

Generación de emisiones de CO₂ de la industria manufacturera ecuatoriana, un camino hacia la sostenibilidad

Generation of CO₂ emissions from the Ecuadorian manufacturing industry, a path to sustainability

Darwin Santiago Aldás Salazar¹ , Nelson Rodrigo Lascano Aimacaña¹ , Ángel Geovanny Carrión Gavilanez¹ , Erika Gissela Montachana Cunachi¹ 

¹Universidad Técnica de Ambato, Ambato – Ecuador

Correo de correspondencia: darwinsaldas@uta.edu.ec, nelsonrlascano@uta.edu.ec, ag.carrion@uta.edu.ec, emontachana6468@uta.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
15/09/2023

Aceptado:
24/02/2024

Publicado:
24/03/2024

Revista:
DATEH



Resumen

El sector industrial manufacturero en el Ecuador promueve el desarrollo y crecimiento económico del país; sin embargo, debido a sus procesos industriales se generan impactos ambientales hacia el entorno como: contaminación de aguas, generación de residuos, consumo energético, emisiones de CO₂, siendo esta última abordada en el presente estudio. En esta investigación se analizó el gasto corriente e inversión que destinan las industrias manufactureras para prevenir las emisiones de CO₂ generadas por el consumo de combustibles y lubricantes líquidos en los procesos industriales. Se determinó el grado de correlación y la incidencia entre las variables de estudio mediante la aplicación de modelos de regresión lineal múltiple. Para el análisis se utilizó la base de datos obtenida del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), correspondiente al módulo ambiental: ENESEM (Encuesta Estructural Empresarial) del año 2020. Los resultados obtenidos permiten evidenciar que el 37,7% de empresas destinaron gastos corrientes en actividades ambientales para prevenir las emisiones o concentraciones contaminantes en el aire, mientras que, el 2,8% del total de industrias realizaron inversión ambiental, por ello, es importante que las empresas apliquen estrategias de protección ambiental con el fin de prevenir los efectos causados por los procesos de producción. Por otra parte, los combustibles que generaron mayor cantidad de emisiones de CO₂ son: residuo fuel oil, carbón y gas natural, estos son utilizados principalmente en calderas, transporte, calor directo, fuerza motriz y frío.

Palabras clave: Gestión ambiental, emisiones de CO₂, sector manufacturero, gasto corriente, inversión, sostenibilidad.

Abstract

The industrial manufacturing sector in Ecuador promotes the development and economic growth of the country; however, its industrial processes generate environmental impacts on the environment such as water pollution, waste generation, energy consumption, and CO₂ emissions, the latter being the subject of this study. In this research, the current expenditure and investment made by manufacturing industries to prevent CO₂ emissions generated by the consumption of fuels and liquid lubricants in industrial processes was analyzed. The degree of correlation and the incidence between the variables under study were determined by applying multiple linear regression models. For the analysis we used the database obtained from the National Institute of Statistics and Census (INEC), corresponding to the environmental module: ENESEM (Business Structural Survey) for the year 2020. The results obtained show that 37.7% of the companies spent current expenses on environmental activities to prevent emissions or pollutant concentrations in the air, while 2.8% of the total number of industries made environmental investments; therefore, it is important that companies apply environmental protection strategies to prevent the effects caused by production processes. The fuels that generated the greatest amount of CO₂ emissions are waste fuel oil, coal, and natural gas, which are used mainly in boilers, transportation, direct heat, motive power, and refrigeration.

Keywords: Environmental management activities, CO₂ emissions, manufacturing sector, current expenditure, investment, sustainability.

INTRODUCCIÓN

El sector manufacturero es considerado como el motor principal que contribuye al desarrollo y crecimiento económico del país, debido a que en este sector se concentra la mayor productividad con relación a otros (Lovato Torres et al., 2019). No obstante, a causa de sus procesos de producción se esparcen gran cantidad de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en el entorno, por tal motivo, esto se ha convertido en un gran reto para las industrias debido a que se enfrentan a dos desafíos importantes como es la industrialización y la prevención de las emisiones (Korku & Tregenna, 2022). En efecto, para combatir con los problemas ambientales causadas por este sector, es necesario que las empresas apliquen actividades sostenibles en sus procesos industriales, tomando en cuenta los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en el cual establece la producción y consumo responsable a través del uso eficiente de los recursos (Aldas Salazar et al., 2023). Además, este enfoque se encuentra direccionada a fomentar empresas más responsables y comprometidas con el ambiente (Bórquez Polloni & Lopicich Catalán, 2017).

A nivel mundial, los problemas ambientales causados por las emisiones de dióxido de carbono se han convertido en una gran preocupación, debido a que provocan impactos directos a la salud de las personas, afectación a los ecosistemas y deterioro del planeta (Bhatt et al., 2023). En este contexto es importante destacar que las actividades humanas son consideradas como la principal fuente de emisiones, entre ellas se encuentran: producción de energía, procesos industriales y transporte, en el cual se utilizan los combustibles fósiles, tales como diésel, gasolina, residuo fuel oil, ente otros (Gutiérrez Escajeda et al., 2019). Por tanto, la reducción de las emisiones y la eficiente implementación de estrategias ambientales son una prioridad mundial para garantizar la sostenibilidad ambiental (Raihan, 2023).

En base a las consideraciones anteriores, la gestión ambiental es una herramienta fundamental que se utiliza para implementar políticas encaminadas a garantizar y fomentar el desarrollo sustentable (Saavedra et al., 2023). Además, la aplicación de estas políticas o estrategias ambientales ayuda a crear un espacio de desarrollo sostenible, presentando un equilibrio entre las siguientes dimensiones: crecimiento económico y protección ambiental (Guillén et al., 2020). Sin embargo, para cumplir con cada uno de ellos, se debe tener en cuenta los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que se encuentran integrados en la Agenda 2030, estos se basan en un plan de acción que tiene como finalidad resguardar la integridad de las personas y del planeta, a través de la adecuada implementación de políticas sociales, económicas y ambientales (Parra Cortés, 2018). Por tal

motivo, la aplicación de los ODS ayuda a contrarrestar y frenar los impactos negativos causados al ambiente (Guevara et al., 2023).

