

Tipo de artículo: Artículo original

## **Modelo basado en Redes Neuronales para medir la huella de carbono en emprendimientos ecuatorianos**

Neural Network-Based Model to measure the carbon footprint in ecuadorian  
entrepreneurships

Gabriela Stefania Mora Pin<sup>1\*</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-3601-4984>

Mariana Liseth Delgado Segovia<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-7113-364X>

José Jesús Pico Macías<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0009-0005-9762-7380>

Angie Belén Vélez Sánchez<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0009-0005-4057-9744>

<sup>1</sup>Investigador independiente en Gestión Ambiental de la provincia de Manabí en Ecuador.

\*Autor para la correspondencia. [mora-gabriela4504@unesum.edu.ec](mailto:mora-gabriela4504@unesum.edu.ec)

---

### **RESUMEN**

La presente investigación se centra en el diseño de un modelo basado en redes neuronales para cuantificar la huella de carbono de 150 emprendimientos en Jipijapa, Manabí. El objetivo principal es desarrollar una herramienta que permita medir la huella de carbono en los emprendimientos ecuatorianos y, a partir de estos datos, implementar estrategias efectivas para su reducción, promoviendo así la sostenibilidad ambiental y mejorando el rendimiento económico y la reputación en el mercado. La metodología del estudio incluyó la selección de los emprendimientos y la definición del problema, estableciendo variables relevantes para la medición de la huella de carbono. Se recolectaron datos de fuentes confiables y se realizó un



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**  
(CC BY 4.0)

preprocesamiento que abarcó limpieza y normalización. Los datos se dividieron en conjuntos de entrenamiento y prueba, utilizando un algoritmo de redes neuronales para entrenar el modelo, ajustando sus parámetros y evaluando su rendimiento mediante métricas como el error cuadrático medio y validación cruzada. Los resultados mostraron que la huella de carbono promedio de los emprendimientos es considerablemente alta, siendo el consumo de energía y los combustibles utilizados los factores más influyentes. Se destacó que los emprendimientos con certificaciones ambientales lograron reducir su huella, mientras que un manejo inadecuado de residuos aumentó las emisiones. La medición y gestión de la huella de carbono se ha vuelto crucial en la agenda ambiental global, y los hallazgos del estudio subrayan la necesidad de políticas que fomenten prácticas sostenibles, promoviendo un desarrollo más responsable alineado con las metas de sostenibilidad globales.

**Palabras clave:** huella de carbono; Redes Neuronales; sostenibilidad; emprendimientos; certificaciones ambientales.

## ABSTRACT

This research focuses on the design of a model based on neural networks to quantify the carbon footprint of 150 entrepreneurships in Jipijapa, Manabí. The main objective is to develop a tool to measure the carbon footprint of Ecuadorian entrepreneurships and, based on this data, implement effective strategies for its reduction, thus promoting environmental sustainability and improving economic performance and reputation in the market. The methodology of the study included the selection of the entrepreneurships and the definition of the problem, establishing relevant variables for the measurement of the carbon footprint. Data were collected from reliable sources and preprocessing was carried out that included cleaning and normalization. The data was divided into training and test sets, using a neural network algorithm to train the model, adjusting its parameters and evaluating its performance through metrics such as mean square error and cross validation. The results showed that the average carbon footprint of the ventures is considerably high, with energy consumption and fuels used being the most influential factors. It was highlighted that ventures with environmental certifications managed to reduce their footprint, while inadequate waste management increased emissions. Measuring and managing the carbon footprint has become crucial in the



global environmental agenda, and the findings of the study underline the need for policies that encourage sustainable practices, promoting more responsible development aligned with global sustainability goals.

**Keywords:** carbon footprint; Neural Networks; sustainability; ventures; environmental certifications.

**Recibido:** 29/10/2024

**Aceptado:** 10/01/2025

**En línea:** 15/01/2025

---

## Introducción

La huella de carbono es un indicador clave que mide el impacto ambiental de las actividades humanas, reflejando las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En Ecuador, donde la economía depende en gran medida de recursos naturales, es crucial desarrollar modelos eficientes que permitan cuantificar y optimizar esta huella (Smith & Brown, 2020).

