha incentivado el crecimiento de la economía en las últimas décadas, dejando de lado el desarrollo del sector primario (Martínez et al., 2017).

Basurto y Escalante (2012), señalan que después de la entrada en vigor del TLCAN la tasa de crecimiento del sector primario empezó a disminuir, pues para el periodo de 1994 se tenía un porcentaje de crecimiento de 5.7%, cifra que descendió a 1.8% en el 2000, posteriormente, entre 2001 y 2006, el porcentaje era de 2.9% y para 2010 se registró un porcentaje de 1.7%. Datos más actuales muestran que las actividades primarias tuvieron un desempeño del 2.0% en 2019.

El desarrollo del sector primario ha mantenido un constante crecimiento, con excepción de 1987 a 1989, periodo en el cual la cifra paso de 344,777.07 millones de pesos en 1987 a 328,403.64 millones de pesos en 1989, a pesar de este declive, el sector primario siguió creciendo hasta 2004 alcanzando 455,970.66 millones de pesos, posteriormente en 2005 y 2011 la cifra disminuyo y volvió a crecer hasta 2018 donde el valor permaneció constante entre 593 y 595 millones de pesos (Gráfica 17).

Gráfica 16. Comportamiento del sector primario en México, 1980-2020
(Millones de pesos constantes base 2013)



Fuente: Elaboración propia con base a datos de INEGI, 2023.

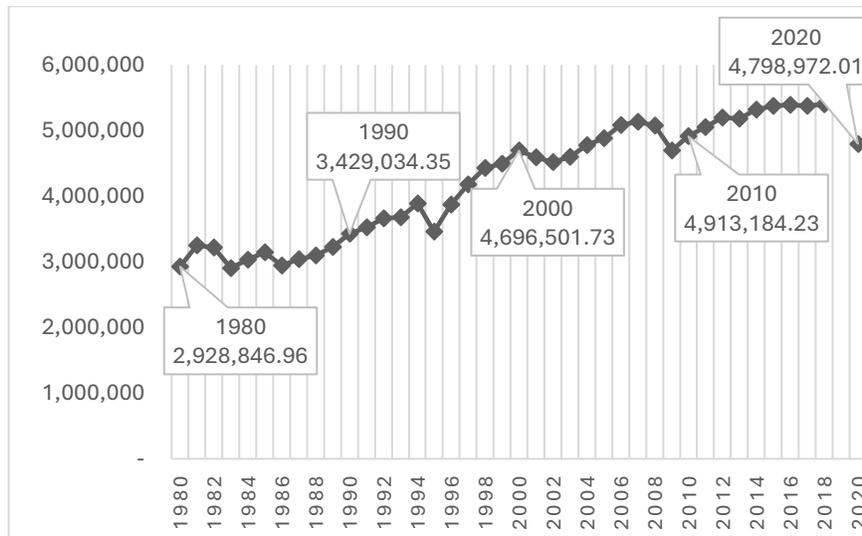
5.1.4 Comportamiento del sector secundario

La senda de crecimiento del sector secundario que ha seguido el país durante varias décadas ha estado estrechamente ligada al sector industrial, históricamente la tendencia de las actividades secundarias ha sido positiva, pues a finales de los años cincuenta y principios de la década de los setenta, la tasa de crecimiento del sector industrial era de 9.0% (Almonte et al., 2021). Durante 1988 y 1993 el porcentaje de crecimiento del sector secundario disminuyó a 6.5%, inmediatamente, en 1994 a 2000 el porcentaje llegó a ser de 8.6% y del 2000-2009 el porcentaje de crecimiento se ubicó en 0.6% (Calderón y Sánchez, 2012). Por otro lado, datos más recientes señalan una caída del 10.0% de las actividades secundarias, resultado de las afecciones en la producción industrial y ocasionadas por el confinamiento durante 2020.

Datos del INEGI, muestran un crecimiento constante del sector secundario, aunque existen varios periodos donde se perciben decrecimientos, de 1980 a 1990 la cifra pasó de 2.92 a 3.42 millones de pesos, de 1990 a 2000 sigue con una tendencia creciente, sin embargo en 1995 se presenta una caída de aproximadamente 423 mil pesos, a pesar de esta caída, el sector secundario permanece crecido hasta 2008 alcanzando los 5.07

millones de pesos, posteriormente, en 2009 la cifra disminuyó y volvió a crecer en el 2018 ubicándose en 5.40 millones de pesos. No obstante, tres años después, en 2020 la cifra pasó a 5 a 4.79 millones de pesos (Gráfica 18).

Gráfica 17. Comportamiento del sector secundario en México, 1980-2020
(Millones de pesos contantes base 2013)



Fuente: Elaboración propia con base a datos de INEGI, 2023.

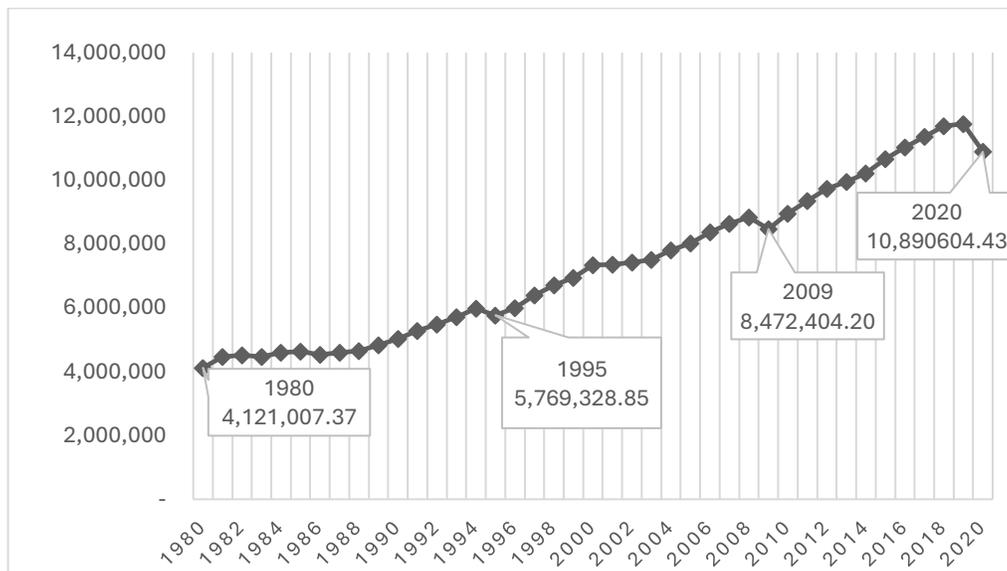
5.1.5 Comportamiento del sector terciario

Los cambios y transformaciones en el sector terciario son debidos en mayor parte al nivel de desarrollo económico de la sociedad (Cuamea, 2017). Además, es importante mencionar que el sector terciario mexicano da empleo a más de la mitad de la población trabajadora del país (18 millones de trabajadores) y genera más del 70.0% de los ingresos totales; es, por tanto, el sector más dinámico de la economía nacional (Hurtado y Córdoba, 2006).

Durante la década de los 60, el sector industrial era el principal impulsador de la economía del país. Bajo este esquema, en el transcurso de los años el sector de servicios poco a poco empezó a tener mayor relevancia, convirtiéndose incluso en el sector más importante en la economía de México (Schneider, 2020).

Las actividades terciarias han ido creciendo de forma lenta pero constante a través de los años, pues desde 1980 la cifra paso de 4,121,007.37 a 10,890,604.432 millones de pesos en 2020 y durante ese periodo, solo se han reportado tres decrementos en 1995, 2009 y 2020 (Gráfica 19).

Gráfica 18. Comportamiento del sector terciario en México, 1980-2020
(Millones de pesos constantes base 2013)



Fuente. Elaboración propia con base a datos de INEGI, 2023.

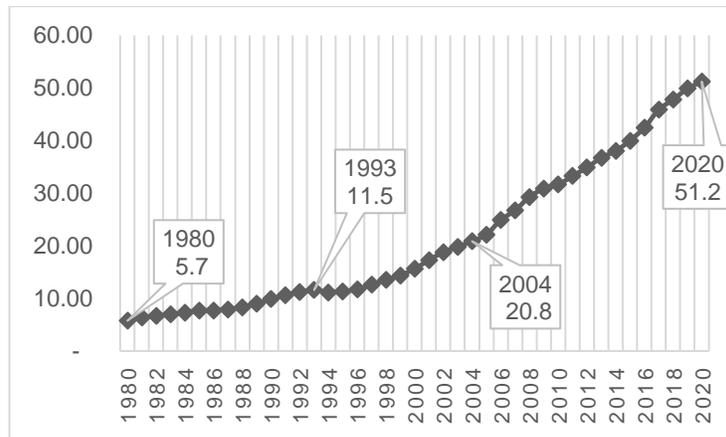
En cuanto al crecimiento de las actividades económicas primarias, secundarias y terciarias, el sistema de transporte es un factor importante para el crecimiento de estas actividades, dado que este sistema permite la diversificación, integración y el desarrollo de la economía.

