



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,
Volumen 8, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6

HUELLA DE CARBONO DEL SERVICIO DE TRANSPORTE URBANO PÚBLICO EN LA CIUDAD DE JIPIJAPA

**CARBON FOOTPRINT OF THE PUBLIC URBAN
TRANSPORTATION SERVICE IN THE CITY OF JIPIJAPA**

Cedeño Toala Alan Jair

Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador

Bryan Cruz Macías

Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15176

Huella de Carbono del Servicio de Transporte Urbano Público en la Ciudad de Jipijapa

Alan Jair Cedeño Toala¹

cedeno-alan7632@unesum.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-5554-9627>

Universidad Estatal del Sur de Manabí
Ecuador

Bryan Cruz Macías

bryan.cruz@unesum.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-3462-6928>

Universidad Estatal del Sur de Manabí
Ecuador

RESUMEN

El trabajo presenta la estimación de la huella de carbono por parte del sector de transporte urbano público en la ciudad de Jipijapa, es un estudio comparativo con un enfoque mixto, basado en un diagnóstico del número de vehículos de transporte público urbano, en donde se obtienen los datos del consumo de combustible y el kilometraje promedio junto con los factores de emisión, por medio de estos se efectúa la estimación de la huella de carbono mediante las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la estimación se desarrolla por medio del consumo de combustibles y el kilometraje. Los resultados indican que la huella de carbono del transporte urbano público es de 5569,17 TonCO₂eq anuales, dicho valor corresponde 0,0003 de significancia a nivel del Ecuador, en relación con la generación per cápita nacional (2,0).

Palabras claves: cambio climático, combustibles fósiles, gases de efecto invernadero, parque automotor

¹ Autor principal

Correspondencia: cedeno-alan7632@unesum.edu.ec

Carbon Footprint of the Public Urban Transportation Service in the City of Jipijapa

ABSTRACT

The work presents the estimation of the carbon footprint of the urban public transport sector in the city of Jipijapa, it is a comparative study with a mixed approach, based on a diagnosis of the number of urban public transport vehicles, where data on fuel consumption and average mileage are obtained along with emission factors, by means of which the estimation of the carbon footprint is made using the guidelines of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), the estimate is developed through fuel consumption and mileage. The results indicate that the carbon footprint of urban public transportation is 5569.17 TonCO₂eq per year. This value corresponds to 0.0003 of significance at the Ecuadorian level, in relation to the national per capita generation (2.0).

Keywords: greenhouse gases, climate change, vehicle fleet, fossil fuels

Artículo recibido 18 noviembre 2024

Aceptado para publicación: 15 diciembre 2024



INTRODUCCION

El cambio climático se ha convertido en una de las áreas de trabajo prioritarias para los gobiernos de todos los países y numerosas organizaciones de la sociedad. Esto se debe a que el fenómeno trasciende las fronteras, para convertirse en un gran reto que la humanidad debe afrontar.

Este cambio del sistema atmosférico es generado por el aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) producido por la intervención del ser humano, por medio de actividades antropogénicas, que genera un incremento en las concentraciones de dichos gases, causando un aumento en la temperatura global debido a la retención de una fracción de los rayos de onda larga emitidos por la superficie terrestre. A nivel mundial, investigadores como Patiño-Sánchez, A. C. y Patiño-Silva, O. F. (2021) mencionan que el tráfico vehicular es el responsable de una cuarta parte de los niveles de contaminación en el aire urbano en general, no obstante, en el sur y sudeste de Asia, América del Sur y Suroeste de Europa, la proporción de la concentración de contaminantes atribuida al tráfico vehicular, es del 30% al 37%. Con el fin de identificar el impacto de la combustión del transporte terrestre en la calidad del aire y la medición de su huella de carbono, se realiza una búsqueda sistemática de información.

El funcionamiento del transporte público urbano se caracteriza por el uso de combustibles fósiles, específicamente derivados del petróleo, a partir de los cuales se generan emisiones de Monóxido de carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂), Óxidos de nitrógeno (NO_x), Óxidos de azufre (SO_x) y Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC's) que, al entrar en contacto con el ser humano, son consideradas las principales causas de enfermedades respiratorias, cancerígenas y sanguíneas.

