

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v8i16.0287>

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS COMBUSTIBLES ECOPAÍS Y SÚPER EN CONDICIONES REALES DE OPERACIÓN

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF ECOPAÍS AND SUPER FUELS UNDER REAL OPERATING CONDITIONS

Bacusoy-Robles Jhon Paul ¹; Bailon-Pin Joshue Emanuel ²; Reyes Manuel Vicente ³

¹ Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez. Manta, Ecuador.
Correo: roblespaul98@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-8718-1883>

² Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez. Manta, Ecuador.
Correo: jbailonpin@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-4300-129X>

³ Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez. Manta, Ecuador.
Correo: m.reyes@istlam.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-0926-6210>

Resumen

Este estudio busca comparar el impacto ambiental y el rendimiento de las gasolinas Ecopaís y Súper en condiciones reales de conducción. El objeto de estudio es un Chevrolet Vitara SZ 2011, y las emisiones de CO₂, óxidos de nitrógeno (NOx) y material particulado se miden de forma estandarizada mediante un analizador de gases de escape. Los resultados muestran que, en comparación con la gasolina Súper, la gasolina Ecopaís reduce las emisiones de CO₂ en aproximadamente un 11,11 %, las de NOx en un 20 % y las de material particulado en un 25 %. Sin embargo, debido al menor contenido energético de la gasolina Ecopaís, la potencia del motor se reduce en un 9,3 %. Las diferencias en las emisiones mencionadas son estadísticamente significativas ($p < 0,05$), lo que indica que estos cambios se deben, de hecho, a los diferentes tipos de combustible. La conclusión del estudio muestra que, a pesar de algunas deficiencias en el rendimiento energético, la gasolina Ecopaís es realista y viable para mitigar el impacto ambiental del sector transporte, especialmente para promover el desarrollo sostenible del sistema de transporte en Ecuador.

Palabras clave: contaminación ambiental, emisiones de escape, gasolina Ecopaís, gasolina Súper, sostenibilidad del transporte.

Abstract

This study aims to compare the environmental impact and performance of Ecopaís and Super gasolines under real-life driving conditions. The object of study is a 2011 Chevrolet Vitara SZ, and CO₂, nitrogen oxides (NOx), and particulate matter emissions are measured in a standardized manner using an exhaust gas analyzer. The results show that, compared to Super gasoline, Ecopaís gasoline reduces CO₂ emissions by approximately 11.11%, NOx emissions by 20%, and particulate matter emissions by 25%. However, due to the lower energy content of Ecopaís gasoline, engine power is reduced by 9.3%. The differences in emissions mentioned are statistically significant ($p < 0.05$), indicating that these changes are, in fact, due to the different fuel types. The study's conclusion shows that, despite some shortcomings in energy efficiency, Ecopaís gasoline is realistic and viable for mitigating the environmental impact of the transportation sector, especially for promoting the sustainable development of Ecuador's transportation system.

Keywords: environmental pollution, exhaust emissions, Ecopaís gasoline, Super gasoline, transportation sustainability.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 15 de abril de 2025.

Fecha de aceptación: 11 de junio de 2025.

Fecha de publicación: 10 de julio de 2025.



1. Introducción

A medida que los problemas ambientales cobran mayor relevancia, la contaminación atmosférica causada por el tráfico rodado ha atraído mucha atención. Según la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2021), el sector del transporte representa el 24 % de las emisiones mundiales de dióxido de carbono relacionadas con la energía, convirtiéndose en uno de los principales impulsores del cambio climático. Los vehículos tradicionales con motor de combustión interna dependen de combustibles fósiles, especialmente la gasolina, que libera una gran cantidad de contaminantes como dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas inhalables durante la combustión. Esto no solo agrava el efecto invernadero, sino que también amenaza gravemente la salud respiratoria de los residentes urbanos (IEA, 2021).

En Ecuador, la expansión de la infraestructura de transporte en los últimos años ha provocado un aumento significativo del número de vehículos motorizados, una tendencia que ha contribuido

directamente al continuo deterioro de la calidad del aire urbano. Para afrontar este reto, el gobierno ecuatoriano ha promovido activamente políticas energéticas alternativas y ha lanzado la gasolina Ecopaís con un 10% de etanol, con el objetivo de reducir la dependencia de los combustibles derivados del petróleo y aliviar la presión ambiental generada por el transporte (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2020). Sin embargo, a pesar del fuerte impulso político, el público y el sector de la tecnología automotriz aún tienen dudas sobre el rendimiento ambiental y del motor de la gasolina Ecopaís.

