**Impacto de la electrificación del transporte en las emisiones de GEI en Europa**

**Resumen:**

El presente estudio analiza la evolución del parque motor en Europa y su relación con las emisiones de gases de efecto invernadero, con el objetivo de evaluar el impacto de la electrificación del transporte en la reducción de emisiones. Para ello, se utilizaron datos de Eurostat1 2 3, aplicando técnicas de análisis y visualización de datos en Python para identificar tendencias clave en las emisiones del sector transporte y la adopción de vehículos eléctricos.

Los resultados muestran que, aunque la cuota de mercado de los vehículos eléctricos ha crecido significativamente en la última década, representando el 5,6% del parque motor en 2022, las emisiones del sector transporte no han disminuido en la misma proporción. De hecho, entre 2013 y 2022, las emisiones del transporte aumentaron un 0,99%, lo que sugiere que la electrificación, por sí sola, no ha sido suficiente para reducir el impacto ambiental del sector.

Ante este panorama, se deberían considerar soluciones complementarias que reduzcan las emisiones en los vehículos de combustión interna sin requerir una renovación total del parque vehicular, avanzando así hacia una movilidad sostenible.

**Introducción:**

La transición hacia una movilidad sostenible se ha convertido en una de las principales prioridades de las políticas ambientales en la Unión Europea. Con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el cambio climático, la Comisión Europea ha impulsado diversas medidas para fomentar la electrificación del transporte automotriz. En este contexto, la creación del **Fondo de Recuperación Next Generation EU** en 2020 marcó un punto de inflexión, estableciendo incentivos económicos y normativas dirigidas a acelerar la adopción de vehículos eléctricos. Posteriormente, en 2023, la agenda europea reafirmó su compromiso con la **prohibición de la venta de vehículos con motores de combustión interna a partir de 20354**, consolidando la electrificación del transporte como un pilar clave dentro del Green Deal.

Sin embargo, a pesar de estas iniciativas, surge la pregunta fundamental sobre **el impacto real que está teniendo la transición hacia el coche eléctrico en la reducción de emisiones**. Dado que las ventas de vehículos eléctricos han crecido de manera exponencial en los últimos años, habrá que valorar **la efectividad de las medidas implementadas y los desafíos que aún deben superarse para lograr una movilidad verdaderamente sostenible**.

En este contexto, el presente estudio tiene como propósito **analizar la evolución del parque motor en Europa y evaluar su relación con las emisiones de gases de efecto invernadero**, con el fin de determinar si la electrificación del transporte está cumpliendo con las expectativas en términos de reducción de emisiones. Para ello, se trabajó con datos de **Eurostat**, aplicando técnicas de análisis de datos y visualización para extraer tendencias y patrones clave.

Los objetivos específicos del estudio son los siguientes:

1. **Examinar la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en Europa** desde 1990 hasta la actualidad, con un enfoque en el sector transporte.
2. **Analizar los cambios en la composición del parque motor europeo**, evaluando el crecimiento de los vehículos eléctricos frente a los de combustión interna.
3. **Determinar la relación entre la electrificación del transporte y la reducción de emisiones**, identificando posibles limitaciones y desafíos pendientes.

**Metodología:**

Para realizar el proyecto, busqué fuentes europeas que proporcionaran datos tanto sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (**Eurostat)**. La interfaz de **Eurostat** permite personalizar la estructura del conjuntos de datos, por lo que seleccioné aquellos que consideré necesarios sobre contaminación y parque motor, y los descargué. Posteriormente, cargué los datos en **Python** para realizar las transformaciones necesarias utilizando **Pandas**.

Las transformaciones que realicé en el dataframe sobre las emisiones de gases de efecto invernadero fueron:

* Crear nuevas columnas (**Ítems informativos (Memo ítems),** **Energía,** **Total y Combustión por sector)**, dado que los valores estaban desglosados por separado.
* Finalmente, renombré las columnas para mejorar la legibilidad e interpretación.

Las transformaciones realizadas en los dataframes del parque motor fueron:

* Rellenar los valores faltantes en múltiples columnas correspondientes a los totales.
* Agrupar múltiples columnas en categorías más reducidas, con el fin de mejorar la interpretabilidad al representar los gráficos.
* Renombrar las columnas para mantener mayor consistencia en los nombres y el idioma.

Para obtener insights sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, realicé un **análisis exploratorio** de las distintas columnas mediante visualizaciones con **Seaborn** y **Matplotlib**. Esto me permitió, por ejemplo, identificar qué sector es el que más gases emite y cómo se distribuyen las emisiones dentro del transporte terrestre.

En cuanto al dataset del parque motor en Europa, utilicé gráficos de líneas para analizar su evolución a lo largo del tiempo, así como gráficos de donas para visualizar la distribución del parque y los porcentajes de cada tipo de motorización.

**Resultados:**

A medida que realizaba las transformaciones de datos, generé gráficos exploratorios para comprender mejor los patrones y tendencias presentes en la información.

Los principales hallazgos obtenidos fueron los siguientes:

1. **Reducción general de emisiones**: Las emisiones de gases de efecto invernadero se redujeron en un **20,96%** hasta 2022 con respecto a los niveles de 1990. La mayor parte de estas emisiones proviene del sector energético (**CRF 1**), que en 2022 representó el **86,55%** del total. Dentro de este sector, las emisiones disminuyeron en un **16,49%** respecto a 1990.
2. **Transformaciones en el sector energético**:
   * La **quema de combustibles por sector** experimentó una reducción del **28,77%**.
   * En contraste, los **Ítems informativos** (aviación y navegación internacional, operaciones militares y combustión de biomasa) **aumentaron en un 125,24%**.
3. **Emisiones dentro del sector transporte**:
   * La mayor parte de las emisiones provienen del **transporte terrestre**.
   * Dentro de este, los **automóviles** generan el **59,1%** de las emisiones del transporte, lo que equivale al **13,16%** de las emisiones del sector energético y al **11,38%** de las emisiones totales.
   * Le siguen los **camiones pesados y autobuses** con un **27,6%**, los **camiones ligeros** con un **12,1%**, y finalmente, las **motocicletas** con un **1,2%**.
4. **Tendencias en la matriculación de vehículos**:
   * En 2022, la matriculación de **coches eléctricos e híbridos** (enchufables y no enchufables) representó el **44,7%** del total, con **4,2 millones de unidades** registradas.
   * Los coches de **combustión interna (gasolina y diésel)** representaron el **52,4%**.
   * A pesar del crecimiento en la adopción de tecnologías más limpias, el **91,6%** del parque motor en la Unión Europea sigue compuesto por vehículos de combustión interna, mientras que solo el **5,6%** corresponde a coches eléctricos.

**Discusión:**

El análisis de los datos muestra que la adopción de vehículos eléctricos ha experimentado un crecimiento exponencial en Europa. En 2013, había en circulación 281 mil unidades, mientras que en 2022 se alcanzaron los 12,4 millones de unidades, lo que equivale a un crecimiento del 4.315,89% en menos de una década. Sin embargo, a pesar de este incremento, el **91,6% del parque vehicular sigue estando compuesto por coches de combustión interna**, lo que sugiere que la transición hacia una movilidad sostenible aún enfrenta importantes desafíos.

Uno de los hallazgos más relevantes del estudio es que, aunque la presencia de coches eléctricos ha aumentado de manera significativa, **las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del uso de automóviles han crecido un 0,99% entre 2013 y 2022**. Además, en 2019, cuando la cuota de mercado de los coches eléctricos había aumentado y contaba con 3,4 millones de unidades matriculadas, **las emisiones del sector transporte aumentaron en un 7,69% con respecto a 2013**. Estos datos sugieren que la electrificación del transporte, por sí sola, **no ha tenido un impacto significativo en la reducción de las emisiones**.

Estos resultados coinciden con estudios previos que señalan que la transición hacia vehículos eléctricos no siempre conlleva una disminución inmediata de las emisiones de CO₂. Factores como la **matriz energética utilizada para generar electricidad, la producción de baterías y la infraestructura de carga** pueden influir en los beneficios ambientales del coche eléctrico (Azmi, M. & Tokai, A. 2016)5. En países donde la generación de electricidad sigue dependiendo en gran medida de combustibles fósiles, el impacto positivo de los vehículos eléctricos sobre las emisiones puede ser **menor de lo esperado** (Soria Alcaide, R. 2023)6.