Desde el punto de vista de Hernández-Ambato et al., (2022) las emisiones de CO₂ son una de las principales causas del aumento de los GEI, calentamiento global y baja calidad de aire. Este problema se agrava debido al elevado número de vehículos que funcionan a base de combustibles fósiles emitiendo GEI. Debido a esto, es necesario la introducción de nuevas medidas, tecnologías emergentes y sostenibles, para minimizar el impacto de la transportación humana en el medio ambiente.

En relación con esta posición surge la interrogante; ¿Cuál es la posición de Ecuador en este contexto? Ecuador se encuentra ciertamente en un momento decisivo. Si bien no es el país que más emisiones produce. Determinar cuáles son sus principales problemáticas, así como cuáles son sus principales ventajas para enfrentar este nuevo desafío, es una ardua tarea, pero no imposible.

La problemática ambiental que aqueja en la actualidad a las ciudades, son ocasionadas por las emisiones que genera el parque automotor, las cuales quedan retenidas en la atmósfera causando una serie de problemas ambientales tales como la contaminación y el cambio climático, dificultando el desarrollo sostenible, plantean la necesidad de cuantificar el impacto de los GEI, y buscar formas para corregir sus efectos nocivos hacia ambiente.

Jipijapa no escapa de esta realidad al estar ubicada en la zona sur de Manabí, es un corredor de tráfico entre las provincias del Guayas y Manabí, esta cualidad permite que exista un flujo constante de vehículos y personas desplazándose por toda la ciudad.

Actualmente Jipijapa cuenta con; una cooperativa de buses urbanos “Villa de Oro”, con tres cooperativas de taxis (Sultana del café, 8 de enero y Stereo Guía) y dos compañías ejecutivas de taxis (Vencedores y Cotestrinj). Entre estas compañías y cooperativas existen 407 unidades de transporte público que laboran en el área urbana de Jipijapa. De aquí surge la necesidad de la investigación por el incremento del parque automotor en los últimos 10 años y las emisiones que estos generan. A partir de lo ya antes mencionado se plantea como objetivo de la investigación; estimar la huella de carbono generada por el servicio de transporte público urbano de la ciudad de Jipijapa.

METODOLOGIA

El trabajo investigativo se desarrolló en la ciudad de Jipijapa, ubicada al sur de Manabí en la Latitud: 1°20'5''S, Longitud 80°34'43''O, la cual tiene un área de 398,44 Km². El tipo de la investigación es comparativa con una metodología que tiene un enfoque mixto, basado en un diagnóstico del número de vehículos de transporte público urbano en la ciudad de Jipijapa, con la finalidad de obtener la información del consumo de combustible y el kilometraje promedio junto con los factores de emisión, en relación a esto se efectuara la estimación de la huella de carbono mediante las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), según los emitido por el IPCC (2006) , las variables a tomar en cuenta son; el consumo de combustible (gal), kilómetros recorridos (Km) y ventas de combustible (gal/dólares).

Instrumentos de medición y técnicas procedimientos

La estimación de la huella de carbono se efectúa por medio de las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1. Emisión por consumo de combustible

$$Emision = \sum (Combustible_a * FE_a)$$

a

Fuente IPCC (2006)

Emisión= Emisión de CO₂ (Kg)

Combustible= Consumo de combustibles (gal)

FE_a=Factor de emisión (Kg/gal)

a= Tipo de combustible (Gasolina, Diésel)

Ecuación 2. Emisión por kilometraje recorrido por vehículo (KRV)

$$Emision = \sum (Rendimiento_a * KRV_a * FE_a)$$

a

Fuente IPCC (2006)

Emisión= Emisión de CO₂ (Kg)

Combustible= Consumo de combustibles (gal)