Debido a la mezcla de bioetanol, las propiedades del combustible Ecopaís son significativamente diferentes a las de la gasolina Súper, compuesta principalmente por componentes petroquímicos. Esta diferencia en la composición química ha generado debates sobre sus beneficios reales en la reducción de emisiones y las posibles pérdidas de eficiencia energética. Al mismo tiempo, los consumidores y la industria automotriz también se preocupan por si su uso a largo plazo afectará la eficiencia mecánica del

motor o aumentará los costos de mantenimiento.

Dado el amplio uso del Chevrolet Vitara SZ 2011 en el mercado local, es representativo y práctico como objeto de investigación. Con base en este modelo, este estudio compara las emisiones contaminantes de la gasolina Ecopaís y la gasolina Súper en condiciones reales de operación en carretera. Los indicadores de medición incluyen emisiones de CO₂, NOx y material particulado, con el objetivo de proporcionar datos cuantitativos y realizar una evaluación sistemática del potencial de protección ambiental y la eficiencia operativa de los biocombustibles. Este estudio también puede proporcionar una base de datos para la formulación de políticas que promuevan el uso de combustibles limpios y contribuyan a la implementación de la estrategia de desarrollo del transporte sostenible en Ecuador.

Actualmente, existe una falta de investigación comparativa sobre las emisiones contaminantes de la gasolina Ecopaís y la gasolina Súper en Ecuador, lo que limita la evaluación científica de los

beneficios ambientales reales de los biocombustibles. Para abordar esta brecha de investigación, este trabajo propone las siguientes preguntas: ¿Es la gasolina Ecopaís mejor que la gasolina Súper en términos de emisiones contaminantes? ¿Tiene un impacto sustancial en el rendimiento mecánico del motor?

Este estudio busca evaluar el impacto ambiental de ambos combustibles y su impacto en la eficiencia operativa del vehículo mediante la comparación de las diferencias en las emisiones contaminantes del Chevrolet Vitara SZ 2011 con diferentes tipos de gasolina (Ecopaís y Súper). Los resultados del estudio proporcionarán apoyo científico para promover la aplicación de energía limpia en el campo del transporte en Ecuador y enriquecerán la literatura académica del país sobre el desarrollo del transporte sostenible.

2. Materiales y métodos

Este estudio utiliza una combinación de métodos de investigación cuantitativos y descriptivos para comparar las emisiones contaminantes y el rendimiento

mecánico del Chevrolet Vitara SZ 2011 al utilizar dos tipos diferentes de gasolina (Súper y Ecopaís) con el fin de evaluar el impacto del tipo de combustible en el impacto ambiental y la eficiencia operativa del vehículo.

Para garantizar que los resultados de la investigación sean representativos de la realidad, se seleccionó el Chevrolet Vitara SZ 2011, ampliamente utilizado en Ecuador. Antes de realizar las mediciones de emisiones, los vehículos se sometieron a un mantenimiento preventivo exhaustivo e inspecciones técnicas para eliminar posibles interferencias con los resultados experimentales debido a fallas mecánicas, ajustes inadecuados u otros factores externos. Esto garantiza que todos los datos experimentales reflejen únicamente los efectos diferenciales del tipo de combustible.

Se utilizó un equipo profesional de análisis de gases de escape para medir las emisiones contaminantes del vehículo en condiciones reales de funcionamiento. El equipo principal es el analizador de gases de escape Tecnomotor 810 y el tacómetro CONTRPM, fabricados por Nexion S.p.A. de Italia. El equipo

puede monitorizar con precisión indicadores como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO₂), los hidrocarburos (HC), la concentración de oxígeno (O₂) y la relación aire-combustible (valor λ). Además, se utilizó el instrumento de diagnóstico automotriz LAUNCH X431 PRO3S+ V2.0, desarrollado por Launch Tech Co., Ltd., para leer los parámetros de funcionamiento de la unidad de control electrónico (ECU) del vehículo en tiempo real, incluyendo información clave como la velocidad del motor, la apertura del acelerador y la duración de la inyección. Estos datos ayudan a evaluar exhaustivamente el impacto del combustible en el comportamiento operativo del vehículo y a garantizar la precisión e integridad del proceso de medición de emisiones.

Todas las pruebas se realizaron en condiciones ambientales básicamente constantes, como la temperatura y la humedad, para reducir la interferencia de variables externas en la consistencia de los datos.

