



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA**  
**CARRERA DE ECONOMÍA**

**Proyecto de investigación, previo a la obtención del Título de Economista**

**Tema:**

---

**“Emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción del sector manufacturero en el Ecuador”**

---

**Autora:** Reyes Rubio, Melany Alexandra

**Tutor:** Ing. Aldás Salazar, Darwin Santiago, Mg.

**Ambato – Ecuador**

**2024**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Darwin Santiago Aldás Salazar, Mg. con cédula de identidad No. 1803947769, en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación sobre el tema: **“EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN LA PRODUCCIÓN DEL SECTOR MANUFACTURERO EN EL ECUADOR”**, desarrollado por Melany Alexandra Reyes Rubio, de la Carrera de Economía, modalidad presencial, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos, tanto técnicos como científicos y corresponde a las normas establecidas en el Reglamento de Graduación de Pregrado, de la Universidad Técnica de Ambato y en el normativo para presentación de Trabajos de Graduación de la Facultad de Contabilidad y Auditoría.

Por lo tanto, autorizo la presentación de este ante el organismo pertinente, para que sea sometido a evaluación por los profesores calificadores designados por el H. Consejo Directivo de la Facultad.

Ambato, Febrero 2024

**TUTOR**



.....  
Ing. Darwin Santiago Aldás Salazar, Mg.

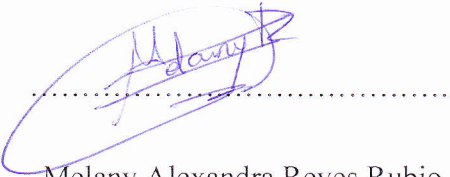
C.C. 1803947769

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Melany Alexandra Reyes Rubio con cédula de identidad No. 1805037254, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el proyecto de investigación, bajo el tema: **“EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN LA PRODUCCIÓN DEL SECTOR MANUFACTURERO EN EL ECUADOR”**, así como también los contenidos presentados, ideas, análisis, síntesis de datos, conclusiones, son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autora de este Proyecto de Investigación.

Ambato, Febrero 2024

**AUTORA**



Melany Alexandra Reyes Rubio

C.C. 1805037254

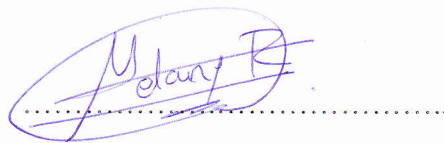
## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto de investigación, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi proyecto de investigación, con fines de difusión pública; además apruebo la reproducción de este proyecto de investigación, dentro de las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial; y se realice respetando mis derechos de autora.

Ambato, Febrero 2024

## AUTORA



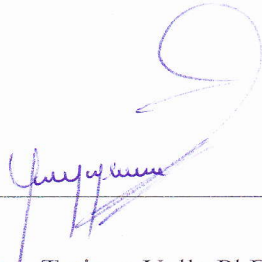
Melany Alexandra Reyes Rubio

C.C. 1805037254

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO


El Tribunal de Grado, aprueba el proyecto de investigación, sobre el tema: “**EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN LA PRODUCCIÓN DEL SECTOR MANUFACTURERO EN EL ECUADOR**”, elaborado por Melany Alexandra Reyes Rubio estudiante de la Carrera de Economía, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Facultad de Contabilidad y Auditoría de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Febrero 2024



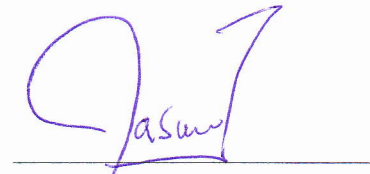
Dra. Tatiana Valle PhD.

**PRESIDENTE**



Eco. Geovanny Carrión

**MIEMBRO CALIFICADOR**



Eco. Nelson Lascano, Mg.

**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico a Dios por ser el pilar elemental de mi vida y hacer posible la culminación de este trabajo investigativo.

A mis padres, Marco y Nancy, por su constante apoyo y palabras de aliento, los considero mi ejemplo de superación, esfuerzo y dedicación, sus consejos contribuyen de manera significativa en mi crecimiento personal y profesional. Les agradezco por ser mi soporte en este viaje llamado vida.

A mi hermana Gissela, quien ha sido un apoyo incondicional en cada paso de este camino, su comprensión, determinación y experiencia ha sido fundamental para esforzarme en alcanzar mis metas, gracias por ser mi inspiración constante y mi confidente.

A mi amiga Caro, con quién he compartido risas, llantos, experiencias y momentos de motivación a lo largo de la carrera universitaria, su amistad ha enriquecido mi vida y valoro enormemente los recuerdos que hemos creado juntas.

A mi persona especial que ha sido mi calma en estos momentos de frustración y estrés, aprecio su paciencia y comprensión.

*Melany Reyes*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por ser actor principal del cumplimiento de un logro más y por estar presente en cada paso de mi camino.

A la Universidad Técnica de Ambato, por darme la oportunidad de ser parte de la institución; y, a los docentes de la carrera de Economía, por los conocimientos impartidos día a día.

Al Ing. Darwin Aldás, mi tutor de tesis, por su apoyo y paciencia brindada durante todo el proceso de investigación y redacción, sus conocimientos y experiencia enriquecen mi formación académica. De la misma manera, al Eco. Anderson Arghoty por su motivación y contribución en el desarrollo de este proyecto.

A mis padres, por brindarme su incondicional apoyo para mantenerme firme y alcanzar mis más grandes objetivos de vida. A mi hermana, por ser fuente de inspiración y mi respaldo durante mi trayectoria académica.

***Melany Reyes***

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>A. PÁGINAS PRELIMINARES</b>	
PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
<b>B. CONTENIDOS</b>	
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción del problema .....	1
1.2 Justificación.....	3



1.2.1 Justificación teórica, metodológica (viabilidad) y práctica.....	3
1.2.2. Formulación del problema de investigación .....	6
1.3 Objetivos .....	6
1.3.1 Objetivo general .....	6
1.3.2 Objetivos específicos .....	6
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>7</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1 Revisión de literatura .....	7
2.1.1 Antecedentes investigativos .....	7
2.1.2 Fundamentos teóricos.....	10
2.2. Hipótesis (opcional) y/o preguntas de investigación.....	18
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>19</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>19</b>
3.1 Recolección de la información .....	19
3.2 Tratamiento de la información .....	20
3.3 Operacionalización de las variables .....	25
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>28</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
4.1 Resultados y discusión .....	28
4.2 Fundamentación de las preguntas de investigación .....	67

<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>72</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>72</b>
5.1 Conclusiones .....	72
5.2 Limitaciones del estudio .....	73
5.3 Futuras temáticas de investigación.....	73
<b>C. MATERIAL DE REFERENCIA</b>	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
ANEXOS.....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINAS
<b>Tabla 1</b> Coeficiente de conversión de combustible fósil y lubricante líquido a kg de CO <sub>2</sub> .....	16
<b>Tabla 2</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> y VAB empresarial .....	29
<b>Tabla 3</b> Provincia, tamaño de la empresa y emisiones en toneladas de CO <sub>2</sub> .....	31
<b>Tabla 4</b> Provincia, tamaño y VAB empresarial .....	40
<b>Tabla 5</b> Actividad económica principal, VAB empresarial y emisiones de CO <sub>2</sub> .....	45
<b>Tabla 6</b> Pruebas de normalidad .....	49
<b>Tabla 7</b> Correlación del VAB empresarial y las emisiones de CO <sub>2</sub> en toneladas.....	51
<b>Tabla 8</b> Correlación de las emisiones de CO <sub>2</sub> y los diferentes combustibles fósiles y lubricantes líquidos .....	51
<b>Tabla 9</b> Correlación de las emisiones de CO <sub>2</sub> y el uso principal de los combustibles fósiles y lubricantes líquidos.....	55
<b>Tabla 10</b> Comparación de modelos de regresión lineal múltiple .....	58
<b>Tabla 11</b> Supuesto 3. No colinealidad.....	61
<b>Tabla 12</b> Resumen del modelo 1 .....	62
<b>Tabla 13</b> Coeficientes del modelo 1 .....	63
<b>Tabla 14</b> Supuesto 3: No colinealidad .....	65
<b>Tabla 15</b> Resumen del modelo 2 .....	65
<b>Tabla 16</b> Coeficientes del modelo 2.....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINAS
<b>Figura 1</b> Curva Ambiental de Kuznets.....	12
<b>Figura 2</b> Rango y grado de relación .....	23
<b>Figura 3</b> Toneladas de CO <sub>2</sub> por tamaño de empresa: Mediana Empresa A.....	32
<b>Figura 4</b> Toneladas de CO <sub>2</sub> por tamaño de empresa: Mediana Empresa B .....	33
<b>Figura 5</b> Toneladas de CO <sub>2</sub> por tamaño de empresa: Grande empresa.....	34
<b>Figura 6</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> por provincia .....	35
<b>Figura 7</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> , uso principal de los combustibles y tamaño de empresas .....	36
<b>Figura 8</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> por tipo de combustible .....	38
<b>Figura 9</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> por uso principal de los combustibles .....	39
<b>Figura 10</b> Vab empresarial por tamaño de empresa: Mediana Empresa A.....	41
<b>Figura 11</b> Vab empresarial por tamaño de empresa: Mediana Empresa B.....	42
<b>Figura 12</b> Vab empresarial por tamaño de empresa: Grande empresa .....	43
<b>Figura 13</b> Vab empresarial por provincia .....	44
<b>Figura 14</b> Actividad económica y emisiones de CO <sub>2</sub> .....	46
<b>Figura 15</b> Actividad económica y VAB empresarial .....	47
<b>Figura 16</b> VAB empresarial y emisiones de CO <sub>2</sub> .....	48
<b>Figura 17</b> Rango y grado de relación .....	50

<b>Figura 18</b> Grado de relación: emisiones de CO <sub>2</sub> , diferentes combustibles fósiles y lubricantes líquidos .....	53
<b>Figura 19</b> Correlación: emisiones de CO <sub>2</sub> , diferentes combustibles fósiles y lubricantes líquidos .....	54
<b>Figura 20</b> Grado de relación: emisiones de CO <sub>2</sub> y el uso principal de los combustibles fósiles y lubricantes líquidos.....	56
<b>Figura 21</b> Correlación: emisiones de CO <sub>2</sub> y el uso principal de los combustibles fósiles y lubricantes líquidos .....	57
<b>Figura 22</b> Supuesto 1. Linealidad .....	60
<b>Figura 23</b> Supuesto 2. Homocedasticidad.....	61
<b>Figura 24</b> Gráfico de dispersión: emisiones de CO <sub>2</sub> y VAB empresarial.....	69
<b>Figura 25</b> Gráfico de dispersión: emisiones de CO <sub>2</sub> y VAB empresarial, excluyendo Guayas.....	70
<b>Figura 26</b> Gráfico de dispersión: emisiones de CO <sub>2</sub> y VAB empresarial, excluyendo Pichincha y Guayas .....	71

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA**  
**CARRERA DE ECONOMÍA**

**TEMA:** “EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN LA PRODUCCIÓN DEL SECTOR MANUFACTURERO EN EL ECUADOR”

**AUTORA:** Melany Alexandra Reyes Rubio.

**TUTOR:** Ing. Darwin Santiago Aldás Salazar, Mg.

**FECHA:** Febrero 2024.

**RESUMEN EJECUTIVO**

La globalización y la industrialización contribuyen en el deterioro ambiental. Por tal motivo, el propósito del presente estudio es analizar el impacto que tiene la producción de la industria manufacturera en el Ecuador sobre el medio ambiente y su aporte en las emisiones totales presentes en la atmósfera. Se trata de una investigación documental, de enfoque cuantitativo y corte transversal, donde la fuente de información fue el Instituto Nacional de Estadística y Censos, con datos provenientes de la encuesta estructural de empresas 2020. Para el tratamiento de información se diseñó una ficha de registro, los mismos que fueron tabulados y codificados con software estadístico. La metodología utilizada en la investigación es de carácter descriptivo, correlacional y explicativo; se desarrolló en tres fases: descripción del comportamiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> y la producción del sector manufacturero; relación entre las variables mediante el coeficiente de correlación de Spearman, y; finalmente, un modelo econométrico de regresión múltiple para explicar la incidencia entre las variables de estudio. Entre los principales resultados se evidencia que la industria manufacturera produce anualmente dos millones de toneladas de gases contaminantes, producto de la actividad económica y el uso de combustibles de origen fósil, generando un VAB empresarial de tres mil millones de dólares. Se concluye que, la producción ocasiona un impacto en las emisiones de dióxido de carbono con una tendencia directamente proporcional, es decir, un incremento en la producción contribuye al aumento de emisiones de CO<sub>2</sub>, sin embargo, la contaminación del aire no depende únicamente de esta.

**PALABRAS CLAVE:** EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO, PRODUCCIÓN, VAB EMPRESARIAL, SECTOR MANUFACTURERO.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO**

**FACULTY OF ACCOUNTING AND AUDIT**

**ECONOMICS CAREER**

**TOPIC:** "CO<sub>2</sub> EMISSIONS IN MANUFACTURING PRODUCTION IN ECUADOR"

**AUTHOR:** Melany Alexandra Reyes Rubio.

**TUTOR:** Ing. Darwin Santiago Aldás Salazar, Mg.

**DATE:** February 2024.

**ABSTRACT**

Globalization and industrialization contribute to the environmental deterioration. For this reason, the purpose of this study is to analyze the impact of manufacturing industry production in Ecuador on the environment and its contribution to total emissions in the atmosphere. This is a documentary research, quantitative approach and cross-sectional, where the source of information was the National Institute of Statistics and Censuses, with data from the structural survey of companies 2020. A record sheet designed for the processing of information, which tabulated and encoded with statistical software. The methodology used in the research is descriptive, correlative, and explanatory; it was developed in three phases: description of the behavior of CO<sub>2</sub> emissions and the production of the manufacturing sector; relationship between the variables using the Spearman correlation coefficient, and finally, an econometric model of multiple regression to explain the incidence between the study variables. Among the main results it is evident that the manufacturing industry produces annually two million tons of polluting gases, product of economic activity and the use of fossil fuels, generating a corporate GVA of three billion dollars. It is concluded that production causes an impact on carbon dioxide emissions with a directly proportional trend, that is, an increase in production contributes to the increase in CO<sub>2</sub> emissions. However, air pollution does not depend solely on-air pollution.

**KEYWORDS:** CARBON DIOXIDE EMISSIONS, PRODUCTION, GVA BUSINESS, MANUFACTURING.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción del problema

El principal factor de riesgo para el medio ambiente es la contaminación del aire (Organización Meteorológica Mundial, 2023), lo que provoca que el calentamiento global aumente (Universidad de Cantabria, 2022) y que la mitad de la población mundial enfrente escasez de agua y propagación de enfermedades por las altas temperaturas (Boehm & Schumer, 2023). El incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero producen una mayor intensidad y frecuencia de los fenómenos climáticos (Toalas & Tully, 2023). Esto como consecuencia afecta la calidad del aire (Academia Nacional de Medicina, 2015) y de la vida de la población, enfrentándose a condiciones meteorológicas extremas distintas a lo habitual (Noticias ONU, 2023). El cambio climático altera el comportamiento de las precipitaciones con fuertes lluvias e inundaciones, las sequías que perjudican los cultivos y ecosistemas fluviales, las olas de frío y heladas prolongadas que provocan pérdidas en las cosechas y olas de calor que generan incendios y originan un calentamiento en la capa superior del océano (Organización Meteorológica Mundial, 2023a).

En 2020, las emisiones procedentes de la combustión fósil, es decir, del sistema energético o energía primaria, alcanzaron las 31,5 GtCO<sub>2</sub> (Barrie & Braathen, 2021), esto comprende el 80% de la demanda a nivel mundial (Foster & Elzinga, 2017). Dentro de este contexto, United Nations Environment Programme (2022) compara las emisiones de gases de efecto invernadero de la última década y muestra un incremento en la utilización y generación de fuentes de energía renovable. Sin embargo, los niveles de contaminantes de actividades como el transporte, industria, energía, construcción y agricultura también fueron elevadas (Noticias ONU, 2022), cabe resaltar que las emisiones de carbón y de petróleo contribuyen en mayor medida al crecimiento total de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (Atlantic Oceanographic & Meteorological Laboratory, 2022).

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo muestra la composición de las emisiones dividiéndola en; energía, como la generación de electricidad, transporte y



uso de combustible; UTS, como uso de la tierra, silvicultura, y agricultura; así como, la generación de energía renovable y no renovable en el mundo (Cárdenas & Orozco, 2022). La media porcentual de emisiones de dióxido de carbono en el mundo es del 74%, las zonas como América del norte, Europa y Asia superan este valor; por otro lado, las regiones de América Latina, Europa y América del Norte tienen fuentes de energía renovable superior a la media del mundo (Cárdenas & Orozco, 2022) o, destacando que las zonas que más gases contaminantes emiten son las mismas que más fuentes de energías limpias buscan y emplean. La Convención de Cambio Climático busca reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en el mundo a través de una transición equitativa de los combustibles fósiles, para conservar el equilibrio climático es necesario que los países con mayor capacidad institucional, financiera y menor dependencia apunten a un decrecimiento en combustibles fósiles mientras brindan apoyo a los países con capacidad limitada (Honty, 2016; Rukikaire & Yehle, 2020).

América Latina y el Caribe es una región que se encuentra en una etapa de desarrollo, la demanda de electricidad y gas en los hogares se triplicó y los sectores como el transporte y la manufactura superaron los niveles de intensidad energética (Unidad de Comunicación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en América Latina y el Caribe, 2021), por esto es preciso una planificación urbana con el fin de disminuir el consumo de recursos, de residuos, de emisiones de CO<sub>2</sub> y de daño ambiental (Jiménez & Yopez, 2021). El cambio climático en América Latina y el Caribe causa fenómenos meteorológicos extremos que produce afectaciones humanas y materiales (World Meteorological Organization, 2023), también genera impactos negativos en la productividad y pérdidas económicas (Banco Mundial, 2022); también se relaciona con los dinamismos económicos, sociales, políticos y ambientales (Ministerio del Ambiente, 2023).

En Ecuador, las actividades que mayor impacto ambiental generan son el sector atención de la salud, la industria manufacturera y la explotación de minas y canteras con 58,6%, 52,9% y 51,9% respectivamente (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2020). El sector industrial ecuatoriano es un motor para la economía con el 24 % de participación en el Producto Interno Bruto (PIB) (Lovato Torres et al., 2019a), los sectores con mayor relevancia son aquellos productores de alimentos, bebidas o mano de obra; es decir, los que no integran tecnología, pero contribuyen en el empleo,

brindan dinamismo y tienen la capacidad de potenciar el crecimiento económico ecuatoriano (Garzón et al., 2016). Las empresas dependientes de materias primas y recursos no renovables para sus procesos productivos se encuentran en una etapa inicial en gestión ambiental, la cual abarca capacitaciones y educación en los procesos productivos para obtener las certificaciones ambientales necesarias como ISO 14001 que avala las prácticas ambientales (Líderes, 2017; Pérez, 2022).

## **1.2 Justificación**

### ***1.2.1 Justificación teórica, metodológica (viabilidad) y práctica***

La mayor parte de los individuos toman como modelo un estilo de vida industrial o consumista (Naredo, 1990), donde la necesidad de cubrir las exigencias humanas se basa en la indiscriminada producción de bienes (Quintana Arias, 2017) a través del uso irracional de recursos naturales en actividades como transporte, calderas y fuerza motora que causa una contaminación exponencial del ambiente (Rodríguez Pérez de Agreda et al., 2019). Las emisiones de dióxido de carbono afectan al medio ambiente, a los seres vivos, provocan el calentamiento global y genera pérdidas económicas (Rentería et al., 2016). De este modo, el aumento en la intensidad de los desastres naturales y el cambio de los patrones meteorológicos conlleva costos potenciales además de originar migraciones, destruir infraestructuras y amenazar los ecosistemas (Grippa et al., 2019).

El sector manufacturero es una de las principales industrias productivas que se relaciona de forma unidireccional y positiva con el crecimiento económico (Lovato Torres et al., 2019; Zapata Chin et al., 2022), promueve el bienestar público con la importación de materias primas y la exportación de bienes manufacturados (Palomino, 2017). La manufactura además de influir positivamente en el crecimiento económico en el corto y largo plazo (Agurto, 2018) también afecta a las emisiones contaminantes, donde cualquier cambio en la actividad económica produce un cambio en las emisiones (Ortiz-Paniagua & Gómez, 2021). Esto se relaciona con la Curva Ambiental de Kuznets a través de la U invertida entre la contaminación ambiental y el crecimiento

económico (Gómez Segura et al., 2021), los cambios en las emisiones de CO<sub>2</sub> depende de los cambios en el crecimiento económico (Valencia-Herrera et al., 2020), evidencian que a largo plazo presentan una relación inversa por la mejora y el acceso a tecnologías limpias que permiten la disminución en el uso de combustibles fósiles (Rentería et al., 2016).

El crecimiento económico se mide a través de la producción de diferentes actividades en un territorio determinado, en este contexto se considera al Valor Agregado Bruto VAB como una expresión macroeconómica (Sánchez et al., 2020). Sin embargo, a nivel micro tenemos el VAB empresarial como resultado de la producción de bienes y servicios de la economía deducido el consumo intermedio; por lo tanto, se considera un indicador de productividad y rentabilidad (Guerra Espinosa & González Torres, 2015). En este sentido, se busca reducir el impacto ambiental y generar un VAB que se exprese en “dólares verdes”, una manera simbólica de expresar lo que paga el ambiente por cada dólar producido en los procesos productivos de las actividades económicas (INEC, 2020a).

La responsabilidad empresarial en Ecuador determina que las actividades a realizar dentro de su jurisdicción o bajo su control no deben causar daños al medio ambiente y aprovechar sus propios recursos de acuerdo con las políticas establecidas de desarrollo sustentable (Alaña Castillo et al., 2017), asegurándose de mejorar las condiciones económicas, sociales y ecológicas de la región; a través de cambios en los patrones de conducta y en la cultura de la población para dirigirlos al alcance de los objetivos de desarrollo sostenible (Madroñero Palacios & Guzmán Hernández, 2018). Cabe resaltar que la responsabilidad empresarial es un tema para considerarse por todas las organizaciones, sin importar su tamaño o actividad (Ormaza Andrade et al., 2020).

El desarrollo sostenible se fundamenta en tres pilares: desarrollo económico, desarrollo social y protección medioambiental, reconoce las relaciones existentes entre estos sistemas, donde el desarrollo económico maximiza el bienestar humano a través de la transformación de recursos, la dimensión social busca la satisfacción de sus necesidades y la protección al medio ambiente depende del manejo y conocimiento de los recursos (Díaz Coutiño & Escárcega Castellanos, 2009). Es por esto por lo que la Agenda 2030 creada para el desarrollo sostenible integra los tres pilares fundamentales

en 17 objetivos y 196 metas conformándose así en una herramienta de planificación para los países (Naciones Unidas, 2018).

El enfoque de la investigación es cuantitativo, con un nivel descriptivo, correlacional y explicativo. Los datos se obtienen de fuentes secundarias como la encuesta estructural de empresas ENESEM 2020, realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC.

En la investigación se analiza las emisiones de CO<sub>2</sub> y su relación con la producción del sector manufacturero en Ecuador, se inicia con el análisis descriptivo del comportamiento de las variables de estudio como son las emisiones de CO<sub>2</sub>, medida en kilogramos de dióxido de carbono de distintos combustibles como gasolina súper, extra, jet fuel, diésel, gas licuado, gas natural, residuo fuel oil, crudo residual, carbón, ecopaís y aceites utilizados en la industria; y la producción del sector manufacturero a través del VAB empresarial 2020 que toma en cuenta el tamaño de las empresas, la ubicación y la actividad económica principal.

Luego se analiza la incidencia de las emisiones de CO<sub>2</sub> y la producción de las industrias manufactureras del Ecuador, la variable dependiente (emisiones de dióxido de carbono) y la variable independiente (VAB empresarial) a través del coeficiente de Spearman que permite establecer el grado de relación entre las variables de estudio. Para la aplicación del modelo econométrico se utiliza un modelo que permite evaluar el efecto de las emisiones de CO<sub>2</sub> y la producción del sector manufacturero en el Ecuador.

El estudio presenta nuevos datos e información sobre la relación entre las emisiones de dióxido de carbono y la producción del sector manufacturero debido a que los procesos productivos y logísticos de los sectores industriales emiten una gran cantidad de gases de efecto invernadero. De este modo, los resultados serán de gran utilidad a la industria manufacturera para mejorar y reducir el impacto ambiental, en el ámbito académico tiene el fin de contribuir a la literatura existente y ser un punto de partida para futuras investigaciones relacionadas con el ambiente y el crecimiento económico. Por otro lado, este tema brinda una visión de la realidad en cuanto a concentración de CO<sub>2</sub> existe en la atmósfera.

Es importante destacar que el estudio forma parte del proyecto de investigación que se desarrolla en la Facultad de Contabilidad y Auditoría de la Universidad Técnica de Ambato, el cual fue aprobado por la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) mediante resolución Nro. UTA-CONIN-2023-0038-R, titulado “Estrategias de sostenibilidad ambiental bajo principios de economía circular en la industria de manufactura del Ecuador. Un modelo de optimización”.

### ***1.2.2. Formulación del problema de investigación***

¿De qué manera la producción incide en las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector manufacturero en el Ecuador?

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo general***

Analizar las emisiones de CO<sub>2</sub> y la producción del sector manufacturero en el Ecuador aportando con información para la mitigación del impacto ambiental.

### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Describir el comportamiento de la producción y las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector manufacturero de Ecuador.
- Establecer la relación de las emisiones de CO<sub>2</sub> y la producción de la industria manufacturera en el Ecuador.
- Evaluar el efecto de las emisiones de CO<sub>2</sub> y la producción del sector manufacturero del Ecuador.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Revisión de literatura

##### *2.1.1 Antecedentes investigativos*

Se detalla los aportes científicos de varios autores a lo largo de los años acerca del tema Las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción manufacturera, con el fin de proporcionar conocimiento previo para la investigación.

En la Unión Europea, la mayor parte de las emisiones de dióxido de carbono provienen del uso de energía producida por la quema de combustibles fósiles; a largo plazo existe una relación positiva entre la degradación ambiental y las emisiones, donde un aumento en el crecimiento económico produce un incremento en la emisión de gases de efecto invernadero (Onofrei et al., 2022). Las emisiones de CO<sub>2</sub> son producto de actividades como la minería, la producción de alimentos, y el comercio de materiales y productos industriales (Wood et al., 2020); es necesario incentivar medidas de mitigación a lo largo de la cadena de valor y diseñar e implementar políticas adaptables que cambien el comportamiento de los consumidores (Cialani & Mortazavi, 2021).

La apertura comercial tiene relación negativa con las emisiones de CO<sub>2</sub>, esto tiene que ver con el flujo de información, recursos y tecnologías más limpias que contribuyen en la reducción de los gases contaminantes (Karedla et al., 2021); el sector manufacturero depende de la energía generada a partir de combustibles fósiles que utilizan en las operaciones de fabricación, las cuales tienen un impacto positivo en las emisiones de CO<sub>2</sub>, por lo tanto, también aumenta el daño al medio ambiente (Raza & Hasan, 2022). A pesar de esto, el cambio estructural puede mejorar y reducir la cantidad de CO<sub>2</sub> liberado por este sector (Chontanawat et al., 2020; Sadik-Zada & Loewenstein, 2020); además los formuladores de políticas y los gobiernos deben promover la sostenibilidad ambiental (Jahanger, 2022).

En Indonesia, la actividad económica industrial y la intensidad energética provocan cambios en las emisiones de CO<sub>2</sub>; el tamaño de las empresas juega un papel importante

en la disminución de emisiones contaminantes, la estructura industrial reduce la contaminación en empresas pequeñas (Rosita et al., 2022) y en empresas de gran tamaño con capacidad intensiva de capital y mano de obra especializada utilizan la estructura energética que les permite emitir menos carbono como resultado de la inversión en tecnología limpia y personal calificado en operación de máquinas (Constantia, 2022). Las grandes empresas transnacionales adoptan mejores tecnologías cumpliendo con los estándares nacionales, esto se convierte en una desventaja para las medianas y pequeñas empresas (Temkin Yedwab et al., 2018).

En China, la industria manufacturera, la intensidad energética y el consumo de energía de fuentes fósiles aumentan las emisiones de CO<sub>2</sub> y el crecimiento económico (Ge et al., 2023; Rathnayaka et al., 2018). Elementos como la intensidad energética, la inversión extranjera directa IED, la eficiencia de la I+D y la coordinación entre industrias reducen los gases contaminantes porque se basan en tecnologías más avanzadas, en capital y mano de obra capacitado e intensivo (Yi et al., 2023), la I+D es uno de los factores más importantes para lograr una mejora en el ambiente (Liu et al., 2019); los cambios en la estructura de la demanda final también contribuyen en la reducción de contaminantes (Y. Li et al., 2023). Por el contrario, el grado de dependencia con los recursos naturales y la transformación digital (Zhang et al., 2023) no disminuye el dióxido de carbono en la atmósfera (Z. Li et al., 2019).