Para reducir los impactos negativos sobre el ambiente, las industrias destinan gastos corrientes e inversión en actividades ambientales que promuevan en cuidado del entorno (González Acolt et al., 2019). Por ello, es importante mencionar que el gasto corriente que realizan las empresas se encuentra relacionado con la protección y cuidado del medio ambiente; además, engloba el control y la supervisión de la contaminación causada por las actividades industriales (Fan et al., 2022). Por otra parte, la inversión ambiental pueden ser edificios, terrenos y equipos que ayuden a prevenir, reducir y eliminar los problemas medioambientales de la producción (Rahko, 2023). Así mismo, son instrumentos financieros y las empresas que realizan este tipo de inversión presentan una mejor productividad laboral, rentabilidad económica, y sobre todo las industrias se encuentran comprometidas con el cuidado del entorno (Feng et al., 2023). En el año 2019, el 4,6% de las industrias manufactureras ecuatorianas realizaron inversión en actividades de protección ambiental (INEC, 2022).

El resto del artículo se encuentra distribuido de la siguiente manera: en la sección 2 se detalla los materiales y métodos aplicados en la investigación. En la sección 3 se exponen los resultados y discusión. Finalmente, en la sección 4 se encuentran las conclusiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el desarrollo de la investigación se requirió de fuentes secundarias, para ello, se obtuvo la información levantada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos, correspondiente al módulo ambiental ENESEM (Encuesta Estructural Empresarial) del año 2020, en donde, se detalla el gasto corriente y la inversión que destinó el sector industrial manufacturero ecuatoriano; así mismo, se encuentra la cantidad de combustibles y lubricantes líquidos utilizados principalmente en calderas, transporte, mantenimiento, calor directo, fuerza motriz y frío. Para convertir la cantidad de kg, galones y millones BTU de los combustibles o lubricantes líquidos a kilogramos de CO₂ se utilizó los coeficientes de conversión que se encuentran disponibles en el INEC (INEC, 2020).

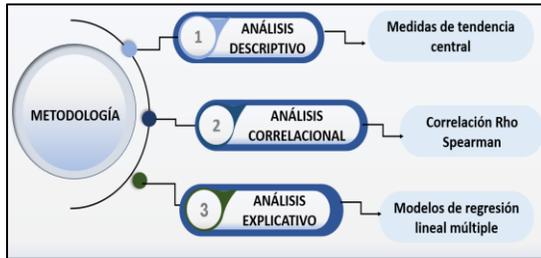


Figura 1. Metodología.

La metodología utilizada en la investigación se visualiza en la figura 1. En primer lugar, se desarrolla un análisis descriptivo donde se identificó el comportamiento del gasto corriente e inversión que destina el sector industrial para reducir y controlar las emisiones causadas por las actividades empresariales; además, se muestra un análisis detallado de las emisiones de CO₂ generadas por el consumo de los combustibles o lubricantes líquidos.

En segundo lugar, para determinar la importancia entre el gasto corriente e inversión respecto a las emisiones de CO₂ en kg generadas por el uso de los combustibles y lubricantes líquidos en los procesos industriales, se aplicó la correlación de Rho Spearman porque los datos tienen una distribución no normal, esto se verificó a través de las pruebas de normalidad (Kolmogórov-Smirnov y Shapiro Wilk). Previo a su aplicación se normalizaron los datos a través de logaritmo natural, permitiendo así, trabajar con valores estandarizados. El proceso se realizó mediante el programa estadístico SPSS.

Finalmente, para determinar la incidencia del gasto corriente e inversión respecto a las emisiones de CO₂ causadas por el consumo de los combustibles y lubricantes líquidos en la industria de manufactura del Ecuador, se aplicó modelos de regresión lineal múltiple (ecuación 1). Este modelo permite evaluar la asociación entre las variables de estudio y ayuda predecir sucesos que puede ocurrir (Vilá Baños et al., 2019). Para su aplicación, primero se verificó los supuestos: linealidad, independencia, homocedasticidad, normalidad y no colinealidad, los mismo que se cumplen para el modelo.

Ecuación del modelo

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + u(1)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se analizan en función de las principales categorías tomadas de la base de datos, como: tamaño empresarial, provincia y actividad económica. Para el estudio se consideró 703 industrias manufactureras clasificadas en: 24 medianas empresas A, 89 medianas empresas B y 590 grandes empresas. Resulta oportuno

mencionar que estas industrias se diferencian por las ventas anuales que generan y por el número de empleados que poseen, como se visualiza en la figura 2.

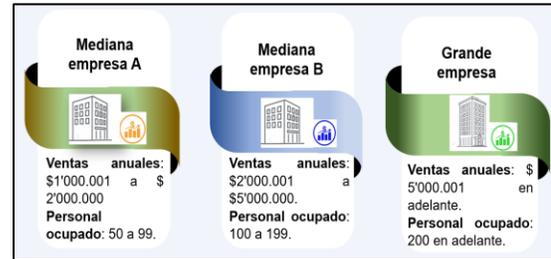


Figura 2. Tamaño empresarial.

Gastos corrientes

La mayor concentración de industrias manufactureras que destinaron gastos corrientes para prevenir las emisiones o contaminantes en el aire, se sitúan en las grandes empresas, de las cuales el 37,46% (221 empresas) gastaron en estrategias de protección ambiental, seguido se encuentran las medianas empresas A y B. Por el contrario, el 62,54% del total de empresas grandes no realizaron ningún tipo de gasto corriente enfocada en actividades ambientales para reducir las emisiones causadas en el entorno debido a los procesos industriales.