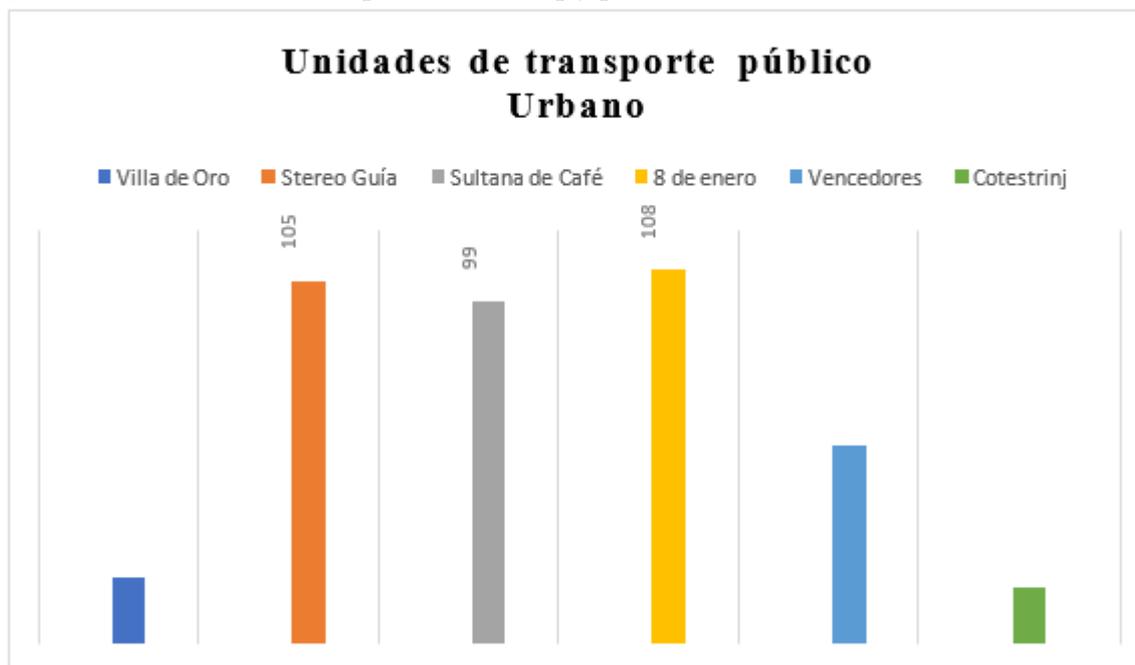
KRV= Kilómetro recorrido por vehículo (Km)

FE_a=Factor de emisión (Kg/gal)

a= Tipo de combustible (Gasolina, Diésel)

Para estimar la huella de carbono del transporte público urbano, previamente se optó por encuestar a las cooperativas y compañías sobre las unidades activas que circulan en la ciudad Jipijapa, por lo que son de interés para la investigación, dichos datos recolectados se presentan en la Figura 1, el resultado de esta encuesta da un valor de 404 unidades activas hasta el 2024, que laboran dentro de la zona urbana de Jipijapa

Figura 1: Número de unidades que laboran en Jipijapa



Una vez consolidada la información del sector de transporte público urbano En relación con las ecuaciones para estimar la huella de carbono, se utilizó como referencia el número de vehículos, tipo de combustible (eco país, diésel), rendimiento de combustible por recorrido (gal/km) y el factor de emisión (KgCO₂/gal), con la finalidad de obtener las estimaciones por medio del consumo de combustibles y el kilometraje promedio para todas las unidades de las diferentes cooperativas y compañías de transporte público urbano con la finalidad de obtener datos precisos, estos datos pueden ser observados en las tablas 1 y 2.

Tabla 1 Cálculo de huella de carbono por consumo de combustible

Cooperativa	Número de vehículos	Tipo de combustible	Consumo (gal)	Factor de emisión (KgCO ₂ /gal)	Huella de Carbono (TonCO ₂ eq)
Villa de Oro	19	Diésel	75244,75	10,15	763,73
Stereo Guía	105	Eco país	164688	7,57	1246,69
Sultana de Café	99	Eco país	167316	7,57	1266,58
8 de Enero	108	Eco país	173448	7,57	1313
Vencedores	57	Eco país	103806	7,57	785,81
Cotestrinj	16	Eco país	27594	7,57	208,89