Al analizar la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets CKA, la cual relaciona las emisiones de CO<sub>2</sub> y el progreso económico en forma de U invertida, muestra que aquellos países que se encuentran en desarrollo tienen una pendiente positiva; aquellos que son industrializados llegaron al umbral o punto límite entre la degradación ambiental y el crecimiento económico; y finalmente, los países que desarrollaron una economía de servicios tienen una pendiente negativa (Stern, 2018). Es decir, a medida que aumenta el PIB (crecimiento económico), también incrementa la degradación ambiental. Sin embargo, más allá de cierto punto, los aumentos del PIB conducen a reducciones del daño ambiental.

En países de bajos niveles salariales o pobres se reduce el consumo energético (Romero et al., 2019), pero el CO<sub>2</sub> aumenta porque exportan productos manufacturados, mientras que los países ricos exportan servicios y generan menos

emisiones, las políticas juegan un papel importante y es uno de los determinantes en la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> (Temkin Yedwab et al., 2018). En Pakistán, se cumple la hipótesis de la CKA, el impacto de la contaminación aumenta de acuerdo con el crecimiento del PIB (Nizamani et al., 2023). En Arabia Saudita, no se acepta la hipótesis porque el sector manufactura no es la fuente de crecimiento; además, este sector no aumenta la contaminación ambiental a largo plazo (Alfantookh et al., 2023).

En México, el impacto de las microempresas en la generación de contaminantes se relaciona con el número de industrias y no con la producción (Rosales et al., 2018a); el aumento en las emisiones se debe al consumo de energía no renovable en sectores como la generación de electricidad, transporte, industria y sector agropecuario (Catalán Alonso, 2021). A largo plazo, la apertura comercial, el gasto público y el cambio a energías renovables permitirán reducir el impacto y la intensidad de carbono en la atmósfera para así mejorar la calidad medioambiental (Carrillo Ovando & Bocardó Valle, 2022).

En América Latina y el Caribe ALC, los cambios en las emisiones de CO<sub>2</sub> depende de la variación del crecimiento económico y el consumo de energía eléctrica (Valencia-Herrera et al., 2020); el crecimiento económico es sensible al cambio en el nivel de precios del petróleo y la variación de los indicadores macroeconómicos (Sánchez & Caballero, 2019); la actividad económica genera un aumento de gases contaminantes en la atmósfera; es decir, tiene una relación positiva entre la producción y el deterioro ambiental (Vergara Schmalbach et al., 2018). A medida que se incrementa la actividad económica también aumentan las emisiones de dióxido de carbono hasta cierto nivel (umbral), donde se estabiliza y posteriormente las emisiones crecen a un menor ritmo que la actividad económica (Ortiz-Paniagua & Gómez, 2021).

La CAK es válida para la región a largo plazo, los países con altos ingresos y tasas de crecimiento económico pueden reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, y los países con bajos ingresos y tasas de crecimiento poco visibles aportan en el deterioro de la calidad ambiental (Pinilla Rivera et al., 2018). El consumo de combustibles fósiles líquidos es la principal causa de contaminación atmosférica, se utiliza en el sector manufacturero, construcción, agropecuario, minero, energético y el parque automotor, un incremento en el consumo energético contribuye al incremento de la contaminación del aire



(Guevara Mamani et al., 2023) y a su vez, genera un aumento en el crecimiento económico y en el deterioro ambiental (Gómez Segura et al., 2021).

En Ecuador, la industria manufacturera se relaciona de forma positiva con el crecimiento económico a corto y largo plazo; es decir, el crecimiento de la manufactura influye en el crecimiento del PIB (Agurto, 2018). La industria manufacturera es el sector con el mayor índice de producción que contribuye en el desarrollo económico; el consumo de energía y la generación de residuos son proporcionalmente directos con el total de producción (Aldas Salazar et al., 2023). Sin embargo, el gasto en protección y mitigación ambiental disminuye con relación a la producción industrial, un aumento en las emisiones de carbono provoca un efecto negativo porque los costos ambientales producen un decrecimiento en la economía (Argothy et al., 2023).

El uso de combustibles de origen fósil son la principal fuente de energía para el desarrollo de actividades económicas y logísticas, el diésel es el combustible más utilizado por el precio de venta al público y por la adaptabilidad motora (Mantilla-Falcón et al., 2023); sin embargo, emite gran cantidad de CO<sub>2</sub> convirtiéndose en el principal causante de la contaminación del aire; a pesar de esto, las emisiones en el sector industria disminuyeron a causa de la implementación de energías más limpias y alternativas (Muentes et al., 2022).

### ***2.1.2 Fundamentos teóricos***

La contaminación del aire se incrementó con la llegada de la Revolución Industrial que potenció la expansión y creación de nuevos procesos productivos (Romero Placeres et al., 2006), nuevas fuentes de energía como carbón, petróleo y gas (Martínez Alier et al., 1998). La contaminación y degradación del medio ambiente se visibilizó con el tiempo y el modelo de desarrollo basado en la industrialización (Naredo, 1990), en la indiscriminada producción de bienes (Quintana Arias, 2017), no era el adecuado por la falta de interés en las condiciones ecológicas del planeta (Urteaga, 1985).

### ***Economía ecológica***

La economía ecológica estudia las interacciones entre sistemas ecológicos y económicos (Common & Stagl, 2008), donde las necesidades son las mismas para todos los humanos, lo que varía es cómo las satisfacen (Martínez Alier & Silva Macher, 2021), la manera en que utilizan la energía y los residuos (Martínez Alier et al., 1998); busca la viabilidad de un modelo económico sostenible a través del flujo de materiales, energía y residuos (Morán & Área de Educación, 2017).

El aporte de la economía ecológica es comprender que el uso de la energía y materia prima agiliza la degradación ambiental; la extracción de recursos naturales y no renovables de origen fósil pone en riesgo su rotariedad (Falconí, 2020), aumenta la carga entrópica y el deterioro de la naturaleza (Meadows et al., 2006). Clive Spash (2011) o Joan Martínez Alier (1999) explican que los límites en la acumulación de riqueza y los impactos sociales y ambientales eran temas de debate desde la Grecia clásica, destacan diversos autores como: Jevons, Smith, Mill, Veblen, Marx, Podolinski, Kapp, Polany y Galbraith (March Corbella, 2019).

De esta forma, la economía necesita entradas y salidas de factores de producción; al hablar de factores de producción se considera como aquellos elementos que intervienen en el proceso de producción como la materia prima, herramientas, máquinas, energía y trabajo (Rodríguez de Austria Giménez de Aragón, 2014). La economía es un sistema abierto que se suministra de energía y materiales; genera residuos, calor disipado y residuos materiales que mediante reciclaje pueden convertirse en materia no contaminante y reutilizable (Martínez Alier et al., 1998). El poder político es responsable de determinar el uso del suelo, conservar la agrobiodiversidad, reducir las emisiones de gases contaminantes y producir alimentos a través de prácticas agroecológicas (Martínez Alier & Silva Macher, 2021).

### ***Curva Ambiental de Kuznets***

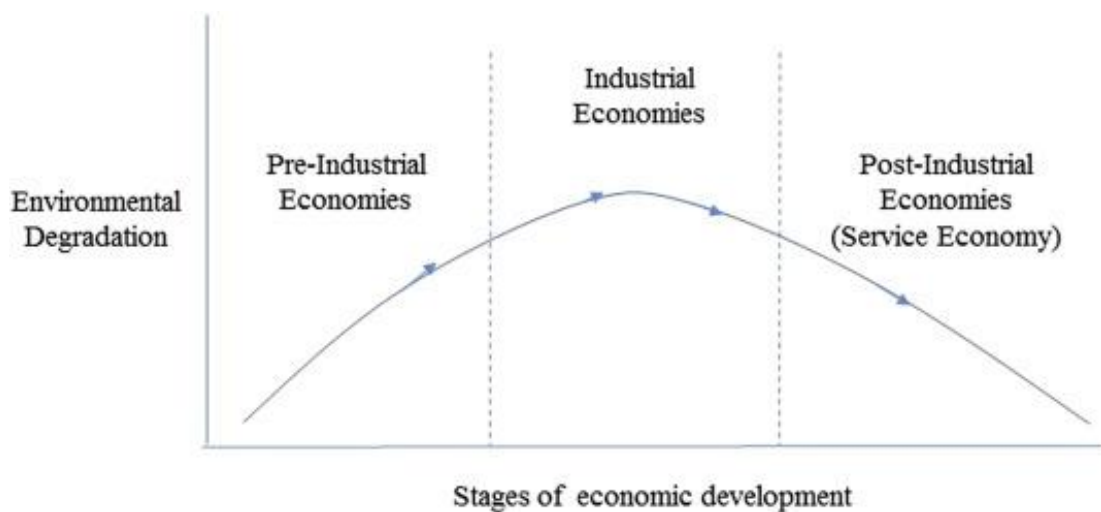
La curva ambiental de Kuznets (CAK) analiza la relación no lineal entre la contaminación ambiental y el crecimiento económico (Falconí et al., 2016) a través de la hipótesis de la “U” invertida (Gómez Segura et al., 2021), donde la renta o el total de producción de bienes y servicios tiene una relación positiva (creciente) con el

deterioro ambiental, un cambio en el crecimiento económico provoca cambios en los niveles de contaminación (Valencia-Herrera et al., 2020); es decir, la producción de contaminantes se incrementa proporcionalmente con el aumento de las actividades económicas (Tamarit, 2013). Esta curva ajusta el modelo de desigualdad y crecimiento económico con la intensidad del daño medioambiental (Enríquez Fuenmayor, 2020).

A corto plazo, el crecimiento económico provoca una mayor contaminación, pero a largo plazo, el incremento del ingreso mejora las condiciones y la calidad del medio ambiente (Correa Restrepo et al., 2005). Esta hipótesis tiene mayor posibilidad en países desarrollados, donde a partir de determinado nivel de ingreso la relación entre crecimiento económico y degradación ambiental se vuelve negativa (Enríquez Fuenmayor, 2020).

### Figura 1

*Curva Ambiental de Kuznets*



*Nota.* La figura muestra las etapas del desarrollo económico con relación a la degradación medioambiental. Fuente: Stern, (2018).

De acuerdo con lo anterior, si incrementa el progreso económico también aumenta la contaminación hasta cierto punto, posterior a esto, el aumento del crecimiento económico reduce el daño ambiental. La CKA muestra tres etapas: en la fase inicial, se intensifica el deterioro ambiental por la agricultura y la explotación de recursos naturales que aumentan la cantidad de residuos, esta es la conducta de países en

desarrollo (Enríquez Fuenmayor, 2020); en la fase intermedia, se llega al punto límite y se estabilizan la degradación ambiental y el crecimiento económico, esta es la conducta de países industrializados (Ochoa, 2003); en la fase final, se reduce la cantidad de residuos y se invierte en tecnología, esta es la conducta de países que desarrollan una economía de servicios (Stern, 2018).

Es importante mencionar que la CKA verifica también la relación entre desarrollo económico y desigualdad social (Amendola & Dell' Anno, 2010). Las razones para estudiar el comportamiento de esta relación se basan en las migraciones del campo a la ciudad, el crecimiento demográfico y la industrialización (Ochoa, 2003). De esta manera, la desigualdad social contribuye en la degradación ambiental porque las empresas invierten en lugares donde pueden pagar mano de obra barata (Paulson, 1998) y los grupos con mayor poder toman decisiones acerca del uso de recursos naturales y territorios (Merino, 2018).

### ***Desarrollo sostenible***

El desarrollo sostenible se fundamenta en tres pilares: desarrollo económico, desarrollo social y protección medioambiental, reconociendo las relaciones existentes entre estos sistemas, donde el desarrollo económico maximiza el bienestar humano a través de la transformación de recursos, la dimensión social busca la satisfacción de sus necesidades y la protección al medio ambiente depende del manejo y conocimiento de los recursos (Díaz Coutiño & Escárcega Castellanos, 2009).

Es por esto por lo que la Agenda 2030 creada para el desarrollo sostenible integra los tres pilares fundamentales en 17 objetivos y 196 metas conformándose así en una herramienta de planificación para los países (Naciones Unidas, 2018). La Organización de las Naciones Unidas adoptaron los objetivos de desarrollo sostenible para brindar soluciones en el campo social, económico y ambiental, a través de la implementación de tecnología y de estrategias condicionadas por la realidad y perspectiva de cada país (Bárcena Ibarra, 2019).

### ***Emisiones de dióxido de carbono***

El dióxido de carbono es un gas inodoro e incoloro (Earth Science Communications Team, 2023; Radian International LLC, 1997) el cual es utilizado para generar energía (Benavides Ballesteros & León Aristizabal, 2007). Se encuentra en la atmósfera en un 0,03% como parte del ciclo del carbono en la Tierra, son gases perjudiciales que se generan mediante la quema de materiales que contengan carbono (GreenFacts, 2023; Instituto para la Salud Geoambiental, 2022); también, es producto del proceso de la respiración, de incendios forestales y del consumo de combustibles fósiles en actividades dentro de los procesos industriales (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico MITECO, 2023).

### ***Componentes***

El dióxido de carbono o conocido como anhídrido carbónico está compuesto por un átomo de carbono y dos de oxígeno (Boscolo, 2017). El carbono es un elemento que se encuentra en toda la materia orgánica como en plantas y animales, alimentos que nos sustentan y son fuente de energía y el oxígeno es un elemento sin color ni olor que es necesario para la vida de los seres vivos (Arroyo & Ramírez Monroy, 2020).

### ***Importancia***

El CO<sub>2</sub> está presente en la atmósfera, es un ingrediente importante en la fotosíntesis; este es un proceso donde las plantas transforman la energía del sol, el agua y el dióxido de carbono en azúcar, esta azúcar se encuentra en la materia orgánica de los alimentos; a cambio del proceso de la fotosíntesis, las plantas emiten oxígeno (Arroyo & Ramírez Monroy, 2020). El CO<sub>2</sub> es un elemento moderno en la industria alimentaria, al congelarlo se forma hielo seco, el cual mantiene frío los alimentos por largos periodos de tiempo, la ventaja de este gas convertido en sólido es que cuando se calienta se vuelve gaseoso nuevamente (Boscolo, 2017)

### ***Combustibles fósiles***

Los combustibles fósiles provienen de la descomposición de materia orgánica de microorganismo, plantas y animales que se encuentran enterrados bajo rocas hasta

convertirse en depósitos de carbono (Núñez, 2017). Se libera dióxido de carbono al quemar los combustibles fósiles convirtiéndose en los principales responsables del cambio climático y del calentamiento global (BBVA, 2022). Son combustibles no renovables el carbón, el gas natural y el petróleo que suministran el 80% de la demanda de energía en el mundo; sin embargo, la eficiencia en la producción de electricidad y procesos industriales permiten el desarrollo de un sistema energético sostenible (Foster & Elzinga, 2018). Son utilizados en maquinaria y equipos industriales, depende del tipo de actividad y combustible que se utilice, las emisiones de CO<sub>2</sub> contribuyen al aumento de la contaminación del aire (Gutiérrez Escajeda et al., 2019).

### ***Actividades en las que se utilizan los combustibles fósiles***

Las emisiones de carbono son producidas por sectores como transporte, industria, generación eléctrica, edificios y agricultura, sin dejar de lado que el principal emisor de este gas es el uso de combustibles fósiles (Banco Bilbao Vizcaya Argentaria BBVA, 2023; MITECO, 2023). El consumo de estos provoca cambios en el uso de la tierra y aumento de gases contaminantes como CO<sub>2</sub> (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2023). Las principales fuentes de CO<sub>2</sub> son:

- Transporte. El uso de gasolina y diésel para los procesos de logística y funcionamiento de maquinaria, aquí se toma en cuenta el transporte aéreo, marítimo y terrestre (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2023).
- Electricidad. Las plantas de cogeneración y las centrales eléctricas generan emisiones de carbono a través de los diferentes tipos de combustibles, quemar carbón genera más CO<sub>2</sub> que el petróleo o gas natural (Alonso Frank et al., 2016).
- Industria. Los procesos de producción mediante el consumo fósil producen emisiones de CO<sub>2</sub>; los procesos industriales utilizan energía eléctrica, por lo tanto, producen emisiones por el uso de electricidad (Lucena, 2023).

### ***Conversión de los combustibles y lubricantes líquidos a toneladas de CO<sub>2</sub>***

Las emisiones de dióxido de carbono dependen de la cantidad consumido por los combustibles fósiles y lubricantes líquidos, así como en la utilización dentro de los

procesos industriales. La base de datos presenta la cantidad de combustible en galones, kilogramos y millones de BTU (unidad térmica británica); a partir de esto, se realizó la conversión a toneladas de CO<sub>2</sub>.

**Tabla 1**

*Coefficiente de conversión de combustible fósil y lubricante líquido a kg de CO<sub>2</sub>*

<b>Combustible fósil y lubricante líquido</b>	<b>Coefficiente de conversión</b>
<b>Gasolina súper</b>	9,026
<b>Gasolina extra</b>	8,866
<b>Jet fuel</b>	8,538
<b>Diésel</b>	10,337
<b>Gas licuado de petróleo GLP</b>	3
<b>Gas natural</b>	50,064
<b>Residuo fuel oil</b>	9,763
<b>Crudo residual</b>	9,905
<b>Carbón</b>	2,827
<b>Gasolina ecopaís</b>	7,318
<b>Aceites</b>	0,6526

*Nota.* Tabla de conversión a kg de CO<sub>2</sub>. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

La tabla 1, muestra los valores que se utiliza para la conversión de combustibles a kilogramos de CO<sub>2</sub>, para transformarlos a toneladas se los divide para mil.

### ***Sector manufacturero***

El sector manufacturero es una de las principales industrias productivas que está relacionado de forma unidireccional y positiva con el crecimiento económico (Lovato Torres et al., 2019; Zapata Chin et al., 2022), para promover el bienestar público es necesario la importación de materias primas y la exportación de bienes manufacturados (Palomino, 2017). En Ecuador, el sector industrial es un motor para la economía con el 24 % de participación en el Producto Interno Bruto (PIB) (Lovato

Torres et al., 2019), destacando que los sectores con mayor relevancia son aquellos productores de alimentos, bebidas o mano de obra; es decir, los que no integran tecnología, pero contribuyen en el empleo, brindan dinamismo y tienen la capacidad de potenciar el crecimiento económico ecuatoriano (Garzón et al., 2016).

### ***Valor Agregado Bruto***

El crecimiento económico se mide a través de la producción de diferentes actividades en un territorio determinado, con esto se considera al Valor Agregado Bruto VAB como una expresión macroeconómica (Sánchez et al., 2020). Sin embargo, a nivel micro tenemos el VAB empresarial como resultado de la producción de bienes y servicios de la economía deducido el consumo intermedio; por lo tanto, es considerado como un indicador de productividad y rentabilidad (Guerra Espinosa & González Torres, 2015). Dentro de este contexto, se busca reducir el impacto ambiental y generar un VAB expresado en “dólares verdes”, una manera simbólica de expresar lo que paga el ambiente por cada dólar producido en los procesos productivos de las actividades económicas (INEC, 2020a).

### ***Responsabilidad empresarial***

La responsabilidad empresarial en Ecuador determina que las actividades realizadas dentro de su jurisdicción o bajo su control no deben causar daños al medio ambiente aprovechando sus propios recursos de acuerdo con las políticas establecidas de desarrollo sustentable (Alaña Castillo et al., 2017). Mejora las condiciones económicas, sociales y ecológicas de la región; generando cambios en los patrones de conducta y en la cultura de la población para dirigirlos al alcance de los objetivos de desarrollo sostenible (Madroñero Palacios & Guzmán Hernández, 2018). Cabe resaltar que la responsabilidad empresarial es un tema que debe ser abarcado por todas las organizaciones, sin importar su tamaño o actividad debido a que genera soluciones a los impactos negativos de la globalización (Ormaza Andrade et al., 2020).



## **2.2. Hipótesis (opcional) y/o preguntas de investigación**

- ¿Cómo se comporta la producción y las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector manufacturero del Ecuador?
- ¿Cuál es la relación de las emisiones de CO<sub>2</sub> con la producción de la industria manufacturera del Ecuador?
- ¿Cuál es el efecto de la producción del sector manufacturero en las emisiones de CO<sub>2</sub> del Ecuador?

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Recolección de la información**

##### ***Población***

La población es un conjunto numeroso de objetos, sujetos o elementos (Monje Álvarez, 2011), que se encuentra delimitado del universo y comparten características comunes (Arias, 2012). En palabras de Anderson et al. (2008) “La población es el conjunto de todos los elementos de interés en un estudio determinado” (p. 258). En ese sentido, la población está compuesta por diversos elementos que poseen cualidades o atributos semejantes.

El estudio se enfoca en analizar las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por la producción del sector manufacturero, donde la población es finita y las variables son: el total de las industrias manufactureras del Ecuador emisoras de gases contaminantes provocadas por el consumo de combustibles fósiles; el valor agregado bruto VAB empresarial y el total de emisiones de CO<sub>2</sub>. La población para este estudio corresponde a 703 empresas manufactureras.

##### ***Muestra***

La muestra es un subconjunto que describe a una parte de la población (Martínez Bencardino, 2012). Una muestra es representativa cuando contiene la misma proporción de características relevantes (Levin & Rubin, 2004) que refleje la situación de la población (Monje Álvarez, 2011). En la investigación se trabajó con la misma población, sin cálculo de muestra.

##### ***Fuentes secundarias***

Las fuentes secundarias son revistas, libros, documentos escritos y medios de información que ofrecen datos sobre el tema de interés (Bernal Torres, 2010). El

investigador no tuvo participación en la recolección de datos; por lo tanto, puede existir error (Supo, 2015).

Los datos de la investigación provienen de fuentes de información secundarias, fueron extraídas de la ENESEM 2020 encuesta estructural de empresas que permite medir la evolución de las industrias en cuanto a medidas de mitigación del impacto ambiental, realizada por el INEC Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC del apartado información económica ambiental en empresas.

### ***Técnicas***

Las técnicas son el camino por seguir, el cómo hacer, el apoyo del método (Baena Paz, 2017); es el procedimiento para obtener datos e información relevante (Arias, 2012). Las técnicas documentales permiten identificar, recoger y analizar documentos relacionados con el tema de estudio (Berenguera Ossó et al., 2014); de esta manera, el estudio utilizó un análisis documental fundamentado en la información de la base de datos ENESEM 2020 misma que aporta conocimiento al área de estudio.

### ***Instrumentos***

Los instrumentos son formatos, dispositivos o recursos en los cuales la información se encuentra registrada o almacenada (Arias, 2012). Son el apoyo de las técnicas de investigación (Baena Paz, 2017).

El instrumento que se utilizó para la investigación es la ficha de registro para datos de la ENESEM 2020 encuesta estructural de empresas, realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC. Los datos proporcionados permitieron un análisis detallado de las variables de estudio.

## **3.2 Tratamiento de la información**

Para el cumplimiento de los tres objetivos específicos de la investigación acerca de la producción en las emisiones de CO<sub>2</sub>, se realizó un análisis descriptivo, correlacional y explicativo para determinar el comportamiento, relación y el impacto de las variables

de estudio. Además, es de carácter cuantitativo y la información obtenida es de la base de datos ENESEM del año 2020.

Se inició con el análisis descriptivo del comportamiento de las variables de estudio como son las emisiones de CO<sub>2</sub>, medida en toneladas de dióxido de carbono de distintos combustibles como gasolina súper, extra, jet fuel, diésel, gas licuado, gas natural, residuo fuel oil, crudo residual, carbón, ecopaís y aceites utilizados en la industria; y la producción del sector manufacturero a través del VAB empresarial 2020 que toma en cuenta el tamaño de las empresas, la ubicación y la actividad económica principal.

A continuación, se detalla el proceso de cálculo de cada una de ellas.

Media: sumar todos los datos de las industrias manufactureras que emiten CO<sub>2</sub> y dividirlo para el número de datos.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad [1]$$

Mediana: ordenar los datos de mayor a menor de las industrias manufactureras que emiten CO<sub>2</sub> e identificar el valor que se encuentra en la mitad de todos los datos.

$$Me = L_i + \frac{\frac{n}{2} - f_{i-1}}{f_i} \times A_i \quad [2]$$

Moda: ordenar los datos de mayor a menor de las industrias manufactureras que emiten CO<sub>2</sub>, contar las veces que aparece cada número y elegir el dato que más se repite.

$$Mo = L_i + \frac{f_i - f_{i-1}}{f_i - f_{i-1} + f_i - f_{i+1}} \times A_i \quad [3]$$

Donde:

$L_i$  : límite inferior del intervalo

$f_{i-1}$  : frecuencia absoluta del intervalo anterior

$f_i$  : frecuencia absoluta del intervalo

$f_{i+1}$  : frecuencia absoluta del intervalo siguiente

$A_i$  : amplitud del intervalo

Se verificó la distribución de los datos a través de las pruebas de normalidad. Tenemos Kolmogorov - Smirnov para muestras grandes con la siguiente fórmula:

$$D = \max F_n(x) - F_0(x) \quad [4]$$

Donde:

$F_n(x)$ : función de distribución muestral

$F_0(x)$ : función teórica

Para establecer el grado de relación de las emisiones de CO<sub>2</sub> y la producción de la industria manufacturera en el Ecuador se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman. A continuación, se detalla los pasos a seguir:

Clasificar por jerarquía los valores desde 1 hasta n de los valores de  $x$  e  $y$ .

Calcular  $d_i$  de cada pareja, restando la jerarquía de  $y_i$  de la jerarquía de  $x_i$ .

Elevar al cuadrado cada  $d_i$  y calcular la de suma de los valores elevados al cuadrado.

Aplicar la fórmula del coeficiente de correlación de Spearman e interpretar el valor:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2-1)} \quad [5]$$

Donde:

$n$ : número de observaciones

$d$ : diferencia de rangos entre las variables

Si el resultado de la correlación es de +1 significa una perfecta asociación de rango entre las variables. Si el valor se acerca o es igual a 0 quiere decir que no hay asociación

o es débil. Si la respuesta de la correlación es -1 significa una perfecta asociación negativa entre los rangos de las variables.

## Figura 2

### *Rango y grado de relación*

<b>Rango</b>	<b>Grado de relación</b>
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,90 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,70 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,40 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,20 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0,00	Correlación nula
+0,01 a +0,19	Correlación positiva muy baja
+0,20 a +0,39	Correlación positiva baja
+0,40 a +0,69	Correlación positiva moderada
+0,70 a +0,89	Correlación positiva alta
+0,90 a +0,99	Correlación positiva muy alta
+1	Correlación positiva grande y perfecta

*Nota.* Grado de relación según el coeficiente de correlación. Fuente: Elaboración propia en base a Martínez Rebollar & Campos Francisco, (2015).

Para la comprensión del  $\rho$  Spearman se divide al grado de relación desde correlación negativa perfecta hasta la correlación positiva perfecta, este permite identificar con mayor facilidad el rango en el que se encuentran las variables y el grado de relación entre ellas.

Para evaluar el efecto de las emisiones de CO<sub>2</sub> y la producción del sector manufacturero del Ecuador se utilizó un modelo de regresión múltiple con variables de control que permiten incluir categorías en el modelo; este tipo de variables también tienen el nombre de variable dummy o dicotómica porque su valor puede ser 1 o 0 aplicando el término ceteris paribus, mantener constante las demás variables que puedan influir en el resultado y centrarse en una sola (Gujarati & Porter, 2010). Por

otro lado, se utilizó el factor de expansión para brindar un mejor ajuste del modelo y así obtener estimaciones más precisas (Gujarati & Porter, 2010).

La variable dependiente son las emisiones de dióxido de carbono, la variable independiente es el VAB empresarial, se incluye el gasto corriente empleado para reducir las emisiones contaminantes en el aire porque su implementación genera una disminución en el total de GEI (Collinao et al., 2015), y las variables de control que son tipos de combustibles y lubricantes líquidos y el uso principal en el que se los emplea.

A continuación, se detalla los pasos a seguir:

Analizar e identificar en la base de datos la variable dependiente (emisiones de CO<sub>2</sub>) y las variables independientes (producción).