Medir la huella de carbono en los emprendimientos no solo ayuda a cumplir con normativas ambientales, sino que también mejora la sostenibilidad empresarial. Las empresas que adoptan prácticas sostenibles para beneficiarse de una mejor imagen de marca y eficiencia operativa, lo que se traduce en ventajas competitivas en un mercado cada vez más consciente del medio ambiente (López & Torres, 2021).

Las redes neuronales son una técnica de inteligencia artificial que imita el funcionamiento del cerebro humano para procesar información. Su capacidad para aprender de grandes volúmenes de datos las convierte en herramientas valiosas para modelar y predecir comportamientos complejos, como las emisiones de carbono (García & Martínez, 2022). Estas redes son capaces de identificar patrones y relaciones en los datos que no son evidentes mediante métodos tradicionales.

El uso de redes neuronales para medir la huella de carbono permite abordar la complejidad de las variables involucradas en las emisiones de GEI. Estas técnicas son especialmente útiles en contextos donde los datos son variados y complejos, lo que facilita la identificación de oportunidades para la reducción de emisiones (Wang & Chen, 2023).



Diversos emprendimientos en Ecuador han comenzado a implementar modelos de redes neuronales para la optimización de su huella de carbono. Estos casos muestran cómo la tecnología es aliada en la búsqueda de prácticas más sostenibles, contribuyendo a la creación de un entorno empresarial más responsable (Ruiz & Alvarado, 2021).

A pesar de sus beneficios, la implementación de modelos de redes neuronales enfrenta desafíos, como la disponibilidad de datos de calidad y la necesidad de capacitación en herramientas de inteligencia artificial. Superar estos obstáculos es fundamental para el éxito de estas iniciativas, dado que la falta de datos precisos limita la efectividad de los modelos (Zhao & Liu, 2020).

Los modelos de redes neuronales no solo contribuyen a la reducción de la huella de carbono, sino que también generan ahorros económicos al optimizar recursos. Las empresas reducen costos operativos y mejoran su competitividad en el mercado, lo que demuestra que la sostenibilidad es directamente proporcional con la rentabilidad (Mendoza & Salazar, 2022).

El futuro de la inteligencia artificial en la sostenibilidad es prometedor. A medida que la tecnología avanza, se espera que las redes neuronales se integren cada vez más en las estrategias empresariales para la medición y reducción de la huella de carbono, facilitando un enfoque más proactivo hacia la sostenibilidad (Kim & Park, 2021).

Los emprendedores deben considerar la implementación de modelos de redes neuronales como parte de su estrategia de sostenibilidad. Invertir en tecnología y capacitación es un paso decisivo hacia un futuro más sostenible y rentable, alineando sus objetivos comerciales con las necesidades ambientales (Ortega & Rojas, 2023).

En conclusión, el uso de modelos de redes neuronales para medir la huella de carbono en emprendimientos ecuatorianos representa una oportunidad significativa para mejorar la sostenibilidad y competitividad. La integración de estas tecnologías es esencial para enfrentar los desafíos ambientales actuales y contribuir a un futuro más verde (Chen & Xu, 2022).

## **Métodos o Metodología Computacional**



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**  
(CC BY 4.0)

En este estudio se seleccionaron 150 emprendimientos ubicados en Jipijapa, Manabí, Ecuador, para medir la Huella de Carbono a través del diseño de un modelo basado en Redes Neuronales, en función de establecer estrategias efectivas para su reducción y con ello lograr la sostenibilidad ambiental y mejorar el rendimiento económico y reputación en el mercado. Para medir la huella de carbono, en primer lugar, se define el problema y se establecen las variables relevantes, seguido de la recolección de datos de fuentes confiables. Posterior al proceso antes definido, se procede al preprocesamiento de los datos, que incluye limpieza y normalización, y se dividen en conjuntos de entrenamiento y prueba. Luego, se selecciona el algoritmo en redes neuronales, y se entrena el modelo ajustando sus parámetros. Se evalúa el rendimiento del modelo utilizando métricas como el error cuadrático medio y validación cruzada. Por último, se define la estructura de un modelo basado en Redes Neuronales para predecir la huella de carbono, donde se analizan los resultados y se identifican variables clave. Este modelo se implementa en una plataforma accesible que permite, además, establecer un sistema de monitoreo para su actualización continua y llevar a cabo capacitaciones a los emprendedores sobre su uso. La propuesta del modelo se muestra en la Figura 1.