5.1.7 Comportamiento del sector transporte

Es importante mencionar, que la base de datos del INEGI comprende automóviles, motocicletas, autos de pasajeros y de carga. El comportamiento esta variable ha mostrado una tendencia creciente desde la década de los ochenta, aumentando año con año el número de vehículos en circulación dentro país, pues desde 1980 el número de vehículos en circulación era de 5.7 millones, para 1993 la cantidad de vehículos se había

duplicado, posteriormente, en 2004 ya eran más 20 millones de vehículos en circulación, 5 años después, el número de vehículos había aumentado a 30 millones y finalmente, para 2020 el número de vehículos ya era superior a los 50 millones (Gráfica 20).

**Gráfica 19. Comportamiento del sector transporte, 1980-2020
(Millones de vehículos)**



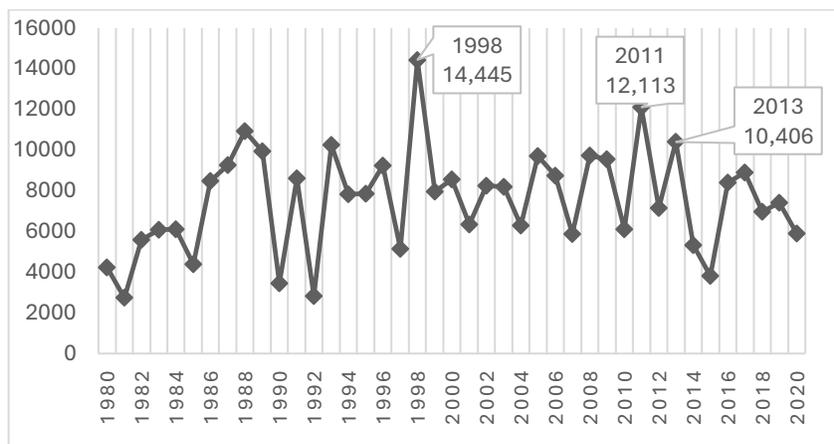
Fuente: Elaboración propia con base a datos de INEGI, 2023.

Una vez expuesta la importancia del comportamiento de las variables socioeconómicas, es necesario conocer el impacto de las variables ambientales, tales como los incendios y el número de áreas afectadas.

5.1.8 Comportamiento de los incendios forestales

Actualmente, el ser humano se ha convertido en la principal fuente de incendios forestales, sobrepasando los relámpagos y otras fuentes naturales. Aunado a ello, el calentamiento global, los cambios en los patrones de lluvias y las sequías están influyendo en el comportamiento del fuego (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2020).

**Gráfica 20. Comportamiento de los incendios forestales,1980-2020
(Número de incendios)**



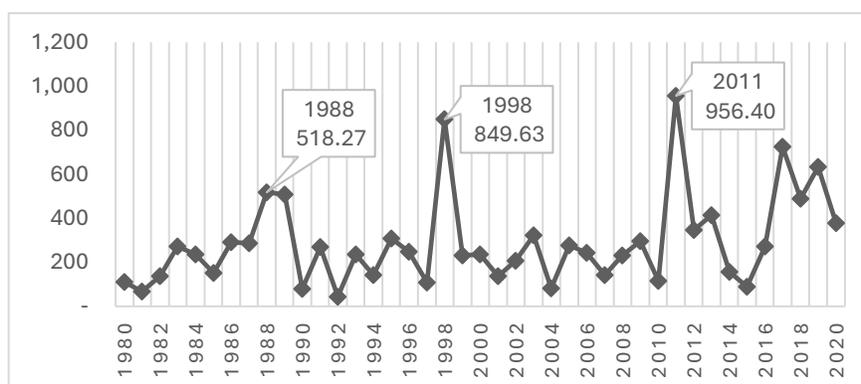
Fuente: Elaboración propia con base a datos CONAFOR, 2023.

En este sentido, la evolución de los incendios forestales muestra una tendencia irregular, debido a que esta variable es impredecible a través del tiempo, es decir, no es posible predecir en qué momento comenzara un incendio, sin embargo, en promedio el número de incendios forestales durante los últimos 40 años, ha sido aproximadamente de 7,545 incendios forestales, teniendo el punto máximo 1998 con 14,445 incendios, seguido de 2011 y 2013 con 12,113 y 10,406 incendios respectivamente, siendo estos tres años la mayor cantidad de incendios forestales registrados desde 1980-2020 (Gráfica 21).

5.1.9 Comportamiento de la superficie afectada por los incendios forestales

Al igual que el número de incendios, el comportamiento de la pérdida de la superficie forestal ocasionada por estos mismos muestra una tendencia irregular, puesto que la velocidad en la que se pierde la biosfera dependerá de la intensidad y propagación del fuego. En los últimos 40 años se han perdido aproximadamente 11.84 millones de hectáreas y en promedio se han perdido 228 mil hectáreas al año teniendo tres puntos máximos en 1988, 1998 y 2012 con una pérdida forestal de 518.27, 849.63 y 956.40 mil hectáreas (Gráfica 22).

**Gráfica 21. Comportamiento de la superficie afectada por los incendios forestales
(Miles de hectáreas)**



Fuente: Elaboración propia con base a datos CONAFOR, 2023.

5.2 Análisis estadístico

El análisis estadístico del modelo se basó en el coeficiente de determinación (R^2), el valor de la F-calculada (F_c), el cuadrado medio del error y la t-student para cada uno de los estimadores a partir del análisis de varianza. Para probar la significancia estadística de la ecuación de regresión ajustada, se consideró el siguiente juego de hipótesis, $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n = 0$ vs $H_a: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n \neq 0$.

Tabla 5. Análisis de varianza del modelo

Variable dependiente	Variables independientes							
Ecuación 1								
CO_2	<i>PobRur</i>	<i>PobUrb</i>	<i>ActPrim</i>	<i>ActSec</i>	<i>ActTer</i>	<i>VehCir</i>	<i>IncFor</i>	<i>SupFor</i>
Coefficiente	124.3026	-9.8685	-656.7033	77.9694	0.8816	11.0411	3637.1094	-43.3492
Tc	4.7819	-4.2845	-2.6282	3.6923	0.0506	5.6139	2.0394	-1.9777
P-value	0.000	0.000	0.013	0.001	0.960	0.000	0.049	0.056
R²=	0.9724							
F- valor=	140.98							
Prob=	0.0001							

Fuente: Elaboración propia con los resultados del paquete estadístico SAS.

Los resultados del análisis de varianza que se muestra en la Tabla 5, para el caso del modelo de las emisiones de CO_2 , revelaron que la prueba global resultó significativa ya que la $F_c = 140.98$ fue mayor que la $F_t, 0.5 (8, 32) = 2.244$, con un nivel de significancia

del 5.0% ($\alpha = 0.05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) en favor de la hipótesis alternativa (H_a), lo que indica que al menos uno de los parámetros estimados por la regresión, es distinto de cero, tiene un efecto significativo sobre la producción de CO_2 .

Con respecto a la prueba individual, de las variables independientes incluidas en la regresión, solamente la *PobRur*, *PobUrb*, *ActPrim*, *ActSec*, *VehCir* y los *IncFor*, resultaron ser estadísticamente significativas, ya que presentaron una $|t_c| = 4.78, -4.28, -2.62, 3.69, -2.52, 5.61$ y 2.03 respectivamente, que fueron cada una mayor que la $t_{t,0.025(32)} = 2.0369$. Así mismo, para el caso de estas variables, el p-value fue menor al nivel de significancia (0.05), con un nivel de confianza del 95.0%. Por otro lado, no hubo un efecto significativo de las *ActTer* ($|t_c| = 0.05$) y la *SupFor* ($|t_c| = -1.97$) sobre las emisiones de CO_2 , ya que sus $|t_c|$ resultaron ser menores que la $t_{t,0.025(32)} = 2.0369$, lo cual se puede corroborar con el p-value que resultó ser mayor al nivel de significancia (0.05).