Aplicar la fórmula del modelo de regresión múltiple:

$$y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_kx_k + \mu \quad [6]$$

Donde:

$b_1, \dots, b_k$ : variables independientes

$y$ : variable dependiente

$b_0$ : término constante o intercepto

$\mu$ : error

Comprobar si el modelo cumple o no con los supuestos: linealidad, interdependencia de los errores, homocedasticidad, normalidad y multicolinealidad; corregirlo si es necesario, a través de modelos robustos. Además, crear escenarios para determinar qué variables son más significativas a través de los criterios aic (Criterio de información de Akaike) y bic (Criterio de Información Bayesiana), los cuales evalúan la bondad de ajuste y complejidad del modelo, el valor más bajo en los dos criterios indica un mejor modelo (Gujarati & Porter, 2010)..

### 3.3 Operacionalización de las variables

Variable dependiente: emisiones de CO<sub>2</sub>

Conceptualización	Categorías (dimensiones)	Indicadores	Ítems	Técnica/instrumento
<p>Cantidad de contaminante en kilogramos de CO<sub>2</sub> emitida a la atmósfera.</p> <p>Procede de procesos de transformación, por aumento de temperatura y presión, hasta la formación de sustancias.</p>	Volumen de emisiones	<p>Cantidad de CO<sub>2</sub> emitido por el consumo de combustibles fósiles.</p> <p>Cantidad en kilogramos de CO<sub>2</sub> de combustibles y aceites como gasolina súper, extra, jet fuel, diésel, gas licuado, gas natural, residuo fuel oil, crudo residual, carbón, ecopaís y aceites utilizados en actividades industriales.</p>	<p>¿Cuántos kilogramos de CO<sub>2</sub> se está consumiendo por galón de combustible utilizado?</p> <p>¿Cuántos kilogramos de CO<sub>2</sub> se está consumiendo por galón de gasolina súper utilizado?</p> <p>¿Cuántos kilogramos de CO<sub>2</sub> se está consumiendo por galón de gasolina extra utilizado?</p> <p>¿Cuántos kilogramos de CO<sub>2</sub> se está consumiendo por galón de jet fuel utilizado?</p> <p>¿Cuántos kilogramos de CO<sub>2</sub> se está consumiendo por galón de diésel utilizado?</p> <p>¿Cuántos kilogramos de CO<sub>2</sub> se está consumiendo</p>	<p>Análisis documental/ Ficha de registro para datos secundarios de la encuesta estructural de empresas ENESEM, INEC 2020.</p>



			<p>por galón de gas licuado utilizado?</p> <p>¿Cuántos kilogramos de CO<sub>2</sub> se está consumiendo por galón de gas natural utilizado?</p> <p>¿Cuántos kilogramos de CO<sub>2</sub> se está consumiendo por galón de residuo fuel oil utilizado?</p> <p>¿Cuántos kilogramos de CO<sub>2</sub> se está consumiendo por galón de crudo residual utilizado?</p> <p>¿Cuántos kilogramos de CO<sub>2</sub> se está consumiendo por galón de carbón utilizado?</p> <p>¿Cuántos kilogramos de CO<sub>2</sub> se está consumiendo por galón de ecopaís utilizado?</p> <p>¿Cuántos kilogramos de CO<sub>2</sub> se está consumiendo por galón de aceite utilizado?</p>	
--	--	--	--	--

*Nota.* Se presenta la operacionalización de la variable dependiente, emisiones de CO<sub>2</sub>.  
Fuente: Elaboración propia basado en el INEC correspondiente al módulo ENESEM (2020).

Variable independiente: producción del sector manufacturero

<b>Conceptualización</b>	<b>Categorías (dimensiones)</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítems</b>	<b>Técnica/ instrumento</b>
Evalúa y mide la productividad y rentabilidad de una empresa.	VAB empresarial	Cantidad en dólares de la producción total.	¿Cuál es la cantidad monetaria de la producción total de las empresas?	Análisis documental/ Ficha de registro para datos secundarios de la encuesta estructural de empresas ENESEM, INEC 2020.

*Nota.* Se presenta la operacionalización de la variable independiente, producción.  
Fuente: Elaboración propia basado en el INEC correspondiente al módulo ENESEM (2020).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Resultados y discusión

Se describe los datos que se recolectaron de la fuente de información INEC, base de datos ENESEM correspondiente al año 2020, proporciona información sobre la evolución y estructura económica de las industrias y empresas de los principales sectores económicos del país (INEC, 2020b). Se detalla la producción del sector manufacturero que se representa con el VAB empresarial en unidades monetarias y las emisiones de CO<sub>2</sub> en toneladas, dividida de acuerdo con el proceso productivo que lo emitió y el tipo de combustible y/o lubricante líquido utilizado. Las categorías presentes en la investigación son el tamaño de la empresa, la provincia, la actividad económica principal, y el uso de los combustibles y lubricantes líquidos en actividades productivas.

A continuación, se presenta los resultados de acuerdo con los tres objetivos específicos y las preguntas de investigación planteadas. Respecto al primer objetivo, los datos que se recolectaron permitieron el análisis del comportamiento de las variables VAB empresarial y emisiones de CO<sub>2</sub>, con los resultados se realizó una discusión y comparación con hallazgos similares. A continuación, para cumplir el segundo objetivo se estableció la relación y significancia de las variables de estudio mediante el coeficiente de correlación de Spearman, puesto que los datos son no paramétricos. Y, finalmente, para llevar a cabo el tercer objetivo se utilizó un modelo de regresión lineal múltiple.

El desarrollo del estudio se realizó con el total de empresas de la base de datos, 703 industrias manufactureras. La información de los resultados se describe a través de tablas y gráficos de barras, de líneas y mapas de calor que permiten una interpretación, análisis y comparación con investigaciones relacionadas.

### *Análisis descriptivo de las variables de estudio*

Se analiza a detalle la variable dependiente emisiones de CO<sub>2</sub> en toneladas por combustible y lubricantes líquidos, y por uso principal; por otra parte, la variable independiente producción que se representa con el VAB empresarial en dólares que es la diferencia entre la producción total y el consumo intermedio de las industrias manufactureras (Jara, 2015). Se utilizó la estadística descriptiva, de preferencia las medidas de tendencia central, medidas de dispersión y medidas de apuntamiento y forma.

**Tabla 2**

*Emisiones de CO<sub>2</sub> y VAB empresarial*

<b>Estadígrafos</b>	<b>Total, emisiones de CO<sub>2</sub> en toneladas</b>	<b>VAB empresarial en dólares</b>
<b>Media</b>	3085,3206	5.551.119,87
<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>		
<b>Límite inferior</b>	1903,1866	-154.718,37
<b>Límite superior</b>	4267,4545	11.256.958,11
<b>Media recortada al 5%</b>	965,8181	5.698.535,67
<b>Mediana</b>	217,9235	2.915.325,00
<b>Varianza</b>	254855301,459	5.937.439.726.259.540,00
<b>Desv. Desviación</b>	15964,18809	77.054.783,93
<b>Mínimo</b>	0,00	-1.982.583.578,00
<b>Máximo</b>	270404,38	214.493.114,00
<b>Asimetría</b>	11,892	-24,46
<b>Curtosis</b>	166,221	633,87

*Nota.* Estadígrafos de la variable dependiente e independiente. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

Para la explicación de los estadígrafos se utilizó la media recortada al 5% porque evita la distorsión de la media producida por datos atípicos (Posada Hernández, 2016); sin embargo, como se observa en la tabla 2, la desviación estándar demuestra que tanto las emisiones de CO<sub>2</sub> como el VAB empresarial se encuentran muy dispersos del promedio y de la media recortada, esto se observa a través de los valores mínimos y máximos.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> presentan una desviación de  $\pm 15.964,19$  toneladas, con una media de 965,82 toneladas; a causa de que algunas empresas no consumen combustible, por lo tanto, no emiten CO<sub>2</sub>. De igual manera, el VAB empresarial presenta una media de \$5.698.535,67 con una desviación de  $\pm \$77.054.783,93$ ; esto se debe a que existen empresas que realizan un consumo intermedio mayor a lo que producen; es decir, presentan valores negativos.

El valor de la asimetría para el VAB empresarial es negativo, lo que significa que se encuentra sesgada a la izquierda y su curva es leptocúrtica, es decir, la mayor parte de datos se distribuyen a la izquierda de la media. La variable emisiones de CO<sub>2</sub> tiene un valor positivo en la asimetría y curtosis, por lo tanto, la distribución de datos se encuentra sesgada a la derecha de la media con una curva leptocúrtica.

Para realizar el análisis de la variable dependiente, se dividió a las empresas de acuerdo con el tamaño, la ubicación geográfica, el combustible o lubricante líquido y el uso principal de los mismos con relación a la cantidad de CO<sub>2</sub> que emiten, para facilitar la comprensión y visibilidad mediante gráficos combinados, gráficos de barras y mapas de calor.

Se determinó que la clasificación de industrias por tamaño en el sector manufacturero corresponde a grandes empresas con el 83,9% (590), medianas empresas B con el 12,7% (89) y medianas empresas A con el 3,4% (24) del total de empresas del territorio nacional. Las grandes empresas tienen el 98,9% (810.511,59 tn) del total de emisiones contaminantes de las industrias manufactureras, las medianas empresas A y B aportan el 0,2% (1.312,35) y 0,9% (7.493,30), respectivamente. Las emisiones de CO<sub>2</sub> crecen de acuerdo con lo que producen o puede ser por el número de industrias participantes (Rosales et al., 2018b).

**Tabla 3***Provincia, tamaño de la empresa y emisiones en toneladas de CO<sub>2</sub>*

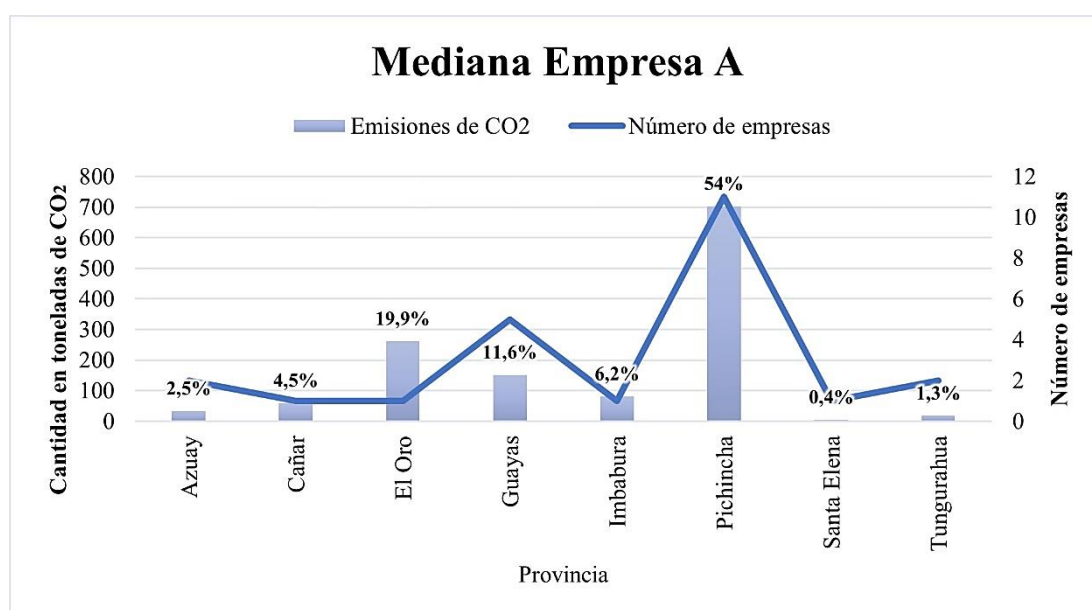
Provincia	Mediana Empresa A		Mediana Empresa B		Grande Empresa		Total, empresas	Total, emisiones de CO <sub>2</sub>
	Número de empresas	Emisiones de CO <sub>2</sub>	Número de empresas	Emisiones de CO <sub>2</sub>	Número de empresas	Emisiones de CO <sub>2</sub>		
<b>Azuay</b>	2	33,44	2	6,28	46	79.924,00	50	79.963,72
<b>Cañar</b>	1	59,63	0		2	25.747,00	3	25.806,63
<b>Cotopaxi</b>	0		0		7	702,30	7	702,30
<b>Chimborazo</b>	0		1	33,58	2	39.940,00	3	39.973,58
<b>El Oro</b>	1	261,30	3	1.299,00	12	6.916,00	16	8.476,30
<b>Esmeraldas</b>	0		1	7,45	10	663,30	11	670,75
<b>Guayas</b>	5	151,70	23	1.218,00	245	209.359,00	273	210.728,70
<b>Imbabura</b>	1	81,01	0		5	270.404,00	6	270.485,01
<b>Loja</b>	0		1	406,40	2	1.065,00	3	1.471,40
<b>Los Ríos</b>	0		2	16,52	11	146,00	13	162,52
<b>Manabí</b>	0		2	321,90	39	26.384,00	41	26.705,90
<b>Pichincha</b>	11	702,80	39	1.721,00	173	147.278,00	223	149.701,80
<b>Tungurahua</b>	2	17,64	9	11,93	19	1.670,00	30	1.699,57
<b>Orellana</b>	0		2	18,84	0		2	18,84
<b>Sto. Domingo de los Tsáchilas</b>	0		1	130,40	13	31,99	14	162,39
<b>Santa Elena</b>	1	4,83	3	2.302,00	4	281,00	8	2.587,83
<b>Total</b>	24	1.312,35	89	7.493,30	590	810.511,59	703	819.317,24

*Nota.* Distribución de empresas en Ecuador de acuerdo con la cantidad de CO<sub>2</sub> que emiten. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

De acuerdo con la tabla 3, el mayor número de empresas se encuentran concentradas en Guayas con el 39% (273), Pichincha con el 32% (223) y Azuay con el 7,1% (50), provincias donde se ubican las ciudades de mayor diversificación y desarrollo económico (Onofa, 2013) con sectores que generan una diferenciación y dinamismo productivo en la economía del país.

**Figura 3**

*Toneladas de CO<sub>2</sub> por tamaño de empresa: Mediana Empresa A*



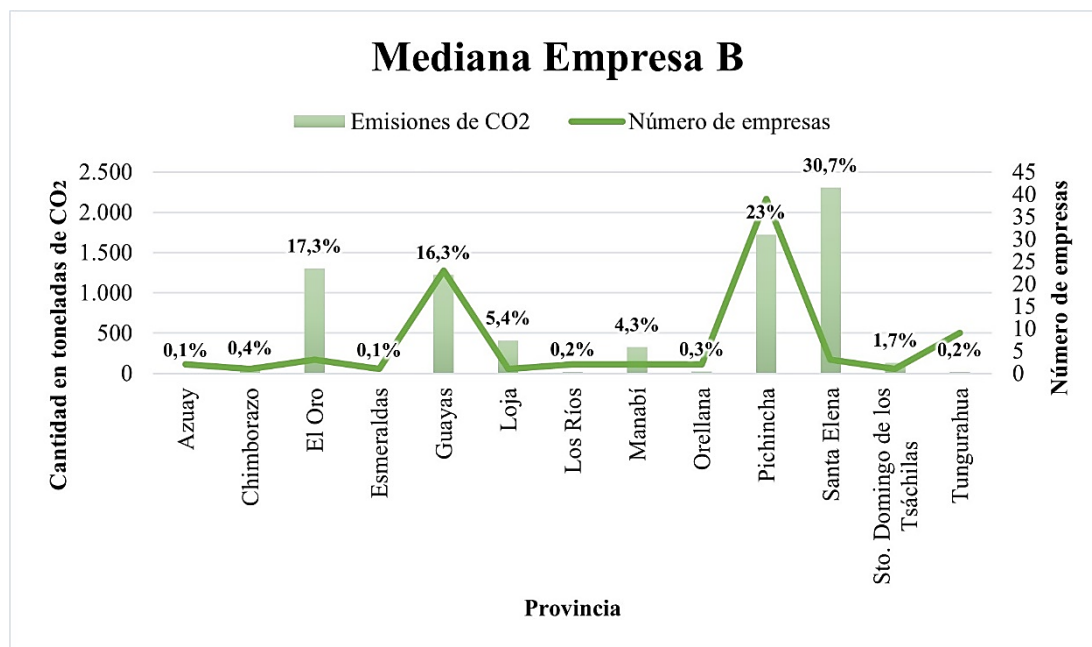
*Nota.* Las empresas con ingresos de 1.000.001 a 2.000.000, con un número de trabajadores de 50 a 99 se consideran como mediana tipo A. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

Como se observa en la figura 3, la cantidad de CO<sub>2</sub> en las medianas empresas tipo A, muestra que Pichincha, El Oro y Guayas lideran el ranking con más del 80% de emisiones con valores de 702,8 (54%), 261,3 (19,9%) y 151,7 (11,6%) tn, respectivamente. Es importante mencionar que la provincia de Pichincha cuenta con once empresas dedicadas a distintas actividades como la fabricación de productos de plástico, de textiles, de panadería, entre otros; se le considera como motor de desarrollo por su ubicación geográfica, su diversidad productiva, su infraestructura y su dinamismo en la oferta de servicios (Ibujés-Villacís & Franco-Crespo, 2023).

El Oro como la segunda provincia más contaminante tiene una empresa dedicada a la fabricación de productos primarios de metales preciosos y metales no ferrosos, la explotación de canteras para la extracción de metales preciosos y otros minerales constituyen el segundo sector económico más importante de la región (Lalangi Ramírez, 2021). Con respecto a Santa Elena, el valor más bajo en emisiones de CO<sub>2</sub>, se debe a que su empresa se dedica a la elaboración de comidas y platos preparados, donde la cantidad de CO<sub>2</sub> es de 4,83 tn representando el 0,4% del total de emisiones.

**Figura 4**

*Toneladas de CO<sub>2</sub> por tamaño de empresa: Mediana Empresa B*



*Nota.* Las empresas con ingresos de 2.000.001 a 5.000.000, con un número de trabajadores de 100 a 199 se consideran como mediana tipo B. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

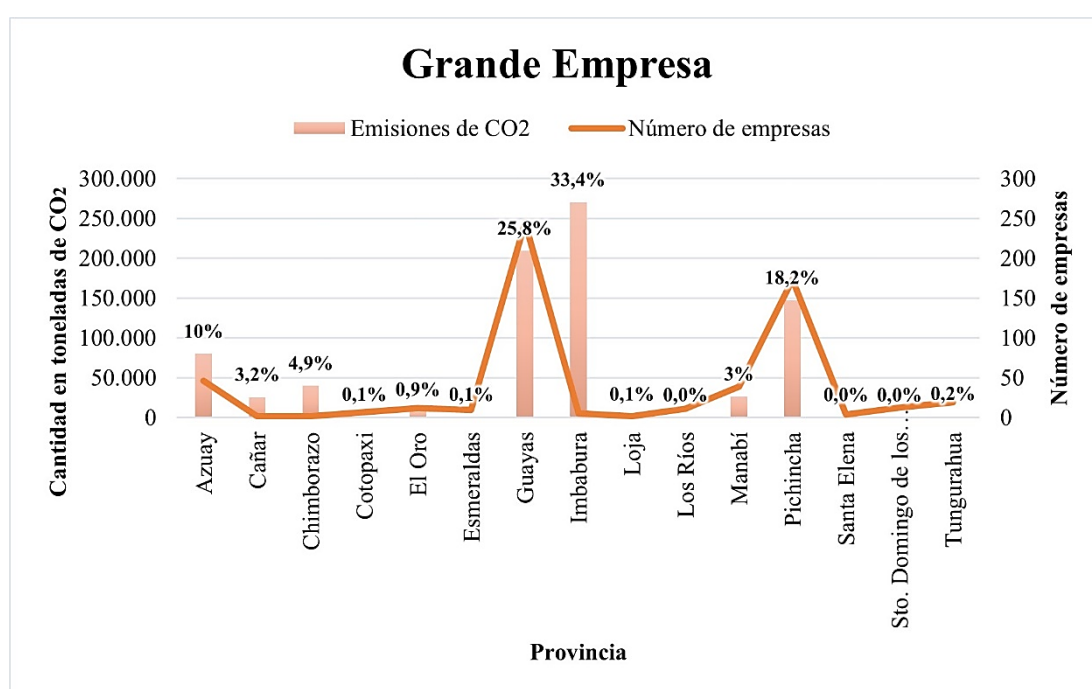
En la figura 4 se observa que, la cantidad de CO<sub>2</sub> en las medianas empresas tipo B, muestra que las provincias de Santa Elena, Pichincha y El Oro lideran el ranking con los valores de 2.302, 1.721 y 1.299 tn, respectivamente. Es importante mencionar que en Santa Elena y El Oro existen tres empresas en cada provincia; estos sectores se destacan porque cuentan con características productivas que permiten el desarrollo de productos agroindustriales destinados a la agroexportación y consumo nacional como lo relacionado a la elaboración y conservación de pescados, crustáceos, moluscos, y



de carne (Valencia Cruzaty, 2020). Por otro lado, en la provincia de Pichincha se encuentra 39 empresas dedicadas a diversas actividades económicas lo que genera un dinamismo en el mercado. Con respecto a Azuay, el valor más bajo en emisiones de CO<sub>2</sub>, se debe a que sus empresas se dedican a la elaboración de vino con un valor de 6,28 tn de CO<sub>2</sub>, se destaca por su producción, abastecimiento y exportación adaptándose a la demanda del mercado cambiante (Ministerio de Producción, 2022).

**Figura 5**

*Toneladas de CO<sub>2</sub> por tamaño de empresa: Grande empresa*



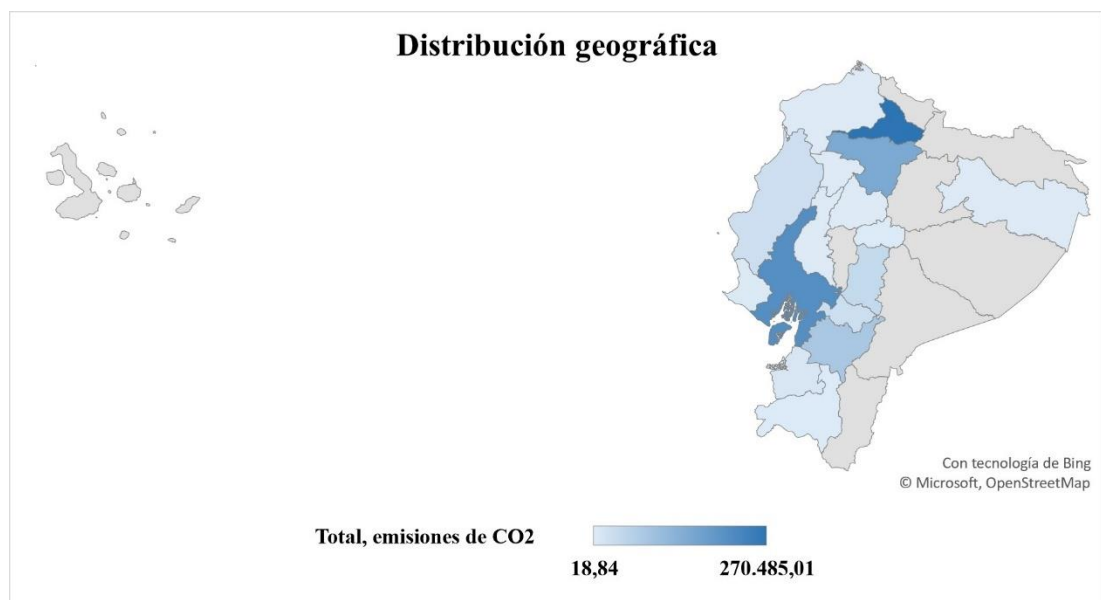
*Nota.* Las empresas con ingresos mayores o iguales a 5.000.001, con un número de trabajadores mayor o igual a 200 se consideran como grande. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

Como se observa en la figura 5, la cantidad de CO<sub>2</sub> en las grandes empresas, muestra que Imbabura, Guayas y Pichincha lideran el ranking con los valores de 270.404, 209.359 y 147.278 tn, respectivamente. Es importante mencionar que en Imbabura existen cinco empresas dedicadas a la elaboración de productos lácteos, fabricación de cemento, cal, yeso, productos de caucho y textiles. Con respecto a Los Ríos, el valor más bajo en emisiones de CO<sub>2</sub> (146 ton); sus empresas se dedican a la elaboración y

conservación de frutas, legumbres y hortalizas donde la agregación de tecnología es baja y su enfoque primordial es la actividad agrícola (Ruiz Guajala, 2022).

### Figura 6

#### *Emisiones de CO<sub>2</sub> por provincia*



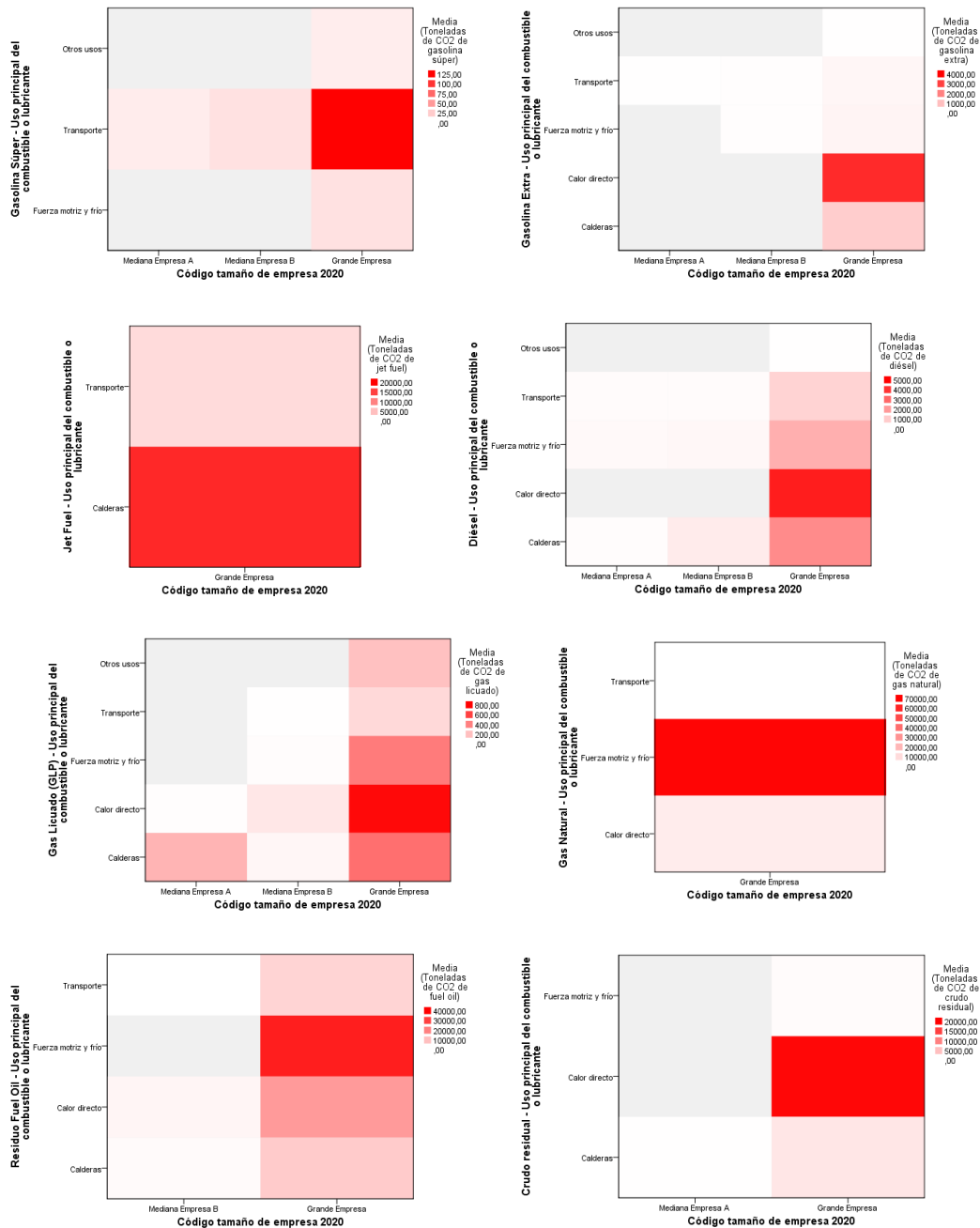
*Nota.* Distribución espacial de la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera por provincia. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

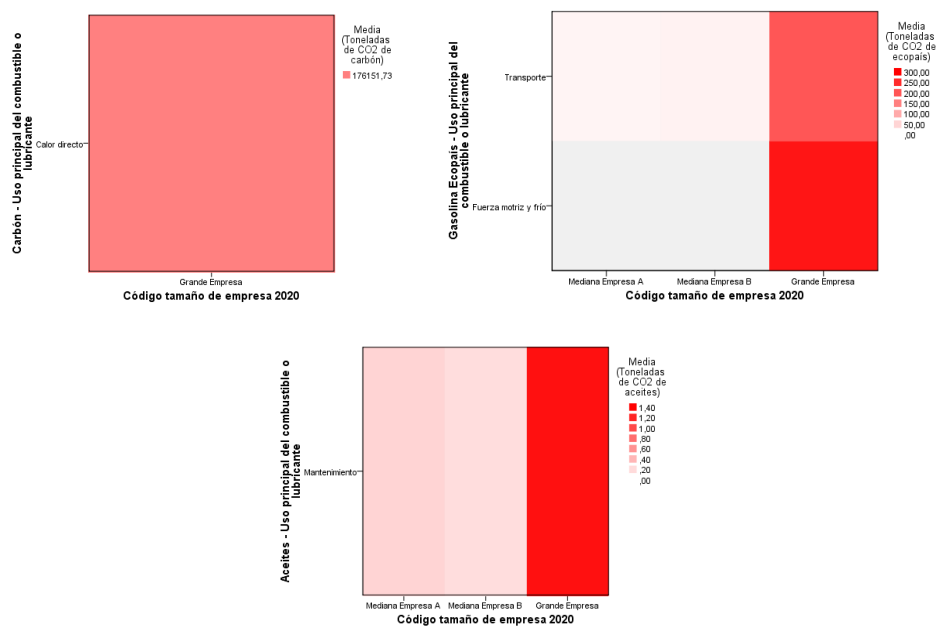
En la figura 6 se observa que, a nivel nacional, Imbabura presentó la mayor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> con referencia a las demás provincias, con un valor de 270.485 Ton. A pesar de que en esta provincia existen solamente seis empresas, su emisión de CO<sub>2</sub> supera a aquellas que tienen sobre las 200 empresas. Las principales actividades económicas en la provincia son la elaboración de productos lácteos, fabricación de cemento, cal, yeso, productos de caucho y textiles. Este tipo de actividades generan contaminación con CO<sub>2</sub> destacándose la producción de lácteos y fabricación de cemento, por tal motivo, se ha implementado programas y capacitaciones que permiten una mejora en las técnicas de manejo ganadero, así como la creación de centros de acopio en el sector lácteo (Asociación de Bancos Privados del Ecuador, 2022), así también se encuentra la cementera más grande del mundo, la cual provoca contaminación ambiental que afecta a la población y a la biodiversidad, ante esta situación, la empresa modificó la estructura organizacional incluyendo la

sustentabilidad en sus procesos como consumir sus desechos en los hornos como combustible alternativo (EJAtlas, 2021; Estupiñan et al., 2021).