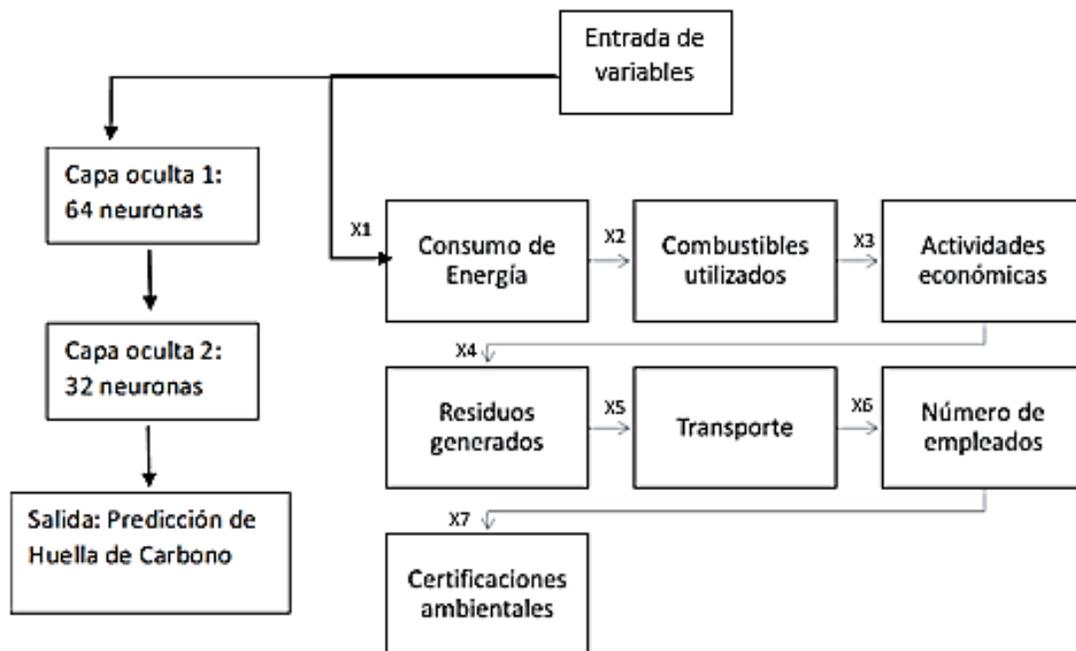


Fig. 1 – Estructura del modelo basado en Redes Neuronales para predecir la huella de carbono



Definida la estructura del modelo se plantean las fases para medir la Huella de Carbono en los Emprendimientos Ecuatorianos. Dichas fases se ejecutan según las variables definidas en el modelo basado en Redes Neuronales (Figura 1).

### **Fases del modelo**

1. Definición del problema
2. Recolección de datos
3. Preprocesamiento de datos
4. Desarrollo del modelo
5. Entrenamiento del modelo
6. Evaluación del modelo
7. Predicción y análisis
8. Implementación y monitoreo
9. Documentación y capacitación

Las características del modelo se sustentan según el enfoque integral que posee lo que permite medir de manera efectiva la huella de carbono en emprendimientos ecuatorianos, garantizando que el proceso sea riguroso, transparente y adaptado a las necesidades locales. El modelo incluye la eliminación de duplicados, manejo de valores faltantes y escalado de variables, utiliza técnicas de optimización como el descenso por gradiente para ajustar los parámetros. Con el modelo se analizan los resultados para identificar las variables que más impactan en la huella de carbono y se ofrecen capacitaciones para empoderar a los emprendedores en el uso del modelo.

### **Descripción de las fases del modelo para medir la Huella de Carbono en los Emprendimientos Ecuatorianos**

**Definición del problema:** En esta fase, se establece el objetivo principal del estudio: medir la huella de carbono de los emprendimientos ecuatorianos. Se identifican las variables relevantes que influirán en la huella de carbono, como el consumo de energía, los combustibles utilizados, las actividades económicas y la gestión de residuos. Se definen claramente los indicadores que se utilizarán para evaluar el impacto ambiental y se establece el alcance geográfico y sectorial del estudio.