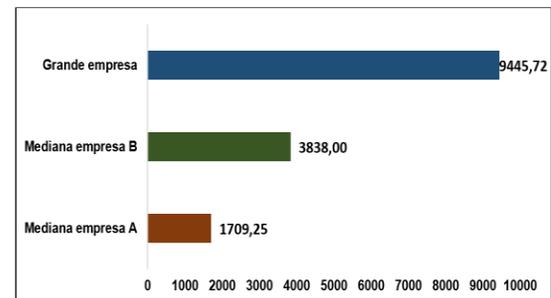


Gráfico 1. Gastos corrientes (\$) por tamaño empresarial.

En el gráfico 1 se evidencia que en promedio las grandes empresas destinaron mayor cantidad de gastos corrientes (\$9.445,72) en actividades de gestión ambiental enfocadas en reducir las emisiones en el aire, mientras que, las medianas empresas A presentan un promedio inferior de gasto corriente representado por \$1709,25. Esto sucede cuando las pequeñas y medianas industrias enfrentan una ineficiente ejecución de herramientas financieras en protección ambiental, recursos humanos y tecnologías que minimicen los impactos negativos causados en el entorno, por ello, es importante que los gobiernos brinden apoyo técnico y financiero para contrarrestar los problemas del medio ambiente (Méndez Ortiz et al., 2018).

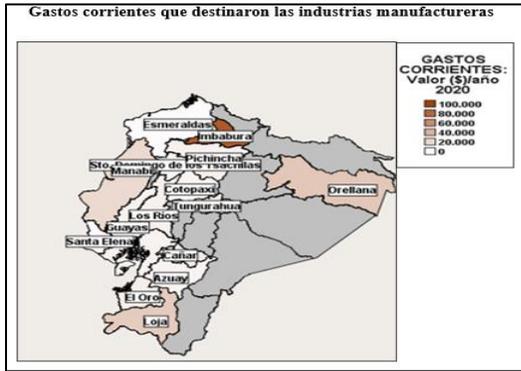


Figura 3. Mapa coroplético del gasto corriente (\$).

A nivel nacional, la provincia de Imbabura presentó el promedio más alto con respecto al gasto corriente destinado en actividades de protección ambiental, en donde, el sector industrial manufacturero ubicado en la provincia mencionada destinó un gasto de \$ 86.744,20 que corresponde al 45,17%.

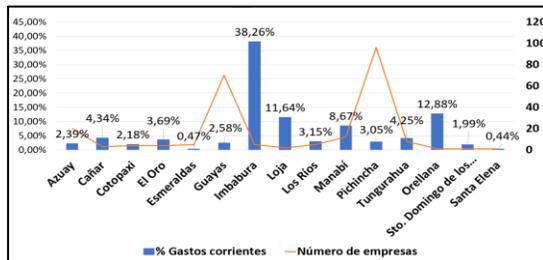


Gráfico 2. Gastos corrientes (%) por provincia y número de empresas manufactureras.

En base a las consideraciones anteriores, resulta oportuno mencionar que en la provincia de Imbabura se concentran pocas empresas que destinaron gastos corrientes, pero presentan un promedio alto de gasto a comparación con provincias que tienen mayor cantidad de industrias como es el caso de Pichincha y Guayas (ver gráfico 2). Además, Esmeraldas (0,47%) y Santa Elena (0,44%) son las provincias que destinaron menor cantidad de gastos corrientes respecto a la media.



Gráfico 3. Gastos corrientes (\$) por actividad económica.

Para el respectivo estudio acerca del gasto corriente que realizó el sector manufacturero en actividades

relacionadas con el cuidado del medio ambiente, se consideró las 10 actividades económicas principales a las cuales se dedican las diferentes industrias, en donde, se observa que las empresas dedicadas a la elaboración de aceites y grasas de origen animal y vegetal (\$40.425,18) presenta una promedio alto; es decir, que estas empresas destinaron mayor cantidad de gastos en estrategias, como: modificación de procesos, tratamiento de gases, medición, control, laboratorio, con el fin de disminuir y prevenir las emisiones contaminantes que se esparcen en el entorno. Por el contrario, se determinó que las empresas enfocadas en elaborar papel y cartón ondulado y de envases de papel y cartón, realizaron un gasto, pero en menor proporción de \$1.163,00 (ver gráfico 3).

Inversión en actividades ambientales

El estudio revela que, las medianas empresas A y B no realizan ningún tipo de inversión a favor de la protección ambiental, mientras que, del total de empresas grandes, el 2,8% correspondiente a 20 industrias, invirtieron en actividades ambientales que ayuden a prevenir o disminuir las emisiones; sin embargo, se determina que la mayor parte de la población estudiada no se enfoca en aplicar estrategias o medidas ambientales para reducir el impacto negativo que es causados por los procesos industriales; no obstante, cuando una organización invierte en actividades ambientales les permite obtener una rentabilidad económica, a más de ello, genera y promueve un ambiente limpio (Rahko, 2023).

En promedio las grandes empresas destinaron \$80.143,00 en actividades ambientales como: tratamiento de gases, modificación y control de procesos, esto permitirá que las industrias apliquen estrategias sostenibles en sus procesos de producción. Por otra parte, la inversión mínima que destinan las grandes industrias es \$ 600,00, esta empresa se encuentra ubicada en la provincia de Manabí y se dedica a la elaboración y conservación de pescados, crustáceos y moluscos; mientras que, la cantidad máxima de inversión es de \$600.000,00, la empresa que destinó este valor se encuentra ubicada en Guayas y tiene como actividad económica principal la elaboración de bebidas malteadas y de malta.