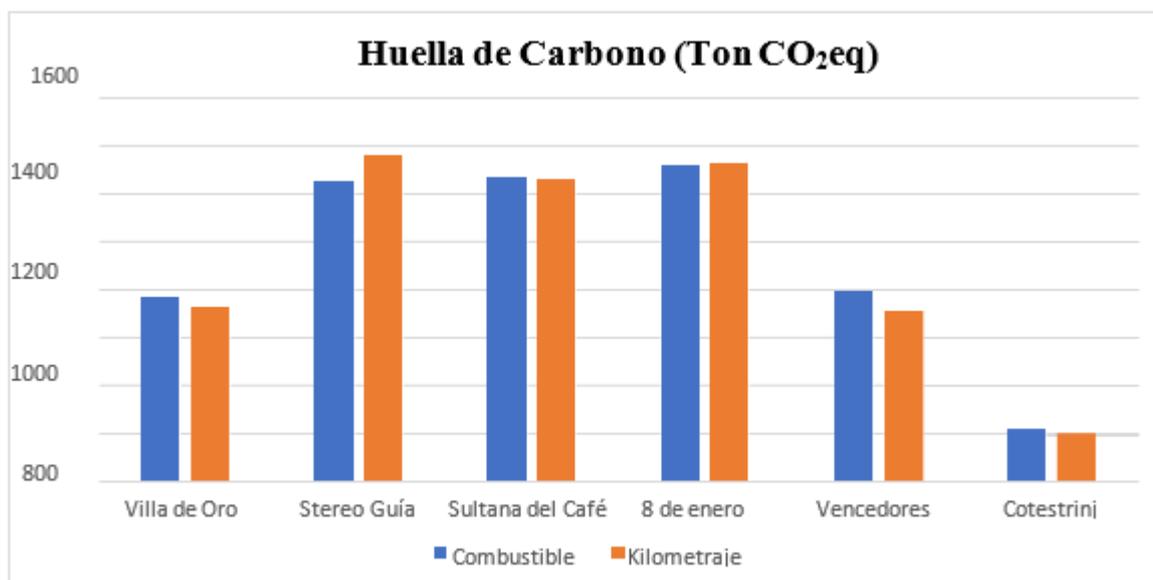
Tabla 2 Cálculo de huella de carbono por consumo de kilómetros recorridos

Cooperativa	Número de vehículos	Tipo de combustible	Rendimiento (gal/km)	Kilómetros recorridos (Km)	Factor de emisión (KgCO ₂ /gal)	Huella de Carbono (Ton CO ₂ eq)
Villa de Oro	19	Diésel	0,08	884212,5	10,15	717,98
Stereo mGuía	105	Eco país	0,03	5971400	7,57	1356,10
Sultana del Café	99	Eco país	0,03	5528655	7,57	1255,56
8 de Enero	108	Eco país	0,03	5825400	7,57	1323
Vencedores	57	Eco país	0,03	3102500	7,57	704,58
Cotestrinj	16	Eco país	0,03	865050	7,57	196,45

Los resultados son presentados por figuras y se comparan con los límites permisibles basado en las directrices del IPCC (2006), tomando en cuenta la unidad de medida en Toneladas de Dióxido de Carbono emitidos (Ton CO₂e). Es importante mencionar que, el presente estudio se efectúa por las emisiones de CO₂ de las cooperativas y compañías de transporte público urbano, debido a la metodología que se utilizó para la investigación.

RESULTADOS

A partir de la aplicación de los datos expuestos en la tabla 1 y 2, son el resultado de las ecuaciones establecidas anteriormente, mediante esto se procedió a estimar la huella de carbono por medio del consumo de combustible y el kilometraje recorrido por año.

Figura 2 Ton CO₂eq del servicio de transporte público urbano de Jipijapa

En la ciudad de Jipijapa operan 6 líneas de transporte público, con un total de 19 busesurbanos activos, perteneciente a la cooperativa de buses urbanos Villa de Oro, estas unidades transporta diariamente un promedio de 6000 usuarios diariamente, mientras que las cooperativas y compañías de taxis con un total de 328 unidades, transportan unaproximado de 10000 usuarios dentro de la zona urbana de Jipijapa con paradas estratégicas; terminal terrestre de Jipijapa, Hospital General Básico de Jipijapa, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Hospital del IESS, entre otros.