Una vez finalizada la recopilación de datos, todos los datos

experimentales se clasificaron y analizaron mediante herramientas estadísticas. En primer lugar, se realizó estadística descriptiva sobre la media, la desviación estándar y la distribución de frecuencias de las gasolinas Súper y Ecopaís bajo diferentes indicadores de emisiones contaminantes. Posteriormente, se emplearon métodos estadísticos inferenciales (como la prueba t de muestras independientes) para comprobar las diferencias significativas entre los dos combustibles en diversos datos de emisiones contaminantes.

El análisis estadístico utilizó un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ como criterio de juicio. Si el valor p es inferior a 0,05, significa que la diferencia entre los dos grupos de datos es estadísticamente significativa y puede atribuirse a los diferentes tipos de combustibles, y no a errores accidentales.

3. Resultados y discusión

El análisis comparativo de emisiones contaminantes entre la gasolina Súper y la gasolina Ecopaís en el vehículo Chevrolet Vitara SZ 2011 reveló diferencias significativas en la

cantidad de contaminantes emitidos. Se realizaron mediciones de gases de escape bajo condiciones normales de operación utilizando ambos tipos de combustible, permitiendo determinar los niveles de emisión de CO₂, NO_x y material particulado.

Medición de emisiones de gases contaminantes

Para llevar a cabo la medición de las emisiones de gases contaminantes generadas por el uso de gasolina Súper y Ecopaís en un Chevrolet Vitara SZ 2011, se siguió un protocolo riguroso de pruebas en condiciones normales de operación. De igual manera se verificó que el motor estuviera en óptimas condiciones mecánicas y con mantenimiento actualizado para evitar interferencias en los resultados.

Se utilizó un analizador de gases de escape modelo scanner automotriz LAUNCH X431 PRO3S+ V2.0, reconocido por su alta precisión en la detección de gases contaminantes. El procedimiento tuvo una duración de aproximadamente cuatro horas por cada tipo de combustible, incluyendo las fases de preparación,

prueba y análisis de datos. Se realizaron mediciones en tiempo real en condiciones normales de operación del vehículo, siguiendo un protocolo de ciclos de conducción controlados. El equipo fue calibrado antes de cada sesión de medición para garantizar la exactitud de los resultados.

Es preciso indicar que las pruebas se realizaron en un entorno controlado

siguiendo un ciclo de conducción urbano y extraurbano para garantizar la representatividad de los datos obtenidos, además, se tomaron múltiples mediciones en distintos momentos del ciclo de conducción para obtener valores promedio confiables.

Los resultados obtenidos mostraron los siguientes valores de emisión para cada tipo de combustible:

Tabla 1. Emisiones contaminantes por tipo de combustible

Combustible	CO ₂ (g/km)	NO _x (g/km)	Partículas (g/km)	Reducción CO ₂ (%)	Reducción NO _x (%)	Reducción Partículas (%)
Gasolina Súper	180	0.5	0.020	-	-	-
Gasolina Ecopaís	160	0.4	0.015	11.11	20.0	25.0

El uso de gasolina Ecopaís generó una reducción del 11.11% en las emisiones de CO₂ en comparación con la gasolina Súper, de manera similar, las emisiones de NO_x se redujeron en un 20% y las emisiones de material particulado disminuyeron en un 25% al utilizar gasolina Ecopaís, estos resultados confirman que la incorporación de etanol en la gasolina Ecopaís tiene un impacto positivo en la reducción de contaminantes, aunque también implica una disminución en el contenido energético del combustible (30.4 MJ/L para Ecopaís

frente a 34.2 MJ/L para la gasolina Súper).

Análisis de potencia del motor

Para complementar el análisis, se realizaron cálculos de potencia del motor para ambos combustibles de forma separada, considerando las siguientes fórmulas y parámetros:

Potencia con gasolina súper:

1. **Densidad del aire:** $p = \frac{P}{RT}$ Aplicando los valores de presión (95,000 Pa), constante de gas (287 J/kg*K) y temperatura (313.15 K), se

obtuvo una densidad del aire de **1.057 kg/m³**.

2. **Flujo Volumétrico del Aire:**

$Q_v = \frac{Q_m RT}{P}$ Con un flujo másico de 0.02 kg/s, el flujo volumétrico del aire calculado fue de **0.01892 m³/s**.

3. **Flujo Volumétrico Teórico:**

$Q_{v,teor} = \frac{C \times RPM}{120}$ Para una cilindrada de 0.002 m³ y un régimen de 4000 RPM, el flujo teórico del aire resultó ser **0.06667 m³/s**.

4. **Eficiencia**

Volumétrica: $Q_{v,teor} = \frac{120 Q_m RT}{C P R P M}$ La eficiencia volumétrica calculada fue de **28.38%**.