**Figura 7**

*Emisiones de CO<sub>2</sub>, uso principal de los combustibles y tamaño de empresas*



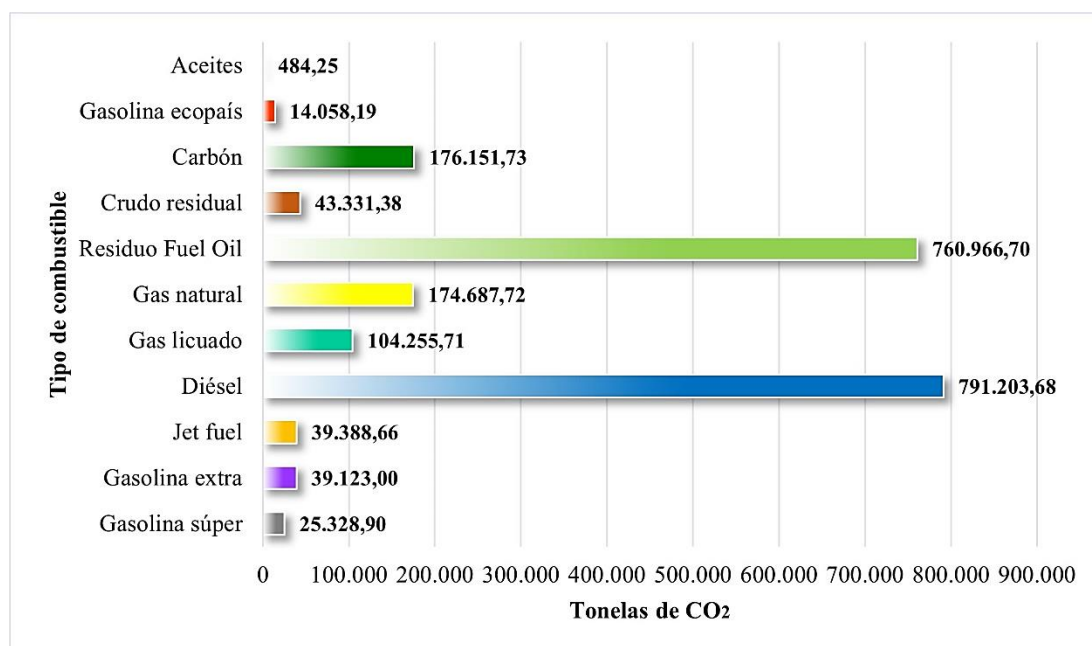


*Nota.* Visualización de la cantidad de CO<sub>2</sub> mediante mapas de calor. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

Como se observa en la figura 7, la gasolina súper es el combustible que se utilizó para transporte en los tres tipos de empresas con una cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> de 148,73 tn; las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por calor directo en mayoría por grandes empresas provienen de combustibles como la gasolina extra, el diésel, el GLP (gas licuado de petróleo), el crudo residual y el carbón con una cantidad de 3.347,20; 4.436,85; 858,52; 19.489,06 y 176.151,73 tn, respectivamente; el combustible jet fuel se utiliza por las grandes empresas para el funcionamiento de calderas con una emisión de 16.868,84 tn de CO<sub>2</sub>; el gas natural, el residuo fuel oil y la gasolina ecopaís se usan para la fuerza motriz y frío en las grandes empresas con una cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> de 68.663,97; 35.306,37 y 275,07 tn, respectivamente; finalmente, los aceites se utilizan para el mantenimiento en los tres tipos de empresas con una cantidad de CO<sub>2</sub> emitida de 3,93 tn. El uso de combustibles de origen fósil genera una tendencia creciente de emisiones de CO<sub>2</sub>, su participación en el sector industrial aporta en grandes cantidades a las emisiones totales presentes en la atmósfera (Muentes et al., 2022).

**Figura 8**

*Emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de combustible*

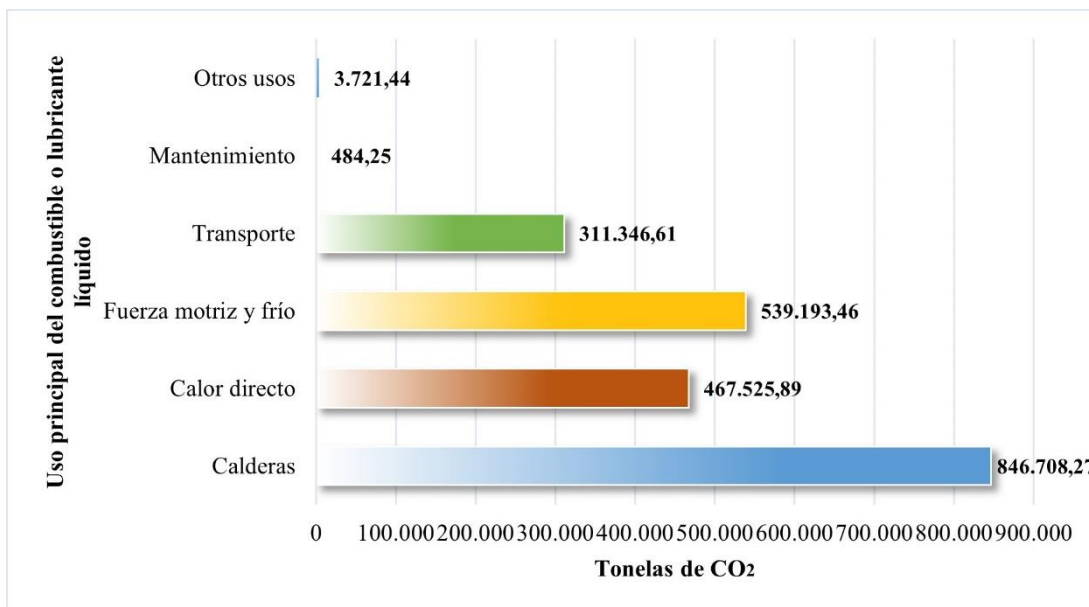


*Nota.* Cantidad de CO<sub>2</sub> emitido de acuerdo con los diferentes tipos de combustibles y lubricantes líquidos. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

En la figura 8, se observa que el diésel y el residuo fuel oil equivalen al 71,6% del total de emisiones de CO<sub>2</sub>. El diésel es el combustible que mayor cantidad de dióxido de carbono emite (791.203,68 tn que corresponde al 36,5%); además, es el más utilizado por su precio y adaptabilidad (Mantilla-Falcón et al., 2023) en numerosas actividades dentro del proceso productivo como obtener vapor a través de calderas, generar calor en hornos, movilizar motores o bombas eléctricas y distribuir productos por medio del transporte. El residuo fuel oil emite 760.966,70 tn (35,1%) es el segundo combustible más contaminante y el más utilizado como fuente de energía en las industrias de cemento, del azúcar y del vidrio (Alcocer Quinteros et al., 2020), esto se debe a que 69 empresas lo utilizan. Por otro lado, los aceites son utilizados para el mantenimiento de motores y equipos en procesos productivos de la industria con un valor de 484,25 tn (0,02%) de emisiones de CO<sub>2</sub> en la industria manufacturera.

**Figura 9**

*Emisiones de CO<sub>2</sub> por uso principal de los combustibles*



*Nota.* Cantidad de CO<sub>2</sub> emitido de acuerdo con los distintos usos de los combustibles.  
*Fuente:* Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

Como se observa en la figura 9, el uso de calderas es el proceso que mayor cantidad de CO<sub>2</sub> origina, equivale al 39% (846.708,27 tn) del total de emisiones en las industrias manufactureras, utiliza en su mayoría combustibles como el diésel, el residuo fuel oil, entre otros, para la generación de vapor. La fuerza motriz y frío es la segunda actividad que produce gran cantidad de CO<sub>2</sub>, representa el 24,9% (539.193,46 tn) de dióxido de carbono, usa en su mayor parte combustibles como gas natural, residuo fuel oil y otros para motores, bombas eléctricas y equipos de refrigeración industrial.

Para realizar el análisis de la variable independiente, se dividió a las empresas de acuerdo con la ubicación geográfica y el tamaño, para facilitar la comprensión y visibilidad mediante gráficos combinados.

**Tabla 4***Provincia, tamaño y VAB empresarial*

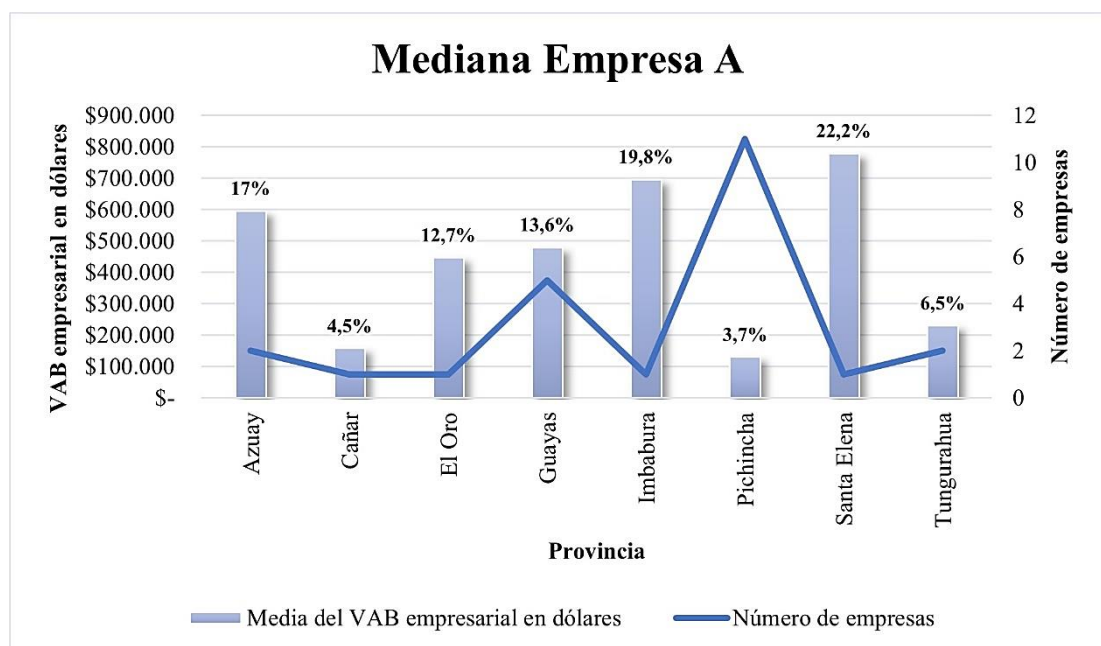
Provincia	Mediana Empresa A		Mediana Empresa B		Grande Empresa		Total, empresas	Total, VAB empresarial en dólares
	Número de empresas	Media del VAB empresarial en dólares	Número de empresas	Media del VAB empresarial en dólares	Número de empresas	Media del VAB empresarial en dólares		
<b>Azuay</b>	2	595.552,50	2	1.263.491,00	46	8.378.665,74	50	10.237.709,24
<b>Cañar</b>	1	157.057,00	0		2	30.276.777,50	3	30.433.834,50
<b>Cotopaxi</b>	0		0		7	7.787.311,29	7	7.787.311,29
<b>Chimborazo</b>	0		1	204.866,00	2	4.622.127,00	3	4.826.993,00
<b>El Oro</b>	1	446.341,00	3	401.467,00	12	5.549.578,83	16	6.397.386,83
<b>Esmeraldas</b>	0		1	430.887,00	10	2.217.888,10	11	2.648.775,10
<b>Guayas</b>	5	479.220,80	23	823.275,74	245	11.452.889,75	273	12.755.386,29
<b>Imbabura</b>	1	696.017,00	0		5	16.050.256,00	6	16.746.273,00
<b>Loja</b>	0		1	1.126.465,00	2	9.615.968,00	3	10.742.433,00
<b>Los Ríos</b>	0		2	569.704,50	11	8.813.997,64	13	9.383.702,14
<b>Manabí</b>	0		2	425.428,50	39	10.604.836,03	41	11.030.264,53
<b>Pichincha</b>	11	129.512,91	39	1.219.161,26	173	-2.026.675,71	223	-678.001,54
<b>Tungurahua</b>	2	229.535,00	9	877.579,56	19	5.552.610,79	30	6.659.725,35
<b>Orellana</b>	0		2	2.034.828,00	0		2	2.034.828,00
<b>Sto. Domingo de los Tsáchilas</b>	0		1	1.045.803,00	13	2.088.254,85	14	3.134.057,85
<b>Santa Elena</b>	1	778.511,00	3	681.079,67	4	2.336.941,25	8	3.796.531,92
<b>Total</b>	24	3.511.747,21	89	11.104.036,23	590	123.321.427,06	703	137.937.210,50

*Nota.* Distribución de empresas en Ecuador de acuerdo con la cantidad de VAB empresarial. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

En la tabla 4, se observa que las empresas que se dedican a actividades manufactureras se dividen en mediana empresa A, mediana empresa B y grande empresa, donde la diferencia entre estas es la cantidad de trabajadores y sus ingresos ordinarios. Las grandes empresas tienen el 89,4% (\$123.321.427,06) de la producción total de las industrias manufactureras, las medianas empresas A y B apenas aportan el 2,5% (\$3.511.747,21) y 8,1% (\$11.104.036,23), respectivamente. El estudio de Cando Zumba et al. (2023) explica que las grandes empresas presentan una producción de \$125.970.672, las medianas empresas B el valor de \$14.807.901 y las medianas empresas A el valor de \$8.985.777; es importante mencionar que es una proyección realizada bajo el supuesto de un escenario sin pandemia, es por esto por lo que los valores son superiores a los del análisis de este estudio.

**Figura 10**

*Vab empresarial por tamaño de empresa: Mediana Empresa A*



*Nota.* Las empresas con ingresos de 1.000.001 a 2.000.000, con un número de trabajadores de 50 a 99 se consideran como mediana tipo A. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

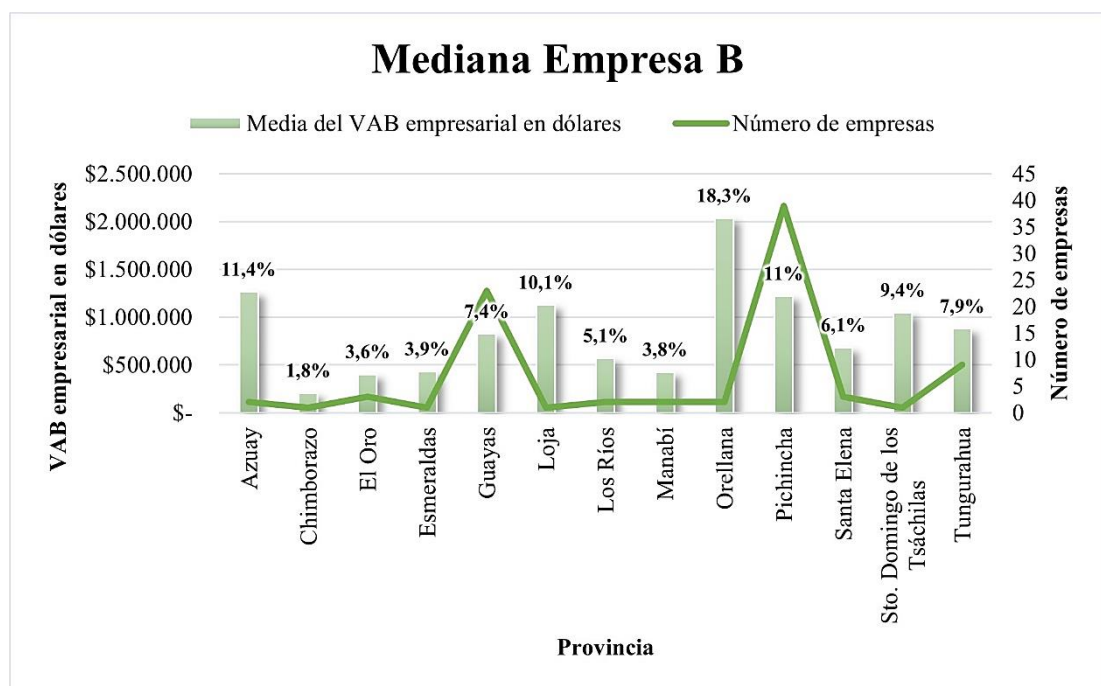
Como se observa en la figura 10, el promedio del VAB empresarial en las medianas empresas tipo A, muestra que Santa Elena, Imbabura y Azuay lideran con los valores más altos, aportan al VAB el 22,2% (\$778.511,00), el 19,8% (\$696.017,00) y el 17%



(\$595.552,50), respectivamente. Es importante mencionar que en las provincias descritas existen tan solo una o dos empresas; la elaboración de comidas y platos preparados y la conservación de carne en Santa Elena e Imbabura se direccionan en la transformación de materia prima sin la implementación de tecnología (Álvarez Acosta et al., 2020); mientras que, en Azuay el factor trabajo es un determinante para el crecimiento del sector de fabricación de tanques, depósitos y recipientes de metal (Pinos Luzuriaga et al., 2020). Con respecto a Pichincha, el valor más bajo de aporte al VAB se debe a que sus empresas se dedican a la elaboración de productos de panadería, así como al de fibras textiles, calzado, papel y cartón, estas actividades económicas se encuentran en crecimiento gracias a la demanda diaria de sus productos (Costales, 2020).

**Figura 11**

*Vab empresarial por tamaño de empresa: Mediana Empresa B*



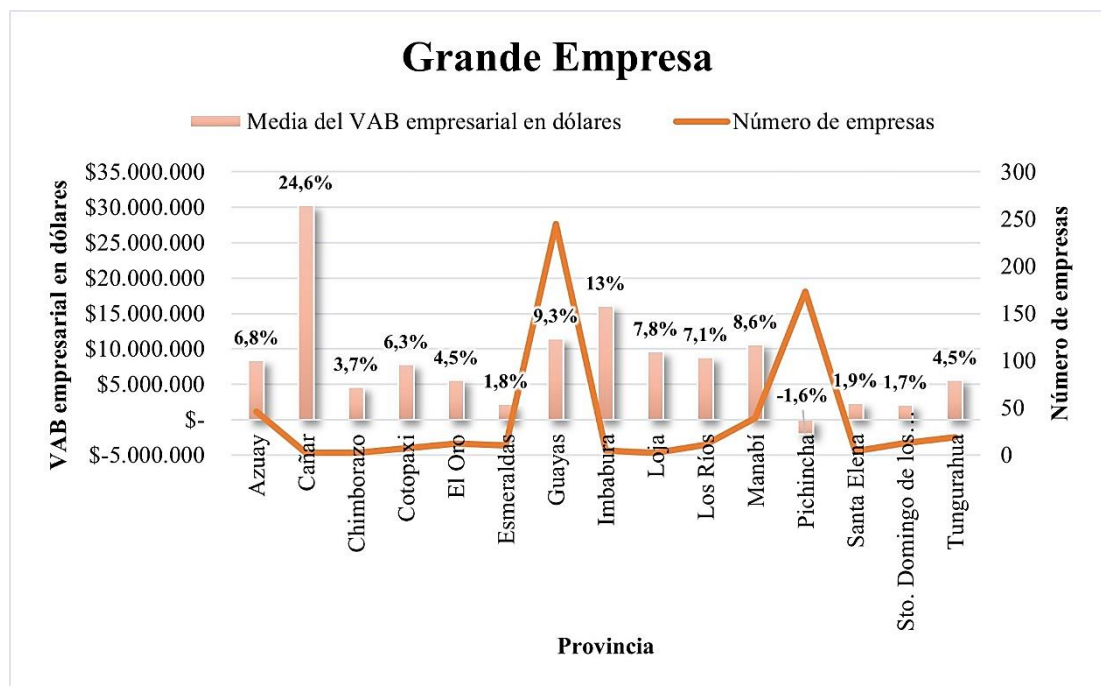
*Nota.* Las empresas con ingresos de 2.000.001 a 5.000.000, con un número de trabajadores de 100 a 199 se consideran como mediana tipo B. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

En la figura 11 se observa que, el promedio del VAB empresarial en las medianas empresas tipo B muestra que Orellana, Azuay y Pichincha lideran con los valores más

altos, aportan al VAB el 18,3% (\$2.034.828,00), el 11,4% (\$1.263.491,00) y el 11% (\$1.219.161,26), respectivamente. Es importante mencionar que en Orellana existen dos industrias, los productos de la elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal se destinan a la exportación, convirtiendo a Ecuador en el quinto productor de aceite en Latinoamérica (Asociación de Bancos Privados del Ecuador [ASOBANCA], 2022), Azuay se destaca por la elaboración de vinos y la fabricación de carrocerías; por otro lado, en la provincia de Pichincha se encuentra 39 empresas dedicadas a diversas actividades económicas lo que genera un dinamismo en la economía (Costales, 2020).

**Figura 12**

*Vab empresarial por tamaño de empresa: Grande empresa*



*Nota.* Las empresas con ingresos mayores o iguales a 5.000.001, con un número de trabajadores mayor o igual a 200 se consideran como grande. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

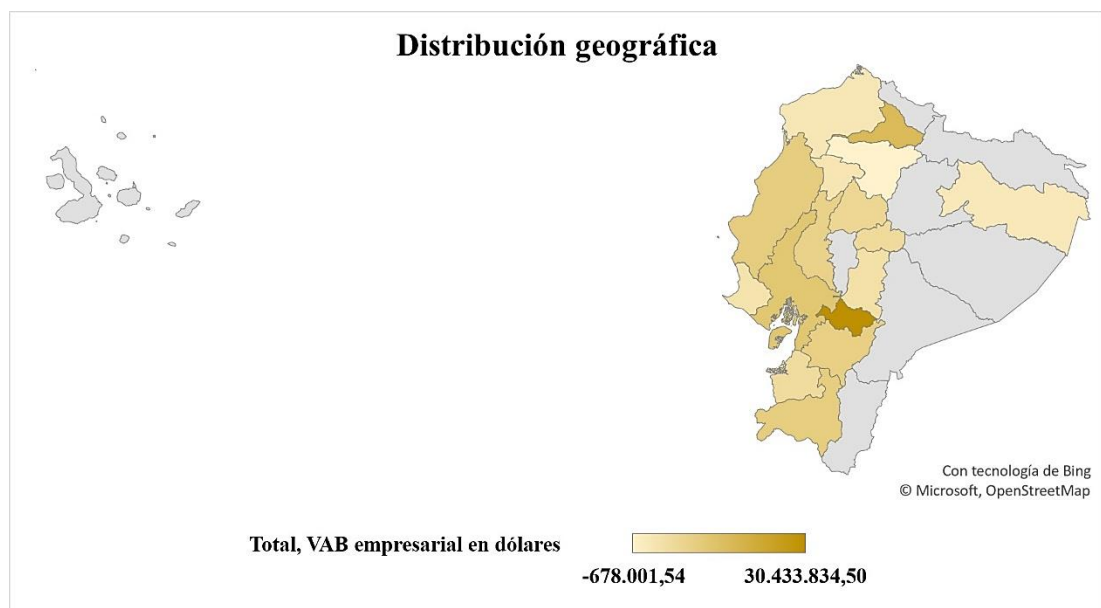
Como se observa en la figura 12, el promedio del VAB empresarial en las grandes empresas muestra que Cañar, Imbabura y Guayas lideran con los valores más altos, aportan al VAB el 24,6% (\$30.276.777,50), el 13% (\$16.050.256,00) y el 9,3% (\$11.452.889,75), respectivamente. Es importante mencionar que Cañar se destaca por

la destilación y mezcla de bebidas alcohólicas y por la elaboración de azúcar, esto se debe a que en esta provincia junto con Guayas y Loja son responsables de aproximadamente el 97% del total de producción (Parrales Reyes et al., 2022); mientras que, Imbabura sobresale por su elaboración de productos lácteos, fabricación de cemento, cal, yeso, productos de caucho y textiles. Por otro lado, Guayas es la provincia con el mayor número de empresas grandes con una diferenciación y diversificación productiva.

Con respecto a Pichincha, el valor más bajo de aporte al VAB se debe a que existen empresas con valores negativos en la fabricación de productos a base de la refinación del petróleo y la fabricación de vehículos automotores, a causa de la paralización de actividades por la crisis sanitaria (Hurtado Caicedo & Velasco Abad, 2020).

### Figura 13

*Vab empresarial por provincia*



*Nota.* Distribución espacial del VAB empresarial por provincia. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

En la figura 13, se observa que a nivel nacional, Cañar presentó el promedio más alto de VAB empresarial con referencia a las otras provincias, con un valor de \$30.433.384,50. A pesar de que en esta provincia existen tres empresas, su producción supera a las demás; enfocándose en sus actividades económicas como son la

elaboración de productos lácteos, de bebidas alcohólicas y de azúcar; se convierte en la segunda provincia con mayor porcentaje de producción nacional de caña de azúcar (Corporación Financiera Nacional, 2021).