De todo el parque automotor de transporte urbano público se evidencia en la figura 2, que la cooperativa 8 de enero, tiene un mayor aporte en la huella de carbono con un aproximado de 1318 Ton CO₂eq, debido a que esta cuenta con 108 unidades de taxis operando desde el horario de 05:00 am a 20:00 pm, por lo que su consumo de combustible y recorrido es más alto en relación con las demás cooperativas y compañías

Además, se puede percibir que los niveles de emisiones de la cooperativa de buses Villa de Oro por año fue de 763,73 Ton CO₂eq mediante el consumo de combustible y 717,98 Ton CO₂eq por el kilometraje recorrido en un año, al tener dos métodos de estimación se procedió a efectuar el promedio de los dos resultados, llegando a la conclusión de que la huella de carbono es de 740,85 Ton CO₂eq, correspondiente a los 19 buses que laboran en la cooperativa efectuando la diferentes rutas que se presentan en la figura 3.

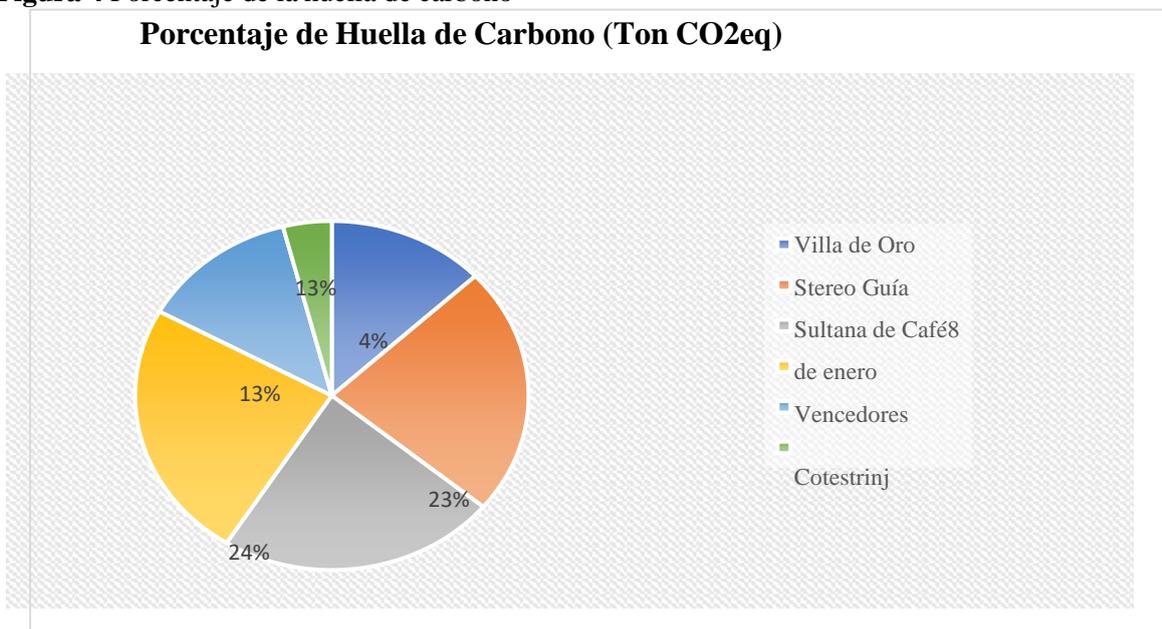
Figura 3 Mapa de recorridos de los autobuses



Con base en el análisis de la información recolectada de las seis variables de estudio seleccionadas de la ciudad, se determinó que los vehículos de las tres cooperativas detaxis que circulan diariamente representan el 70% de la huella de carbono en el transporte urbano público, no obstante la compañía de taxis Vencedores junto a la Cooperativa de buses urbanos Villa de Oro representan el 26% de huella de carbono, estos también representan una participación importante en la generación de las TonCO₂eq, el sector que tiene un impacto minino es la compañía de taxis Cotestrinj contan solo un 4% de aporte en la huella, esto se debe al número de unidades y al ser unacompañía nueva en la ciudad.