Dado que más del 90% del parque automotor sigue estando compuesto por vehículos de combustión interna, **una posible solución que acelere la reducción de emisiones es el desarrollo e implementación de combustibles sintéticos (e-fuels)**. Estos combustibles se producen a partir de energía renovable y captura de carbono, y tienen el potencial de **reducir significativamente las emisiones netas de CO₂ sin necesidad de reemplazar completamente la infraestructura existente** (Porsche Newsroom, 2023)7. El uso de **e-fuels podría representar una oportunidad en la transición hacia una movilidad sostenible**, **especialmente en sectores donde la electrificación enfrenta limitaciones,** como el transporte pesado. Sin embargo, su viabilidad dependerá de factores como el **costo de producción, la eficiencia energética y la disponibilidad de fuentes renovables para su fabricación**.

**Conclusión:**

El presente estudio ha permitido analizar la evolución del parque motor en Europa y su relación con las emisiones de gases de efecto invernadero. Los hallazgos revelan que, a pesar del crecimiento exponencial de los vehículos eléctricos en la última década, **su impacto en la reducción de emisiones ha sido limitado**. Mientras que la cuota de mercado de estos vehículos aumentó significativamente, las emisiones del sector transporte no solo no disminuyeron, sino que en algunos períodos mostraron un incremento.

Estos resultados sugieren que la electrificación del transporte, por sí sola, no es suficiente para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones. Factores como la **matriz energética utilizada para generar electricidad, la fabricación de baterías y la infraestructura de carga** juegan un papel crucial en la efectividad ambiental del coche eléctrico. Además, el predominio de los vehículos de combustión interna en el parque motor europeo sigue representando un obstáculo significativo en la transición hacia una movilidad sostenible.

En este sentido, el estudio aporta **evidencia relevante para el debate sobre la efectividad de las políticas de electrificación del transporte**, destacando la necesidad de enfoques complementarios. Algunas recomendaciones prácticas incluyen:

1. **Acelerar la descarbonización del sistema eléctrico**, garantizando que la energía utilizada para cargar los vehículos eléctricos provenga de fuentes renovables.
2. **Fomentar el desarrollo de tecnologías de baterías más sostenibles**, reduciendo su impacto ambiental y mejorando su eficiencia.
3. **Ampliar y mejorar las infraestructuras de transporte público y movilidad compartida**, disminuyendo la dependencia del automóvil privado.
4. **Impulsar políticas de renovación del parque automotor**, incentivando el retiro progresivo de vehículos altamente contaminantes.
5. **Promover el desarrollo, implementación y uso de combustibles sintéticos (e-fuels)**, como una alternativa viable para reducir las emisiones en vehículos de combustión interna.

Para futuras investigaciones, sería relevante **evaluar el impacto de la electrificación del transporte a largo plazo**, considerando la evolución de la matriz energética y el desarrollo tecnológico en la industria automotriz. Asimismo, un análisis más detallado sobre el **ciclo de vida completo de los vehículos eléctricos** permitiría comprender mejor su verdadero impacto ambiental. Además, **el papel de los e-fuels y su viabilidad económica y ecológica** debería ser objeto de estudio para determinar su efectividad como alternativa complementaria a la electrificación.

**Referencias bibliográficas:**

<https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_air_gge/default/table?lang=en>

<https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/road_eqs_carpda/default/table?lang=en>

<https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/road_eqr_carpda/default/table?lang=en>

<https://mobilityportal.lat/agenda-2023-los-temas-en-electromovilidad-a-tratar-por-la-union-europea/>

<https://www.ccsenet.org/journal/index.php/jsd/article/view/64183>

<https://riunet.upv.es/entities/publication/c60d66f2-6bc3-4b50-9f47-6b17eb6b60f7>

<https://newsroom.porsche.com/es/2023/tecnologia/PLA-porsche-electromovilidad-combustible-sintetico-efuel-30786.html>