Se realizaron las pruebas para determinar problemas de autocorrelación y de heterocedasticidad a través de la prueba Durbin-Watson (DW) y del análisis de residuos mediante el método gráfico y no se encontró evidencia de ninguno de los problemas anteriores.

5.2.1 Análisis de autocorrelación

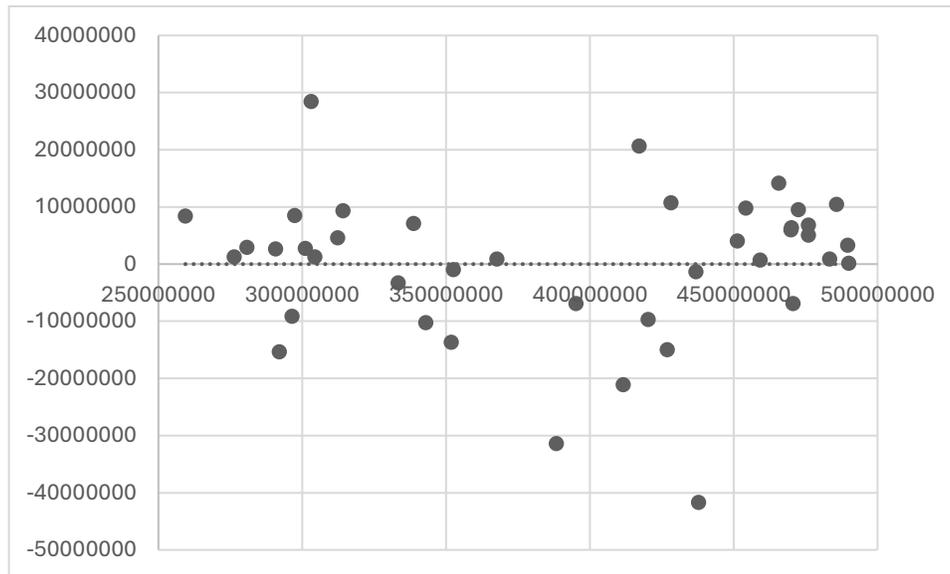
Al calcular el estadístico de DW, se obtuvo un valor de 1.078, los valores de tablas de DW son: $dL=0.895$ y $dU=1.799$, por lo que se concluye que no hay evidencias claras sobre la presencia o ausencia de un problema de autocorrelación ya que el valor calculado se encuentra dentro del intervalo de aceptación.

5.2.2 Análisis de heterocedasticidad

En el análisis de regresión, la heteroscedasticidad se refiere a la dispersión desigual de residuos o términos de error. Para evaluar la heterocedasticidad se utilizó el método gráfico, si el gráfico presenta un patrón sistemático de comportamiento, se puede sospechar que hay heterocedasticidad, en caso contrario, no hay indicios de

heterocedasticidad (Arce y Mahía, 2008). Para este trabajo, en la gráfica 23 se observa que no existe un patrón de los residuos, por lo tanto, se concluye que no existen problemas de heterocedasticidad.

Gráfica 22. Prueba de heterocedasticidad



Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Análisis de multicolinealidad

Por otro lado, al comprobar a la interdependencia entre las variables independientes, mediante una matriz correlación, se puede observar que las variables independientes altamente correlacionadas entre sí, dando valores cercanos a uno, lo que indicaría problemas de multicolinealidad (Tabla 6).

Tabla 6. Matriz de correlaciones

	<i>CO₂</i>	<i>PobRur</i>	<i>PobUrb</i>	<i>ActPrim</i>	<i>ActSec</i>	<i>ActTer</i>	<i>VehCir</i>	<i>IncFor</i>	<i>SupFor</i>
CO₂	1.000								
PobRur	0.933	1.000							
PobUrb	0.884	0.894	1.000						
ActPrim	0.827	0.805	0.978	1.000					
ActSec	0.955	0.927	0.950	0.921	1.000				
ActTer	0.866	0.833	0.985	0.991	0.947	1.000			
VehCir	0.783	0.737	0.959	0.984	0.872	0.979	1.000		
IncFor	0.262	0.332	0.187	0.093	0.178	0.126	0.079	1.000	

SupFor	0.226	0.247	0.335	0.307	0.247	0.334	0.354	0.722	1.000
---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia con base en la salida de SAS.

En principio, el problema de multicolinealidad puede atenuarse combinando variables correlacionadas o eliminando algunas de las variables que son más afectados por la multicolinealidad, pero el problema no puede resolverse por completo (Guerrero, 2017).

Dicho esto, el modelo se rescribió utilizando las variables población rural y urbana, PIB, vehículos en circulación y los incendios forestales, dando los siguientes valores estadísticos (Tabla 7):

Tabla 7. Análisis de varianza del modelo corregido

Variable dependiente	Variables independientes				
Ecuación 2					
<i>CO₂</i>	<i>PobRur</i>	<i>PobUrb</i>	<i>PIB</i>	<i>VehCir</i>	<i>IncFor</i>
Coeficiente	180.0073	-14.2137	23.9190	8.6164	605.8482
Tc	6.9494	-5.8659	4.3342	3.9013	0.4983
P-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.621
R²=	0.9561				
F- valor=	152.6953				
Prob=	0.001				

Fuente: Elaboración propia con los resultados del paquete estadístico SAS.

Los resultados del análisis de varianza del segundo modelo econométrico revelaron que la prueba global resultó significativa ya que la $F_c = 152.69$ fue mayor que la $F_{t, 0.5 (5, 35)} = 2.485$, con un nivel de significancia de 5.0% ($\alpha = 0.05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) en favor de la hipótesis alternativa (H_a), lo que indica que al menos uno de los parámetros estimados por la regresión, es distinto de cero. Mientras tanto, en la prueba individual, de las variables independientes incluidas en el modelo, solo la que se refiere a incendios forestales resultó ser no significativa estadísticamente, ya que presentó un p-value mayor al nivel de significancia (0.05). En el caso de las variables *PobRur*, *PobUrb*, *PIB*, *VehCir*, indicaron que un aumento o disminución en estas variables impactaría significativamente en la producción de CO_2 .

5.3 Análisis económico

De acuerdo con los resultados del modelo corregido, la ecuación que logra explicar la relación entre las emisiones de CO₂ y las variables socioeconómicas y ambientales, fue:

$$\widehat{CO_2} = -3461974138.65 + 180PobRur - 14.21PobUrb + 13.91PIB + 8.61VehCir + 605.84 IncFor$$

De acuerdo con los valores estimados para cada una de las variables independientes, solo la población rural y urbana no presentan el signo esperado de acuerdo con la teoría económica, ya que se encontró una relación diferente a la esperada.

5.3.1 Cálculo de las elasticidades

El cálculo de las elasticidades de un modelo de regresión permite medir la sensibilidad de una variable ante un cambio en las variables influyentes. En este sentido, se calculó la elasticidad de las emisiones de CO₂ ante la variación de las variables socioeconómicas y ambientales (Tabla 8).

Tabla 8. Elasticidades de la forma estructural

$\varepsilon_{PobRur}^{CO_2}$	7.83
$\varepsilon_{PobUrb}^{CO_2}$	-1.76
$\varepsilon_{PIB}^{CO_2}$	0.50
$\varepsilon_{VehCir.}^{CO_2}$	0.37
$\varepsilon_{IncFor.}^{CO_2}$	0.02

Fuente: Elaboración propia con información de la salida del paquete SAS.

Con base a lo presentado en la Tabla 8, la elasticidad de las emisiones de CO₂ con respecto a las variables independientes fue de 7.83, -1.76, 0.50, 0.37 y 0.2 respectivamente, lo que indica que ante un incremento del 10.0% en cada variable estaría asociado a un cambio porcentual en la producción de CO₂, como se muestra en la tabla

9.

Tabla 9. Variación del 10.0% en *PobRur*, *PobUrb*, *PIB*, *VehCir* y *IncFor*

PobRur	Aumento	78.3%
PobUrb	Disminución	17.6%
PIB	Aumento	5.0%
VehCir	Aumento	3.7%
IncFor	Aumento	0.2%

Fuente: Elaboración propia con información de la salida del paquete SAS.