Cumpliendo con el objetivo de investigación la estimación de la huella de carbono del transporte urbano público en la ciudad de Jipijapa es de 5569,17 TonCO₂eq, correspondiente a al consumo de combustible y el kilometraje recorrido por las 404 unidades de transporte cabe destacar que actualmente hay unidades de transporte nuevas en las diferentes cooperativas y compañías esto tienen un impacto positivo al ser de tecnología eco-amigable con el ambiente un ejemplo esto sería; los autobuses de la marca Volkswagen, el modelo Hybrid de la marca Kia y el modelo IONIQ híbrido de la marca Hyundai, estos modelos pueden reducir hasta una tonelada de CO₂ por vehículo al año. Finalmente, en congruencia con la figura 2 se efectuó análisis por el porcentaje de cada una de las cooperativas y compañías optando así el por obtener el valor per cápita del servicio de transporte urbano público de Jipijapa en relación con la generación a nivel del Ecuador en el 2023 que es del 2,0 Ton CO₂eq, dando como resultado 0,0003 de significancia a nivel del Ecuador

Figura 4 Porcentaje de la huella de carbono



DISCUSION

El método empleado para el cálculo de la huella de carbono para el servicio de transporte urbano público, se ve reflejado en distintas investigaciones, como el estudio en la Universidad San Francisco de Quito por Nachiph et al (2013) & Patiño-Sánchez, A. C. y Patiño-Silva, O. F. (2021), debido a sus tres tipos cálculos según el IPCC (2006).

La equivalencia de la huella de carbono se atribuye al consumo de combustibles y el kilometraje por año para el servicio de transporte urbano público en la ciudad de Jipijapa equivale al 0,0003 de la generación total del Ecuador según los datos propiciados por el Banco Mundial (2024), los resultados de la investigación permiten demostrar que a mayor número de vehículos mayor es la emisión de Ton CO₂eq.

Un estudio realizado por Navalpotro, Pérez, & Becerra (2011), dan a destacar el nivel de emisiones que tienen los buses en España con un total de 62663 de emisiones de CO₂, destacando el aumento progresivo de emisiones a medida que transcurre el tiempo, al realizar la comparación con los datos de la cooperativa de buses urbano Villa de Oro, vemos la significancia de este dato, por la razón de los vehículos de modelos antiguos y los actuales, mientras que Zubelzu-Mínguez, (2014), destaca que este aumento se refleja en las zonas de mayor concurrencia vehicular ya que esto genera un potenciador de emisiones y justifica dicho aumento.

Por esta razón en la investigación de Rojas Moncayo, M. V. et al., (2018), menciona que el parque automotor en la ciudad de Loja emite 208290 TonCO₂eq de promedio anual de este valor el 33% le corresponde al transporte público, esta depende de la operación vehicular ya que es factor importante a la hora de estimar la huella de carbono, al igual que las emisiones del cantón Ibarra, con un nivel de emisiones de 238172 TonCO₂eq al año.

Finalmente, en relación a las emisiones de CO₂, comparado con los datos del Ministerio del Ambiente (2014) con una ciudad cercana a Jipijapa se constata que, la ciudad de Manta emite un total de 11309 Ton CO₂eq que corresponde al tráfico vehicular anual, siendo este un valor muy alto en relación a los resultados obtenidos de nuestra investigación.

CONCLUSIONES

Los porcentajes de las seis variables estudiadas para la estimación de la huella de carbono tienen como resultado que a mayor unidades activas, existe mayor contaminación, tal y como lo observamos en la figura 2 y 4 con la cooperativa de taxis⁸ de Enero, al tener un mayor parque automotor tienen un mayor recorrido al igual que consumo de combustible por ende el resultado elevado a comparación con la compañía de taxis Cotestrinj que al tener menos unidades tienen una contaminación insignificante en relación a las otras variables.