**Tabla 5**

*Actividad económica principal, VAB empresarial y emisiones de CO<sub>2</sub>*

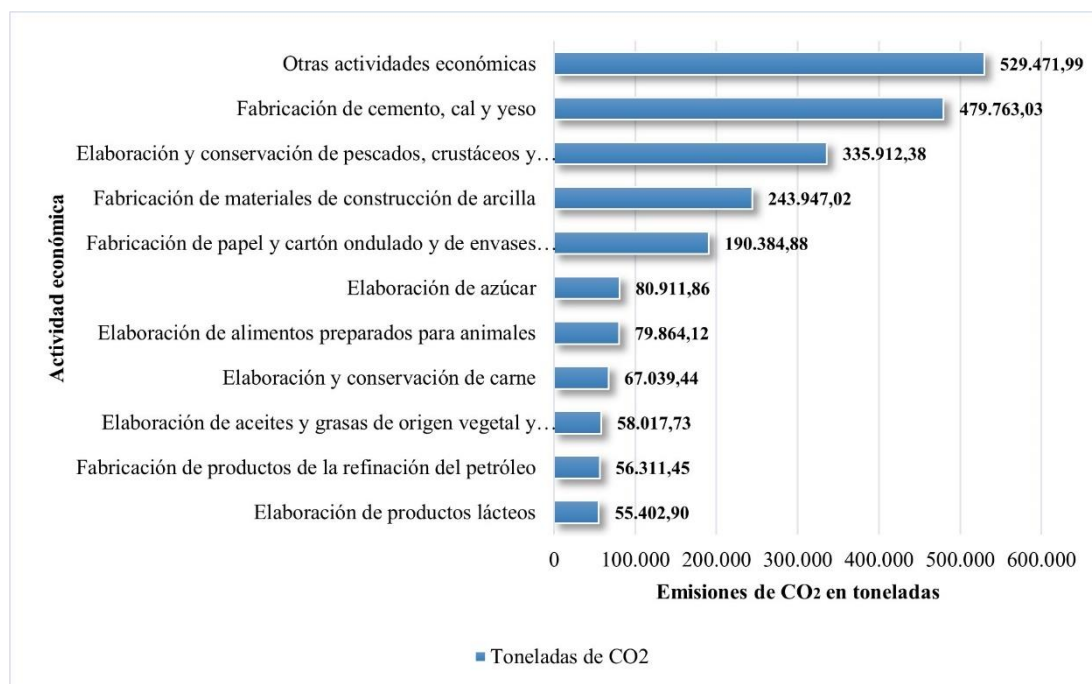
<b>CIU</b>	<b>Actividad económica</b>	<b>Número de empresas</b>	<b>VAB empresarial en dólares</b>	<b>Toneladas de CO<sub>2</sub></b>
<b>C1020</b>	Elaboración y conservación de pescados, crustáceos y moluscos	73	818.630.958,00	335912,38
<b>C2220</b>	Fabricación de productos de plástico	60	317.668.632,00	24491,26
<b>C1061</b>	Elaboración de productos de molinería	34	191.485.470,00	25890,07
<b>C1080</b>	Elaboración de alimentos preparados para animales	24	403.632.356,00	79864,12
<b>C1040</b>	Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	23	199.104.380,00	58017,73
<b>C1010</b>	Elaboración y conservación de carne	22	375.313.375,00	67039,44
<b>C1050</b>	Elaboración de productos lácteos	21	146.026.330,00	55402,9
<b>C1702</b>	Fabricación de papel y cartón ondulado y de envases de papel y cartón	18	272.493.011,00	190384,88
<b>C2410</b>	Industrias básicas de hierro y acero	10	197.617.220,00	23640,65
<b>C1920</b>	Fabricación de productos de la refinación del petróleo	9	-1.956.605.079,00	56311,45
<b>C1072</b>	Elaboración de azúcar	6	302.806.131,00	80911,86
<b>C2392</b>	Fabricación de materiales de construcción de arcilla	4	44.704.179,00	243947,02
<b>C2394</b>	Fabricación de cemento, cal y yeso	2	213.305.162,00	479763,03

*Nota.* Ranking de industrias. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

Como se observa en la tabla 5, la actividad económica que más se realiza en el Ecuador es la perteneciente al CIU C1020 que corresponde a la elaboración y conservación de pescados, crustáceos y moluscos con un total de 73 empresas entre mediana A, mediana B y grande, se posiciona como el sector económico que más VAB empresarial genera con un valor de \$818.630.958,00 y emite 335.912,38 tn de CO<sub>2</sub> convirtiéndose en la segunda actividad con más emisiones contaminantes; este sector se encuentra en crecimiento posicionando a Ecuador como el cuarto país exportador de camarón, atún, salmón y harina de pescado (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020). La segunda actividad económica con mayor concentración de empresas pertenece al CIU C2220 dedicada a la fabricación de productos de plástico con un total de 60 industrias, su aporte al VAB es de \$317.668.632,00 y emite un total de 24.491,26 tn de CO<sub>2</sub>.

**Figura 14**

*Actividad económica y emisiones de CO<sub>2</sub>*



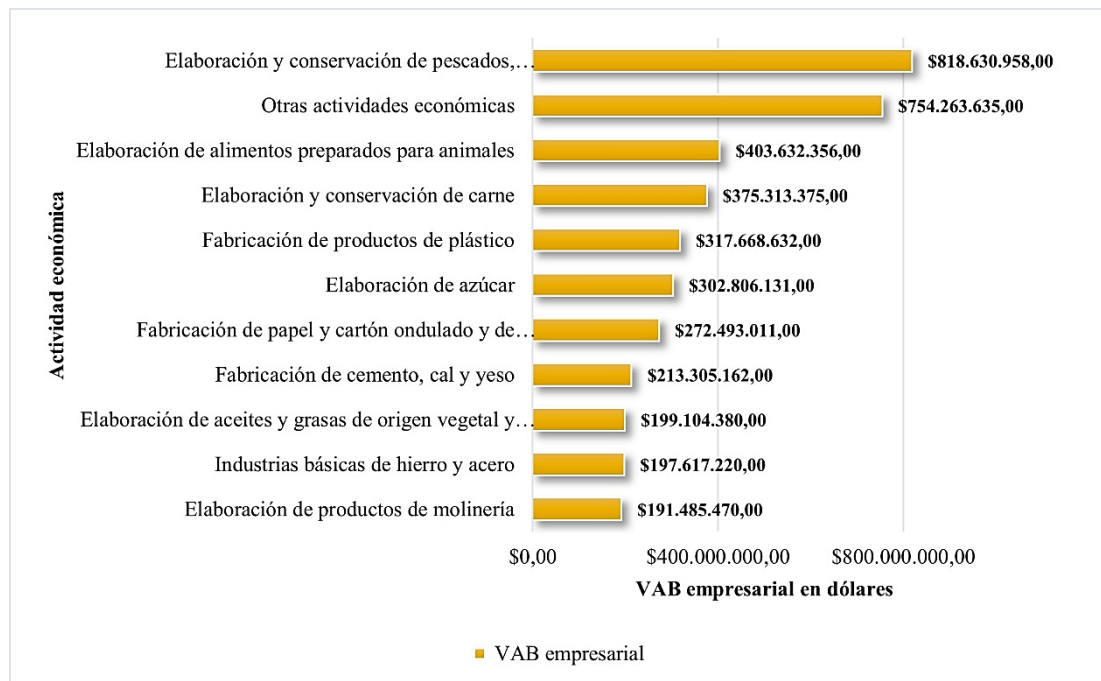
*Nota.* Ranking de industrias por cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> que emiten. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

Para realizar el análisis de la cantidad de CO<sub>2</sub> que emiten las actividades económicas del Ecuador, se tomó en cuenta aquellas que presentan los diez valores más altos. En

la figura 14, se establece que la fabricación de cemento, cal y yeso es el sector económico que mayor dióxido de carbono emite (479.763,03 tn), existen tan solo dos grandes empresas dedicadas a esta actividad económica ubicadas en Guayas e Imbabura, donde provocan contaminación ambiental, afecta a la población y ocasiona una degradación en el ambiente y su biodiversidad (Selvatierra Espinosa et al., 2022). La elaboración y conservación de pescados, crustáceos y moluscos es la segunda actividad que más CO<sub>2</sub> emite (335.912,38 ton).

### Figura 15

Actividad económica y VAB empresarial



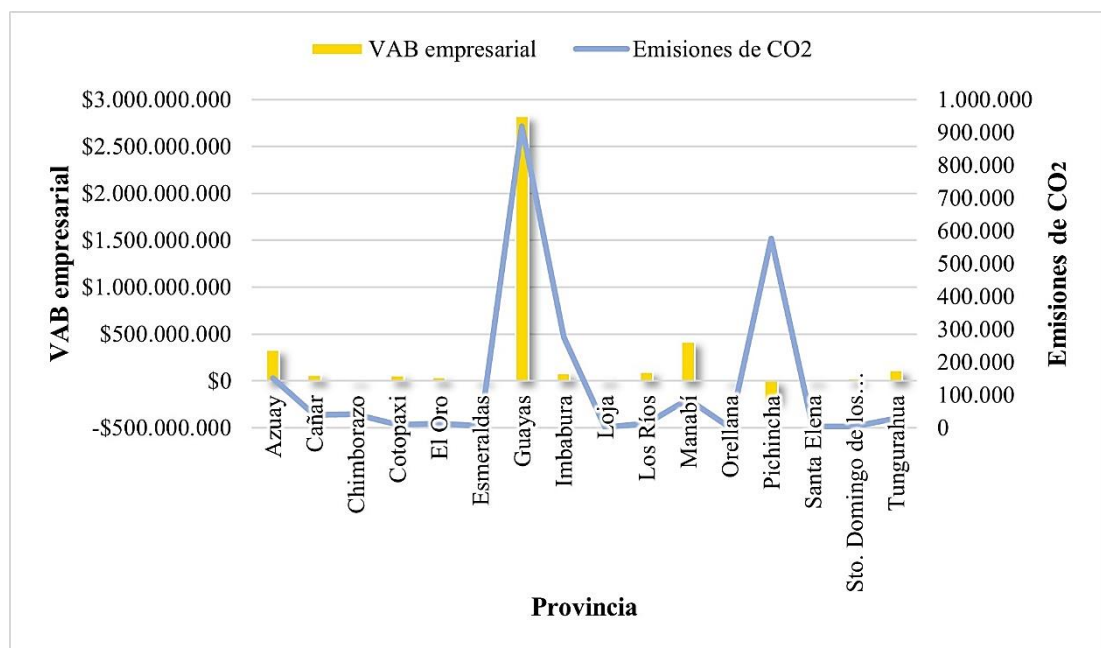
*Nota.* Ranking de industrias por VAB empresarial. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

Para realizar el análisis del VAB empresarial con las actividades económicas, se tomó en cuenta aquellas que presentan los diez valores más altos. En la figura 15, se establece que la elaboración y conservación de pescados, crustáceos y moluscos es el sector económico con mayor producción con un aporte del 20,2% (\$818.630.958,00) al VAB empresarial, esta industria está conformada por 73 empresas. La elaboración de alimentos preparados para animales es la segunda actividad con mayor aporte al

VAB empresarial; sin embargo, es la mitad del valor más alto (\$403.632.356,00), con un total de 24 empresas.

**Figura 16**

*VAB empresarial y emisiones de CO<sub>2</sub>*



*Nota.* Comportamiento de la variable dependiente e independiente por provincias.  
Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

En la figura 16 se observa que el comportamiento de las variables, emisiones de CO<sub>2</sub> y el VAB empresarial presentan una relación directamente proporcional en las provincias de Ecuador. Es importante mencionar que, la provincia de Guayas sobresale de las demás por los valores altos en VAB empresarial (\$2.822.647.425,00) y emisiones de CO<sub>2</sub> (918.960,39 tn), se cumple la tendencia, a mayor producción mayor emisión de gases contaminantes (Castillo Macías, 2021). Sin embargo, en Pichincha esta tendencia cambia debido a la actividad económica de la fabricación de productos de la refinación del petróleo que presenta valores negativos en su producción (pérdidas).

### *Análisis correlacional de las variables de estudio*

Para la realización del segundo objetivo se estableció la correlación entre la variable independiente que es el VAB empresarial y la dependiente que son las emisiones de CO<sub>2</sub> en toneladas, clasificadas de acuerdo con el tipo de combustible y lubricante líquido que lo emitió y el uso principal de cada uno como son: calderas, calor directo, fuerza motriz y frío, transporte y mantenimiento. Se utilizó la prueba Kolmogorov-Smirnov (ver tabla 6) porque es un estadístico que se utiliza en casos donde existen más de 50 datos (Levin & Rubin, 2004), para determinar si un conjunto de datos sigue una distribución normal, es decir, que sea simétrica y que la mediana, media y moda estén ubicadas en el centro de la distribución (Anderson et al., 2008).

**Tabla 6**

*Pruebas de normalidad*

<b>Variables</b>	<b>Estadístico</b>	<b>Sig.</b>
<b>Total, emisiones de CO<sub>2</sub></b>	0,423	0,000
<b>VAB empresarial</b>	0,460	0,000

*Nota.* Prueba de Kolmogorov-Smirnov. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

Se analiza la significancia para determinar si los datos se encuentran distribuidos alrededor de la media de forma normal. Se toma en cuenta las siguientes hipótesis; la hipótesis nula ( $H_0$ ), los datos tienen una distribución normal y la hipótesis alterna ( $H_1$ ), los datos no tienen una distribución normal; si el valor de significancia es mayor que 0,05 se acepta la  $H_0$  y si es menor que 0,05 se acepta la  $H_1$  (Newbold et al., 2008). El valor de significancia para las dos variables es menor que 0,05, por lo tanto, se rechaza la  $H_0$  para la variable dependiente e independiente, es decir, los datos no siguen una distribución normal. Al observar el estadístico D, se determina que la distribución de datos de la variable dependiente e independiente no se ajusta a la distribución normal; el valor del estadístico D indica que hay diferencias significativas entre los datos observados y la distribución normal (Pérez Tejada, 2008), al compararlo con la tabla de valores de Kolmogorov-Smirnov, se determina que el estadístico D (0,423 y 0,460)

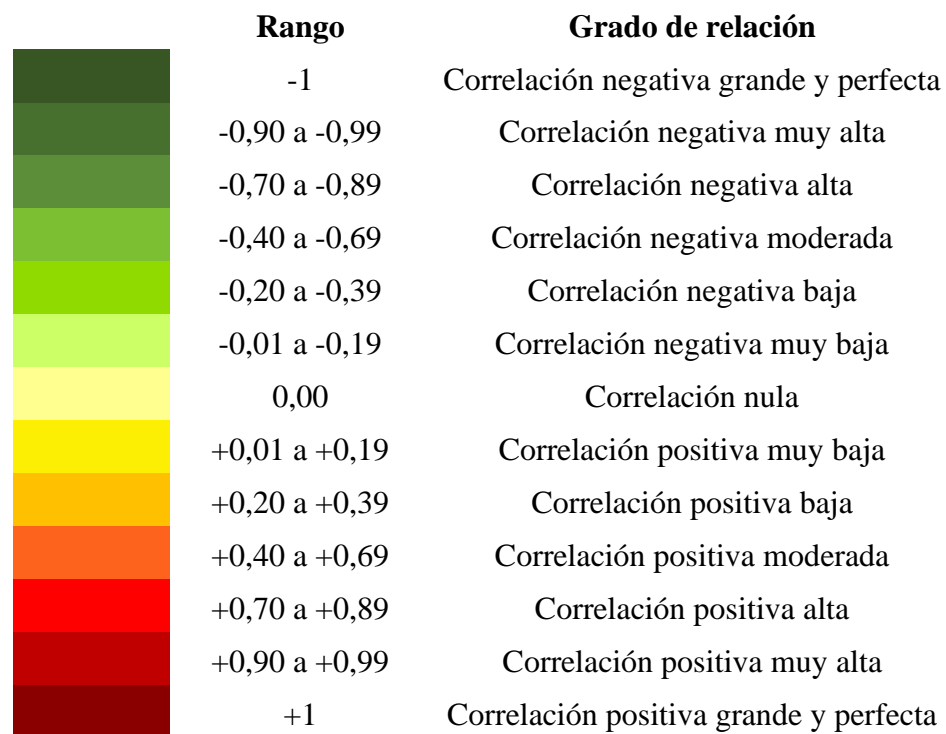


es mayor que el valor crítico (0,265); por lo tanto, se rechaza la  $H_0$  para las variables de estudio, es decir, los datos son no normales.

Por lo tanto, se aplicó el coeficiente Rho de Spearman ( $\rho$ ), para determinar el rango y el grado de relación de las variables; el coeficiente varía entre -1 y +1, donde los valores positivos indican una relación proporcional, los valores negativos muestran una relación inversa, y el valor 0 determina que no hay correlación entre las variables (Mondragón Barrera, 2014).

### Figura 17

*Rango y grado de relación*



*Nota.* Grado de relación según el coeficiente de correlación. Fuente: Elaboración propia en base a Martínez Rebollar & Campos Francisco, (2015).

Para la comprensión del  $\rho$  Spearman se divide al grado de relación desde correlación negativa perfecta hasta la correlación positiva perfecta, representándola con colores de acuerdo con los intervalos correspondientes como se observa en la figura 17; permite identificar con mayor facilidad el rango en el que se encuentran las variables y el grado de relación entre ellas.

**Tabla 7***Correlación del VAB empresarial y las emisiones de CO<sub>2</sub> en toneladas*

<b>Variables</b>		<b>Total, emisiones de CO<sub>2</sub></b>	<b>VAB empresarial</b>
<b>Total, emisiones de CO<sub>2</sub></b>	Rho de Spearman	1,000	
	Sig. (bil.)		
<b>VAB empresarial</b>	Rho de Spearman	,445**	1,000
	Sig. (bil.)	0,000	

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

*Nota.* Correlación interna entre la producción manufacturera (VAB empresarial) y las emisiones de CO<sub>2</sub> en el Ecuador para el año 2020. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del  $\rho$  Spearman de la tabla 7, muestra que la correlación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el VAB empresarial es de 0,445, esto indica que el grado de relación entre las variables es de una correlación positiva moderada, con una tendencia positiva, es decir, un aumento en la producción de las industrias manufactureras contribuye al incremento de emisiones de dióxido de carbono en la atmósfera. Esta relación es estadísticamente significativa, a un nivel bilateral de 0,01, quiere decir a un nivel de confianza del 99%.

**Tabla 8***Correlación de las emisiones de CO<sub>2</sub> y los diferentes combustibles fósiles y lubricantes líquidos*

<b>Variables</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub></b>	
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub></b>	Rho de Spearman	1,000
	Sig. (bil.)	
<b>VAB empresarial</b>	Rho de Spearman	,445**
	Sig. (bil.)	0,000
<b>Gasolina súper</b>	Rho de Spearman	,229**
	Sig. (bil.)	0,000
<b>Gasolina extra</b>	Rho de Spearman	,287**
	Sig. (bil.)	0,000
<b>Jet fuel</b>	Rho de Spearman	,073**
	Sig. (bil.)	0,002

<b>Diésel</b>	Rho de Spearman	,793**
	Sig. (bil.)	0,000
<b>GLP</b>	Rho de Spearman	,288**
	Sig. (bil.)	0,000
<b>Gas natural</b>	Rho de Spearman	,117**
	Sig. (bil.)	0,000
<b>Residuo fuel oil</b>	Rho de Spearman	,307**
	Sig. (bil.)	0,000
<b>Crudo residual</b>	Rho de Spearman	,093**
	Sig. (bil.)	0,000
<b>Carbón</b>	Rho de Spearman	0,042
	Sig. (bil.)	0,083
<b>Gasolina ecopaís</b>	Rho de Spearman	0,009
	Sig. (bil.)	0,695
<b>Aceites</b>	Rho de Spearman	,355**
	Sig. (bil.)	0,000

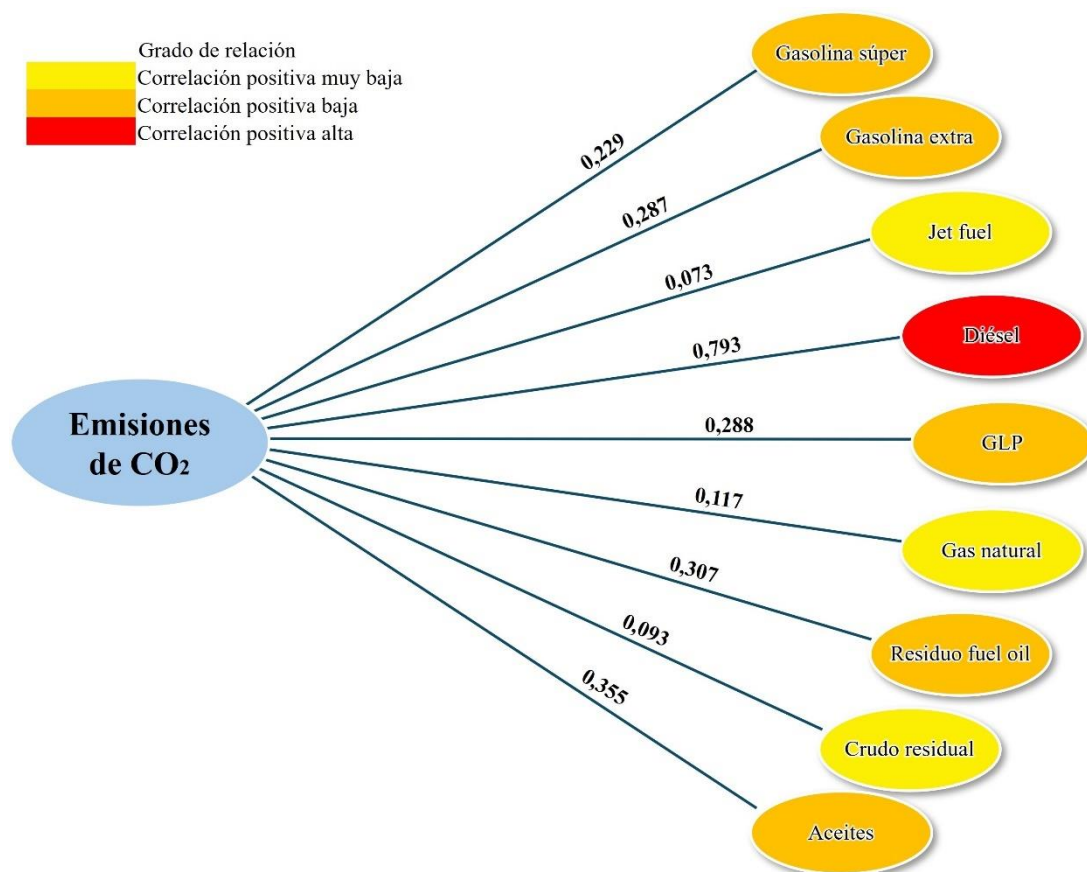
*Nota.* La correlación es significativa en el \*\* nivel 0,01 (bilateral) y en el \*nivel 0,05 (bilateral). Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 8, al analizar la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y los diferentes combustibles y lubricantes líquidos, muestra que el jet fuel, gas natural, crudo residual, carbón y gasolina ecopaís tienen una correlación positiva muy baja (valor  $\rho$  Spearman = 0,073; 0,117; 0,093; 0,042 y 0,009, respectivamente); por otro lado, la gasolina súper, extra, GLP, residuo fuel oil y aceites muestran una correlación positiva baja (valor  $\rho$  Spearman = 0,229; 0,287; 0,288; 0,307 y 0,355, respectivamente); además, el diésel presenta una correlación positiva alta (valor  $\rho$  Spearman = 0,793) al nivel 0,01 de significancia bilateral.

Respecto a la significancia de la correlación se determinó que el carbón y la gasolina ecopaís no tienen relación con las emisiones de CO<sub>2</sub>, porque el nivel de significancia es mayor a 0,05 (0,083 y 0,695 respectivamente); sin embargo, existe una correlación entre las variables.

**Figura 18**

*Grado de relación: emisiones de CO<sub>2</sub>, diferentes combustibles fósiles y lubricantes líquidos*

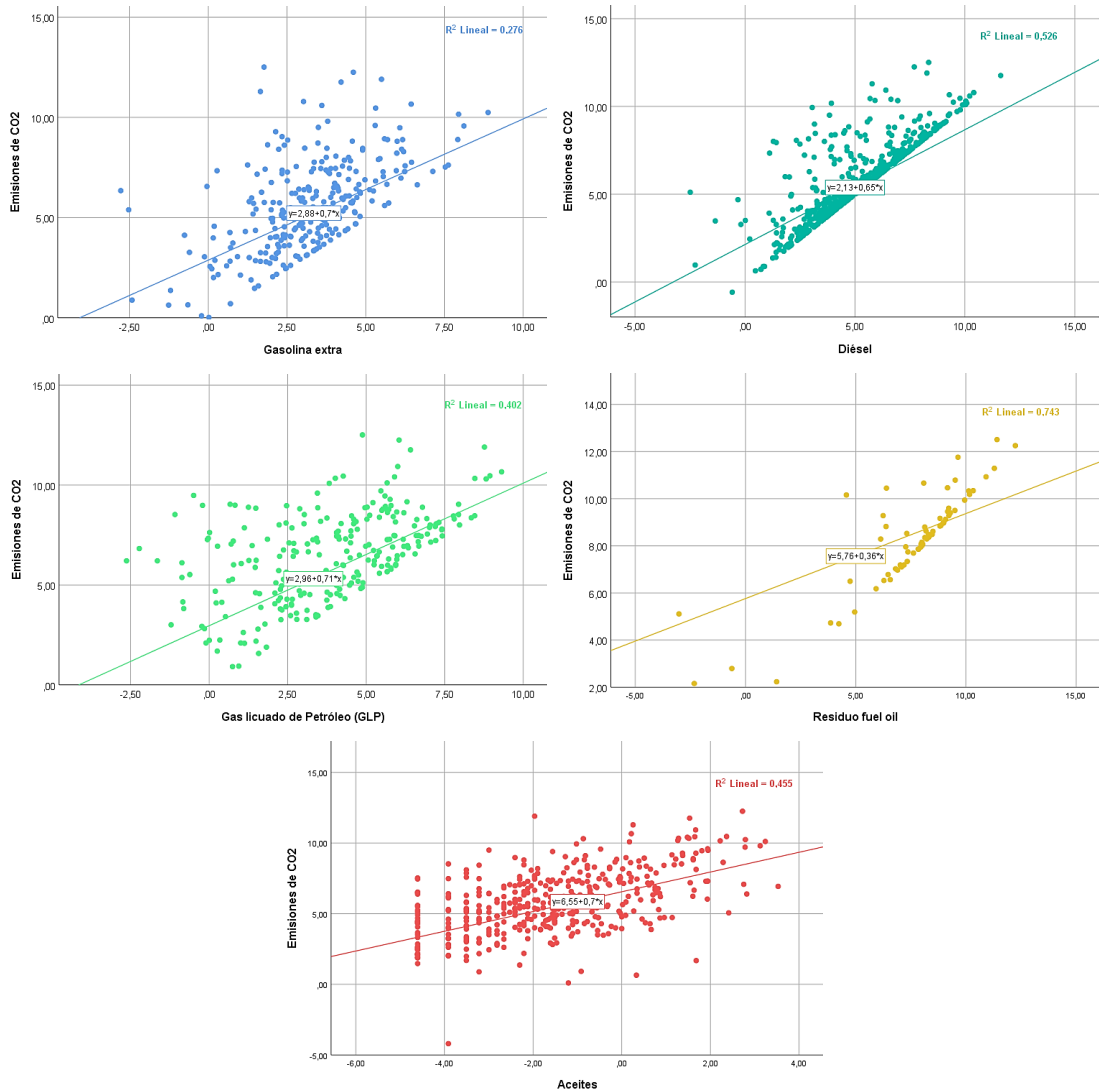


*Nota.* Coeficiente de correlación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, los diferentes combustibles fósiles y lubricantes líquidos. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 18 se observa que, el coeficiente de correlación muestra que los combustibles como el diésel se encuentran en el rango de +0,70 a +0,89 correspondiente a una correlación positiva alta, con una correlación mayor (0,793) en comparación con los demás combustibles, esto se debe a que 596 empresas lo utilizan para diferentes actividades como el uso de calderas, generación de calor directo, transporte, fuerza motriz y frío. Se establece que las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por los combustibles y lubricantes líquidos son directamente proporcionales en función de la producción industrial, de esta manera un incremento en la producción contribuye al aumento de emisiones provenientes de combustibles y lubricantes líquidos.

**Figura 19**

*Correlación: emisiones de CO<sub>2</sub>, diferentes combustibles fósiles y lubricantes líquidos*



*Nota.* Gráficos de dispersión de las variables de estudio. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 19, se observa la dispersión de los datos, en el eje y se encuentran las emisiones de CO<sub>2</sub>, y en el eje x, los tipos de combustibles como: gasolina extra, diésel, GLP, residuo fuel oil y aceites; para este análisis se tomó en cuenta a las variables que presentaron los cinco valores más altos de correlación. Las variables independientes con relación a la dependiente presentaron una correlación positiva, es decir, las variables de estudio si se encuentran relacionadas y son directamente proporcionales, por lo tanto, al incrementarse el uso de combustibles fósiles y lubricantes líquidos, las emisiones de CO<sub>2</sub> también aumentan.

**Tabla 9**

*Correlación de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el uso principal de los combustibles fósiles y lubricantes líquidos*

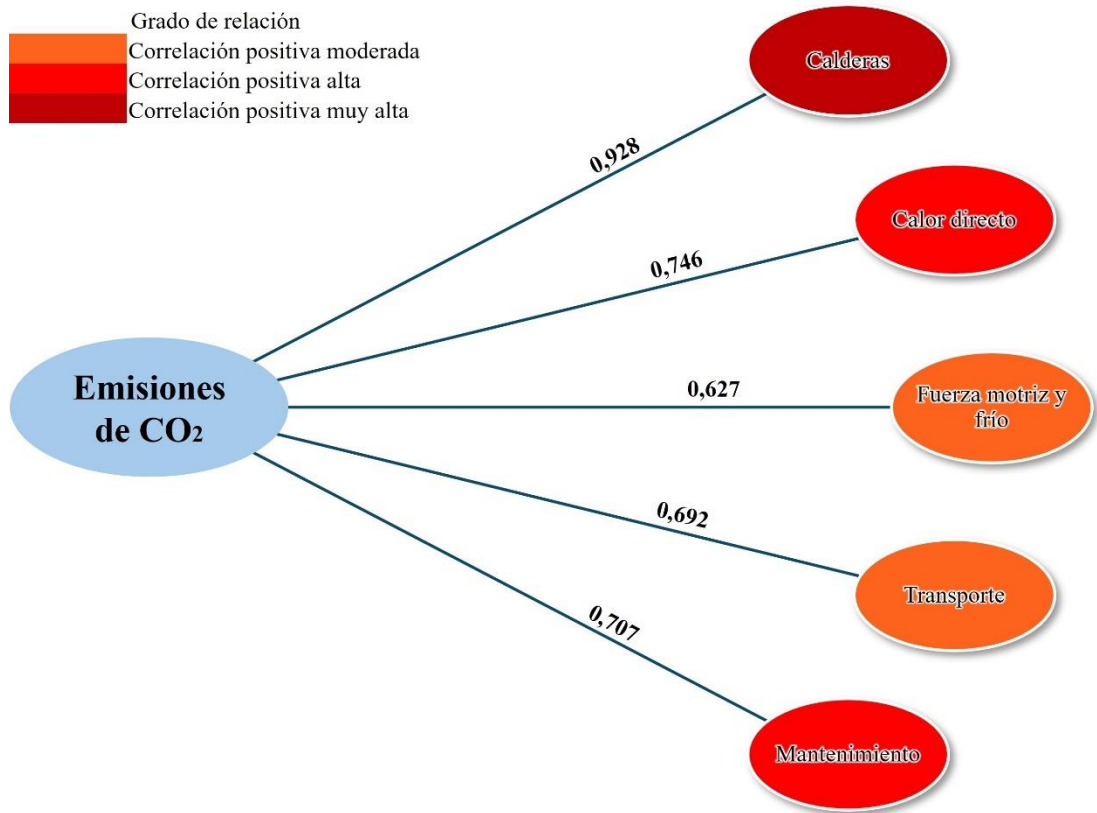
	<b>VARIABLES</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub></b>
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub></b>	Rho de Spearman	1,000
	Sig. (bil.)	
<b>VAB empresarial</b>	Rho de Spearman	,445**
	Sig. (bil.)	0,000
<b>Calderas</b>	Rho de Spearman	,928**
	Sig. (bil.)	0,000
<b>Calor directo</b>	Rho de Spearman	,746**
	Sig. (bil.)	0,000
<b>Fuerza motriz y frío</b>	Rho de Spearman	,627**
	Sig. (bil.)	0,000
<b>Transporte</b>	Rho de Spearman	,692**
	Sig. (bil.)	0,000
<b>Mantenimiento</b>	Rho de Spearman	,707**
	Sig. (bil.)	0,000

*Nota.* La correlación es significativa en el \*\* nivel 0,01 (bilateral) y en el \*nivel 0,05 (bilateral). Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9, se observa el análisis de la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el uso principal de los diferentes combustibles y lubricantes líquidos muestra que, la fuerza motriz y el transporte tienen una correlación positiva moderada (valor  $\rho$  de Spearman = 0,627 y 0,692, respectivamente); por otro lado, el calor directo y el mantenimiento tienen una correlación positiva alta (valor  $\rho$  de Spearman = 0,746 y 0,707, respectivamente), además, el uso de calderas presenta una correlación muy alta (valor  $\rho$  de Spearman = 0,928) al nivel 0,01 de significancia bilateral. Respecto a la significancia de la correlación se determinó que el uso de combustibles y lubricantes líquidos tienen relación con las emisiones de CO<sub>2</sub>, porque el nivel de significancia es menor a 0,05 (0,000 para todos los casos).

**Figura 20**

*Grado de relación: emisiones de CO<sub>2</sub> y el uso principal de los combustibles fósiles y lubricantes líquidos*

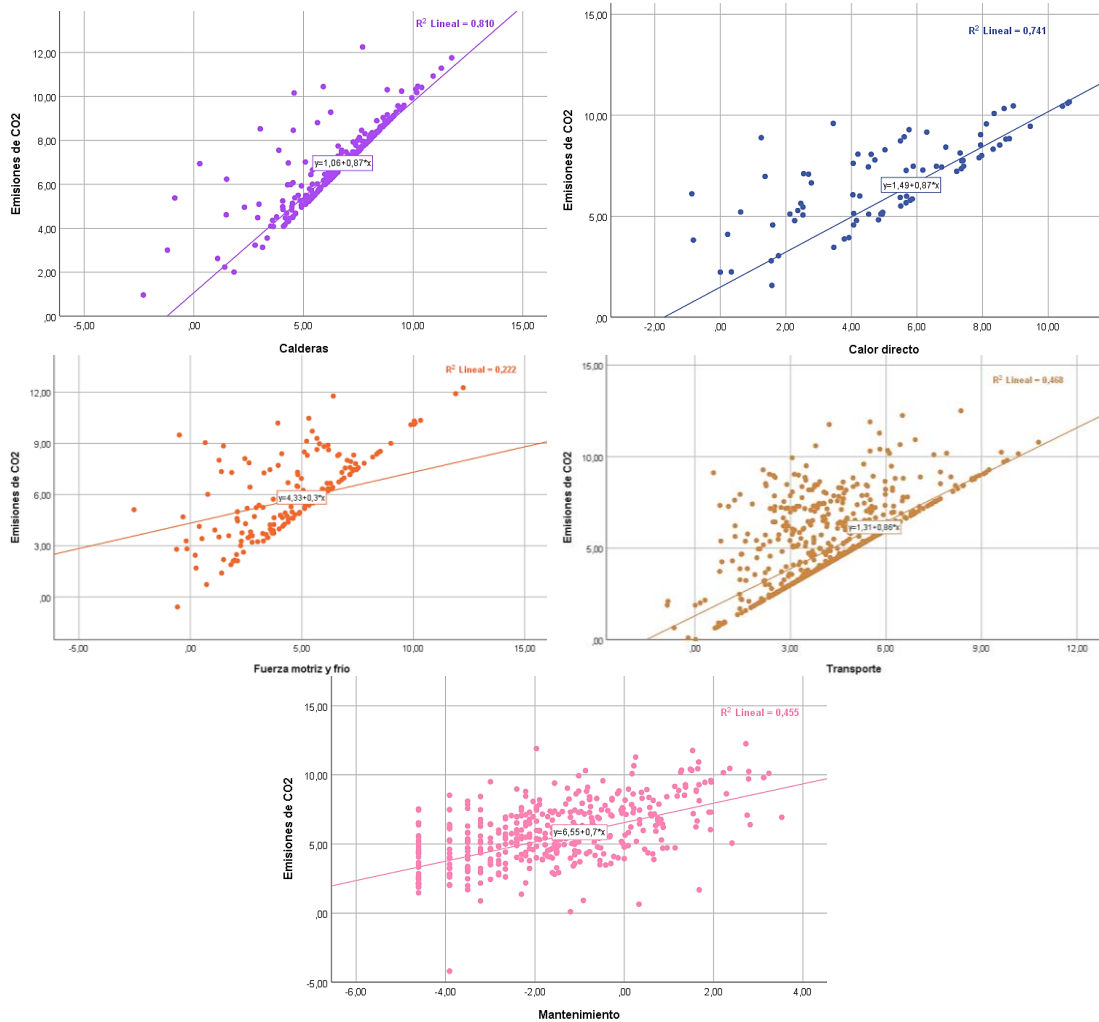


*Nota.* Coeficiente de correlación del VAB empresarial y los combustibles y lubricantes líquidos. Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura 20, el coeficiente de correlación muestra que las emisiones generadas por actividades como el uso de calderas se encuentran en el rango de +0,90 a +0,99 que corresponde a una correlación positiva muy alta, la caldera presenta una correlación mayor (0,928) en comparación con las otras actividades, esto se debe a que 412 industrias lo utilizan en la generación de vapor en los diferentes procesos dentro de la planta; de esta manera un incremento en la producción contribuye al aumento en las emisiones provenientes de la utilización de combustible y lubricantes líquidos en el uso de calderas.

**Figura 21**

*Correlación: emisiones de CO<sub>2</sub> y el uso principal de los combustibles fósiles y lubricantes líquidos*



*Nota.* Gráficos de dispersión de las variables de estudio. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 21, se observa la dispersión de los datos, en el eje y se encuentran las emisiones de CO<sub>2</sub>, y en el eje x, el uso principal de los combustibles como: calderas, calor directo, transporte, mantenimiento y fuerza motriz y frío. Las variables independientes con relación a la dependiente presentaron una correlación positiva, es decir, las variables de estudio si se encuentran relacionadas y son directamente proporcionales, por lo tanto, al incrementarse el uso de combustibles fósiles en actividades dentro del proceso productivo, las emisiones de CO<sub>2</sub> también aumentan.



### *Análisis explicativo de las variables de estudio*

Para evaluar el efecto de la producción del sector manufacturero en las emisiones de CO<sub>2</sub> del Ecuador se utilizó un modelo de regresión múltiple con variables de control, donde la variable dependiente son las emisiones de dióxido de carbono, la variable independiente es el VAB empresarial, se incluye además el gasto corriente empleado para reducir las emisiones contaminantes en el aire porque su implementación genera una disminución en el total de GEI (Collinao et al., 2015), y las variables de control que permiten incluir categorías en un modelo de regresión asignando un valor (1 y 0) (Gujarati & Porter, 2010), entre las categorías tenemos los tipos de combustibles y lubricantes líquidos y el uso principal en el que se los emplea este tipo de variables. Se consideró las variables significativas de acuerdo con los resultados obtenidos en la realización del objetivo dos, no se utilizó la variable inversión porque es un instrumento financiero a largo plazo (Zapata Sánchez, 2017) y el periodo de estudio es de un año (2020).

Para explicar el efecto de la producción en las emisiones de CO<sub>2</sub>, se modeló escenarios para determinar qué variables son más significativas. También, se utilizó el factor de expansión para brindar un mejor ajuste del modelo y así obtener estimaciones más precisas (Gujarati & Porter, 2010).

El modelo 1 está conformado por las emisiones de CO<sub>2</sub> como variable dependiente, el VAB empresarial y gasto corriente como variables independientes y los tipos de combustibles fósiles y lubricantes líquidos como variables de control.

**Tabla 10**

*Comparación de modelos de regresión lineal múltiple*

<b>Variable</b>	<b>mod1</b>	<b>mod2</b>	<b>mod3</b>	<b>mod4</b>
<b>VAB empresarial</b>	.00003866***	.00003938***	.00003882***	.00003944***
<b>Gasto corriente</b>	.42099566***	.42487421***	.42374019***	.42677876***
<b>VC súper</b>	-37.988.468			
<b>VC extra</b>	52.229.349	45.703.943	32.336.971	
<b>VC jet fuel</b>	8541.6113*	8576.9491*		8647.1811**

<b>VC diésel</b>	62.876.116		33.769.254	
<b>VC GLP</b>	36.277.044		2.975.865	
<b>VC gas natural</b>	24065.347***	24357.788***	23918.9***	24325.255***
<b>VC residuo fuel oil</b>	4951.8622***	5237.6263***	4860.7938***	5309.0589***
<b>VC crudo residual</b>	33890.116***	34160.139***	34437.614***	34284.923***
<b>VC carbón</b>	86675.442***	85367.74***	85763.255***	84800.236***
<b>VC ecopaís</b>	1319.2667**	1070.4958*		994.62378*
<b>_constante</b>	-842.3876*	-42.520.495	-44.027.384	-27.135.712
<b>aic</b>	34.349.248	34.347.937	34.358.801	34.347.631
<b>bic</b>	34.419.793	34.402.203	34.413.066	34396.47
	legend:	* p<0.05	** p<0.01	*** p<0.001

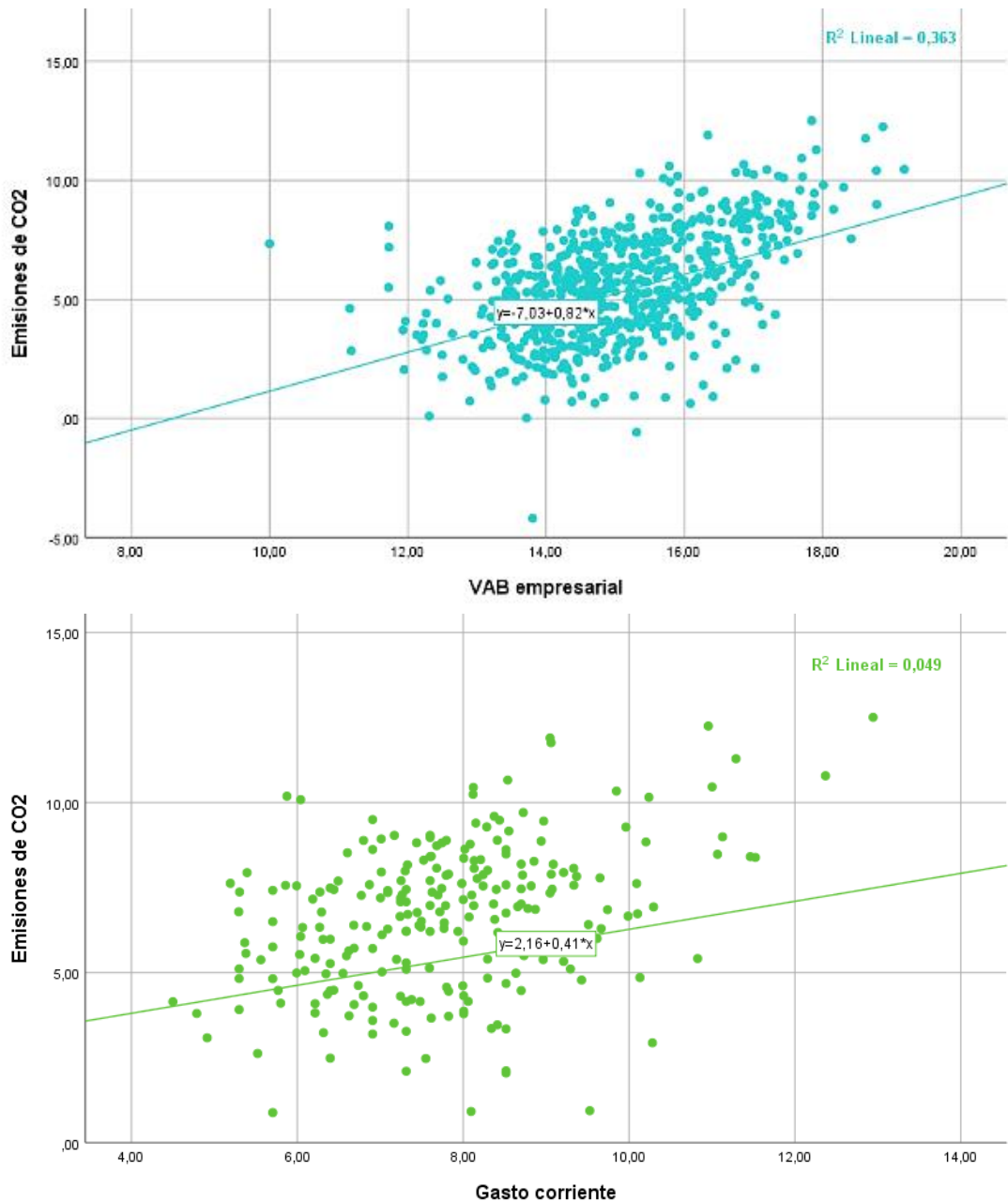
*Nota.* Comparación de modelos bajo los criterios aic y bic. Fuente: Elaboración propia en el software STATA.

Para comparar modelos, se utiliza los criterios aic (Criterio de información de Akaike) y bic (Criterio de Información Bayesiana), los cuales evalúan la bondad de ajuste y complejidad del modelo, el valor más bajo en los dos criterios indica un mejor modelo (Gujarati & Porter, 2010). Como se observa en la tabla 10, el mod1 está compuesto por todas las variables de control, al suprimir y agregar variables en los tres escenarios restantes, se selecciona el mod4 como el modelo que mejor se ajusta por los valores obtenidos en aic (34347.63) y bic (34396.47). El mod1 es más complejo, es por esto por lo que su valor bic (34.419.793) es mayor al del mod4, sin embargo, al analizar el valor aic (34.349.248) que también es mayor al mod4 se concluye que tiene menos ajuste y capacidad explicativa. Por lo tanto, un modelo con más variables o complejo no quiere decir que sea el mejor.

Para la aplicación del modelo 1, es necesario verificar el cumplimiento de los supuestos como son linealidad, homocedasticidad y no colinealidad; el supuesto de independencia de los errores no se verificó porque el estudio no utiliza datos de panel, de la misma manera, el supuesto de normalidad no se comprobó porque los datos son no normales. Una vez realizado este proceso se formuló el modelo de regresión lineal múltiple dividido de acuerdo con el tipo de combustible como variable de control. Cada supuesto presenta su respectiva interpretación.

**Figura 22**

*Supuesto 1. Linealidad*



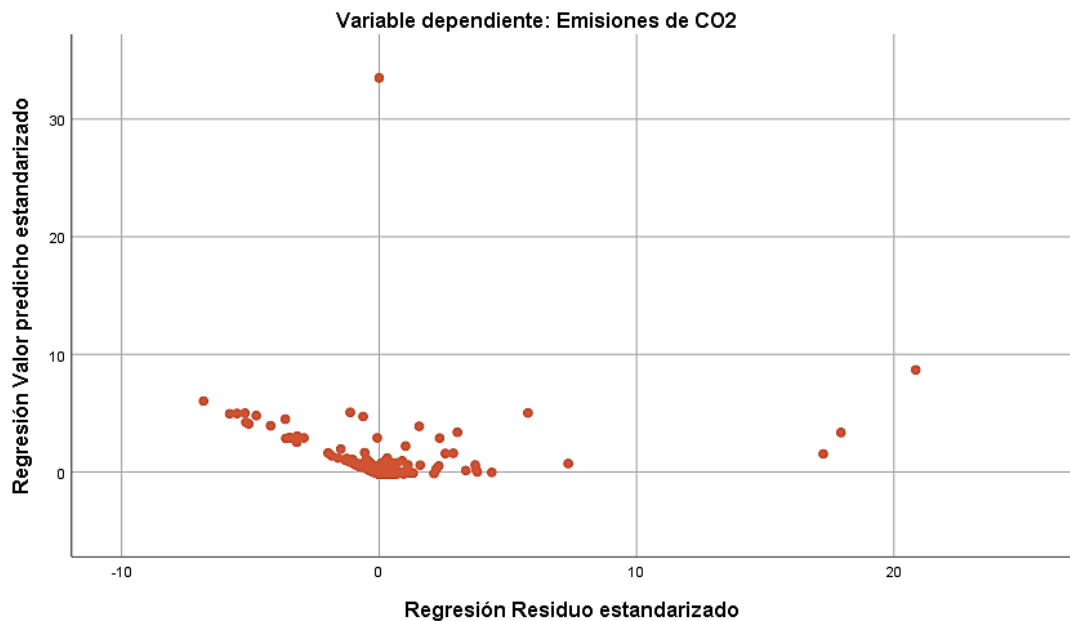
*Nota.* Gráficos de dispersión. Fuente: Elaboración propia.

Al analizar el primer supuesto de las variables de estudio, se observa en la figura 22, que los puntos se distribuyen linealmente, por lo tanto, existe relación entre la variable dependiente con las variables independientes. Es importante mencionar que se utilizó el VAB empresarial y el gasto corriente para analizar la linealidad, debido a que en la

figura 19, se analizó la correlación de las emisiones de CO<sub>2</sub> con los diferentes combustibles fósiles y lubricantes líquidos.

### Figura 23

*Supuesto 2. Homocedasticidad*



*Nota.* Gráfico de dispersión. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 23, se muestra que los datos presentan heterocedasticidad, es decir, la varianza de los errores no es constante en las observaciones del conjunto de datos (Gujarati & Porter, 2010). Para corregir este error se aplicó un modelo de regresión robusto, el de MCP (mínimos cuadrados ponderados) en el software STATA; se verifica que, al observar los errores estándar de los coeficientes de los modelos, estos cambian (Ngozy, 2019); por lo tanto, se corrigió la heterocedasticidad y los datos presentan una varianza constante de los errores en las variables predictoras (homocedasticidad).

### Tabla 11

*Supuesto 3. No colinealidad*

Modelo	Estadísticas de colinealidad	
	Tolerancia	VIF
1 VAB empresarial	0,595	1,681

Gasto corriente	0,218	4,597
VC_jet_fuel	0,996	1,004
VC_gas_natural	0,997	1,003
VC_fuel_oil	0,905	1,105
VC_crudo_residual	0,966	1,035
VC_carbon	0,262	3,817
VC_ecopais	0,985	1,015

Variable dependiente: Total de combustibles en Ton CO<sub>2</sub>

*Nota.* VIF es el factor de inflación de la varianza. Fuente: Elaboración propia.

Al analizar el cumplimiento del supuesto de multicolinealidad, se muestra la tolerancia y el factor de inflación de la varianza (VIF), indicadores que reflejan que las variables independientes no están correlacionadas entre ellas. Para que no exista multicolinealidad, la tolerancia debe tener un valor mayor a 0,10 y el VIF menor a 10 (Vilá Baños et al., 2019). Por lo tanto, al observar la tabla 11, el modelo no presenta multicolinealidad porque cumple con los parámetros mencionados.

## Tabla 12

### Resumen del modelo 1

Modelo	R	R cuadrado	Error estándar de la estimación	ANOVA Sig.
1	,772	,595	6638,58529	,000

*Nota.* Principales medidas estadísticas del modelo 1. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 12, se establece que existe una relación de 0,772; este valor representa una correlación positiva alta (ver figura 17), es decir, las emisiones de CO<sub>2</sub> son directamente proporcionales con la producción (VAB empresarial), el gasto corriente y el tipo de combustible fósil y lubricante líquido. Además, el R<sup>2</sup> es de 0,595, este valor indica la variabilidad en proporción de la variable dependiente que puede explicarse por variabilidad en la o las variables independientes (Gujarati & Porter, 2010), esto quiere decir que, las variables independientes como son el VAB empresarial, el gasto corriente y los tipos de combustibles explican en un 59,5% a la variable dependiente que son las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por otro lado, al analizar y comparar la varianza explicada con la no explicada del modelo (ANOVA) (Gujarati &

Porter, 2010), se obtuvo una significación de 0,000, este valor es menor que 0,05, por lo tanto, existe relación significativa entre la variable explicada y las explicativas. A continuación, se analiza los coeficientes y se formula la ecuación del primer modelo.

**Tabla 13**

*Coefficientes del modelo 1*

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
1 (Constante)	-271,357	187,084		-1,450	,147
VAB empresarial	3,944E-5	,000	,189	9,366	,000
Gasto corriente	,427	,027	,532	15,932	,000
VC_jet_fuel	8647,181	3329,900	,040	2,597	,009
VC_gas_natural	24325,255	2109,084	,180	11,534	,000
VC_fuel_oil	5309,059	726,712	,119	7,306	,000
VC_crudo_residual	34284,923	2762,434	,196	12,411	,000
VC_carbon	84800,236	12973,491	,199	6,536	,000
VC_ecopais	994,624	435,494	,036	2,284	,023

Variable dependiente: Total de combustibles en Ton CO<sub>2</sub>

*Nota.* Coeficientes de las variables predictoras del modelo 1. Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 13, todas las variables tienen una significancia menor a 0,05, por lo tanto, se establece que existe relación entre las variables de estudio. Se determina el peso de los Betas estandarizados, ordenándolos de mayor a menor: gasto corriente (0,532), carbón (0,199), crudo residual (0,196), VAB empresarial (0,189), gas natural (0,180), residuo fuel oil (0,119), jet fuel (0,040) y gasolina ecopais (0,036); finalmente, se identifica que el gasto corriente presenta mayor efecto en la variable dependiente (emisiones de CO<sub>2</sub>).

**Ecuación del modelo 1:**

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \mu$$

*emisiones de CO<sub>2</sub>*

$$= -271,357 + 0,0000394X_1 + 0,427X_2 + 8647,18X_3 + 24325,26X_4 + 5309,06X_5 + 34284,92X_6 + 84800,24X_7 + 994,62X_8 + \mu$$

*emisiones de CO<sub>2</sub>*

$$\begin{aligned} &= -271,357 + 0,00004 \textit{ producción} + 0,427 \textit{ gasto corriente} \\ &+ 8647,18 \textit{ jet fuel} + 24325,26 \textit{ gas natural} + 5309,06 \textit{ residuo fuel oil} \\ &+ 34284,92 \textit{ crudo residual} + 84800,24 \textit{ carbón} + 994,62 \textit{ g.ecopaís} + \mu \end{aligned}$$

Se determina que los coeficientes que son positivos, en este caso todas las variables independientes, tienen una relación positiva con la variable dependiente. Esto quiere decir que, si aumentan las variables explicativas (producción, gasto corriente, jet fuel, gas natural, residuo fuel oil, crudo residual, carbón y gasolina ecopaís), la variable explicada (emisiones de CO<sub>2</sub>) también se incrementa.

El modelo 2 está conformado por las emisiones de CO<sub>2</sub> como variable dependiente, el VAB empresarial y gasto corriente como variables independientes y el uso principal de los combustibles fósiles en los procesos productivos del sector manufacturero como variables de control. En este caso, también se comparó los modelos y se identificó aquel con mayor capacidad explicativa y mejor ajuste.

Es necesario verificar el cumplimiento de los supuestos como son linealidad, homocedasticidad y no colinealidad; el supuesto de independencia de los errores no se verificó porque el estudio no utiliza datos de panel, de la misma manera, el supuesto de normalidad no se comprobó porque los datos son no normales. Cada supuesto presenta su respectiva interpretación.

Es importante mencionar que los gráficos de dispersión de las variables de estudio ya se realizaron con anterioridad (ver figura 21 y 22), como resultado se obtuvo que los puntos se distribuyen linealmente, por lo tanto, se cumple el supuesto de linealidad y si existe relación entre la variable dependiente con las variables independientes.

Además, los datos presentan heterocedasticidad (ver figura 23). Para corregir este error se utilizó un modelo de regresión robusto, el de MCP (mínimos cuadrados ponderados) en el software STATA; se verifica que, al observar los errores estándar de los coeficientes de los modelos, estos cambian (Ngozy, 2019); por lo tanto, se corrigió la heterocedasticidad y los datos presentan una varianza constante de los errores en las variables predictoras (homocedasticidad).

**Tabla 14***Supuesto 3: No colinealidad*

	<b>Modelo</b>	<b>Estadísticas de colinealidad</b>	
		Tolerancia	VIF
2	VAB empresarial	,854	1,171
	Gasto corriente	,853	1,173
	VC_calderas	,864	1,158
	VC_calor_directo	,966	1,035
	VC_fuerza_motriz	,982	1,019
	VC_transporte	,861	1,162

Variable dependiente: Total de combustibles en Ton CO<sub>2</sub>

*Nota.* VIF es el factor de inflación de la varianza. Fuente: Elaboración propia.

Al analizar el cumplimiento del supuesto de multicolinealidad, se muestra la tolerancia y el factor de inflación de la varianza (VIF), indicadores que reflejan que las variables independientes no están correlacionadas entre ellas. Para que no exista multicolinealidad, la tolerancia debe tener un valor mayor a 0,10 y el VIF menor a 10 (Vilá Baños et al., 2019). Por lo tanto, al observar la tabla 14, el modelo no presenta multicolinealidad porque cumple con los parámetros mencionados.

**Tabla 15***Resumen del modelo 2*

<b>Modelo</b>	<b>R</b>	<b>R cuadrado</b>	<b>Error estándar de la estimación</b>	<b>ANOVA Sig.</b>
2	,715	,512	7288,62850	,000

*Nota.* Principales medidas estadísticas del modelo 2. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 15, se establece que existe una relación de 0,715; este valor representa una correlación positiva alta (ver figura 17), es decir, las emisiones de CO<sub>2</sub> son directamente proporcional con la producción (VAB empresarial), el gasto corriente y el uso principal de los combustibles fósiles. Además, el R<sup>2</sup> es de 0,512, esto quiere decir que, las variables independientes como son el VAB empresarial, el gasto corriente y los tipos de combustibles explican en un 51,2% a la variable dependiente



que son las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por otro lado, al analizar la varianza (ANOVA), se obtuvo una significación de 0,000, este valor es menor que 0,05, por lo tanto, existe relación significativa entre la variable explicada y las explicativas. A continuación, se analiza los coeficientes y se formula la ecuación del segundo modelo.

**Tabla 16**

*Coefficientes del modelo 2*

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
2 (Constante)	-1076,33	439,344		-2,450	,014
VAB empresarial	5,667E-5	,000	,271	14,684	,000
Gasto corriente	,602	,015	,750	40,553	,000
VC_calderas	1681,757	464,478	,067	3,621	,000
VC_calor_directo	950,238	566,134	,029	1,678	,093
VC_fuerza_motriz	1575,784	475,851	,057	3,312	,001
VC_transporte	761,834	438,723	,032	1,736	,083

a. Variable dependiente: Total de combustibles en Ton CO<sub>2</sub>

*Nota.* Coeficientes de las variables predictoras del modelo 2 Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 16, calor directo y transporte tienen una significancia mayor a 0,05, por lo tanto, se establece que no existe relación entre estas variables con la dependiente; se las suprime de la ecuación del modelo. Se determina el peso de los Betas estandarizados, ordenándolos de mayor a menor: gasto corriente (0,750), VAB empresarial (0,271), calderas (0,067), fuerza motriz (0,057), transporte (0,032) y calor directo (0,029); finalmente, se identifica que el gasto corriente presenta mayor efecto en la variable dependiente (emisiones de CO<sub>2</sub>).