VI. DISCUSIÓN

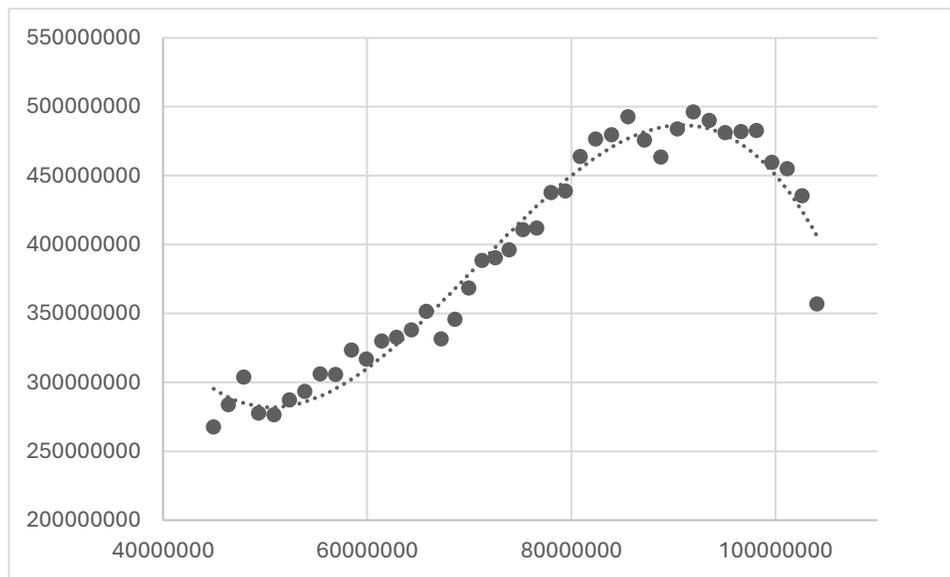
Luego de haber descrito y analizado los diferentes resultados obtenidos en la investigación respecto a las variables socioeconómicas y ambientales que influyen en las emisiones de CO₂, sobre la base de un minucioso análisis estadístico, en el presente apartado, se estará discutiendo los principales hallazgos de este estudio.

La discusión de resultados se centra en aquellos aspectos más relevantes que se han extraído de los resultados y así poder contrastar las hipótesis establecidas en este trabajo.

Los resultados obtenidos demuestran que un incremento en la población urbana tendría un impacto negativo en la producción de CO₂. Esto debido principalmente al avance tecnológico que ha permitido que el consumo de energía en las grandes urbes haya disminuido y con ello la disminución del CO₂. Investigaciones de Cruz (2016) y Contreras (2017) coinciden con el resultado obtenido, pues ellos concluyen que la sostenibilidad urbana podría lograrse en un futuro no muy lejano gracias al avance tecnológico y al consumo responsable de los entes económicos.

Asimismo, al representar gráficamente la correlación entre las emisiones de CO₂ y la población urbana, se percibe una tendencia muy similar a la CAK, sugiriendo así la existencia de un punto de inflexión donde se produce una reducción en las emisiones de CO₂ a pesar del aumento de la población en zonas urbanas, lo cual puede atribuirse en gran medida al progreso tecnológico (Gráfica 24).

Gráfica 23. Correlación del CO₂ y la Población urbana



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la población rural tiene una relación directa con la variable respuesta, es decir, que un aumento en la población rural aumentaría el número de emisiones de CO₂, posiblemente dado por la deforestación y el cambio de uso de suelo, además, de depender de fuentes de energía altas en carbono como el gas y la quema de biomasa (carbón y leña), sin posibilidad de optar por tecnología amigable con el medio ambiente, originando el crecimiento no tan acelerado pero constante de las emisiones de CO₂. Estos resultados son respaldos por Rodríguez (2019) y Zhang et al. (2022) quienes refieren que el aumento de la población rural no gestionada de manera sustentable ocasionaría la producción constante de CO₂.

Otra posible explicación la da Fernández (2007), quien afirma que la intensificación de la producción agrícola dará lugar a una mayor demanda de fertilizantes, agua, y de nuevas tierras de cultivo, lo que aumentaría las emisiones de gases contaminantes y reduciría la capacidad de almacenamiento de CO₂, originada principalmente por la deforestación.

Para el caso de las actividades económicas, el resultado de la relación fue el esperado, tanto en términos de PIB como su desglosamiento en actividades económicas, pues se demostró tener una relación directa con respecto a la producción de CO₂, con excepción

de las actividades primarias, esto debido principalmente al hecho de que las actividades primarias no requieren de una extensa infraestructura o un procesamiento industrial complejo a diferencia de las actividades secundarias y terciarias, que están más enfocadas en la industrialización. Estos resultados son corroborados por Buenaño (2017), quien en su investigación llega a concluir que la producción de bienes y servicios tiende a hacer la actividad económica con mayores emisiones de gases contaminantes a causa del encadenamiento productivo al desarrollar un producto final.

Por último, la relación entre los incendios forestales y la generación de CO₂ fue positiva, pero no fue significativa dentro del modelo, es decir, no explica la producción de CO₂ durante el periodo de estudio. Aunque hay evidencia por investigaciones de Borunda (2020) y Medina (2021) en la que concluyen que los incendios forestales, así como la pérdida forestal, reduce la capacidad de captura de carbono y aumenta la absorción de calor en la atmósfera, lo que provoca incendios forestales más frecuentes en todo el mundo.

VIII. CONCLUSIONES

Al estudiar las variables socioeconómicas y ambientales que influyen en las emisiones de CO₂, se observó que algunas variables pueden reducir sus niveles de CO₂ con el avance tecnológico y la eficiencia energética, tal es el caso de la población urbana, caso contrario en las zonas rurales, donde difícilmente existen practicas sostenibles que disminuyen el número de emisiones de CO₂ liberados a la atmosfera, esto debido principalmente alto costo que representa la tecnología amigable con el medio ambiente.

Por otro lado, las actividades económicas se han considerado un factor clave en la producción de CO₂, pues cuanto mayor sea la actividad económica de un país, es probablemente que las emisiones de CO₂ sean altas también si no se cuenta con la tecnología suficiente que permita la absorción de CO₂ al desarrollar los bienes y servicios que demanda la población.

De lo anterior se puede concluir, que desde 1980-2020 las emisiones de CO₂ en México no han parado de crecer, y si en los próximos años el crecimiento sigue la misma conducta y no se opta por prácticas sustentables, las consecuencias serán cada vez más severas y difíciles de afrontar.

En este sentido, el modelo econométrico permitió contrastar las hipótesis planteadas y descubrir discrepancias en la relación esperada en la población rural y urbana, rechazando la relación inversa en la población rural y la relación directa en la población urbana, pero aceptado la hipótesis de una relación directa en las demás variables, exceptuando las actividades primarias.

Finalmente, esta investigación es fundamental para identificación y búsqueda de estrategias que ayuden a frenar los efectos ocasionados por este mismo, inclusive este estudio pretende en contribuir con los trabajos futuros que busquen la prevención y regulación de las emisiones de CO₂ causadas por el ser humano.

IX. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, se tienen las siguientes recomendaciones:

- Realizar un modelo econométrico no lineal, que ajuste mejor a la tendencia de datos y comparar los resultados de las variables evaluadas.
- Considerar un modelo de regresión polinomial.
- Realizar una investigación más afondo sobre el comportamiento de la innovación tecnológica y su relación con las emisiones de CO₂.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA]. (2022). Emisiones de dióxido de carbono | US EPA. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-dioxido-de-carbono>
- Agencia Internacional de la Energía [IEA]. (2019). Emisiones – Global Energy & CO2 Status Report 2019 – Análisis - AIE. Informe Global de Estado de Energía. <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019/emissions>
- Agras, J., & Chapman, D. (1999). A dynamic approach to the Environmental Kuznets Curve hypothesis. *Ecological Economics*, 28(2), 267–277. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00040-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00040-8)
- Alarco, G. (2005). ESCENARIOS DE EXPANSIÓN ELÉCTRICA PARA MÉXICO 2005-2015. *Problemas de Desarrollo*, 36, 145–169. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362005000300008
- Alcántara, Vicent., & Padilla, Emilio. (2005). Análisis de las emisiones de CO2 y sus factores explicativos en las diferentes áreas del mundo. Facultad de ciencias económicas y empresariales. https://www.researchgate.net/publication/24138217_Analisis_de_las_emisiones_de_CO2_y_sus_factores_explicativos_en_las_diferentes_areas_del_mundo
- Almejo, R., García, J., & Benítez, I. (2014). La urbanización en México 2010-2030: un esbozo de los retos y oportunidades asociados al crecimiento urbano y regional. La situación demográfica de Mexico. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/10/4677/9.pdf>
- Almonte, L. de J., Carbajal, Y., & Torres, V. (2021). Actividad económica en México. Un análisis sectorial (Eón, S.A.). <http://hdl.handle.net/20.500.11799/110209>
- Amat, R. (2016, junio). Correlación y Regresión lineales simple. Ciencia de datos. https://cienciadedatos.net/documentos/24_correlacion_y_regresion_lineal
- Arce, R., & Mahía, R. (2008). CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LA HETEROCEDASTICIDAD EN EL MODELO BÁSICO DE REGRESIÓN LINEAL TRATAMIENTO CON E-VIEWS. <https://tabarefernandez.tripod.com/dearce.pdf>
- Arias, Adrián. (2020, marzo 26). México con más gases contaminantes | El Heraldo de