El inventario de gases de efecto invernadero a nivel nacional, adaptándose a un nivel local para la investigación, por medio de esto se pudo realizar la estimación de la huella de carbono para el sector del transporte urbano en Jipijapa, obteniendo como resultado para el año 2024, 5569,17 TonCO₂eq, de emisiones. La estimación de la huella de carbono de carbono en Jipijapa con relación al sector de transporte urbano público se demostró por medio de porcentajes de generación de TonCO₂eq a nivel nacional corresponde al 0,0003% de significancia siendo este un valor bajo, pero no menos importante a la hora de considerarse como un valor de estudio para el cambio climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Hernández-Ambato, Jorge, Fernández, Ricardo, Mora, Alex, & Alvarado, José. (2022). Evaluación de la huella de carbono de vehículos con motor eléctrico y de combustión interna según la matriz energética de Ecuador: Caso de estudio KIA Soul vs KIA Soul EV. *Revista Digital Novasinergia*, 5(2), 58-75.
- Ministerio del Ambiente, (2014). Inventario preliminar de las emisiones de contaminantes del aire, de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro: Proyecto calidad del aire iii. Técnica reporte, Ministerio del Ambiente, Quito, Ecuador
- Patiño-Sánchez, A. C. y Patiño-Silva, O. F. (2021). Impacto de la combustión del transporte terrestre en la calidad del aire y la salud pública en áreas urbanas. Una revisión. *Revista Nodo*, 15(30), pp. 61-73.
- IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, obtenido de:

<http://www.ipccnggip.or.jp/public/2006gl/spanish>

- Córdova Suárez, M. A., Carrasco Ortiz, M. de los Ángeles, Padilla Valle, P. S., & Garcés Sánchez, S. E. (2018). Estudio de la Huella de Carbono en Unidades Desconcentradas de Terminales Terrestres. *Revista Politécnica*, 41(1), 39–44. Recuperado a partir de: https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/907
- Rojas Moncayo, M. V., Caraballo Núñez, M. A., Álvarez Hernández, O. H., & Vivanco Pinta, S. (2018). Emisión de dióxido de carbono de vehículos automotores en la ciudad de Loja, Ecuador. *CEDAMAZ*, 8(1), 23–29.
- Sotelo Naval potro, J. A., Sotelo Pérez, M., & Tollón Becerra, A. (2011). Las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte por carretera. *Investigaciones Geográficas (Esp)*, (54), 133-169.
- Zubelzu-Mínguez, S., López-Díaz, A. I., Gutiérrez-García, M. Á., & Blanco-Silva, F. (2014). Modelo de cálculo de las emisiones difusas de gases de efecto invernadero procedentes del transporte. Análisis según variables de diseño urbanístico. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (73), 200-213
- Naciph, N., Rivadeneira, L., & Cazorla, M. (2013). Cálculo de las emisiones de CO₂ de la Universidad San Francisco de Quito pertenecientes al rubro de transporte estudiantil del Segundo Semestre 2012-2013. *Avances* (5), 2-3
- Ministerio del Ambiente de Ecuador (2013), Factor de Emisión de CO₂ del sistema Nacional Interconectado de Ecuador. Recuperado de: www.ambiente.gob.ec
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2023). Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible (M. Muñoz, R. Morante, y S. García (eds.). 29-41
- Córdova, S, M., Carrasco, M., Padilla, P., Garcés-Sánchez, Estefanía. (2018). Estudio de la Huella de Carbono en Unidades Desconcentradas de Terminales Terrestres. *Revista Politécnica* (41), 4-5
- Núñez Monroy, J., & Núñez Palacios, R. (2012). Huella de Carbono: más allá de un instrumento de medición. Necesidad de conocer su impacto verdadero. *Revista Latina de Comunicación Social*
- WBCSD & WRI. (2001). Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute. 21-34



Castro, A. (2019). El cambio climático. Desafío de un pensar. 543-256

Zavala, V, R., Guanga, C, D., Verdezoto, M., & Carrasco, G, K. (2019). La huella de carbono del parque automotor en el 2019 de la Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador. Polo del Conocimiento (83), 257-273

ISO 14064-1:2018, Gases de efecto invernadero — Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero