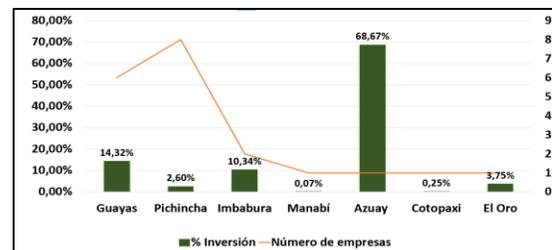


Gráfico 4. Inversión (%) que realiza el sector manufacturero, segmentado por provincia y número de empresas.

Con referencia a lo anterior, el 68,67% de la inversión ambiental corresponde a la provincia de Azuay; es decir que en este lugar se encuentra ubicada la empresa que destinó una alta cantidad de inversión en actividades ambientales para prevenir las emisiones, esta industria se dedica a la fabricación de papel y cartón ondulado y de envases de papel y cartón; mientras que, Pichincha se destaca por ser la provincia que cuenta con más empresas que realizaron inversión en el año de estudio; sin embargo, en promedio presentaron un porcentaje bajo de inversión (2,60%) a comparación de provincias que se encuentran integradas por pocas empresas pero destinan mayor inversión, como es el caso de Azuay (gráfico 4).



Gráfico 5. Inversión (\$) por actividad económica.

En el gráfico 5 se evidencia que, las industrias manufactureras que se dedican a la elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal destinaron en promedio una cantidad de inversión alta de \$162.225,00 enfocadas en actividades de protección ambiental que permitan reducir las emisiones o concentraciones contaminantes en el aire, estos son provocados por los diferentes procesos que se realizan dentro de las empresas; no obstante, se observa que las industrias que tienen como actividad económica la elaboración y conservación de pescados, crustáceos y moluscos realizaron una inversión de \$10.436,00, este promedio presentado es menor a comparación de las otras actividades. A más de ello, esto puede darse debido a que el cambio de los procesos productivos contaminantes por los procesos ambientales más limpios son lentos, por tal motivo, existen pocas empresas que invierten (González Acolt et al., 2019). Emisiones de CO₂ generados por los combustibles y lubricantes líquidos.

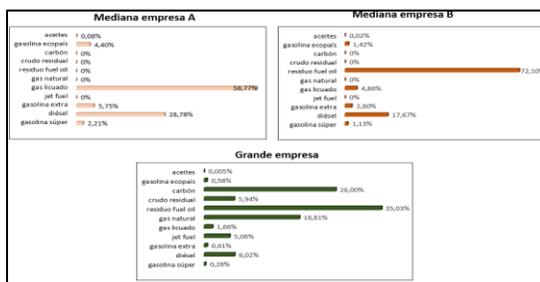


Gráfico 6. Emisiones de CO₂ generadas por los combustibles y lubricantes líquidos.

En primera instancia se analiza las medianas empresas A, en donde se observa que la mayor cantidad de emisiones de CO₂ se da por gas licuado (58,77%), este combustible se utilizó principalmente en calderas y calor directo, en actividades relacionadas a la preparación e hilatura de fibras textiles; fabricación de artículos del papel y cartón; elaboración de comidas y platos preparados. Por otro lado, el combustible que menos se utilizó y por tanto generó menor cantidad de emisiones es el aceite (0,08%), este presentó una menor cantidad de emisiones dióxido de carbono en la atmósfera y se empleó en actividades de mantenimiento (ver gráfico 6). Además, se destaca que este tipo de empresas no utilizaron combustibles como: carbón, crudo residual, residuo fuel oil, gas natural, jet fuel.

En las medianas empresas B se evidencia que el residuo fuel oil generó una alta cantidad de emisiones, el cual generó el 72,10% de kg de emisiones de CO₂ en el ambiente, este se utilizó en las calderas, transporte y calor directo; mientras que, por el uso de los aceites en mantenimiento se emanan menor cantidad de gases contaminante en el aire. En efecto, el uso de combustibles en el transporte se ha convertido en un grave problema porque provoca el aumento de gases nocivos como las emisiones de dióxido de carbono (Elsabbagh, 2023).

Por otra parte, en las grandes empresas se destaca que el residuo fuel oil generó mayor cantidad de emisiones de CO₂, el cual se utilizó en calderas, calor directo, transporte, fuerza motriz y frío, mientras que, los aceites generaron una cantidad menor de emisiones de CO₂ por el consumo de este lubricante en actividades relacionadas con el mantenimiento de equipos y maquinaria, de igual forma ocurre en las medianas empresas A y B. En efecto, en una investigación realizada en una industria azucarera en México revela que, para reducir las emisiones o concentraciones contaminante en el aire, es importante que se utilice combustibles más limpios e implementar sistemas de control de emisiones (Dominguez Manjarrez et al., 2014).

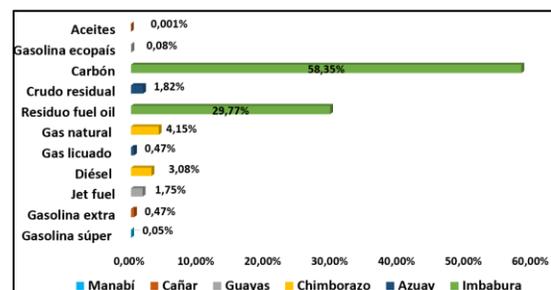


Gráfico 7. Porcentaje de emisiones de CO₂ en kg de los combustibles y lubricantes líquidos: clasificado por provincia.