**Ecuación del modelo 2:**

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \mu$$

$$emisiones\ de\ CO_2 = -1076,33 + 0,000057X_1 + 0,602X_2 + 1681,76X_3 + 1575,78X_4$$

$$\begin{aligned}
& \text{emisiones de CO}_2 \\
& = -1076,33 + 0,00006 \text{ producción} + 0,602 \text{ gasto corriente} \\
& + 1681,76 \text{ calderas} + 1575,78 \text{ fuerza motriz}
\end{aligned}$$

Se determina que los coeficientes son positivos, es decir, las predictoras tienen una relación positiva con la variable dependiente. Esto quiere decir que, si aumentan las variables explicativas (producción, gasto corriente, calderas y fuerza motriz), la variable explicada (emisiones de CO<sub>2</sub>) también se incrementa.

## 4.2 Fundamentación de las preguntas de investigación

A continuación, se responden las preguntas de investigación en base a los resultados obtenidos, resaltando datos y valores significativos y relevantes del estudio.

- ¿Cómo se comportan las emisiones de CO<sub>2</sub> y la producción en el sector manufacturero del Ecuador?

El estudio determinó que, en Ecuador la provincia que mayor cantidad de gases contaminantes emite es Imbabura, con un valor de 270.485,01 toneladas de CO<sub>2</sub>; esto ocurre porque la empresa Lafarge compró en 2004 la cementera Selva Alegre, que provoca contaminación ambiental, afecta a la población y ocasiona una degradación en el ambiente y su biodiversidad (Selvatierra Espinosa et al., 2022), el uso de combustibles de origen fósil genera grandes cantidades de GEI (Muentes et al., 2022), siendo el diésel el más utilizado en el país por su adaptabilidad (Mantilla-Falcón et al., 2023) en actividades como producir vapor a través de calderas, generar calor en hornos, movilizar motores o bombas eléctricas y distribuir productos por medio del transporte.

A nivel nacional, Cañar es la provincia que mayor promedio de producción presenta en el año 2020 con un valor de \$30.433.384,50, se enfoca en la producción de bebidas alcohólicas y de azúcar porque es la segunda provincia con mayor porcentaje de producción nacional de caña de azúcar (Corporación Financiera Nacional, 2021). La actividad económica con mayor número de empresas en Ecuador es la elaboración y

conservación de pescados, crustáceos y moluscos que genera un VAB empresarial de \$818.630.958,00 y emite 335.912,38 toneladas de CO<sub>2</sub>; este sector se encuentra en crecimiento posicionando a Ecuador como el cuarto país exportador de camarón, atún, salmón y harina de pescado (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020).

- ¿Cuál es la relación de las emisiones de CO<sub>2</sub> con la producción de la industria manufacturera del Ecuador?

La relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el VAB empresarial en el sector manufacturero de Ecuador presenta una tendencia positiva, es decir, un aumento en la producción de las industrias manufactureras contribuye al incremento de emisiones de dióxido de carbono en la atmósfera. Esto se ve reflejado en el gráfico combinado de las emisiones de CO<sub>2</sub> y VAB empresarial por provincia (ver figura 16).

La provincia de Guayas es un ejemplo de la relación entre las dos variables, presenta un comportamiento directamente proporcional, es decir, a medida que la producción aumenta, las emisiones de gases contaminantes también lo hacen (Castillo Macías, 2021). Sin embargo, en Pichincha esta tendencia cambia debido a la actividad económica de la fabricación de productos de la refinación del petróleo que presenta valores negativos en su producción, indicando pérdidas.

- ¿Cuál es el efecto de la producción del sector manufacturero en las emisiones de CO<sub>2</sub> del Ecuador?

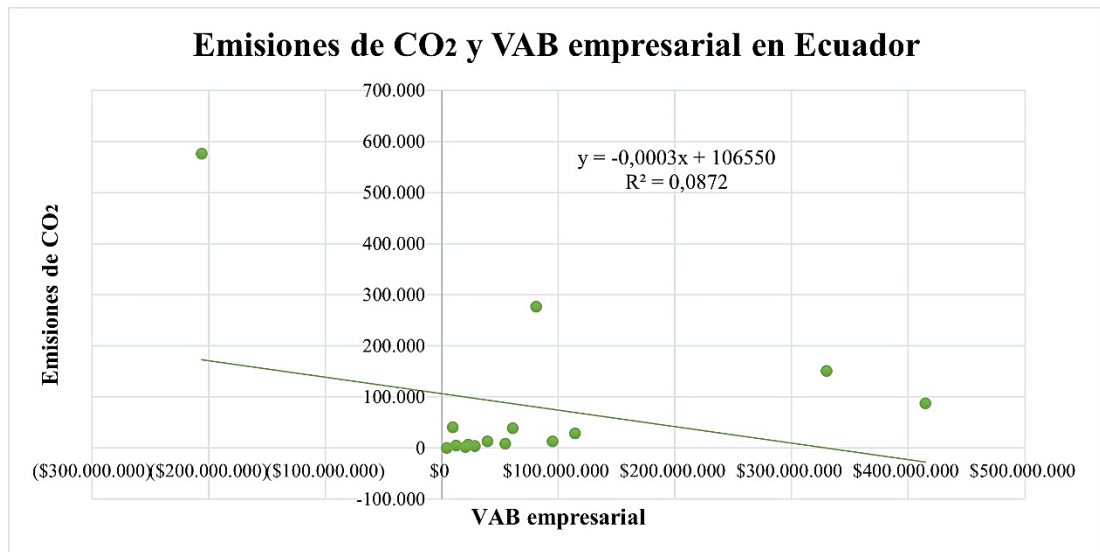
El efecto de la producción del sector manufacturero en las emisiones de CO<sub>2</sub> del Ecuador se analiza mediante las figuras 24, 25 y 26; como se resultado se obtiene que existe relación entre las dos variables.

Al analizar todas las provincias se evidencia una relación directamente proporcional entre las variables, esto se ve reflejado en la figura 24 y 26. El valor de R<sup>2</sup> es de 0,581, esto indica que las emisiones de CO<sub>2</sub> son explicadas por el VAB empresarial en un 58,1%.



**Figura 25**

*Gráfico de dispersión: emisiones de CO<sub>2</sub> y VAB empresarial, excluyendo Guayas*



*Nota.* Modelo de regresión lineal sin la provincia de Guayas. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

Las variables son inversamente proporcionales, un aumento en la producción provoca una disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub>. La ecuación de regresión lineal se expresa de la siguiente manera:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1$$

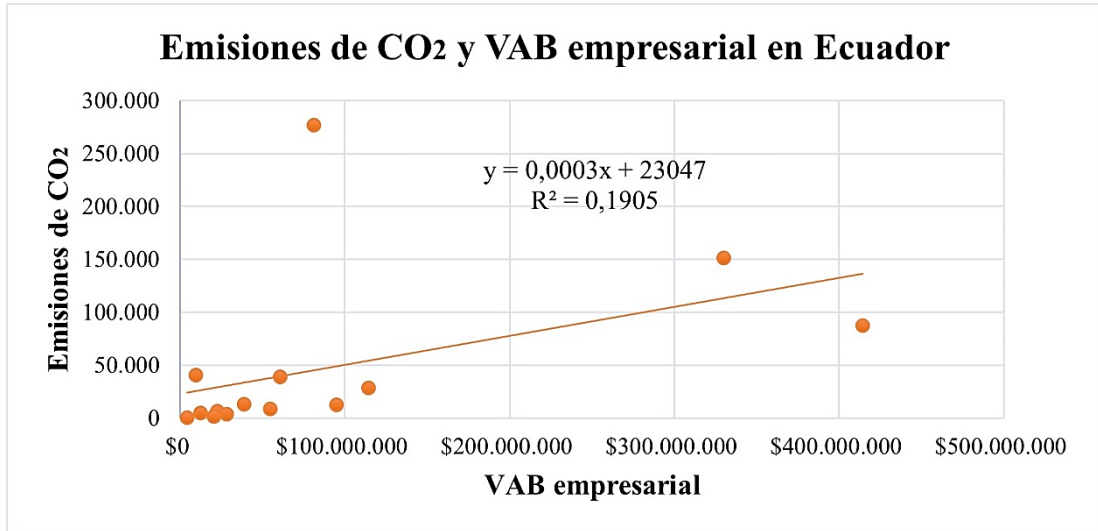
$$y = 106550 - 0,0003x_1$$

$$\text{emisiones de CO}_2 = 106550 - 0,0003\text{producción}$$

Esto sucede porque Pichincha muestra valores negativos en la producción; por lo tanto, no se puede asegurar que sea una representación válida. Por otro lado, para obtener un modelo que mejor se ajuste a la realidad sin la intervención de datos atípicos, se excluyó a las provincias de Guayas y Pichincha, dando como resultado un R<sup>2</sup> de 0,1905 que indica que las emisiones de CO<sub>2</sub> son explicadas por el VAB empresarial en un 19,05%, tal como se observa en la figura 26.

**Figura 26**

*Gráfico de dispersión: emisiones de CO<sub>2</sub> y VAB empresarial, excluyendo Pichincha y Guayas*



*Nota.* Modelo de regresión lineal sin la provincia de Guayas y Pichincha. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de ENESEM (INEC, 2022).

Las variables de estudio muestran una relación directamente proporcional, el aumento de una unidad de producción genera un aumento del 0,03% en las emisiones de CO<sub>2</sub>, se construye la ecuación lineal de la siguiente manera:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \mu$$

$$y = -0,0003x_1 + 23047$$

$$\text{emisiones de CO}_2 = -0,0003\text{producción} + 23047$$

Estos resultados demuestran que es necesario la aplicación de estrategias de sostenibilidad para mitigar el impacto ambiental asociado con el crecimiento del sector industrial en el Ecuador.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

#### 5.1 Conclusiones

El sector manufacturero en Ecuador genera contaminación del aire, derivado de las actividades de los procesos industriales que emplean combustibles fósiles y lubricantes líquidos. La distribución de industrias de acuerdo con el tamaño determina que, las grandes empresas ocupan el 83,9% (590), las medianas empresas B el 12,7% (89) y las medianas empresas A el 3,4% (24) del total de empresas del sector industrial a nivel nacional. Es evidente que las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se encuentran vinculadas directamente con la producción industrial y con el número de industrias participantes (Rosales et al., 2018).

La provincia de Guayas se destaca en comparación a las demás por sus valores elevados en el Valor Agregado Bruto (VAB) empresarial (\$2.822.647.425,00) y en las emisiones de CO<sub>2</sub> (918.960,39 tn); esto quiere decir que, existe una relación directa entre la producción industrial y la generación de gases contaminantes (Castillo Macías, 2021). Además, se identifica al combustible diésel como el más utilizado en procesos productivos debido a su precio y adaptabilidad, convirtiéndose en el combustible que mayor cantidad de dióxido de carbono emite.

La actividad económica con mayor número de empresas es la elaboración y conservación de pescados, crustáceos y moluscos, generó un VAB empresarial de \$818.630.958,00 y emitió 335.912,38 toneladas de CO<sub>2</sub>; este sector se encuentra en crecimiento posicionando a Ecuador como el cuarto país exportador de camarón, atún, salmón y harina de pescado (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020).

En conclusión, existe una relación directa entre las emisiones de CO<sub>2</sub>, la producción industrial y el tipo de combustible utilizado; sin embargo, es necesario la implementación de medidas ambientales en el sector manufacturero del Ecuador, así como promover prácticas sostenibles y el uso de fuentes de energía más limpias para

mitigar los impactos negativos en la calidad del aire y contribuir al desarrollo económico de manera responsable.

## **5.2 Limitaciones del estudio**

El estudio presenta ciertas limitaciones que derivan de la base de datos utilizada, correspondiente a la encuesta estructural de empresas ENESEM 2020 realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Se evidencia una notable presencia de valores perdidos, lo que dificultó la exploración de otras variables de importancia dentro del contexto de la investigación, limitando la capacidad de análisis y profundidad en ciertas conclusiones. Además, se identificó la ausencia de registros en algunas empresas con respecto a la cantidad de galones de combustible fósil o lubricante líquido utilizado en actividades de sus procesos industriales. Sin embargo, se trabajó con los datos disponibles.

## **5.3 Futuras temáticas de investigación**

Se recomienda orientar las futuras líneas de investigación hacia diversos sectores, como servicios, comercio, minería y construcción, con el fin de realizar comparaciones de resultados y determinar qué sector implementa estrategias de sostenibilidad ambiental para reducir las emisiones de gases contaminantes en el medio ambiente. De esta manera, un enfoque comparativo permitiría identificar qué sectores muestran un mayor compromiso con prácticas sostenibles y responsabilidad social.

Por otra parte, se recomienda considerar las bases de datos correspondientes a los años 2021 y 2022 del Instituto Nacional de Estadística y Censos, que proporcionan información actualizada y así, contrastar y evaluar el progreso de las empresas en concepto y aplicación de estrategias de sostenibilidad. De este modo, se obtendría un criterio e interpretación actualizada sobre el comportamiento y tendencias de las prácticas empresariales con relación a la sostenibilidad ambiental y la reducción de emisiones de dióxido de carbono.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academia Nacional de Medicina. (2015). La contaminación del aire y los problemas respiratorios. *Facultad de Medicina de La Universidad Nacional Autónoma de México*, 58, 44–47. <https://www.scielo.org.mx/pdf/facmed/v58n5/2448-4865-facmed-58-05-00044.pdf>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2023). *Emisiones de dióxido de carbono*. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- Agurto, A. (2018). Relación entre crecimiento económico y manufactura en Ecuador usando técnicas de cointegración. *Económica*, 4(1).
- Alaña Castillo, T. P., Capa Benítez, L. B., & Sotomayor Pereira, J. G. (2017). Desarrollo sostenible y evolución de la legislación ambiental en las mipymes del Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 8(3), 91–99.
- Alcocer Quinteros, P., Pincay de la Rosa, F., Murillo Villaprado, J., & Casanova, M. (2020). Diseño de un sistema de recuperación de fuel oil a partir de los residuos obtenidos del proceso de filtración. *Revista Ingeniería e Innovación*, 29–35.
- Aldas Salazar, D., Barrera Erreyes, H., Luzuriaga Jaramillo, H., & Abril Flores, J. (2023). Crecimiento económico y la gestión ambiental en las industrias de manufactura del Ecuador. Estrategias hacia un modelo de economía circular. *Gobierno y Gestión Pública*, 85–95.
- Alfantookh, N., Osman, Y., & Ellaythey, I. (2023). Implications of Transition towards Manufacturing on the Environment: Saudi Arabia's Vision 2030 Context. *Journal of Risk and Financial Management*, 16(1). <https://doi.org/10.3390/jrfm16010044>
- Alonso Frank, A. de las P., Kuchen, E., Alamino Naranjo, Y., & Arballo, B. (2016). Emisiones de dióxido de carbono originadas por el consumo de energía eléctrica en edificios de la provincia de San Juan - Argentina. *Hábitat Sustentable*, 6(1), 18–25.

- Álvarez Acosta, R., Núñez Guale, L., Calderón Pineda, F., & Mendoza Tarabó, E. (2020). Producción y comercialización de productos de curtiembre de piel de pescado, Santa Elena - Ecuador. *Ciencias Sociales*, 26(4), 353–367.
- Amendola, A., & Dell' Anno, R. (2010). Desigualdad social, desarrollo económico y curva de Kuznets: un análisis en América Latina. *Studiositas*, 5(3).
- Anderson, D., Sweeney, D., & Williams, T. (2008). *Estadística para administración y economía* (S. Cervantes González, Ed.; 10th ed.). Cengage Learning Editores, S.A.
- Argohty, A., Bernal, J., Andrade, C., Bedoya, M., & Andrade, F. (2023). Relationship between economic growth, population and environment: empirical evidence from Ecuador. *Res Militaris*, 13(2), 2737–2752.  
<https://resmilitaris.net/menu-script/index.php/resmilitaris/article/view/2694/2251>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación* (6th ed.). Episteme.
- Arroyo, M., & Ramírez Monroy, A. (2020). Dióxido de carbono, sus dos caras. *Anales de Química*, 116(2), 81–87.
- Asobanca. (2022). *Guía de extracción de aceites y grasas de origen vegetal*.
- Asociación de Bancos Privados del Ecuador. (2022). *Guía de producción de lácteos*.
- Atlantic Oceanographic & Meteorological Laboratory. (2022). *Los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera siguen aumentando*. Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica.
- Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación* (J. E. Callejas, Ed.; 3rd ed.). Grupo Editorial Patria.
- Banco Bilbao Vizcaya Argentaria. (2023). *¿Qué es el dióxido de carbono y como impacta en el planeta?* Banco Bilbao Vizcaya Argentaria.

- Banco Mundial. (2022). *El Banco Mundial hace un llamado urgente a la acción climática en América Latina y el Caribe para acelerar la transición hacia economías resilientes y bajas en carbono*. Banco Mundial.
- Bárcena Ibarra, A. (2019). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. CEPAL.
- Barrie, L., & Braathen, G. (2021). *Boletín de la OMM sobre la calidad del aire y el clima*. <http://rammb-slider>.
- BBVA. (2022). *¿Qué es el combustible fósil? La energía que se obtiene de la materia orgánica*. Banco Bilbao Vizcaya Argentaria.
- Benavides Ballesteros, H. O., & León Aristizabal, G. E. (2007). *Información Técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*.
- Berenguera Ossó, A., Fernández de Sanmamed Santos, M. J., Pons Vigués, M., Pujol Ribera, E., Rodríguez Arjona, D., & Saura Sanjaume, S. (2014). *Escuchar, observar y comprender. Recuperando la narrativa en las Ciencias de la Salud. Aportaciones de la investigación cualitativa*. (1st ed.). Institut Universitari d'Investigació en Atenció Primària Jordi Gol.
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación* (L. E. Cruz Buevas, M. de los Á. Briceño Moreno, M. García Bencomo, & C. I. Jaramillo Gaviria, Eds.; 3rd ed.).
- Boehm, S., & Schumer, C. (2023). *10 grandes hallazgos del informe del IPCC de 2023 sobre el cambio climático*. WRI México.
- Boscolo, M. (2017). *Los mil y un usos del dióxido de carbono, un "villano" necesario de nuestro tiempo*. National Geographic.
- Cando Zumba, A. del R., Gómez Romo, M. del C., Silva Ajila, D. J., & López Gómez, A. F. (2023). Producción de la industria manufacturera del Ecuador en tiempo del COVID-19. *Dominio de Las Ciencias*, 9(1), 1188–1208.

- Cárdenas, M., & Orozco, S. (2022). *Los desafíos de la mitigación del cambio climático en América Latina y el Caribe: algunas propuestas de acción*. <https://www.undp.org/es/latin-america/publicaciones/los-desafios-de-la-mitigacion-del-cambio-climatico-en-america-latina-y-el-caribe-algunas-propuestas-de-accion>
- Carrillo Ovando, R. W., & Bocardo Valle, A. (2022). Liberalización económica y emisiones de CO2 en México. *UVserva*, *13*, 113–140. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi13.2811>
- Castillo Macías, G. (2021). *Estudio de Impacto Ambiental*.
- Catalán Alonso, H. (2021). Impacto de las energías renovables en las emisiones de gases efecto invernadero en México. *Problemas Del Desarrollo*, *52*(204), 59–83. <https://doi.org/10.22201/IIEC.20078951E.2021.204.69611>
- Chontanawat, J., Wiboonchutikula, P., & Buddhivanich, A. (2020). An LMDI decomposition analysis of carbon emissions in the Thai manufacturing sector. *Energy Reports*, *6*, 705–710. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.09.053>
- Cialani, C., & Mortazavi, R. (2021). Sectoral analysis of club convergence in EU countries' CO2 emissions. *Energy*, *235*, 121332. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121332>
- Collinao, M. P., Taboulchanas, K., Pereira, M., De Miguel, C., Figueroa, R., López, E., & Olgún, H. (2015). *Guía metodológica. Medición del gasto en protección ambiental del gobierno general*.
- Common, M., & Stagl, S. (2008). *Introducción a la economía ecológica*. Reverté. [https://aulavirtual4.unl.edu.ar/pluginfile.php/7014/mod\\_resource/content/1/Common%20y%20Stagl%20-%20Introducción%20a%20la%20Economía%20Ecológica.pdf](https://aulavirtual4.unl.edu.ar/pluginfile.php/7014/mod_resource/content/1/Common%20y%20Stagl%20-%20Introducción%20a%20la%20Economía%20Ecológica.pdf)
- Constantia, M. (2022). Determinants of CO2 Emission Intensity: Manufacturing Firm-Level Evidence in Indonesia. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The*

*Indonesian Journal of Development Planning*, 6(3), 402–419.  
<https://doi.org/10.36574/jpp.v6i3.296>

Corporación Financiera Nacional. (2021). *Ficha sectorial*.

Correa Restrepo, F., Vasco Ramírez, A. F., & Pérez Montoya, C. (2005). La curva medioambiental de Kuznets: Evidencia empírica para Colombia. *Semestre Económico*, 8(15), 13–30.

Costales, V. (2020). La industria panificadora se halla en crecimiento. *Líderes*.

Díaz Coutiño, R., & Escárcega Castellanos, S. (2009). *Desarrollo sustentable oportunidad para la vida*. Mc Graw Hill educación.

Earth Science Communications Team. (2023). *Dióxido de carbono*. NASA's Jet Propulsion Laboratory.

EJAtlas. (2021). *La contaminación por empresa de cementos en Selva Alegre, Ecuador*. Global Atlas of Environmental Justice.

Enríquez Fuenmayor, J. E. (2020). La curva de Kuznets como medidor de crecimiento y desigualdad para el Ecuador. *Revista Científica Sapientiae*, 3(5).

Estupiñan, R., Romero, P., García, M., Garcés, D., & Valverde, P. (2021). La minería en Ecuador. Pasado, presente y futuro. *BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO*, 533–549. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.132.4.010>

Falconí, F. (2020). *El fenómeno Trump, la bestia rubia* (S. Larrea, Ed.). El Conejo.

Falconí, F., Burbano, R., & Cango, P. (2016). La discutible curva de Kuznets. *Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales*.

Foster, S., & Elzinga, D. (2017). *El papel de los combustibles fósiles en un sistema energético sostenible*. Naciones Unidas.

Foster, S., & Elzinga, D. (2018). *El papel de los combustibles fósiles en un sistema energético sostenible*. Organización de Las Naciones Unidas.

- Garzón, N., Kulfas, M., Palacios, J. C., & Tamayo, D. (2016). *Evolución del sector manufacturero ecuatoriano*. Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Ge, Y., Yuan, R., & Liao, H. (2023). Decoupling analysis and peak projection of manufacturing CO<sub>2</sub> emissions from the perspective of investment. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03047-w>
- Gómez Segura, C. F., Cerquera Losada, Ó. H., & Acero Cebay, E. F. (2021). *La curva medioambiental de Kuznets y el crecimiento económico sostenible en Colombia*. 40(71), 165–188. <https://doi.org/10.19053/01203053.v40>
- GreenFacts. (2023). *Dióxido de carbono*. GreenFacts Scientific Board.
- Grippa, P., Schmittmann, J., & Suntheim, F. (2019, December). Cambio climático y riesgo financiero. *Finanzas y Desarrollo*.
- Guerra Espinosa, C. M., & González Torres, I. M. (2015). La relación dinámica del valor agregado bruto, la producción mercantil y el gasto material. Su importancia para la toma de decisiones. *Economía y Desarrollo*, 154(1), 118–131.
- Guevara Mamani, M., Calcina Álvarez, D. A., Huarca Flores, P., Marca Flores, O. H., Ramírez Benavides, C., & Ancco Torres, R. (2023). Los sectores económicos-sociales y la contaminación del aire en Perú, 1970-2020. *ALFA. Revista de Investigación En Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 7(2664–0902), 72–87.
- Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría* (J. Mares Chacón, Ed.; 5th ed.). McGrawHill.
- Gutiérrez Escajeda, M. T., Medellín Milán, P., Ávila Galarza, A., Morales Aguilar, J. S., & Chavira Martínez, M. A. (2019). Contribución de los subsectores manufactureros en la variación de las emisiones de CO<sub>2</sub> por el uso de combustible en San Luis Potosí, México. *Acta Universitaria*, 29, 1–14. <https://doi.org/10.15174/au.2019.1920>

- Honty, G. (2016). *Energía y cambio climático: ¿qué pasa en América Latina?* Nueva Sociedad.
- Hurtado Caicedo, F., & Velasco Abad, M. (2020). La pandemia en Ecuador. Desigualdades, impactos y desafíos. *Observatorio Social Del Ecuador y Friedrich-Ebert-Stiftung (FES-Ildis)*.
- Ibujés-Villacís, J., & Franco-Crespo, A. (2023). Relación entre productividad y eficiencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible: el caso de la industria manufacturera en Pichincha, Ecuador. *Revista de Métodos Cuantitativos Para La Economía y La Empresa*, 35, 34–56.  
<https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.5475>
- INEC. (2020a). *Boletín Técnico. Módulo de Información Económica Ambiental en empresas ENESEM, 2020*.
- INEC. (2020b). *Manual de Encuestador y Crítica - Codificación de la Encuesta Estructural Empresarial*.
- INEC. (2022). Encuesta Estructural Empresarial. In *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2020). *Boletín Técnico. Módulo de Información Económica Ambiental en empresas ENESEM, 2020*.
- Instituto para la Salud Geoambiental. (2022). *Dióxido de carbono*. Fundación Vivo Sano.
- Jahanger, A. (2022). Impact of globalization on CO2 emissions based on EKC hypothesis in developing world: the moderating role of human capital. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(14), 20731–20751.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-17062-9>
- Jara, L. (2015). VAB - Valor Agregado Bruto. *Observatorio Económico Social UNR*.

- Jiménez, R., & Yepez, A. (2021). *¿Cómo consumen energía los hogares en América Latina y el Caribe?* Banco Interamericano de Desarrollo.
- Karedla, Y., Mishra, R., & Patel, N. (2021). The impact of economic growth, trade openness and manufacturing on CO2 emissions in India: an autoregressive distributive lag (ARDL) bounds test approach. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 26(52), 376–389. <https://doi.org/10.1108/JEFAS-05-2021-0057>
- Lalangui Ramírez, J. I. (2021). *Contribución a las potencialidades de los destinos turísticos de la provincia de El Oro, Ecuador* (Y. Bruno Díaz, Ed.; 1st ed.). Universo Sur.
- Levin, R., & Rubin, D. (2004a). *Estadística para administración y economía* (M. Balderas Lozada, J. C. del Valle Sotelo, & R. Gómez Castillo, Eds.; 7th ed.). Pearson.
- Li, Y., Xiong, J., Ma, W., Ma, H., & Farajallah, M. (2023). Decomposing manufacturing CO2 emission changes: An improved production-theoretical decomposition analysis based on industrial linkage theory. *Journal of Environmental Management*, 325, 116471. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116471>
- Li, Z., Shao, S., Shi, X., Sun, Y., & Zhang, X. (2019). Structural transformation of manufacturing, natural resource dependence, and carbon emissions reduction: Evidence of a threshold effect from China. *Journal of Cleaner Production*, 206, 920–927. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.241>
- Líderes. (2017, June 5). *Las empresas se interesan más por la conservación ambiental*.
- Liu, J., Yang, Q., Zhang, Y., Sun, W., & Xu, Y. (2019). Analysis of CO2 Emissions in China's Manufacturing Industry Based on Extended Logarithmic Mean Division Index Decomposition. *Sustainability*, 11(1), 226. <https://doi.org/10.3390/su11010226>



- Lovato Torres, S. G., Hidalgo Hidalgo, W. A., Fienco Valencia, G. V., & Buñay Cantos, J. P. (2019). Incidencia del Crecimiento Económico del sector manufacturero sobre el Producto Interno Bruto en Ecuador. *Revista Venezolana de Gerencia*, 24(86), 563–573.
- Lucena, P. (2023). *Producción y aplicación del dióxido de carbono en la industria*. Universidad Internacional Del Talento.
- Madroñero Palacios, S., & Guzmán Hernández, T. (2018). Desarrollo sostenible. Aplicabilidad y sus tendencias. *Tecnología En Marcha*, 31(3).
- Mantilla-Falcón, M., Cortés-Jordán, P., & Santiago Mantilla-Miranda, A. (2023). Economic activities, investment and fuel consumption in Ecuador in the year 2020. *Medwave*, 23(S1), eUTA229.  
<https://doi.org/10.5867/medwave.2023.S1.UTA229>
- March Corbella, H. (2019). *El surgimiento de la economía ecológica*.  
[https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/147102/5/EconomiaEcologica\\_Modulo1\\_ElSurgimientoDeLaEconomiaEcologica.pdf](https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/147102/5/EconomiaEcologica_Modulo1_ElSurgimientoDeLaEconomiaEcologica.pdf)
- Martínez Alier, J., Roca, J., & Sánchez, J. (1998). Fuentes de energía preindustriales e industriales. Dos visiones de la economía: la economía neoclásica y la economía ecológica. El principio de Podolinsky. In *Curso de economía ecológica* (pp. 11–12). Oficina Regional para América Latina y el Caribe.  
[https://aulavirtual4.unl.edu.ar/pluginfile.php/6972/mod\\_resource/content/1/Martinez%20Alier%20-%20Cursode%20Economia%20ecol%C3%B3gica.pdf](https://aulavirtual4.unl.edu.ar/pluginfile.php/6972/mod_resource/content/1/Martinez%20Alier%20-%20Cursode%20Economia%20ecol%C3%B3gica.pdf)
- Martínez Alier, J., & Silva Macher, J. C. (2021). Economía ecológica. In A. Azamar Alonso, J. C. Silva Macher, & F. Zuberan (Eds.), *Economía ecológica latinoamericana* (pp. 41–45). Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.  
<https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/bitstream/CLACSO/169778/1/Economia-ecologica.pdf>
- Martínez Bencardino, C. (2012). *Estadística y muestreo* (13th ed.). Ecoe Ediciones.

