



# REVISTA MULTIDISCIPLINAR EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

Volumen 2, Número 3  
Julio-Septiembre 2025

Edición Trimestral

CROSSREF PREFIX DOI: 10.71112

ISSN: 3061-7812, [www.omniscens.com](http://www.omniscens.com)

Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias

Volumen 2, Número 3  
julio-septiembre 2025

Publicación trimestral  
Hecho en México

La Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias acepta publicaciones de cualquier área del conocimiento, promoviendo una plataforma inclusiva para la discusión y análisis de los fundamentos epistemológicos en diversas disciplinas. La revista invita a investigadores y profesionales de campos como las ciencias naturales, sociales, humanísticas, tecnológicas y de la salud, entre otros, a contribuir con artículos originales, revisiones, estudios de caso y ensayos teóricos. Con su enfoque multidisciplinario, busca fomentar el diálogo y la reflexión sobre las metodologías, teorías y prácticas que sustentan el avance del conocimiento científico en todas las áreas.

Contacto principal: [admin@omniscens.com](mailto:admin@omniscens.com)

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación

Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido de la publicación sin previa autorización de la Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.



9773061781003

---

### Cintillo legal

Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias Vol. 2, Núm. 3, julio-septiembre 2025, es una publicación trimestral editada por el Dr. Moises Ake Uc, C. 51 #221 x 16B , Las Brisas, Mérida, Yucatán, México, C.P. 97144 , Tel. 9993556027, Web: <https://www.omniscens.com>, [admin@omniscens.com](mailto:admin@omniscens.com), Editor responsable: Dr. Moises Ake Uc. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-121717181700-102, ISSN: 3061-7812, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR). Responsable de la última actualización de este número, Dr. Moises Ake Uc, fecha de última modificación, 1 julio 2025.



**Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias**

**Volumen 2, Número 3, 2025, julio-septiembre**

**DOI: <https://doi.org/10.71112/zsdmhq57>**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE EMISIONES CONTAMINANTES ENTRE GASOLINA  
SÚPER Y ECOPAÍS EN VEHÍCULO CHEVROLET VITARA SZ 2011**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF POLLUTANT EMISSIONS BETWEEN SUPER  
GASOLINE AND ECOPAÍS IN A 2011 CHEVROLET VITARA SZ VEHICLE**

**Jhon Paul Bacusoy Robles**

**Joshue Emanuel Bailon Pin**

**Manuel Vicente Reyes**

**Eudaldo Renan Saltos Loor**

**Ecuador**

## **Análisis comparativo de emisiones contaminantes entre gasolina Súper y Ecopaís en vehículo Chevrolet Vitara SZ 2011**

### **Comparative Analysis of Pollutant Emissions Between Super Gasoline and Ecopaís in a 2011 Chevrolet Vitara SZ Vehicle**

Jhon Paul Bacusoy Robles

[roblespaul98@gmail.com](mailto:roblespaul98@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0004-8718-1883>

Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda

Martínez

Ecuador

Manuel Vicente Reyes

[m.reyes@istlam.edu.ec](mailto:m.reyes@istlam.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0006-0926-6210>

Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda

Martínez

Ecuador

Joshue Emanuel Bailon Pin

[jbailonpin@gmail.com](mailto:jbailonpin@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0003-4300-129X>

Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda

Martínez

Ecuador

Eudaldo Renan Saltos Loor

[edudaldo\\_Rs@gmail.com](mailto:edudaldo_Rs@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0002-2971-2872>

Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda

Martínez

Ecuador

## **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 CO<sub>2</sub>, óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) 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 CO<sub>2</sub> en aproximadamente un 11,11 %, las de NO<sub>x</sub> 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 CO<sub>2</sub>, 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 CO<sub>2</sub> 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.

Recibido: 31 de julio 2025 | Aceptado: 18 de agosto 2025

## 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 (IEA, 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 WHO (2016). 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<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NOx) 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 Chandi, Muñoz, Freire & Rosero (2025). 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 (INEC, 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 González, L., y Pérez, C. (2022).

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 CO<sub>2</sub>, 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.