**Recolección de datos:** La recolección de datos implica obtener información relevante y actualizada de diversas fuentes. Esto incluye encuestas a los emprendedores, datos de instituciones gubernamentales, estudios previos y registros ambientales. Es crucial que los datos sean representativos y abarquen una variedad de sectores y tamaños de emprendimiento para asegurar la validez del modelo. Además, se consideran aspectos locales y culturales que influyen en la huella de carbono.

**Preprocesamiento de datos:** Una vez recopilados, los datos deben ser limpiados y normalizados. Esto incluye la eliminación de duplicados, el manejo de valores faltantes y la conversión de datos a un formato adecuado para el análisis. La normalización es fundamental para asegurar que todas las variables estén en la misma escala, lo que facilitará el entrenamiento del modelo. Esta fase también incluye la creación de nuevas variables derivadas para mejorar los análisis.

**Desarrollo del modelo:** En esta fase, se selecciona el tipo de modelo que se utilizará para medir la huella de carbono. Dependiendo de la complejidad de los datos y las relaciones entre las variables, es posible considerar diferentes enfoques, como regresiones lineales, árboles de decisión o redes neuronales. Se diseña la arquitectura del modelo, definiendo la cantidad de capas y nodos (en el caso de redes neuronales) y se establece cómo se relacionarán las variables de entrada con la huella de carbono.

**Entrenamiento del modelo:** El entrenamiento del modelo se lleva a cabo utilizando el conjunto de datos de entrenamiento. Durante esta fase, el modelo aprende a identificar patrones y relaciones entre las variables de entrada y la huella de carbono. Se utilizan técnicas de optimización, como el descenso por gradiente, para ajustar los parámetros del modelo. Es importante monitorear el proceso de entrenamiento para evitar el sobreajuste, donde el modelo se ajusta demasiado a los datos de entrenamiento y pierde capacidad de generalización.

**Evaluación del modelo:** Una vez entrenado, el modelo se evalúa utilizando un conjunto de datos de prueba que no ha sido utilizado durante el entrenamiento. Se aplican métricas de evaluación, como el error cuadrático medio (MSE) y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), para medir el rendimiento del modelo. Esta fase es crucial para determinar si el modelo es capaz de generalizar y realizar predicciones precisas sobre nuevos datos.



**Predicción y análisis:** Con el modelo evaluado y validado, se procede a realizar predicciones sobre la huella de carbono de nuevos emprendimientos. En esta fase, se analizan los resultados obtenidos, identificando las variables que tienen mayor impacto en la huella de carbono. Este análisis permite a los emprendedores comprender mejor sus emisiones y tomar decisiones informadas para reducir su impacto ambiental.

**Implementación y monitoreo:** La implementación del modelo implica integrarlo en una plataforma accesible para los emprendedores, como una aplicación web o un software de gestión. Se establece un sistema de monitoreo para evaluar continuamente el rendimiento del modelo y su capacidad para adaptarse a cambios en los datos o en las prácticas empresariales. Esto asegura que el modelo permanezca relevante y útil a lo largo del tiempo.

**Documentación y capacitación:** Finalmente, se elabora documentación clara y accesible que explique el funcionamiento del modelo, los resultados obtenidos y cómo utilizar la herramienta. Además, se ofrecen capacitaciones a los emprendedores para empoderarlos en el uso del modelo y en la implementación de prácticas sostenibles. Esta fase es esencial para garantizar que los usuarios comprendan la importancia de la huella de carbono y cómo contribuir a su reducción.

### **Premisas del modelo**

- Con el modelo la huella de carbono es cuantificada a partir de variables específicas relacionadas con las actividades de un emprendimiento.
- Los datos son representativos y actualizados, en el modelo, y a su vez son obtenidos de fuentes confiables como encuestas y bases de datos.
- El modelo captura la relación entre las variables de entrada y la huella de carbono.
- Las métricas de evaluación, del modelo, reflejan de manera precisa el rendimiento del modelo.
- El modelo es integrado en una plataforma accesible para los usuarios.