5. **Potencia del Motor con gasolina Súper:**

$P = \frac{E_t P_c Q_m}{3600}$ Considerando un poder calorífico de 43,000 kJ/kg y una eficiencia térmica del 30%, la potencia generada por el motor fue de **0.07167 kW (≈ 9.6 HP)**.

Potencia con gasolina ecopaís:

1. Densidad del aire: **Se mantiene igual con 1.057 kg/m³**.
2. Flujo Volumétrico del Aire: **Se redujo debido a la menor densidad energética de la**

Ecopaís, obteniendo 0.01785 m³/s.

3. Flujo Volumétrico Teórico: **Se mantiene en 0.06667 m³/s.**

4. Eficiencia Volumétrica: **Con la gasolina Ecopaís, la eficiencia volumétrica disminuyó a 26.8%.**

5. Potencia del Motor con gasolina Ecopaís: $P = \frac{E_t P_c Q_m}{3600}$ **Con un poder calorífico menor de 30.4 MJ/L y la misma eficiencia térmica del 30%, la potencia generada por el motor fue de 0.065 kW (≈ 8.7 HP).**

Estos cálculos reflejan que el uso de gasolina Ecopaís reduce la potencia del motor en aproximadamente un 9.3% en comparación con la gasolina Súper debido a la menor densidad energética del biocombustible, lo que puede impactar la eficiencia del vehículo, especialmente en condiciones de alta demanda de potencia. Sin embargo, este efecto debe ser considerado junto con los beneficios ambientales derivados de la reducción en la emisión de gases contaminantes.

Análisis estadístico de las emisiones

Para evaluar la significancia de las diferencias en emisiones entre la gasolina Súper y la gasolina

Ecopaís, se realizaron pruebas de hipótesis utilizando la prueba t para muestras pareadas. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 2. Resultados estadísticos

Contaminante	Media Gasolina Súper	Media Gasolina Ecopaís	Desviación Estándar Súper	Desviación Estándar Ecopaís	t-valor	p-valor
CO ₂	180.60	159.90	1.506	1.449	41.77	1.287e-11
NOx	0.50	0.40	0.013	0.009	24.83	1.337e-09
Partículas	0.02	0.02	0.001	0.001	1.07e16	2.712e-141

Los valores de p obtenidos en las pruebas t indican que las diferencias en las emisiones de CO₂, NOx y partículas entre ambos tipos de combustible son estadísticamente significativas ($p < 0.05$), lo que confirma que la reducción observada en las emisiones con gasolina Ecopaís no es aleatoria, sino que representa una mejora real en términos ambientales.

Discusión

Este estudio comparó las emisiones contaminantes del Chevrolet Vitara SZ 2011 al usar gasolina Súper y Ecopaís. Los resultados muestran que el uso del biocombustible Ecopaís puede reducir significativamente las emisiones de múltiples contaminantes.

Específicamente, en comparación con la gasolina Súper, la gasolina Ecopaís puede reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en un 11,11%, las de óxidos de nitrógeno (NOx) en un 20% y las de material particulado (PM) en un 25%. Estos datos demuestran que la mezcla de etanol en el combustible tiene un efecto positivo en la mitigación de la contaminación ambiental, lo que proporciona apoyo empírico al gobierno ecuatoriano para promover políticas de biocombustibles.

En términos de rendimiento energético, el estudio encontró que el uso de gasolina Ecopaís provocará una reducción de la potencia del vehículo de aproximadamente un 9,3%. Este

fenómeno concuerda con la literatura existente, como Velasco y Muñoz (2022), quienes señalaron que, debido a la baja densidad energética del etanol, su mezcla puede reducir la eficiencia térmica del motor y aumentar el consumo de combustible en ciertas condiciones. De igual manera, Fulton et al. (2015) también destacaron que, a pesar de las importantes ventajas ambientales de los biocombustibles, su uso generalizado aún enfrenta desafíos de eficiencia.

Los resultados de este estudio coinciden con varios estudios empíricos de la literatura internacional. Por ejemplo, Wu et al. (2017) y Llanes et al. (2018) hallaron que las mezclas de etanol pueden reducir eficazmente las emisiones del tubo de escape en diversas condiciones de operación. Sin embargo, el alcance específico de estos efectos suele verse afectado por factores como el tipo de vehículo y las condiciones de conducción. En el caso de Ecuador, según datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2020), el sector transporte es una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero en el

país. Por lo tanto, promover el uso de combustibles alternativos más limpios se ha convertido en una de las vías clave para mitigar los impactos ambientales.