El transporte terrestre corresponde con uno de los principales focos de emisión de contaminantes atmosféricos a nivel mundial por la enorme carga de CO<sub>2</sub> que el parque automotor libera en el ambiente Martínez, D., & Cedeño, P. (2023). En la region latinoameriaca, la transición hacia modelos de movilidad más sustentables es un desafío constante especialmente en países como Ecuador, donde la gran mayoría de auomotores que componen el parque automotor opera a base de combustibles fósiles Reyes, A., & Espinosa, J. (2021). En este contexto, la comparación entre tipos de gasolina, como la Súper y la Ecopaís, cobra gran importancia en términos de sus impactos medioambientales inmediatos asi como a mediano y largo plazo, se vuelve un instrumento esencial para la valoracion de estrategias energéticas y de bienestar público INEC (2020).

### **Contaminación vehicular y combustibles fósiles**

El uso de combustibles fósiles en vehículos con motorización de combustión interna se constituye en una de las principales fuentes de gases de efecto invernadero (GEI) y partículas contaminantes que son liberadas directamente a la atmosfera. Andrade, Arteaga y Segura (2017) analizaron la emisión de GEI en el contexto colombiano, destacando que los vehículos particulares que emplean para su motorización gasolina representan una fracción considerable del total de emisiones, incidiendo especialmente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), asi tambien el óxido de nitrógeno (NOx) y los hidrocarburos no quemados.

En el contexto mundial, la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2023) sostiene que el transporte fue responsable del 23% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en 2022 es decir, casi un cuarto de ellas mantiene una relacion, con un crecimiento sostenido vinculado al aumento del número de vehículos en circulación y a la utilización de combustibles fósiles convencionales como la gasolina. En esta línea, Emberger (2017) enfatiza la necesidad de políticas que promuevan

tecnologías de transporte de bajo carbono y combustibles alternativos como respuesta a la crisis climática ofreciendo como alternativa los vehículos impulsados por motorizaciones eléctricas.

## **Emisiones y características de los combustibles en Ecuador**

En lo que respecta a Ecuador, dos de los combustibles más usados para automóviles son la gasolina Súper y la Ecopaís siendo estas las de mayor demanda en el mercado nacional. En el caso de la gasolina Súper se caracteriza por un mayor octanaje y menor contenido de etanol, mientras que la segunda gasolina Ecopaís es una mezcla de gasolina convencional con 5% de etanol anhidro, lo que le otorga un perfil más sustentable según lo que expone (Sáenz, 2014).

Según Encalada, Villacís y Galárraga (2022), la calidad del combustible es un factor determinante en la cantidad y tipo de emisiones generadas por los vehículos. En su revisión sobre combustibles y calidad del aire en Ecuador, se señala que los combustibles con mezcla de etanol pueden disminuir la concentración algunos contaminantes como el monóxido de carbono (CO), aunque de la misma manera podrían incrementar otros, como el acetaldehído. La variabilidad en las emisiones también guarda dependencia con tipo de motor y las condiciones en las que estos motores funcionan Morquecho (2018).

El Programa Ecopaís fue diseñado como una estrategia nacional para introducir biocombustibles en el mercado y disminuir la dependencia del petróleo, además de mitigar impactos ambientales. Sin embargo, estudios técnicos como el de Urgilés Sánchez y Erreyes Erreyes (2018), enfocados en un Chevrolet Grand Vitara, indican que si bien la gasolina Ecopaís puede reducir ciertas emisiones, también puede generar un ligero aumento en el consumo de combustible y afectar el rendimiento general del vehículo bajo determinadas condiciones; en otras palabras al incrementar el consumo el nivel de contaminación también se ve incrementado.

## Relevancia del modelo Chevrolet Vitara SZ 2011

El Chevrolet Grand Vitara SZ es un vehículo todoterreno de fabricación japonesa, ampliamente comercializado en Ecuador. Su motor de 2.4 litros a gasolina y su sistema de inyección multipunto lo convierten en un modelo representativo para estudios comparativos de emisiones (Chevrolet Ecuador, 2019a, 2019b). El análisis de su desempeño bajo diferentes tipos de gasolina permite estimar el impacto real del combustible sobre las emisiones en un entorno urbano típico; ya que dicho vehículo corresponde más con un uso urbano y de la misma manera sirve para establecer un valor determinado que puede ser considerado como una constante a tener en cuenta IEA (2023).