- México. HERALDO DE MÉXICO.
<https://heraldodemexico.com.mx/economia/2020/3/26/mexico-con-mas-gases-contaminantes-162860.html>
- Asurza, H. (2006). Glosario básico de términos estadísticos.
https://www.academia.edu/43404111/Glosario_b%C3%A1sico_de_t%C3%A9rminos_estad%C3%ADsticos
- Aunión, J., & Planelles, M. (2019). El CO2 en el cambio climático. CO2 Así se acumula en la atmósfera. <https://elpais.com/especiales/2019/el-co2-en-el-cambio-climatico/>
- Banco Mundial [BM]. (2021). Población Total. Data.
<https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>
- Baños, R. V., Fonseca, M. T., & Álvarez, M. R. (2019). Análisis de regresión lineal múltiple con SPSS: un ejemplo práctico. Análisis de regresión lineal múltiple con SPSS: un ejemplo práctico, 12 (2), 1–10. <https://doi.org/10.1344/reire2019.12.222704>
- Barbosa, L. (2022). Gases de efecto invernadero y contaminación del aire: puntos en común y diferenciadores. Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 6, 102–144. https://www.nucleodoconhecimento.com.br/medio-ambiente/gases-de-efecto-invernadero#_ftn1
- Barrientos, Á. R. (2020). CONTAMINACIÓN POR EMISIONES DE CO2 EN EL MODELO DE CRECIMIENTO ECONÓMICO DE RAMSY-CASS-KOOPMANS: EL CASO DE MÉXICO [Universidad Veracruzana].
<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/51660/BarrientosCruzAngel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Basurto, S., & Escalante, R. (2012). The impact of the economic crisis on Mexico's agriculture. Economía UNAM, 9(25).
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2012000100004
- Bembibre, C. (2023). Definición de Población Rural. Definición ABC.
<https://www.definicionabc.com/social/poblacion-rural.php#apa-abc>
- Benavides, H., & León, G. (2007). INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM].

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>

Benites, L. (2021, noviembre 25). Término de error: definición y ejemplos. *statologos*.
<https://statologos.com/termino-de-error/>

Benítez, P. (2022, abril 6). El bosque arde... *Crónica*.
<https://www.cronica.com.mx/nacional/bosques-2da-parte.html>

BM. (s/f-a). Población Rural- México. Datos Banco Mundial. Recuperado el 28 de junio de 2023, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.RUR.TOTL?locations=MX>

BM. (s/f-b). Población Urbana-México. Datos Banco Mundial. Recuperado el 16 de agosto de 2023, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL?locations=MX>

Bordalí, A. (1993). Subdesarrollo y medio ambiente. *Revista de Derecho*, IV, 21–54.
<http://revistas.uach.cl/html/revider/v4/body/art02.htm#n38>

Borunda, A. (2020). ¿Cuál es la relación entre los incendios forestales y el cambio climático? *National Geographic*.

<https://www.nationalgeographicla.com/ciencia/2020/09/cual-es-la-relacion-entre-los-incendios-forestales-y-el-cambio-climatico>

Boyce, J. (2004). Green and Brown? Globalization and the Environment. *Oxford Review of Economic Policy*, 20(1), 105–128. <https://doi.org/10.1093/OXREP/20.1.105>

Brito, M. L., Alemán, I., Fraga, E., Para, J. L., & Arias, R. I. (2011, abril). Papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros. *Scielo*.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442011000200005

Buenaño, E. (2017). Actividad económica y emisiones de CO2: Ensayos empíricos para el Ecuador [Universidad Autónoma de Barcelona].

<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/457437/evbh1de1.pdf?sequence=5.xml>

Cajal, Alberto. (2020, abril 19). ¿Qué son las Actividades Primarias, Secundarias y Terciarias? *Lifeder*. <https://www.lifeder.com/actividades-primarias-secundarias-terciarias/>

Calderón, C., & Sánchez, I. (2012). Crecimiento económico y política industrial en México. *Problemas del Desarrollo*, 43(170).

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362012000300006

- Camacho, M., Cabrera, F., & Pittí, A. (2015). Poblaciones urbana y rural de Panamá. Un análisis a partir de microdatos censales. Novedades en población. www.cepal.org/celade/depualc
- Cámara de Diputados. (1988). LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/148.pdf>
- Carollo, C. (2012). Regresión Lineal Simple. Departamento de estadística e investigación operativa. http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat_50140116_Regr_%20simple_2011_12.pdf
- Castro, J. (1973). El Subdesarrollo, primera causa de contaminación. El Subdesarrollo, primera causa de contaminación. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000050622_spa
- Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable Environmental Kuznets Curve: Implications for Sustainable Growth. Economía Informa. <http://www.economia.unam.mx/assets/pdfs/econinfo/389/02catalan.pdf>
- Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación.
- Caurin, J. (2016, octubre 26). Definición y tipos de actividades económicas | Ser autónomo. <https://www.serautonomo.net/que-son-las-actividades-economicas.html>
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria [CEDRSSA]. (2019). El cambio climático y el sector agropecuario en México. <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/12El%20cambio%20clim%C3%A1tico.pdf>
- Coll-Hurtado, A., & Córdoba, J. (2006). La globalización y el sector servicios en México Globalization and services in Mexico. Geografía humana, 114–131. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112006000300009
- Comisión Europea [CE]. (2010, octubre 14). El cambio climático y la relevancia de la demografía. CORDIS. <https://cordis.europa.eu/article/id/32652-climate-change-demographics-matter/es>
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático [CICC]. (s/f). Antecedentes Históricos.

- Comisión Regional de Cambio Climático. Recuperado el 31 de marzo de 2023, de <http://www.ccpy.gob.mx/internacional/antecedentes-historicos.php>
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2020). PROGRAMA DE MANEJO DEL FUEGO 2020-2024 COORDINACIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN GERENCIA DE MANEJO DEL FUEGO CONTENIDO. <https://www.gob.mx/conafor/documentos/el-programa-de-manejo-del-fuego#:~:text=Conjunto%20de%20objetivos%2C%20estrategias%2C%20I%C3%A9neas%20de%20acci%C3%B3n%2C%20actividades,as%C3%AD%20como%20las%20leyes%20y%20normatividad%20local%20aplicable.>
- CONAFOR. (2023). Histórico Incendios Forestales en México 1970-2022. CONAFOR. <https://snif.cnf.gob.mx/estadisticas-de-incendios/>
- Contreras, C. (2017). Superar la sostenibilidad urbana: una ruta para América Latina. *Bitácora Urbano Territorial*, 27(2), 27–34. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v27n2.62483>
- Cruz, I. (2016). Emisiones de CO2 en hogares urbanos. El caso del Distrito Federal. *Estudios demográficos y urbanos*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-72102016000100115#B58
- Cuamea, D. (2017). Relaciones entre la terciarización y la productividad laboral en los estados de la frontera norte de Mexico,2004-2014 [Universidad de Sonora]. <https://investigadores.unison.mx/es/studentTheses/relaciones-entre-la-terciarizaci%C3%B3n-y-la-productividad-laboral-en->
- Dagnino, J. (2014). INFERENCIA ESTADÍSTICA: PRUEBAS DE HIPÓTESIS. *Rev Chil Anest*, 43, 125–128. <https://revistachilenadeanestesia.cl/inferencia-estadistica-pruebas-de-hipotesis/>
- Echeverri, C. (2006). Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería. Ingenieras Universidad de Medellín. https://www.researchgate.net/publication/228455085_Estimacion_de_la_emision_de_gases_de_efecto_invernadero_en_el_municipio_de_Monteria_Cordoba_Colombiana
- El país. (2007). Los países en vías de desarrollo, casi igual de contaminantes que los