- Martínez Rebollar, A., & Campos Francisco, W. (2015). Correlación entre actividades de interacción social registradas con nuevas tecnologías y el grado de aislamiento social en los adultos mayores. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 36(3), 177–188. <https://doi.org/10.17488/RMIB.36.3.4>
- Meadows, D., Randers, J., & Meadows, D. (2006). *Los límites del crecimiento: 30 años después*. Galacia Gutenberg.
- Merino, L. (2018). *Desigualdad y medio ambiente*. Aristegui Noticias.
- Ministerio de Producción, C. E. I. y P. (2022). *Boletín productivo zona 6*.
- Ministerio del Ambiente, A. y T. E. (2023). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Ecuador (2022-2027)*. [www.ambiente.gob.ec](http://www.ambiente.gob.ec)
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2023). *Dióxido de carbono*. Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.
- Mondragón Barrera, M. A. (2014). Uso de la correlación de Spearman en un estudio de intervención en fisioterapia. *Movimiento Científico*, 8(1), 98–104.
- Monje Álvarez, C. A. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa*. Universidad Surcolombiana.
- Morán, C., & Área de Educación. (2017). *¿Qué es la economía ecológica?* Ecologistas en acción. <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/adjuntos-spip/pdf/99-economia.pdf>
- Muentes, K., Pereira, J., Rivadeneira, R., & Moreira, C. (2022). Factores determinantes de las emisiones de CO2 en los sectores industrial y transporte en Ecuador. *Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales*, 16(2), 370–376. <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/cna/article/download/1867/2668/5472>
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*.
- Naredo, J. M. (1990). La Economía y su Medio Ambiente. *Ekonomiaz*, 12–25.

- Newbold, P., Carlson, W., & Thorne, B. (2008). *Estadística para administración y economía*. Pearson educación.
- Ngozy, A. (2019). *(Stata 16): Heteroskedasticity and Robust Standard Errors*. CrunchEconometrix.
- Nizamani, R. A., Shaikh, F., Nizamani, A. G., Mirjat, N. H., Kumar, L., & Assad, M. E. H. (2023). The impacts of conventional energies on environmental degradation: does Pakistan's economic and environmental model follow the Kuznets curve? *Environmental Science and Pollution Research*, 30(3), 7173–7185. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22611-x>
- Noticias ONU. (2022, April 4). El cambio climático no es ficción ni exageración, debemos actuar ahora o nunca. *Noticias ONU*.
- Noticias ONU. (2023). Los próximos cinco años serán los más cálidos jamás registrados. *Naciones Unidas*.
- Núñez, C. (2017). *Explicación de qué son los combustibles*. National Geographic.
- Ochoa, L. (2003). Crecimiento y distribución: una evaluación de la hipótesis de Kuznets. *Cuadernos de Economía*, 22(38).
- Onofa, M. (2013). Factores asociados a las exportaciones de las pequeñas y medianas empresas - PYMES. In H. Jácome & K. King (Eds.), *Estudios industriales de la micro, pequeña y mediana empresa* (pp. 150–174). FLACSO y Ministerio de Industrias y Productividad.
- Onofrei, M., Vatamanu, A. F., & Cigu, E. (2022). The Relationship Between Economic Growth and CO2 Emissions in EU Countries: A Cointegration Analysis. *Frontiers in Environmental Science*, 10.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>

- Organización Meteorológica Mundial. (2023a). *Estado del clima en Europa*.
- Organización Meteorológica Mundial. (2023b). *Informe final abreviado de la decimonovena reunión*.
- Ormaza Andrade, J., Ochoa Crespo, J., Ramírez Valarezo, F., & Quevedo Vásquez, J. (2020). Responsabilidad social empresarial en el Ecuador: Abordaje desde la Agenda 2030. *Revista de Ciencias Sociales*, 26(3).
- Ortiz-Paniagua, C. F., & Gómez, M. (2021). Economic Growth and Environmental Quality in Latin America, Perspective from Kuznets, 1970-2016. *Economía Teoría y Práctica*, 29(55), 17–36.  
<https://doi.org/10.24275/ETYPUAM/NE/552021/Ortiz>
- Pablo-Romero, M. del P., Sánchez-Braza, A., & Anna, G. (2019). Relationship between economic growth and residential energy use in transition economies. *Climate and Development*, 11(4), 338–354.  
<https://doi.org/10.1080/17565529.2018.1442789>
- Palomino, M. (2017). Importancia del sector industrial en el desarrollo económico: Una revisión al estado del arte. *Revista Estudios de Políticas Públicas*, 5(0).  
<https://doi.org/10.5354/0719-6296.2017.46356>
- Parrales Reyes, J. E., Villamar Acuña, M. D., & Guaranda Tumbaco, M. L. (2022). Caracterización económica de los productores de aguardiente de la comuna Agua Fría, Cantón Junín. *Revista Científica Mundo de La Investigación y El Conocimiento [RECIMUNDO]*, 6, 143–154.
- Paulson, S. (1998). *Desigualdad Social y Degradación Ambiental en América Latina* (1st ed.). Abya-Yala.
- Pérez, J. (2022, July 7). En Ecuador, la deuda de las empresas con el ambiente es enorme. *Gestión*. <https://revistagestion.ec/analisis-sociedad/en-ecuador-la-deuda-de-las-empresas-con-el-ambiente-es-enorme/>

- Pérez Tejada, H. E. (2008). *Estadística para las ciencias sociales, del comportamiento y de la salud* (F. de J. Castro Pérez, Ed.; 3rd ed.). Cengage Learning.
- Pinilla Rivera, M., Díaz-Rodríguez, C., & Sánchez-Buendía, E. E. (2018). Crecimiento económico y emisiones de CO2 en América Latina, 1990-2015. *Semestre Económico*, 21(49), 41–55. <https://doi.org/10.22395/seec.v21n49a2>
- Pinos Luzuriaga, L., Mejía Matute, S., Tonon Ordóñez, L., & Proaño Rivera, B. (2020). La función de producción Cobb-Douglas: Caso del sector C23 de fabricación de productos minerales no metálicos. In *Observatorio empresarial* (pp. 31–45). Universidad de Azuay.
- Posada Hernández, G. J. (2016). *Elementos básicos de estadística descriptiva para el análisis de datos* (C. Orrego Moscoso, Ed.; 1st ed.). Fondo Editorial Luis Amigó.
- Quintana Arias, R. F. (2017). La educación ambiental y su importancia en la relación sustentable: Hombre-Naturaleza-Territorio. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 15(2), 927–949.
- Radian International LLC. (1997). *Programa de inventarios de emisiones de México*.
- Rathnayaka, R. M. K. T., Seneviratna, D. M. K. N., & Long, W. (2018). The dynamic relationship between energy consumption and economic growth in China. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 13(5), 264–268. <https://doi.org/10.1080/15567249.2015.1084402>
- Raza, M. Y., & Hasan, M. M. (2022). Estimating the multiple impacts of technical progress on Bangladesh's manufacturing and industrial sector's CO2 emissions: A quantile regression approach. *Energy Reports*, 8, 2288–2301. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.005>
- Rentería, V., Toledo, E., Bravo Benavides, D., & Ochoa Jiménez, D. (2016). Relación entre Emisiones Contaminantes, Crecimiento Económico y Consumo de Energía. El caso de Ecuador 1971-2010. *Politécnica*, 38(1).

- Rodríguez de Austria Giménez de Aragón, A. (2014). Economía y naturaleza en Marx: el “asunto Podolisky” como prueba de un divorcio inexistente. In *Perspectivas de economía crítica* (pp. 27–55). Universidad de Sevilla. [https://www5.uva.es/jec14/comunica/A\\_EEMA/A\\_EEMA\\_2.pdf](https://www5.uva.es/jec14/comunica/A_EEMA/A_EEMA_2.pdf)
- Rodríguez Pérez de Agreda, G. M., Cabalé Miranda, E., & Deroy Dominguez, D. (2019). El crecimiento económico como modelo de desarrollo social y su relación con el cambio climático. *Retos*, 9(18), 275–286. <https://doi.org/10.17163/ret.n18.2019.06>
- Romero Placeres, M., Diego Olite, F., & Álvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 44(2), 1–14. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223214848008>
- Rosales, R. A., Kwon Mun, N., & Quintana Romero, L. (2018). El tamaño de las empresas manufactureras y la contaminación medioambiental en México: una aproximación espacial. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales*, 44, 74–95.
- Rosita, T., Estuningsih, R. D., Ningsih, D. P., Zaekhan, & Nachrowi, N. D. (2022). Exploring the mitigation potential for carbon dioxide emissions in Indonesia’s manufacturing industry: an analysis of firm characteristics. *Carbon Management*, 13(1), 17–41. <https://doi.org/10.1080/17583004.2022.2042394>
- Ruiz Guajala, M. E. (2022). Análisis espacial de la eficiencia de las empresas manufactureras del Ecuador. *San Gregorio*, 52, 51–73.
- Rukikaire, K., & Yehle, E. (2020). *Gobiernos del mundo deben reducir la producción de combustibles fósiles 6% anual para evitar un calentamiento catastrófico*. Organización de Las Naciones Unidas.
- Sadik-Zada, E. R., & Loewenstein, W. (2020). Drivers of CO<sub>2</sub>-Emissions in Fossil Fuel Abundant Settings: (Pooled) Mean Group and Nonparametric Panel Analyses. *Energies*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/en13153956>

- Sánchez, A. M., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2020). *Valor Agregado Bruto - VAB Ecuador*.
- Sánchez, L., & Caballero, K. (2019). La curva de Kuznets ambiental y su relación con el cambio climático en América Latina y el Caribe: un análisis de cointegración con panel, 1980-2015. *Revista de Economía Del Rosario*, 22(1), 101–142. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/economia/a.7769>
- Selvatierra Espinosa, A., Pérez Martínez, A., & Rodríguez Fernández, A. (2022). Estructura de mercado del cemento en Ecuador de 2010 a 2020. *Economía Coyuntural*, 7(1).
- Stern, D. (2018). The environmental Kuznets curve. In N. Castree, M. Hulme, & J. D. Proctor (Eds.), *Companion to Environmental Studies* (pp. 49–54). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315640051>
- Supo, J. (2015). *Cómo empezar una tesis* (1st ed.). Bioestadístico Eirl.
- Tamarit, C. (2013). *¿Existe una curva Kuznets para las emisiones de CO2 en el caso de España?*
- Temkin Yedwab, B., Ávila Forcada, S., & Martínez Guerrero, E. (2018). El impacto diferencial de la globalización económica y la democracia sobre las emisiones de CO2 en países ricos y pobres. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 34, 169–172. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.01.15>
- Toalas, P., & Tully, M. (2023). *Boletín de la OMM sobre el ozono y la radiación UV*.
- Unidad de Comunicación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en América Latina y el Caribe. (2021). *Las ciudades de América Latina y el Caribe pueden reducir a la mitad su consumo de recursos mientras combaten la pobreza — nuevo informe*. Organización de Las Naciones Unidas Para El Medio Ambiente .

- United Nations Environment Programme. (2022). *Emissions Gap Report 2022: The Closing Window - Climate crisis calls for rapid transformation of societies* (CONCITO). <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2022>
- Universidad de Cantabria. (2022). *Un equipo de 50 científicos afirma que las emisiones de efecto invernadero están en su punto más alto*. Noticias Universidad de Cantabria.
- Urteaga, L. (1985). La economía ecológica de Martínez Alier. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 7, 193–205.  
<https://www.raco.cat/index.php/DocumentsAnalisi/article/download/41371/52204>
- Valencia Cruzaty, L. (2017). Emprendimiento en Ecuador. Estudio de Caso: Provincia de Santa Elena. *Killkana Sociales*, 1(2), 27–32.
- Valencia-Herrera, H., Santillán-Salgado, R. J., & Venegas-Martínez, F. (2020). On the Interaction among Economic Growth, Energy-Electricity Consumption, CO2 Emissions, and Urbanization in Latin America. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, 15(4), 745–767.  
<https://doi.org/10.21919/remef.v15i4.553>
- Vergara Schmalbach, J. C., Maza Ávila, F. J., & Quesada Ibargüen, V. M. (2018). Crecimiento económico y emisiones de CO2: el caso de los países suramericanos. *Espacios*, 39.
- Vilá Baños, R., Torrado Fonseca, M., & Reguant Álvarez, M. (2019). Análisis de regresión lineal múltiple con SPSS: un ejemplo práctico. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca En Educació*, 12(2).  
<https://doi.org/10.1344/reire2019.12.222704>
- Wood, R., Neuhoff, K., Moran, D., Simas, M., Grubb, M., & Stadler, K. (2020). The structure, drivers and policy implications of the European carbon footprint. *Climate Policy*, 20(sup1), S39–S57.  
<https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1639489>



World Meteorological Organization. (2023). *State of the Climate in Latin America and the Caribbean*. World Meteorological Organization.

Yi, J., Hou, Y., & Zhang, Z. Z. (2023). The impact of foreign direct investment (FDI) on China's manufacturing carbon emissions. *Innovation and Green Development*, 2(4), 100086. <https://doi.org/10.1016/j.igd.2023.100086>

Zapata Chin, K. P., Nieves Nieves, W. J., & Vega Granda, A. del C. (2022). Manufactura y Crecimiento Económico en Ecuador, 1990-2019: Validez de la primera ley de Kaldor. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 5(1), 169–178.

Zapata Sánchez, P. (2017). *Contabilidad general*. Alfaomega.

Zhang, W., Zhang, T., Wang, S., & Li, H. (2023). CO2 emission spillover effects in the digital transformation of China's manufacturing industry and its inter-industry differences. *Energy Reports*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.06.016>

## ANEXOS

### Modelo 1

Modelo	R	R cuadrado	Error estándar de la estimación
1	,772	,595	6638,58529

#### ANOVA<sup>a</sup>

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	10850455853 7,790	9	12056062059 754	273,943	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	73531645305 ,491	1671	44009327,42 0		
	Total	18203620384 3,281	1680			

### Modelo 2

Modelo	R	R cuadrado	Error estándar de la estimación
2	,715	,512	7288,62850

#### ANOVA<sup>a</sup>

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
2	Regresión	93116036800,167	6	15519339466,695	292,134	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	88920167043,114	1674	53124105,424		
	Total	182036203843,281	1680			

```

1 .do "C:\Users\HP\Desktop\Proyecto de investigación\do.melany.do"
2 .clear
3 .use "C:\Users\HP\Downloads\Base de datos melany.dta"
4 .regress Total_TonCO2_combustibles VAB_empresarial Gasto_corriente VC_super VC_extra VC_jet_fuel
VC_diese
> 1 VC_GLP VC_gas_natural VC_fuel_oil VC_crudo_residual VC_carbon VC_ecopais [iweight = f_exp]

```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	1,680
Model	1.0864e+11	12	9.0531e+09	F(12, 1667)	=	205.71
Residual	7.3399e+10	1,667	44030620.4	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.5968
				Adj R-squared	=	0.5941
Total	1.8204e+11	1,679	108419419	Root MSE	=	6633.9

Total_TonCO2_co~s	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
VAB_empresarial	.0000387	4.23e-06	9.13	0.000	.0000304	.000047
Gasto_corriente	.4209957	.0268936	15.65	0.000	.3682468	.4737445
VC_super	-379.8847	376.365	-1.01	0.313	-1118.083	358.3132
VC_extra	522.2935	369.5438	1.41	0.158	-202.5253	1247.112
VC_jet_fuel	8541.611	3339.265	2.56	0.011	1992.017	15091.21
VC_diesel	628.7612	361.8431	1.74	0.082	-80.9535	1338.476
VC_GLP	362.7704	425.5429	0.85	0.394	-471.8844	1197.425
VC_gas_natural	24065.35	2120.477	11.35	0.000	19906.27	28224.43
VC_fuel_oil	4951.862	769.4007	6.44	0.000	3442.769	6460.956
VC_crudo_residual	33890.12	2768.972	12.24	0.000	28459.09	39321.14
VC_carbon	86675.44	12989.14	6.67	0.000	61198.7	112152.2
VC_ecopais	1319.267	458.2207	2.88	0.004	420.518	2218.015
_cons	-842.3876	341.1762	-2.47	0.014	-1511.567	-173.2087

```
5 .estimate store mod1
```

```
6 .regress Total_TonCO2_combustibles VAB_empresarial Gasto_corriente VC_extra VC_jet_fuel VC_gas_natural VC
_fuel_oil VC_crudo_residual VC_carbon VC_ecopais [iweight = f_exp]
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	1,680
Model	1.0843e+11	9	1.2048e+10	F(9, 1670)	=	273.49
Residual	7.3604e+10	1,670	44074374	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.5957
				Adj R-squared	=	0.5937
Total	1.8204e+11	1,679	108419419	Root MSE	=	6637.2

Total_TonCO2_co~s	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
VAB_empresarial	.0000394	4.21e-06	9.35	0.000	.0000311	.0000476
Gasto_corriente	.4248742	.0268216	15.84	0.000	.3722668	.4774817
VC_extra	457.0394	352.0502	1.30	0.194	-233.4668	1147.546
VC_jet_fuel	8576.949	3329.657	2.58	0.010	2046.207	15107.69
VC_gas_natural	24357.79	2108.801	11.55	0.000	20221.62	28493.96
VC_fuel_oil	5237.626	728.6435	7.19	0.000	3808.476	6666.777
VC_crudo_residual	34160.14	2763.54	12.36	0.000	28739.77	39580.51
VC_carbon	85367.74	12978.2	6.58	0.000	59912.49	110823
VC_ecopais	1070.496	439.3094	2.44	0.015	208.8406	1932.151
_cons	-425.205	221.4266	-1.92	0.055	-859.508	9.098052

```
7 .estimate store mod2
```

```
8 .regress Total_TonCO2_combustibles VAB_empresarial Gasto_corriente VC_extra VC_diesel VC_GLP
VC_gas_natur
> al VC_fuel_oil VC_crudo_residual VC_carbon [iweight = f_exp]
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	1,680
Model	1.0795e+11	9	1.1995e+10	F(9, 1670)	=	270.53
Residual	7.4082e+10	1,670	44360294.8	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.5930
				Adj R-squared	=	0.5910
Total	1.8204e+11	1,679	108419419	Root MSE	=	6658.7

Total_TonCO2_co~s	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
VAB_empresarial	.0000388	4.23e-06	9.18	0.000	.0000305	.0000471
Gasto_corriente	.4237402	.0269184	15.74	0.000	.3709429	.4765375
VC_extra	323.3697	353.134	0.92	0.360	-369.2621	1016.002
VC_diesel	337.6925	350.0098	0.96	0.335	-348.8117	1024.197
VC_GLP	297.5865	423.6493	0.70	0.483	-533.3532	1128.526
VC_gas_natural	23918.9	2128.063	11.24	0.000	19744.95	28092.85
VC_fuel_oil	4860.794	770.1893	6.31	0.000	3350.156	6371.432
VC_crudo_residual	34437.61	2768.878	12.44	0.000	29006.78	39868.45
VC_carbon	85763.26	13020.26	6.59	0.000	60225.51	111301
_cons	-440.2738	295.7495	-1.49	0.137	-1020.353	139.8049

9 . estimate store mod3

10 . regress Total\_TonCO2\_combustibles VAB\_empresarial Gasto\_corriente VC\_jet\_fuel VC\_gas\_natural VC\_fuel\_oil  
> VC\_crudo\_residual VC\_carbon VC\_ecopais [iweight = f\_exp]

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	1,680
Model	1.0836e+11	8	1.3545e+10	F(8, 1671)	=	307.34
Residual	7.3678e+10	1,671	44092429.8	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.5953
				Adj R-squared	=	0.5935
Total	1.8204e+11	1,679	108419419	Root MSE	=	6638.6

Total_TonCO2_co~s	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
VAB_empresarial	.0000394	4.21e-06	9.37	0.000	.0000312	.0000477
Gasto_corriente	.4267788	.0267869	15.93	0.000	.3742393	.4793182
VC_jet_fuel	8647.181	3329.9	2.60	0.009	2115.966	15178.4
VC_gas_natural	24325.26	2109.084	11.53	0.000	20188.53	28461.98
VC_fuel_oil	5309.059	726.7119	7.31	0.000	3883.697	6734.42
VC_crudo_residual	34284.92	2762.434	12.41	0.000	28866.73	39703.12
VC_carbon	84800.24	12973.49	6.54	0.000	59354.23	110246.2
VC_ecopais	994.6238	435.4939	2.28	0.023	140.4528	1848.795
_cons	-271.3571	187.0837	-1.45	0.147	-638.3002	95.58592

11 . estimate store mod4

12 . estimate table mod1 mod2 mod3 mod4, star stats (N ll\_0 ll chi2 r2\_p aic bic)

Variable	mod1	mod2	mod3	mod4
VAB_empres~l	.00003866***	.00003938***	.00003882***	.00003944***
Gasto_corr~e	.42099566***	.42487421***	.42374019***	.42677876***
VC_super	-379.88468			
VC_extra	522.29349	457.03943	323.36971	
VC_jet_fuel	8541.6113*	8576.9491*		8647.1811**
VC_diesel	628.76116		337.69254	
VC_GLP	362.77044		297.5865	
VC_gas_nat~l	24065.347***	24357.788***	23918.9***	24325.255***
VC_fuel_oil	4951.8622***	5237.6263***	4860.7938***	5309.0589***
VC_crudo_r~l	33890.116***	34160.139***	34437.614***	34284.923***
VC_carbon	86675.442***	85367.74***	85763.255***	84800.236***
VC_ecopais	1319.2667**	1070.4958*		994.62378*

_cons	-842.3876*	-425.20495	-440.27384	-271.35712
N	1680	1680	1680	1680
ll_0	-17924.592	-17924.592	-17924.592	-17924.592
ll	-17161.624	-17163.969	-17169.4	-17164.816
chi2				
r2_p				
p				
aic	34349.248	34347.937	34358.801	34347.631
bic	34419.793	34402.203	34413.066	34396.47

legend: \* p<0.05; \*\* p<0.01; \*\*\* p<0.001

13 .regress Total\_TonCO2\_combustibles VAB\_empresarial Gasto\_corriente VC\_jet\_fuel VC\_gas\_natural VC\_fuel\_oil  
> VC\_crudo\_residual VC\_carbon VC\_ecopais [iweight = f\_exp],  
vce(robust)(sum of wgt is 1,680.81956521739)

### Linear regression

Number of obs = 677  
F(7, 668) = .  
Prob > F = .  
R-squared = 0.5953  
Root MSE = 6665.2

Total_TonCO2_co~s	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
VAB_empresarial	.0000394	.0000233	1.69	0.091	-6.29e-06	.0000852
Gasto_corriente	.4267788	.1710881	2.49	0.013	.0908436	.7627139
VC_jet_fuel	8647.181	5709.901	1.51	0.130	-2564.333	19858.7
VC_gas_natural	24325.26	13551.31	1.80	0.073	-2283.039	50933.55
VC_fuel_oil	5309.059	2324.037	2.28	0.023	745.7615	9872.356
VC_crudo_residual	34284.92	24055.51	1.43	0.155	-12948.59	81518.43
VC_carbon	84800.24	72197.11	1.17	0.241	-56960.35	226560.8
VC_ecopais	994.6238	638.6239	1.56	0.120	-259.3281	2248.576
_cons	-271.3571	299.9483	-0.90	0.366	-860.3121	317.5978

14 .regress Total\_TonCO2\_combustibles VAB\_empresarial Gasto\_corriente VC\_calderas VC\_calor\_directo VC\_fuerza  
> \_motriz VC\_transporte [iweight = f\_exp]

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	1,680
Model	9.3116e+10	6	1.5519e+10	F(6, 1673)	=	292.13
Residual	8.8920e+10	1,673	53150129.7	Prob > F	=	0.0000
Total	1.8204e+11	1,679	108419419	R-squared	=	0.5115
				Adj R-squared	=	0.5100
				Root MSE	=	7288.6

Total_TonCO2_c~s	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
VAB_empresarial	.0000567	3.86e-06	14.68	0.000	.0000491	.0000642
Gasto_corriente	.6023966	.0148546	40.55	0.000	.573261	.6315321
VC_calderas	1681.757	464.4782	3.62	0.000	770.7375	2592.777
VC_calor_directo	950.2379	566.134	1.68	0.093	-160.1677	2060.643
VC_fuerza_motriz	1575.784	475.8513	3.31	0.001	642.4573	2509.111
VC_transporte	761.8344	438.7226	1.74	0.083	-98.66869	1622.337
_cons	-1076.329	439.3439	-2.45	0.014	-1938.05	-214.6072

15 .estimate store mod1

16 .regress Total\_TonCO2\_combustibles VAB\_empresarial Gasto\_corriente VC\_calderas VC\_fuerza\_motriz [iweight  
> = f\_exp]

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	1,680
Model	9.2849e+10	4	2.3212e+10	F(4, 1675)	=	436.16
Residual	8.9187e+10	1,675	53246037.1	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.5101
				Adj R-squared	=	0.5091
Total	1.8204e+11	1,679	108419419	Root MSE	=	7295.2

Total_TonCO2_c~s	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
VAB_empresarial	.0000573	3.85e-06	14.89	0.000	.0000498	.0000649
Gasto_corriente	.606077	.0147769	41.02	0.000	.5770939	.6350601
VC_calderas	1381.775	436.1269	3.17	0.002	526.3638	2237.186
VC_fuerza_motriz	1536.985	474.5998	3.24	0.001	606.1142	2467.857
_cons	-336.0947	220.3448	-1.53	0.127	-768.275	96.0855

17 . estimate store mod2

18 . estimate table mod1 mod2, star stats (N ll\_0 ll chi2 r2\_p aic bic)

Variable	mod1	mod2
VAB_empres~1	.00005667***	.00005733***
Gasto_corr~e	.60239657***	.60607704***
VC_calderas	1681.7571***	1381.775**
VC_calor_d~o	950.23785	
VC_fuerza_~z	1575.784***	1536.9854**
VC_transpo~e	761.83439	
_cons	-1076.3288*	-336.09473
N	1680	1680
ll_0	-17924.592	-17924.592
ll	-17322.76	-17325.278
chi2		
r2_p		
p		
aic	34659.519	34660.555
bic	34697.505	34687.688

legend: \* p<0.05; \*\* p<0.01; \*\*\* p<0.001

19 . regress Total\_TonCO2\_combustibles VAB\_empresarial Gasto\_corriente VC\_calderas VC\_fuerza\_motriz [iweight >= f\_exp], vce (robust)  
(sum of wgt is 1,680.81956521739)

## Linear

regression

Number of obs	=	677
F(4, 672)	=	27.92
Prob > F	=	0.0000
R-squared	=	0.5101
Root MSE	=	7311.4

Total_TonCO2_c~s	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
VAB_empresarial	.0000573	.0000151	3.79	0.000	.0000276	.0000871
Gasto_corriente	.606077	.0656775	9.23	0.000	.4771193	.7350348
VC_calderas	1381.775	633.8939	2.18	0.030	137.1241	2626.426
VC_fuerza_motriz	1536.985	935.1051	1.64	0.101	-299.0939	3373.065
_cons	-336.0947	243.1644	-1.38	0.167	-813.5482	141.3587

20 end of do-file

21