En investigaciones como la publicada por *InGenius* (2022), se evaluaron motores inducidos por ignición con distintos tipos de gasolina vendidas en Ecuador. Se evidenció que, dependiendo del diseño del motor y la calidad del combustible, las emisiones de CO, NO<sub>x</sub> y HC varían significativamente. De allí que el enfoque comparativo entre Súper y Ecopaís adquiera especial relevancia para el presente estudio.

## Inventarios de emisiones y calidad del aire

La elaboración de inventarios vehiculares de emisiones se constituyen en instrumentos clave para el diseño de políticas públicas ambientales más eficientes y contextualizadas. Viteri et al. (2023) desarrollaron un inventario de alta resolución para Ecuador, empleando el sistema de modelado IVE, donde se registró una gran variabilidad en las emisiones vehiculares según el tipo de combustible y el año del vehículo esto debido a que a mayor edad del vehículo suele ser menor su rendimiento y mayor el consumo de combustible Taipei, et. al. (2020). En ciudades como Guayaquil, Patiño-Aroca, Parra y Borge (2022) confirmaron que los vehículos a gasolina siguen siendo fuentes dominantes de CO y HC, y resaltaron la necesidad de mejorar la eficiencia del parque automotor fortaleciéndolo con vehículos híbridos y eléctricos INEEER (2020).

Asimismo, la OMS (2016) advierte que la exposición a contaminantes como el material particulado ( $PM_{2.5}$ ) y el ozono troposférico está vinculada a enfermedades respiratorias y cardiovasculares las cuales tienen una incidencia alta en la población ecuatoriana. Belis et al. (2013), en una revisión sobre el origen del material particulado en Europa, subrayan que una porción considerable proviene del transporte terrestre, destacando la necesidad de identificar las fuentes específicas para una mejor gestión ambiental que ofrezca una mejor calidad fundamentalmente del aire Barba y Valdiviez (2024).

### **Movilidad sustentable y transición energética**

Desde una perspectiva de política pública, la CAF (Alves & Odriozola, 2024) propone una hoja de ruta para la necesaria transición energética en el transporte en América Latina. Entre sus recomendaciones se encuentra el fomento del uso de biocombustibles, mejoras tecnológicas en el parque automotor y el fortalecimiento de los sistemas de monitoreo de emisiones enfocándose en los periodos en los que se realizan sean más frecuentes Balderrama & Espinal (2025). Estas propuestas se alinean con la necesidad de estudios empíricos, como el presente, que analicen el comportamiento real de las emisiones contaminantes generadas por combustibles alternativos como Ecopaís frente a opciones tradicionales como la gasolina Súper las cuales son las de mayor comercialización en Ecuador Perez (2018)

Igualmente, investigaciones recientes sobre la utilización de biodiésel a partir de aceites reciclados han demostrado una reducción importante de contaminantes como el CO y las partículas (Ingenius, 2022), lo cual refuerza la tendencia hacia combustibles más limpios, aunque todavía se requiere mayor inversión en pruebas comparativas con combustibles como Ecopaís en vehículos de uso común y esto debe ser continuado puesto que el reemplazo del parque automotor aun es difícil de ser llevado a cabo por ende se debe ser más eficiente en el consumo de combustibles menos contaminantes IEA. (2017).

## METODOLOGÍA

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 (CO<sub>2</sub>), los hidrocarburos (HC), la concentración de oxígeno (O<sub>2</sub>) y la relación aire-combustible (valor  $\lambda$ ). 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.