- ricos | Sociedad | EL PAÍS. Sociedad.
https://elpais.com/sociedad/2007/11/15/actualidad/1195081203_850215.html?event=go&event_log=go&prod=REGCRART&o=cerradomx
- Elizondo, A., & Amezcua, T. H. (2017). Regulating CO 2 Emissions for Light Vehicles in Mexico. *Gestión y Política Pública*, 27, 571–594.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792018000200571
- Epdata. (2023). El cambio climático, en datos y gráficos.
<https://www.epdata.es/datos/cambio-climatico-datos-graficos/447>
- Eskeland, G., & Harrison, A. (1997). ¿Te mudas a pastos más verdes? Las multinacionales y la hipótesis del refugio de la contaminación. Serie de documentos de trabajo del NBER. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=307125
- Espíndola, C., & Valderrama, J. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. *Información tecnológica*, 23(1), 163–176. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000100017
- Fernández, F. (2007). Impactos del cambio climático en las áreas urbanas y rurales. *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, 66–67. <http://www.ipcc.ch>
- Feulner, G. (2017). Formation of most of our coal brought Earth close to global glaciation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(43), 11333–11337. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1712062114>
- Fondo de Población de las Naciones Unidas [UNFPA]. (2021). Cambio climático. UNFPA. <https://www.unfpa.org/es/cambio-clim%C3%A1tico#summery105882>
- Frohmann, A., & Olmos, X. (2013). HUELLA DE CARBONO, EXPORTACIONES Y ESTRATEGIAS EMPRESARIALES FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO. <https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/4101/S2013998rev1.pdf>
- Garrett, C. (2019). Países más contaminantes del mundo: ranking 2022. Climate Consulting. <https://climate.selectra.com/es/huella-carbono/paises-contaminantes>
- Gibergans, J. (2019). El análisis de la varianza (ANOVA) (Universitat Oberta de Catalunya [UOC], Ed.; Cuarta). <https://www.studocu.com/ca-es/document/universitat-oberta-de-catalunya/fundamentos-de-estadistica/modulo->

12-el-analisis-de-la-varianza-anova/18069652

- Gil, A. (2021). Los países que más CO2 generan del mundo - Mapas de El Orden Mundial - EOM. El orden mundial. https://elordenmundial.com/mapas-y-gráficos/los-paises-que-mas-co2-generan-del-mundo/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F
- Global Carbon Project [GCP]. (2021). Emisiones de CO2 | Atlas Global del Carbono. Global Carbon Atlas. <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>
- Gómez, M., Danglot, C., & Vega, F. (2013). Cómo seleccionar una prueba estadística (Segunda parte). Revista Mexicana de Pediatría, 80, 81–85. www.medigraphic.org.mx<http://www.medigraphic.com/rmp>
- González, D. (2012). LA INDUSTRIA MEXICANA Y SU INTENSIDAD DE CARBONO. Digital Universitaria. <http://www.revista.unam.mx/vol.13/num10/art98/index.html>
- Granados, R. (2016). Modelos de regresión lineal múltiple. Economía Aplicada. https://www.ugr.es/~montero/matematicas/regresion_lineal.pdf
- Grossman, G., & Kruger, A. (1995). Economic growth and the environmet. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w4634/w4634.pdf
- Guerrero, J. (2015). Pruebas de Bondad de Ajuste y Pruebas no Parametricas. <https://es.slideshare.net/carlosbehe/pruebas-de-bondad-de-ajuste>
- Guerrero, S. (2017). Una metodología para el tratamiento de la multicolinealidad a través del escalamiento multidimensional. Ciencia en Desarrollo, 8(2), 9–24. <https://doi.org/10.19053/01217488.v8.n2.2017.5239>
- Gutiérrez, T. (2003). Desarrollo y distribución de la población urbana en México. Investigaciones Geográficas, 77–91. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112003000100010
- Gutiérrez, W. (2013). Crecimiento demográfico y cambio climático. Apuntes de Ciencia & Sociedad, 3(1), 4–5. <https://doi.org/10.18259/ACS.2013001>
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. Science, 162(3859), 1243–1248. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.162.3859.1243>
- INECC. (2017). INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO INFORMACION DE INTERÉS

- NACIONAL CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS 2015.
https://www.snieg.mx/DocAcervoINN/documentacion/inf_nvo_acervo/snigma/Inv_Nal_Gas_Comp_Efect_Inver/Consideraciones_metodologicasINEGYCEI_2015.pdf
- INECC. (2018a). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015. En Documento de la metodología del INEGYCEI 1990-2015.
https://www.snieg.mx/Documentos/IIN/Acuerdo_5_II_2014/Sector_Procesos_Industriales.pdf
- INECC. (2018b). Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GYCEI). GYCEI.
<https://cambioclimatico.gob.mx/estadosymunicipios/Emisiones.html>
- INECC. (2019). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Datos.
<https://www.gob.mx/inecc>
- INEGI. (2000). Población rural y rural ampliada en México - Características.
<file:///C:/Users/fer10/Downloads/INEGI88.pdf>
- INEGI. (2020). Población. Rural y Urbana. Cuéntame de México.
https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P
- INEGI. (2021, agosto 18). México - Vehículos de Motor Registrados en Circulación 2020, Información anual. Instituto Nacional de Estadística Geografía.
<https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/693>
- INEGI. (2023). Producto Interno Bruto Trimestral, Año base 2013, Valores constantes.
- Iniciativa Climática México [ICM]. (2021). Rumbo a la COP26.
https://www.iniciativaclimatica.org/wp-content/uploads/2021/09/COP26-T8_Generacio%cc%81nEle%cc%81ctricidad.pdf
- Instituto Mexicano del Petróleo [IMP], Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], PEMEX, INECC, & SEMARNAT. (2012). INFORME TÉCNICO "DETERMINACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN PARA EMISIONES FUGITIVAS DE LA INDUSTRIA PETROLERA.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC]. (2018, abril 18). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.
<https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (s/f). Clasificación para Actividades Económicas. Recuperado el 16 de agosto de 2023, de file:///C:/Users/fer10/Downloads/Clasificacion_act_econENOE.pdf
- Jakob, M., & Steckel, J. C. (2014). How climate change mitigation could harm development in poor countries. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(2), 161–168. <https://doi.org/10.1002/WCC.260>
- Jasso, M. (2022, octubre). Sector eléctrico, el que más contamina con la emisión de Co2. *Energía y Debate*. <https://energiaadebate.com/sector-electrico-el-que-mas-contamina-con-la-emision-de-co2/>
- Juárez, C. (2015). Análisis de Varianza de Tipo I: Anova I. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/33860>
- Krause, G. (2021). Definición de medio ambiente. Su etimología, sus componentes y su equilibrio – Definicion.com. *Biología*. <https://definicion.com/medio-ambiente/>
- Laguna, C. (2014). CORRELACIÓN Y REGRESIÓN LINEAL. <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-del-valle-de-mexico/epidemiologia-y-bioestadistica/correlacion-y-regresion-lineal/36063721>
- Lezama, J. (2018). Cambio climático, ciudad y gestión ambiental (Colegio de México [COLMEX], Ed.). <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/j.ctv4g1r5m>
- Lind, D., Marchal, W., & Wathen, S. (2012). Estadística aplicada a los negocios y la economía (Décimaquinta). file:///C:/Users/100019201/Downloads/ESTADISTICA_APLICADA_A_LOS_NEGOCIOS_Y_LA.pdf
- López, R. (2021). Manufactura, motor de la economía mexicana: Aporta 16.68% del PIB de México. STRATEGO FIRMA. <https://strategofirma.com/manufactura-motor-de-la-economia-mexicana-aporta-16-68-del-pib-de-mexico/>
- Maldonado, J. (2018). El consumo en energéticos y las economías de escala en la generación de CO2 por los hogares [Universidad Autónoma de Coahuila]. https://www.cise.uadec.mx/downloads/tesis/Maestria2016-2018_MCJA.PDF
- Manea, M. (2022). Gráfico: Diez países causan casi el 70% de las emisiones mundiales de CO₂. Statista. <https://es.statista.com/gráfico/28687/paises-con-el-mayor-porcentaje-de-emisiones-mundiales-de-co%25E2%2582%2582/>