Las industrias manufactureras que generaron mayor cantidad de emisiones por el consumo de los combustibles y lubricantes líquidos se encuentran ubicadas en la provincia de Imbabura (ver gráfico 7), en el cual se evidencia que el carbón (58,35%) y el residuo fuel oil (29,77%) fueron los combustibles que presentaron mayor contaminación en el ambiente. Además, se evidencia que el aceite emana poca cantidad de emisiones de dióxido de carbono al entorno, las empresas que consumen este lubricante en sus actividades industriales están ubicadas en la provincia del Cañar; es decir, que en este sector las empresas no utilizaron en gran cantidad los lubricantes y por este motivo no generaron un valor alto de emisiones en el aire. Otro hallazgo de la investigación indica que en el Ecuador la principal fuente de emisiones de CO₂ son originados por el uso de los combustibles, estos son utilizados en los procesos industriales (Pérez Darquea, 2018).

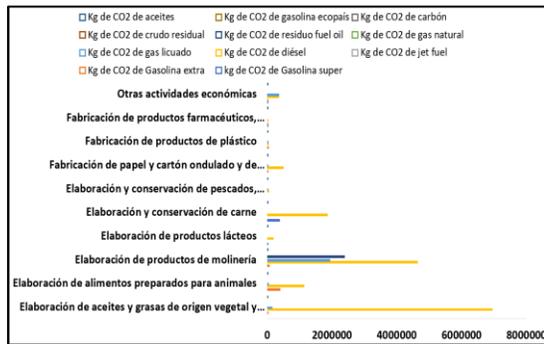


Gráfico 8. Emisiones de CO₂ en kg generados por los combustibles y lubricantes líquidos por actividad económica.

El promedio más alto de generación de emisiones o concentraciones contaminantes en el aire se debe al consumo de diésel en actividades económicas de elaboración de aceites y grasas de origen vegetal; elaboración de productos de molinería; elaboración y conservación de carne; sin embargo, gran parte de empresas dedicadas a la elaboración de productos de molinería generaron una alta cantidad de emisiones de CO₂ en la atmósfera, debido al uso de gas licuado y residuo fuel oil (ver gráfico 8).

Análisis correlacional de las variables

Para establecer la importancia del gasto corriente e inversión respecto a las emisiones de CO₂ generadas por el uso de los combustibles y lubricantes líquidos en la industria manufacturera; se realizaron dos correlaciones utilizando la prueba Rho de Spearman. Adicional a este análisis se estableció también la correlación del gasto corriente con el uso principal de los combustibles, como: calderas, transporte, calor directo, mantenimiento, fuerza motriz y frío.

Emisiones de CO ₂ en kg	Coefficiente de correlación	Significancia	Grado de relación
Gasolina súper	,383	0,001	Correlación positiva media
Gasolina extra	,238	0,014	Correlación positiva media
Diésel	,201	0,004	Correlación positiva media
Gas licuado	,323	0,000	Correlación positiva media
Aceites	,325	0,000	Correlación positiva media
Residuo fuel oil	,530	0,000	Correlación positiva considerable
Gasolina ecopaís	,513*	0,12	
Jet fuel	-1,000**	.	
Crudo residual	-,900*	0,037	No son significativas
Gas natural	0,254	0,583	
Carbón	.	.	

Tabla 1. Correlación del gasto corriente y las emisiones de CO₂ en kg de los combustibles y lubricantes líquidos.

En la tabla 1 se muestra los resultados de correlación entre el gasto corriente y el tipo de combustible, destacando que la mayor correlación (0,530) se da con el residuo fuel oil. Así mismo, se presenta una correlación positiva media entre el gasto corriente y las emisiones ocasionadas por el consumo de gasolina súper, gasolina extra, diésel, gas licuado, aceites; además, se determina que estas variables son directamente proporcionales porque el sector industrial gasta una mayor cantidad monetaria en estrategias de protección ambiental para reducir las concentraciones contaminantes en el aire debido a que las emisiones de dióxido de carbono aumentaron. Por otro lado, se determinó que existe una relación significativa entre el gasto corriente y las emisiones causadas por el consumo de los combustibles y lubricantes líquidos porque el nivel de significancia es menor que 0,05, es decir que las variables de estudio se encuentran relacionadas.

Además, se evidencia que existe correlación entre la gasolina eco país, jet fuel, crudo residual, gas natural, carbón con el gasto corriente; sin embargo, no son significativas porque se presentan pocos valores y el p valor es mayor que 0,05.

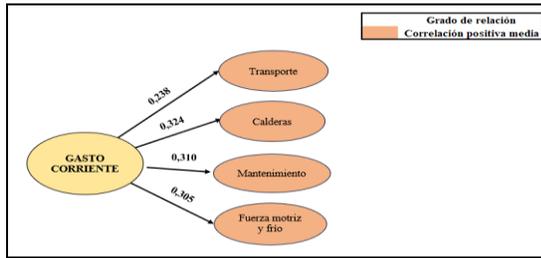


Figura 4. Coeficiente de correlación del gasto corriente y las emisiones de CO₂ en kg por combustibles y lubricantes líquidos: uso principal.

En la figura 4 se muestra el coeficiente de correlación del gasto corriente y las emisiones de CO₂ en kg generados por el uso principal de los combustibles y lubricantes líquidos, en actividades como: transporte, calderas, mantenimiento, fuerza motriz y frío, en donde se establece que entre las variables de estudio se presenta una correlación positiva media y son directamente proporcionales, es decir, el sector manufacturero incrementa el gasto corriente en actividades ambientales, como: modificación de procesos, tratamiento y control de gases contaminantes porque las emisiones ocasionadas por el consumo de los combustibles aumentaron. En lo que respecta a la significancia, se determinó que se presenta relación entre las variables, puesto que, el p valor es menor que 0,05. Cabe agregar que el combustible también es utilizado para calor directo, no se consideró esta variable porque no existe relación con el gasto corriente, dado que el valor de la significancia (p valor=0,197) es superior a 0,05; sin embargo, si se presenta una correlación positiva media entre las variables.