## **RESULTADOS**

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 CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> 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*

<b>Combustible</b>	<b>CO2 (g/km)</b>	<b>NOx (g/km)</b>	<b>Partículas (g/km)</b>	<b>Reducción CO2 (%)</b>	<b>Reducción NOx (%)</b>	<b>Reducción Partículas (%)</b>
<b>Gasolina Súper</b>	180	0.5	0.020	-	-	-
<b>Gasolina Ecopaís</b>	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 CO<sub>2</sub> en comparación con la gasolina Súper, de manera similar, las emisiones de NO<sub>x</sub> 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:  $\rho = \frac{P}{RT}$  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/m<sup>3</sup>.
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 m<sup>3</sup>/s.
3. Flujo Volumétrico Teórico:  $Q_{v,teor} = \frac{C \times RPM}{120}$  Para una cilindrada de 0.002 m<sup>3</sup> y un régimen de 4000 RPM, el flujo teórico del aire resultó ser 0.06667 m<sup>3</sup>/s.
4. Eficiencia Volumétrica:  $Q_{v,teor} = \frac{120 Q_m RT}{C P RPM}$  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 ( $\approx$  9.6 HP).

Potencia con gasolina ecopaís

1. Densidad del aire: Se mantiene igual con 1.057 kg/m<sup>3</sup>.
2. Flujo Volumétrico del Aire: Se redujo debido a la menor densidad energética de la Ecopaís, obteniendo 0.01785 m<sup>3</sup>/s.
3. Flujo Volumétrico Teórico: Se mantiene en 0.06667 m<sup>3</sup>/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 ( $\approx$  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*

	Media	Media	Desviación	Desviación		
Contaminante	Gasolina	Gasolina	Estándar	Estándar	t-valor	p-valor
	Súper	Ecopaís	Súper	Ecopaís		

<b>CO<sub>2</sub></b>	180.60	159.90	1.506	1.449	41.77	1.287e-11
<b>NOx</b>	0.50	0.40	0.013	0.009	24.83	1.337e-09
<b>Partículas</b>	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 CO<sub>2</sub>, 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 (CO<sub>2</sub>) 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.

## 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 (CO<sub>2</sub>) 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.

## **Declaración de conflicto de interés**

Declaro no tener ningún conflicto de interés relacionado con esta investigación.

## Declaración de contribución a la autoría

Jhon Paul Bacusoy Robles: Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal y Adquisición de financiamiento.

Joshue Emanuel Bailon Pin: Investigación, Metodología, Administración del proyecto y Recursos.

Manuel Vicente Reyes: Software, Supervisión y Validación.

Eudaldo Renan Saltos Loor: Visualización, Redacción y Redacción.

## Declaración de uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que utilizaron la Inteligencia Artificial como apoyo para este artículo, y que esta herramienta no sustituyó de ninguna manera la tarea o proceso intelectual, manifiestan y reconocen que este trabajo fue producto de un trabajo intelectual propio, que no ha sido publicado en ninguna plataforma electrónica de inteligencia artificial.

## REFERENCIAS

Alves, G., & Odriozola, J. (2024). RED 2024-Capítulo 8: Transporte y transición energética: hacia una movilidad sustentable. 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. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num1\\_art:561](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:561)

Balderrama, & Espinal. (2025). Análisis comparativo entre gasolinas súper y Ecopaís con aditivos r1. *Polo del Conocimiento*.  
<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/9700/html>

- Barba, & Valdiviez. (2024). Analysis of driving style and its influence on fuel consumption for the city of Quito, Ecuador: A data-driven study. En M. Botto-Tobar & M. Zambrano Vizuite (Eds.), 5th International Conference on Applied Technologies (ICAT 2023), Communications in Computer and Information Science (Vol. 2049, pp. 247–261). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-58956-0\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-58956-0_17)
- 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.
- Chandi, Muñoz, Freire, & Rosero. (2025). Estudio de la variación del grado de octanaje mediante mezclas de gasolina extra, Ecopaís y súper. EPSIR. <https://epsir.net/index.php/epsir/article/view/1388>
- Emberger, G. (2017). Low carbon transport strategy in Europe: A critical review. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(1), 31–35. <https://doi.org/10.1080/15568318.2015.1106246>
- Encalada, C., Villacís, M., & Galárraga, E. (2022). Fuel characteristics, vehicle emissions and air quality in Ecuador: A review. *Environmental Pollution*, 292, 118264. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118264>
- 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. <https://doi.org/10.1002/bbb.1559>
- González, L., & Pérez, C. (2022). Evaluación comparativa del impacto ambiental de combustibles fósiles y biocombustibles en motores de encendido por chispa. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, 26(3), 112–125. <https://doi.org/10.22201/riim.2022.2633>

International Energy Agency (IEA). (2017). International energy outlook. EIA.