- Manzanas, J. (2019, septiembre 24). Emisiones de CO₂: Qué son y cómo contribuyen al efecto invernadero. CONTAMINACIÓN. <https://okdiario.com/curiosidades/que-son-emisiones-co2-4606453>
- Marco, J. (2018). Estadístico F. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/estadistico-f.html>
- Marqués, J., Galindo, C., & Cervantes, A. (2007). Análisis de Regresión un enfoque práctico.
- Martínez, A., Salgado, A., & Vázquez, S. (2017). Tendencias recientes del sector primario en México. www.bbvaeresearch.com
- Martínez, J. (2013). Deuda ecológica ¿Quién debe a quién? Colectivo de Difusión de la Deuda Ecológica. www.icariaeditorial.com
- Medina, A. (2021). Incendios forestales y cambio climático. Portal Comunicación Veracruzana. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1424-incendios-forestales-y-cambio-climatico>
- Medina, J. (2010). La Dieta del Dióxido de Carbono (CO₂). Conciencia Tecnología. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94415753009>
- Méndez, E. (2021). México reporta reducción de 50 millones de toneladas de CO₂. Excelsior. <https://www.excelsior.com.mx/nacional/mexico-reporta-reduccion-de-50-millones-de-toneladas-de-co2/1465534>
- Mendoza, F., & Salazar, A. (2014). Inventario de emisiones en los principales corredores de transporte carretero en México. <http://www.imt.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt400.pdf>
- Mengpin, G., Johannes, F., & Leandro, V. (2021, septiembre 2). Cuatro gráficos que explican las emisiones de gases de efecto invernadero por país y por sector | WRI México. WRI México. <https://wrimexico.org/bloga/cuatro-gr%C3%A1ficos-que-explican-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-pa%C3%ADs-y-por>
- Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente [MAPAMA]. (2015). Cambio Climático: Mitigación. https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/cclimatico/informe_ipcc.html
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (s/f). Mitigación o reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero | Argentina.gob.ar. Argentina.gob.ar.

- Recuperado el 9 de abril de 2023, de <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/mitigacion>
- Mondragón, F. (2021). Ciclos del dióxido de carbono en la formación y utilización de combustibles fósiles y su efecto en el cambio climático. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(176), 833–849. <https://doi.org/10.18257/RACCEFYN.1364>
- Montoya, J. (2023, abril). Actividades primarias. *Actividades Económicas*. <https://actividadeseconomicas.org/actividades-primarias/>
- Morales, F. (2023, enero 23). Agricultura sustentable, esencial para la reducción de emisiones de CO₂. CIMMYT. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/agricultura-sustentable-esencial-para-la-reduccion-de-emisiones-de-co2/>
- Moto, A. Guadalupe. (2020). APLICACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR: EL IMPACTO DE LA LOGÍSTICA VERDE EN LAS EMISIONES DE CO₂ EN LA UE [ECONOMÍA AMBIENTAL Y ECOLÓGICA, UNIVERSIDAD VERACRUZANA]. <https://www.uv.mx/meae/files/2020/08/Aplicacion-de-la-Economia-Circular-El-impacto-de-la-Logistica-Verde-en-las-emisiones-de-CO2-en-la-UE.-Alma-G.-Moto-Chagala.pdf>
- NASA. (2023). Página de colorear: El ciclo del dióxido de carbono – Climate Change: Vital Signs of the Planet. *Vital Signs of the Planet*. https://climate.nasa.gov/climate_resources/278/pagina-de-colorear-el-ciclo-del-dioxido-de-carbono/
- National Aeronautics and Space Administration [NASA]. (2019). Evidencia | Datos – Climate Change: Vital Signs of the Planet. *Global Climate Change*. <https://climate.nasa.gov/en-espanol/datos/evidencia/>
- Neumayer, E. (2001). Pollution Havens: An Analysis of Policy Options for Dealing With an Elusive Phenomenon on JSTOR. *El Diario de Medio Ambiente y Desarrollo*, 10, 11477–177. <https://www.jstor.org/stable/44319542>
- Niranjan, A. (2020). Menos gente en la Tierra: ¿Como afecta esto al clima? *Made for Minds*. <https://www.dw.com/es/menos-gente-en-la-tierra-c%C3%B3mo-afecta-esto-al-clima/a-54779785>
- ONU. (2019, octubre 30). Llegar a cero emisiones netas de carbono para 2050, ¿es

- posible? Noticias Unidas. <https://news.un.org/es/story/2019/10/1464591>
- ONU. (2020a). Las emisiones de CO₂ rompen otro récord: un calentamiento global catastrófico amenaza el planeta | Noticias ONU. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2020/12/1485312>
- ONU. (2020b). Ni el confinamiento por COVID-19 da tregua al cambio climático: los gases que calientan la Tierra llegan a niveles récord. Noticias ONU Mirada global Historias humanas. <https://news.un.org/es/story/2020/11/1484462>
- ONU. (2022). La transición hacia las bajas emisiones de carbono y sus enormes implicaciones para la transformación estructural Naciones Unidas. Informe sobre los países menos adelantados.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2022). Las emisiones mundiales de CO₂ repuntaron en 2021 hasta su nivel más alto de la historia | CMNUCC. United Nations Climate Change. <https://unfccc.int/es/news/las-emisiones-mundiales-de-co2-repuntaron-en-2021-hasta-su-nivel-mas-alto-de-la-historia>
- Our World in Data. (2020). CO₂ y emisiones de gases de efecto invernadero - Nuestro mundo en datos. CO₂ y emisiones de gases de efecto invernadero. <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>
- OXFAM. (2020, julio 21). El 1 % más rico de la población emite más del doble de carbono que la mitad más pobre de la humanidad | Oxfam International. Oxfam International. <https://www.oxfam.org/es/notas-prensa/el-1-mas-rico-de-la-poblacion-emite-mas-del-doble-de-carbono-que-la-mitad-mas-pobre-de>
- Palma, R. (2020). BONO DEMOGRÁFICO Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO DE CHILE. Universidad Tecnológica Metropolitana.
- Parlamento Europeo [PE]. (2023, marzo 28). Emisiones de gases de efecto invernadero por país y sector (infografía) | Noticias | Parlamento Europeo. Noticias Parlamento Europeo. <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20180301STO98928/emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-pais-y-sector-infografia>
- Peinado, M. (2018). Población, cambio climático y huella ambiental. Ecozono, 9. <file:///C:/Users/100019201/Downloads/7953.pdf>
- PEMEX. (2013). Plan de Acción Climática de Petróleos Mexicanos y sus Organismos

Subsidiarios. www.pemex.com

- Pérez, A., Regil, H., & Mas, J. (2020). Degradación ambiental por procesos de cambios de uso y cubierta del suelo desde una perspectiva espacial en el estado de Guanajuato, México. *Investigaciones Geográficas*, 103. <https://doi.org/10.14350/rig.60150>
- Pérez, I. (2019, diciembre 2). Los incendios forestales que afectan a México - Ciencia UNAM. Ciencia UNAM-DGDC. <https://ciencia.unam.mx/leer/935/los-incendios-forestales-que-afectan-a-mexico>
- Planas, O. (2020, abril 29). ¿Qué es el efecto invernadero? Concepto y definición. Energía Solar. <https://solar-energia.net/cambio-climatico/efecto-invernadero>
- Polet, F. (2019). Países emergentes y clima: del rechazo a la participación “diferenciada”. CETRI. <https://www.cetri.be/Paises-emergentes-y-clima-del>
- Portillo, F. (2006). Introducción a la Econometría. Economía y Empresa. https://tuxdoc.com/download/introduccion-a-la-econometria-fabiola-portillo-2006_pdf
- Prevención Integral [PI]. (2019, julio 17). El dato del día: ¿qué sectores económicos contribuyen más a la emisión de CO2? | Prevención Integral & ORP Conference. Calidad y Medio Ambiente. <https://www.prevencionintegral.com/actualidad/noticias/2019/07/28/dato-dia-que-sectores-economicos-contribuyen-mas-emision-co2>
- Pulido, R. (1983). Modelos econométricos (Ediciones Pirámide). https://openlibrary.org/books/OL3210564M/Modelos_econome%CC%81tricos
- Quadri, G. (2014). Economía ambiental y Desarrollo sostenible. <https://www.youtube.com/watch?v=APzLSqnpHY8>
- Ramos, L., & Montenegro, M. (2012). La generación de energía eléctrica en México. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(4), 197–211. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000400012&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Ramos, P. (2021, mayo 5). Los 5 sectores que más emisiones de CO2 producen al planeta | El tiempo.es. El tiempo.es. <https://www.eltiempo.es/noticias/los-5-sectores-que-mas-emisiones-de-co2-producen-al-planeta>