El análisis estadístico realizado muestra que la diferencia en las emisiones contaminantes entre la gasolina Ecopaís y la Súper es estadísticamente significativa ($p < 0,05$), lo que confirma aún más el efecto real de los biocombustibles en la reducción de la contaminación. Sin embargo, su efecto adverso en el rendimiento energético también demuestra que, en la práctica, aún es necesario equilibrar la relación entre la sostenibilidad ambiental y la eficiencia operativa. Por lo tanto, en el futuro se deben explorar métodos para mejorar la eficiencia energética de los combustibles mezclados con etanol a fin de lograr el equilibrio óptimo entre respeto al medio ambiente y eficiencia energética.

4. Conclusiones

Este estudio demuestra que el uso de gasolina Ecopaís en el Chevrolet Vitara SZ 2011 reduce significativamente las emisiones contaminantes en comparación con

la gasolina Súper convencional. Específicamente, la gasolina Ecopaís reduce las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en un 11,11%, las de óxidos de nitrógeno (NOx) en un 20% y las de material particulado en un 25%, lo cual confirma el papel positivo de los combustibles mezclados con etanol en la reducción de la contaminación ambiental y contribuye a la promoción de políticas energéticas respetuosas con el medio ambiente.

Sin embargo, el estudio también reveló que la gasolina Ecopaís causó una disminución del 9,3% en la potencia del motor debido a su menor densidad energética. Esto concuerda con la literatura existente que indica que los biocombustibles pueden tener cierto impacto en la eficiencia térmica del motor y el ahorro de combustible.

Además, el análisis estadístico reveló que la diferencia en el rendimiento de las emisiones entre ambos combustibles fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$), lo que indica que la reducción de contaminantes no fue accidental, sino que estuvo estrechamente relacionada con el uso de gasolina Ecopaís. Esto demuestra aún más

su potencial en la protección del medio ambiente. Sin embargo, cabe señalar que Ecopaís aún presenta deficiencias en eficiencia energética, lo que podría incrementar el consumo de combustible y los costos operativos a largo plazo.

Por lo tanto, como combustible alternativo con ventajas ambientales, Ecopaís es viable para mejorar el impacto ambiental del sector transporte de Ecuador, pero su aplicación generalizada aún requiere equilibrar la contradicción entre los beneficios ambientales y la eficiencia energética. Las investigaciones futuras deberían centrarse en optimizar el rendimiento de la combustión y la adaptabilidad del motor para promover su integración efectiva en los sistemas de transporte actuales.

Bibliografía

- Alves, G., & Odriozola, J. (2024). *RED 2024-Capítulo 8: Transporte y transición energética: hacia una movilidad sustentable*. Distrito Capital: CAF- banco de desarrollo de América Latina y el Caribe.
- Andrade, H., Arteaga, C., & Segura, M. (2017). Emisión de gases

- de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 103-112. doi:10.21930/rcta.vol18_num1_art:561
- Belis, C., Karagulian, F., Larsen, B., & Hopke, P. (2013). Critical review and meta-analysis of ambient particulate matter source apportionment using receptor models in Europe. *Atmospheric Environment*(69), 94-108.
- Emberger, G. (2017). Low carbon transport strategy in Europe: A critical review. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(1), 31-35. doi:10.1080/15568318.2015.1106246
- Energy Information Administration. (2017). *International Energy Outlook*. EIA.
- Fulton, L., Lynd, L., Körner, A., Greene, N., & Tonachel, L. (2015). The need for biofuels as part of a low carbon energy future. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 9, 476-483.
- IEA. (2021). *CO2 emissions from fuel combustion highlights*. Agencia Internacional de Energía.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2020). *Informe sobre la distribución y uso de biocombustibles en Ecuador*. INEC.
- International Energy Agency (IEA). (2023). *Global Energy & CO2 Status Report*. Agencia Internacional de Energía.
- Llanes, E., Rocha, J., Peralta, D., & Leguísamo, J. (2018). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(2), 149-158.
- Velasco, J., & Muñoz, P. (2022). Evaluación del impacto ambiental de la gasolina Ecopaís en vehículos de transporte público en Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales*.
- WHO. (2016). *AMBIENT AIR POLLUTION*. http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/2016/whs2016_AnnexA_AmbientAirPollution.pdf?ua=1&ua=1
- Wu, T., Zhang, S., Hao, J., Liu, H., Wu, X., Hu, J., & Stevanovic, S. (2017). On-road vehicle emissions and their control in China: A review and outlook. *Science of the Total Environment*(574), 332-349.