<https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>

International Energy Agency (IEA). (2021). CO2 emissions from fuel combustion highlights.

Agencia Internacional de Energía. <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-from-fuel-combustion-highlights-2021>

International Energy Agency (IEA). (2023). Global energy & CO2 status report.

<https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2023>

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2020). Informe sobre la distribución y uso de biocombustibles en Ecuador. INEC.

Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INEEER). (2020). Informe de resultados del uso de biocombustibles en el sector transporte del Ecuador.

<https://www.energia.gob.ec/>

InGenius. (2022). Evaluation of pollutant emissions from diesel vehicles fueled with biodiesel from waste frying oil. *Ingenius*, 26, 52–58.

<https://ingenius.ups.edu.ec/index.php/ingenius/article/view/10266>

Llanes, E., Rocha, J., Peralta, D., & Leguísamo, J. (2018a). 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.

[https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/public/journals/1/html\\_v9n2/art014.html](https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/public/journals/1/html_v9n2/art014.html)

Llanes, E., Rocha, J., Peralta, D., & Leguísamo, J. (2018b). Evaluation of gas emissions in light gasoline vehicles in height conditions. *Enfoque UTE*, 9(2), 149–158.

[https://www.scipedia.com/public/Llanes\\_et\\_al\\_2018a](https://www.scipedia.com/public/Llanes_et_al_2018a)

Martínez, D., & Cedeño, P. (2023). Efecto del uso de gasolina Ecopaís en vehículos de servicio urbano sobre los niveles de monóxido de carbono en Guayaquil. *Revista Técnica*

- Energía y Transporte, 15(2), 45–53.  
<https://revistatecnicaet.com.ec/index.php/revista/article/view/207>
- Morquecho. (2018). Análisis de rendimiento y costo de los combustibles Ecopaís y Súper. INNOVA Research Journal.  
<https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/899/1207>
- Patiño-Aroca, M., Parra, A., & Borge, R. (2022). On-road vehicle emission inventory and its spatial and temporal distribution in the city of Guayaquil, Ecuador. *Science of The Total Environment*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722047623>
- Pérez. (2018). Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales. INNOVA Research Journal.  
<https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/download/635/597/1789>
- Reyes, A., & Espinosa, J. (2021). Comparative analysis of emissions in internal combustion engines using bioethanol-blended fuels in urban transport. *Renewable Energy*, 178, 1229–1238. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.06.038>
- Sáenz, G. (2014). El Programa Ecopaís: Una apuesta por un biocombustible sustentable. Universidad de Guayaquil.
- Taipe, Llanes, & Morales, Checa. (2020). Evaluation of an experimental induced ignition engine under the individual use of three types of gasoline sold in Ecuador. *InGenius*, 18, 16–25.  
[https://retos.ups.edu.ec/pdf/ingenius/articulo2\\_ing.pdf](https://retos.ups.edu.ec/pdf/ingenius/articulo2_ing.pdf)
- Urgilés Sánchez, L. E., & Erreyes, J. L. (2018). Análisis de la influencia del combustible Ecopaís en emisiones contaminantes y prestaciones de un vehículo Chevrolet Grand Vitara como prototipo en la ciudad de Cuenca [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15324>
- Velasco, J., & Muñoz, P. (2022). Evaluación del impacto ambiental de la gasolina Ecopaís en vehículos de transporte público en Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales*.

Viteri, R., Borge, R., Paredes, M., & Pérez, M. A. (2023). A high resolution vehicular emissions inventory for Ecuador using the IVE modelling system. *Chemosphere*.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137462>

World Health Organization (WHO). (2016). Ambient air pollution.

[http://www.who.int/gho/publications/world\\_health\\_statistics/2016/whs2016\\_AnnexA\\_AmbientAirPollution.pdf](http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/2016/whs2016_AnnexA_AmbientAirPollution.pdf)

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. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.040>