- Regan, H. (2021, octubre 29). EE. UU. y China son los mayores emisores de gases de efecto de invernadero. ¿Quién es peor? CNN. <https://cnnespanol.cnn.com/2021/10/29/estados-unidos-china-emisiones-carbono-crisis-climatica-trax/>
- Rejón, R., Ordaz, A., & Olivares, V. (2022, septiembre). Las emisiones de CO2 no han dejado de crecer, pero no en todos los países por igual. Conferencia sobre el cambio climático. https://www.eldiario.es/sociedad/emisiones-co2-no-han-dejado-crecer-no-paises-igual_1_9679060.html
- Remuzgo, L., & Sarabia, J. M. (2013). Desigualdad en la distribución mundial de emisiones de CO₂ por sectores: Descomposición y estudio de sensibilidad * Inequality of Global Distribution of CO₂ Emissions by Sector: Decomposition and Sensitivity Study. *Estudios de Economía Aplicada*, 31, 65–92. www.revista-eea.net
- Ritchie, H. (2020, julio 18). Sector por sector: ¿de dónde provienen las emisiones globales de gases de efecto invernadero? - Nuestro mundo en datos. Our world in data. <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector#emissions-come-from-many-sectors-we-need-many-solutions-to-decarbonize-the-economy>
- Robaina, E. (2021). Estos son los 10 países históricamente responsables de la crisis climática - Climática. Climática. <https://www.climatica.lamarea.com/10-responsables-de-la-crisis-climatica/>
- Rodríguez, E. (2019). La huella ecológica de la familia rural en ambiente de la mixteca poblana [Universidad Autónoma de Puebla]. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/55e239de-215a-4fbc-8eb0-d4ab79bc41c0/content>
- Rodríguez, M. (2010). Diseño de Experimentos y Modelos de Regresión Lineal: Aplicaciones en SPSS. <https://es.slideshare.net/analisisdata/regresin-lineal-en-spss-para-ciencias-agrarias-y-forestales>
- Rosales, A., Mun, K., & Romero, L. (2018). El tamaño de las empresas manufactureras y la contaminación medioambiental en México: una aproximación espacial. *EURE (Santiago)*, 44(131), 75–100. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612018000100075>
- Rosales, M. (2018, junio 11). ¿Qué es La Degradación Ambiental? Estas son sus causas... La verdad. <https://laverdadnoticias.com/ecologia/Que-es-La-Degradacion->

Ambiental--Estas-son-sus-causas...-20180611-0107.html

Rosenberg, M. (2020). Los 5 sectores de la economía. ThoughtCO.
<https://www.thoughtco.com/sectors-of-the-economy-1435795>

Sánchez, J. (2019). El impacto medioambiental del dióxido de carbono - conócelo aquí. Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/el-impacto-medioambiental-del-dioxido-de-carbono-1334.html>

Saynes, V., Etchevers, J., Paz, F., & Alvarado, L. (2016). Emisiones de gases de efecto invernadero. TERRA LATINOAMERICANA, 34(1).
<https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n1/2395-8030-tl-34-01-00083.pdf>

Schneider, D. (2020, julio 13). Una mirada al sector de servicios en México. RTS International. <https://www.rtsinternational.com/es/article/una-mirada-al-sector-de-servicios-en-m%C3%A9xico>

Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación [SAGARPA], & Food and Agriculture Organization [FAO]. (2012). MÉXICO: EL SECTOR AGROPECUARIO ANTE EL DESAFÍO DEL CAMBIO CLIMÁTICO. <https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-cambio-climatico.pdf>

Secretaría de Gobernación [SEGOB], SEMARNAT, & INECC. (2022). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2019. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/InventarioGEI_Mexico_1990_2019.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2012). CAMBIO CLIMÁTICO. <http://www.semarnat.gob.mx>

SEMARNAT. (2006). Atmósfera. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen/06_atmosfera/cap6.html

SEMARNAT. (2020). Informe de Resultados del Registro Nacional de Emisiones 2015-2018.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2020, junio). La importancia del sector primario en México. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-importancia-del-sector-primario-en-mexico?idiom=es>

- Sistema Nacional de información Ambiental. (SINIA). (1997, diciembre 11). Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático | SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/protocolo-kyoto-convencion-marco-las-naciones-unidas-cambio-climatico>
- Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales [SNIARN]. (2018). Informe del Medio Ambiente. Informe del Medio Ambiente. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap5.html#tema1>
- Solomon, S., Qin, D., & Manning, M. (2018). Informe aceptado por el Grupo de Trabajo I del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático pero no aprobado en detalles. En IPCC. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4-wg1-ts-sp.pdf>
- Sultan, Z., Alkhateeb, T., & Adow, A. (2021). Verifying the environmental kuznets curve hypothesis in the case of India. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(2), 127–132. <https://doi.org/10.32479/IJEEP.10392>
- Tafari, R., Chiesa, G., Caminati, R., & Gaspio, N. (2015). Desarrollo, Medio ambiente y Salud. Salud Pública. file:///C:/Users/100019201/Downloads/mcometto,+Journal+manager,+RSP15_1_05_+art2.pdf
- Temkin, B., Ávila, S., & Martínez, E. (2018, abril). EL IMPACTO DIFERENCIAL DE LA GLOBALIZACIÓN ECONÓMICA Y LA DEMOCRACIA SOBRE LAS EMISIONES DE CO2 EN PAÍSES RICOS Y POBRES. *Revista internacional de Contaminación Ambiental*, 169–183. <https://www.redalyc.org/journal/370/37055963015/html/>
- Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM]. (2017). Población. Portal Académico del CCH. <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/unidad2/estructuraEcosistema/poblacion>
- Vargas, B. (2013). Teoría Malthusiana de La Población. SCRIBD. https://es.scribd.com/doc/173197379/Teoria-malthusiana-de-la-poblacion?utm_medium=cpc&utm_source=google_pmax&utm_campaign=3Q_Google_Performance-

- Max_MX&utm_term=&utm_device=c&gclid=Cj0KCQjwslejBhDOARIsANYqkD2jDFzkeHztM9KWNJI_3ta-AbjIkTUcdaaStBAUcwGOWJjvkY5T_G8aApDmEALw_wcB#
- Vargas, N. (2022, octubre 15). Colombia ocupa el puesto seis entre países que emiten más CO₂ en América Latina. La República. <https://www.larepublica.co/globoeconomia/colombia-ocupa-el-puesto-seis-entre-paises-que-emiten-mas-co2-en-america-latina-3470382>
- Ventosa, Daniel. (2006, septiembre 1). Vista de ¿Qué es la Econometría? | Acta Universitaria. Universidad de Guanajuato. <https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/179/157>
- Vergara, J., Maza, F., & Quesada, V. (2018). Crecimiento económico y emisiones de CO₂: el caso de los países suramericanos Economic growth and CO₂ emissions: the case of South American countries Contenido. Espacio, 39(13). https://www.researchgate.net/publication/324276930_Crecimiento_economico_y_emisiones_de_CO_2_el_caso_de_los_paises_suramericanos
- Woitás, J. (2022, septiembre 28). ¿Están siempre correlacionados el crecimiento económico y las emisiones de CO₂? El Grand Continent. <https://legrandcontinent.eu/es/2022/09/28/estan-siempre-correlacionados-el-crecimiento-economico-y-las-emisiones-de-co2/>
- Zamudio, F., Corona, A., & López, I. (2008). Un índice de ruralidad para México. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-05652008000300007
- Zenteno, R. (1962). La Población Rural y Urbana en México. *Revista Mexicana de Sociología*, 24(3), 689. <https://doi.org/10.2307/3538769>
- Zhang, X., Brandt, M., Tong, X., Ciais, P., Yue, Y., Xiao, X., Zhang, W., Wang, K., & Fensholt, R. (2022). A large but transient carbon sink from urbanization and rural depopulation in China. *Nature Sustainability*, 5(4), 321–328. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00843-y>
- Zuk, M., Tzintzun, G., & Rojas, L. (2007). Tercer almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en nueve ciudades mexicanas. <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/3erAlmanaque.pdf>