	Emisiones de CO ₂ en kg	Coefficiente de correlación	Significancia	N
Inversión	Gasolina súper	0,5	0,391	5
	Diésel	0,273	0,29	17
	Gasolina extra	-0,37	0,293	10
	Gas licuado	0,059	0,84	14
	Residuo fuel oil	0,6	0,285	5
	Gasolina ecopaís	1	.	2
	Aceites	0,077	0,812	12
	Carbón	.	.	1
	Crudo residual	.	.	0
	Gas natural	.	.	1
Jet fuel	.	.	0	

Tabla 2. Correlación entre la inversión y las emisiones de CO₂ generadas por los combustibles.

Se presenta la correlación de la inversión y las emisiones de CO₂ que se originan por el consumo de los 11 combustibles o lubricantes líquidos, en donde se evidencia que las variables no son significativas porque el p valor es mayor que 0,05; de otro modo, se evidencia que existe una correlación de la inversión con 6 combustibles, esto ocurre debido a que existe pocos valores de la variable dependiente. Por ello, resulta oportuno mencionar que aproximadamente el 2,8 % del total de las industrias manufactureras realizaron inversión en actividades de gestión ambiental que se encuentren relacionadas con la reducción de las emisiones que se esparcen en la atmósfera, estos son generados por los procesos de producción que se llevan a cabo dentro de las empresas; sin embargo, cuando una organización invierte en estrategias de protección ambiental esto ayuda a mitigar los problemas ambientales y a su vez mejora el rendimiento medioambiental de las industrias (Tian et al., 2020).

Análisis explicativo de las variables

Con la finalidad de mostrar la incidencia del gasto corriente e inversión respecto a las emisiones de CO₂ generadas por el consumo de los combustibles o lubricantes líquidos utilizados en: transporte, calderas, mantenimiento, fuerza motriz y frío, se aplicó dos modelos de regresión lineal múltiple. Para el respectivo análisis se consideró aquellas variables significativas que se encuentran detalladas en el apartado de las correlaciones; sin embargo, es necesario manifestar que no se realizó el análisis explicativo con la variable inversión, debido a que existen pocos valores y se determinó que las variables no son significativas, por tal motivo, no se consideró para este análisis.

Previo a la aplicación de los modelos de regresión lineal múltiple, se tomó en consideración los valores normalizados, posterior a ello se verificó que se cumpla con los siguientes supuestos: linealidad, independencia, homocedasticidad, normalidad y no colinealidad.

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,395 ^a	0,156	0,149	3,46786

Tabla 3. Resumen del modelo 1.

En el resumen del modelo 1 se contempla al gasto corriente y las emisiones de CO₂ en kg generados por el uso de los combustibles o lubricantes líquidos, en el cual se determina que estas variables presentan una relación de 0,359; es decir, presentan una correlación positiva media y son directamente proporcionales porque las empresas manufactureras aumentan el gasto corriente en actividades ambientales debido a que las emisiones ocasionadas por el

uso de los combustibles incrementaron. Por otro lado, el R^2 significa que el modelo se encuentra ajustado en 15% de la varianza.

Posterior a ello, se analizó el resumen del Anova y se verificó que el valor de la significación fue de 0,000, como este valor es menor que 0,05, se determinó que existe relación significativa entre las variables de estudio y se procedió a interpretar los coeficientes que se utilizaron en la ecuación del modelo 1.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Desv. Error			
1 (Constante)	-0,126	0,342		-0,369	0,000
Gasolina súper (CO ₂ en kg)	-0,022	0,028	-0,028	-0,801	0,001
Gasolina extra (CO ₂ en kg)	0,076	0,026	0,102	2,914	0,004
Diésel (CO ₂ en kg)	0,163	0,029	0,206	5,692	0,000
Gas licuado (CO ₂ en kg)	0,096	0,026	0,137	3,764	0,000
Aceites (CO ₂ en kg)	0,074	0,047	0,059	1,581	0,000
Residuo fuel oil (CO ₂ en kg)	0,172	0,031	0,200	5,531	0,000

Tabla 4. Coeficientes del modelo 1.

Ecuación del modelo 1

$$\begin{aligned} \text{gasto corriente} &= -1,26 - \\ &0,022X_1 + 0,076X_2 + 0,163X_3 + 0,096X_4 + 0,074X_5 + 0,172X_6(2) \\ \text{gasto corriente} &= -1,26 - 0,022 \text{ g. súper} + 0,076 \text{ g. extra} \\ &+ 0,163 \text{ diésel} + 0,096 \text{ g. licuado} \\ &+ 0,074 \text{ aceites} + 0,172 \text{ residuo fuel oil} \end{aligned}$$

En la tabla 4 se observa los coeficientes que se utilizaron para la ecuación del modelo 1. En primera instancia, se analizó la significancia de las variables y se determinó que los valores son inferiores que 0,05, por tanto, se establece que existe relación entre la variable dependiente y la explicativa.

En la ecuación del modelo 1 se observa que por el incremento del 1% de kg de CO₂ emanado al ambiente por el consumo de residuo fuel oil el gasto corriente aumenta en 0,17%. Además, de los seis combustibles analizados se determinó que en este se concentra una cantidad mayor de gasto corriente; sin embargo, es relevante mencionar que en el año 2020 este combustible presentó un promedio alto de emisiones de CO₂ en el ambiente, de igual forma sucede con el diésel (0,16%), gas licuado (0,09%), gasolina extra (0,08%), aceites (0,07%) se incrementa el gasto corriente por cada uno de ellos, mientras que, por el incremento del 1% de kg de CO₂ generado por el uso de la gasolina súper el gasto corriente disminuye en -0,02%.

Por ello, el sector industrial manufacturero debe reducir el consumo de residuo fuel oil porque este provoca mayor contaminación al aire y por tal motivo las empresas destinan mayor cantidad de gasto corriente. En efecto, las empresas deben implementar estrategias de gestión ambiental en protección ambiental para reducir las emisiones o concentraciones contaminantes en el aire, a su vez, esto permite que las organizaciones apliquen actividades sostenibles en sus procesos de producción.

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,934 ^a	0,873	0,771	0,68437

Tabla 5. Resumen del modelo 2.

En el segundo modelo se consideró el gasto corriente y las emisiones de CO₂ generadas por el consumo de los combustibles o lubricantes líquidos utilizados en mantenimiento, transporte, calderas, fuerza motriz y frío. Las variables de estudio presentan una correlación positiva perfecta (0,934) y tienen una relación directa, por tanto, las empresas manufactureras destinan mayor cantidad de gasto corriente en actividades ambientales debido a que las emisiones también aumentaron. Posteriormente, se observa que el modelo se encuentra ajustado en un 87,3% de la varianza (ver tabla 5).

Así mismo, en el resumen del Anova se determinó que el valor de la significancia fue 0,018, como este valor es menor que 0,05 se establece que se presenta una relación significativa entre las variables de estudio. Una vez analizado el Anova se procede a realizar la ecuación del modelo 2 y se interpreta los coeficientes.

Coeficientes no estandarizados	Desv. Error	Coeficientes estandarizados	t	Sig.

(Constante)	-	3,41	-	0,00
	2,919	3	0,855	0
Transporte	0,351	0,21	0,316	1,651
		2		1
Calderas	0,205	0,17	0,269	1,170
		5		0
Mantenimie nto	0,289	0,21	0,379	1,357
		3		0
Fuerza motriz y frío	0,148	0,07	0,375	1,950
		6		7

Tabla 6. Coeficientes del modelo 2

Ecuación del modelo 2

$$y = -2,919 + 0,351X_1 + 0,205X_2 + 0,289X_3 + 0,148X_4 \quad (3)$$

$$\text{Gasto corriente} = -2,919 + 0,351 (\text{transporte}) + 0,205 (\text{calderas}) + 0,289 (\text{mantenimiento}) + 0,148 (\text{fuerza motriz y frío})$$

Para formular la ecuación del modelo 2, se tomó en consideración el gasto corriente y las emisiones de CO₂ generados por el consumo de los combustibles y lubricantes líquidos utilizados en transporte, calderas, mantenimiento, fuerza motriz y frío. En primera instancia, se analiza los valores de la significancia, en donde se observa que todos los valores son menores que 0,05 y por tanto las variables se encuentran asociadas (ver tabla 6).

En la ecuación del modelo 2 se analiza que por el incremento del 1% de kg de emisiones de CO₂ ocasionadas por el consumo de combustibles y lubricantes líquidos utilizados principalmente en transporte el gasto corriente aumenta en 0,35%, por esta actividad el gasto aumenta en mayor proporción a comparación de los otros usos. De la misma manera sucede con las calderas, transporte, fuerza motriz y frío, esto indica que, por las emisiones de CO₂ en kg emanadas al ambiente por el uso de los combustibles, el gasto corriente incrementa en actividades de protección ambiental para minimizar las emisiones, como: tratamiento, control y medición de gases contaminantes.

CONCLUSIONES

El sector manufacturero genera contaminación al ambiente debido a que en sus procesos de producción utilizan combustibles o lubricantes líquidos, por este motivo, las empresas destinan gastos corrientes e inversión en actividades de gestión ambiental para prevenir las emisiones en el aire mediante la modificación de procesos, tratamiento y control de gases. Por ello, el 37,7% del total de industrias manufactureras destinaron gastos corrientes; sin embargo, la mayor parte se concentran en las grandes empresas, las cuales en promedio gastaron \$9.445,72 a diferencia de las medianas empresas que realizaron un gasto inferior. Además, en la provincia de Imbabura se sitúan las empresas que presenta un promedio superior de gasto corriente, es decir, que estas industrias se encuentran comprometidas con el cuidado del

medio ambiente e incorporan estrategias sostenibles en sus procesos industriales.

Por otra parte, en lo que respecta a la inversión, el 2,8% del total de industrias manufactureras realizaron inversión en actividades de gestión ambiental, en las cuales se concentran las grandes empresas, siendo la provincia de Azuay en la que se sitúan empresas que realizaron en promedio mayor inversión. Por otro lado, el combustible que generó mayor contaminación de CO₂ en el ambiente es el residuo fuel oil, las grandes empresas y las medianas A son las que generan un alto grado de contaminación por el consumo de este combustible en actividades de transporte, mantenimiento, calderas, fuerza motriz y frío.

El gasto corriente es directamente proporcional y presenta una correlación positiva considerable (0,53 %) con las emisiones de CO₂ generadas por el consumo de residuo fuel oil, esto indica que las empresas manufactureras destinan mayor cantidad de gastos corrientes en estrategias ambientales debido a que las emisiones de CO₂ generadas por el uso de los combustibles aumentaron, mientras que, con el resto de los combustibles se evidencia una correlación positiva media. De igual manera, se determinó que la variable dependiente y las emisiones ocasionadas por el consumo de los combustibles utilizadas en calderas (0,324) se relacionan directamente y muestran una correlación positiva media, siendo este el que presenta mayor correlación.

En el primer modelo de regresión lineal múltiple se consideró el gasto corriente y las emisiones de CO₂ ocasionadas por el uso de los combustibles, este modelo se encuentra explicado en el 15% y se determinó que por el incremento del 1% de kg de CO₂ emanado al ambiente por el consumo de residuo fuel oil el gasto corriente aumenta en 0,17 %.

En el segundo modelo se tomó en cuenta el gasto corriente y las emisiones generadas por el consumo de los combustibles en calderas, mantenimiento, transporte, fuerza motriz y frío, este modelo presenta un mejor ajuste del 87,3% y se estableció que, por el incremento del 1% de kg de emisiones de CO₂ generadas por el consumo de combustibles y lubricantes líquidos utilizados principalmente en transporte el gasto corriente aumenta en 0,35%, este gasto se encuentran destinado a actividades de gestión ambiental que ayuden a reducir las emisiones o concentraciones contaminantes en el aire.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Ambato, a la Dirección de Investigación y Desarrollo DIDE y a la Facultad de Contabilidad y Auditoría por apoyar el desarrollo del presente artículo como producto

del proyecto de Investigación denominado “ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL BAJO PRINCIPIOS DE ECONOMÍA CIRCULAR EN LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA DEL ECUADOR. UN MODEL DE OPTIMIZACIÓN.” con código PFAUD 18, aprobado mediante resolución Nro. UTA-CONIN-2023-0038-R.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. *Revista Gobierno y Gestión Pública*, 10(1), 85-98. <https://revistagobiernoygestionpublica.usmp.edu.pe/index.php/RGGP/article/view/308>
- Bhatt, H., Davawala, M., Joshi, T., Shah, M., & Unnarkat, A. (2023). Forecasting and mitigation of global environmental carbon dioxide emission using machine learning techniques. *Cleaner Chemical Engineering*, 5, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.clce.2023.100095>
- Bórquez Polloni, B., & Lopicich Catalán, B. (2017). La dimensión bioética de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). *Bioética y Derecho*, 41, 121-139. <https://www.redalyc.org/journal/783/7835451109/78354511009.pdf>
- Dominguez Manjarrez, C. A., Bravo Álvarez, H., & Sosa-Echeverría, R. (2014). Prevención, minimización y control de la contaminación ambiental en un ingenio azucarero de México. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 15(4), 549-560. [https://doi.org/10.1016/s1405-7743\(14\)70653-5](https://doi.org/10.1016/s1405-7743(14)70653-5)
- Elsabbagh, A. (2023). Materials development in transportation industry: Fuel consumption, safety and recycling. *Ain Shams Engineering Journal*, 14, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.102096>
- Fan, W., Yan, L., Chen, B., Ding, W., & Wang, P. (2022). Environmental governance effects of local environmental protection expenditure in China. *Resources Policy*, 77, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102760>
- Feng, Y., Xiao, Z., Zhou, J., & Ni, G. (2023). Asymmetrically examining the impact of green finance and renewable energy consumption on environmental degradation and renewable energy investment: The impact of the COVID-19 outbreak on the Chinese economy. *Energy Reports*, 9, 5458-5472. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.04.361>
- González Acolt, R., Castillo Rodríguez, J., & Ivanova Boncheva, A. (2019). Prácticas ambientales en empresas manufactureras de equipo de transporte en México. *Venezolana de Gerencia*, 2, 210-218. <https://doi.org/10.37960/revista.v24i2.31489>
- Guevara, I., Pérez, J. M., & Bravo, B. (2023). Impacto de los objetivos de desarrollo sostenible en la investigación educativa sobre educación ambiental. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(2), 250101-250117. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92073956009>
- Guillén, J., Calle, J., Gavidia, A. M., & Vélez, A. G. (2020). Desarrollo sostenible: Desde la mirada de preservación del medio ambiente colombiano. *Ciencias Sociales*, 26(4), 293-305. <https://www.redalyc.org/journal/280/28065077023/28065077023.pdf>
- 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 CO2 por el uso de combustible en San Luis Potosí, México. *Acta Universitaria*, 29, 1-14. <https://doi.org/10.15174/au.2019.1920>
- INEC. (2020). *Información Ambiental Económica en Empresas* – 2020. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-ambiental-economica-en-empresas-2020/>
- INEC. (2022). *Módulo de información económica ambiental de empresas*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/EMPRESAS/Empresas%1F_2020/PRES_MOD_AMB_EMP_2020_Vf.pdf
- Korku, E., & Tregenna, F. (2022). Greening manufacturing: Technology intensity and carbon dioxide emissions in developing countries. *Applied Energy*, 324, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119726>
- 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. *Venezolana de Gerencia*, 24(86), 563-573. <https://www.redalyc.org/journal/290/29059356014/29059356014.pdf>
- Parra Cortés, R. (2018). La Agenda 2030 y sus objetivos de desarrollo sostenible: antecedentes y perspectivas para promover el consumo y la producción sostenibles en Chile. *Derecho Ambiental*, 6(10), 99-121.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.5354/0719-4633.2018.52077>
- Pérez Darquea, D. G. (2018). Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales. *INNOVA Research Journal*, 3(3), 23-34. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n3.2018.635>
- Rahko, J. (2023). The effects of environmental investments on the economic performance of industrial plants – Evidence from Finland. *Cleaner Production*, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136142>
- Raihan, A. (2023). The dynamic nexus between economic growth, renewable energy use, urbanization, industrialization, tourism, agricultural productivity, forest area, and carbon dioxide emissions in the Philippines. *Energy Nexus*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100180>
- Saavedra, M. L., Tapia, B., & Aguilar, M. de los Á. (2023). La gestión ambiental en la pyme de la ciudad de México. *Ciencias administrativas*, 11(22). <https://doi.org/https://doi.org/10.24215/23143738e120>
- Tian, J. F., Pan, C., Xue, R., Yang, X. T., Wang, C., Ji, X. Z., & Shan, Y. L. (2020). Corporate innovation and environmental investment: The moderating role of institutional environment. *Advances in Climate Change Research*, 11(2), 85-91. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2020.05.003>
- 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), 1-10. <https://doi.org/10.1344/reire2019.12.222704>