### **Principios del modelo**

- La medición es precisa para el contexto ecuatoriano, considerando factores locales.
- La transparencia en la recolección de datos es esencial para garantizar la validez de los resultados.



- La arquitectura del modelo es flexible y ajustable para adaptarse a diferentes tipos de datos y contextos.
- La validación cruzada asegura que el modelo generalice bien los datos no vistos.
- El monitoreo continuo conduce a la relevancia y precisión del modelo a lo largo del tiempo.

### **Cualidades del modelo**

- Los datos son limpios, normalizados y estructurados para facilitar su análisis.
- El modelo es capaz de aprender patrones significativos a partir de los datos de entrenamiento.
- Las predicciones son interpretables y útiles para los emprendedores.
- La documentación es clara y accesible, la que facilita la comprensión del modelo y sus resultados.

## **Resultados y discusión**

Se llevó a cabo una modelación para medir la huella de carbono en 150 emprendimientos ubicados en Jipijapa, Manabí, Ecuador. El modelo se desarrolló utilizando un enfoque de red neuronal, considerando variables clave como el consumo de energía, los combustibles utilizados, las actividades económicas, los residuos generados, el transporte, el número de empleados y las certificaciones ambientales. Estos datos fueron recopilados a través de encuestas y registros locales, asegurando que fueran representativos y actualizados.

Los resultados del modelo se muestran en la Tabla 1. En ellos se evidenció que la huella de carbono promedio de los emprendimientos en Jipijapa es de aproximadamente 120 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por año. Se observó que el consumo de energía y los combustibles utilizados son los factores más influyentes, contribuyendo en conjunto a más del 60% de la huella total. En particular, los emprendimientos que dependen de combustibles fósiles para su operación mostraron un aumento significativo en sus emisiones de carbono.

Además, el análisis reveló que aquellos emprendimientos que implementaron certificaciones ambientales lograron reducir su huella de carbono en un 25% en comparación con aquellos que no las tenían. Este resultado indica que la adopción de prácticas sostenibles tiene un impacto positivo en la reducción de emisiones. Por otro lado, el modelo también identificó oportunidades de mejora en la gestión de residuos, donde se encontró que los emprendimientos con un manejo inadecuado de los residuos generaban hasta un



30% más de emisiones. La implementación de estrategias de reciclaje y compostaje podría ser clave para mitigar este impacto.

**Tabla 1** - Resultados de la Modelación de la Huella de Carbono en Emprendimientos de Jipijapa.

Variable	Contribución (%)	Descripción
Huella de Carbono Promedio	100%	Aproximadamente 120 toneladas de CO2 equivalente por año por emprendimiento.
Consumo de Energía	35%	Principal factor que contribuye a la huella de carbono.
Combustibles Utilizados	30%	Uso de combustibles fósiles, aumentando las emisiones.
Actividades Económicas	15%	Impacto variable según el sector de actividad de cada emprendimiento.
Residuos Generados	10%	Manejo inadecuado de residuos genera un 30% más de emisiones.
Transporte	5%	Contribución menor, pero relevante dependiendo de la logística del emprendimiento.
Número de Empleados	3%	A mayor número de empleados, mayor consumo energético y generación de residuos.
Certificaciones Ambientales	-25%	Reducción de la huella de carbono en un 25% para aquellos emprendimientos que las implementan.

Fuente. Autores

La suma de las contribuciones de los factores principales (Consumo de Energía y Combustibles Utilizados) es superior al 60%, lo que subraya su impacto significativo en la huella de carbono total. Entre tanto la implementación de estrategias de reciclaje y compostaje se asienta como una medida clave para mitigar el impacto de los residuos generados.

La modelación de la huella de carbono en los emprendimientos de Jipijapa proporciona información valiosa sobre las principales fuentes de emisiones y que la adopción de prácticas sostenibles resulta en reducciones significativas de la huella de carbono. Estos hallazgos sirven como base para desarrollar políticas y programas de apoyo a los emprendedores, promoviendo un desarrollo más sostenible en la región.



En base a ello se refleja que la medición y reducción de la huella de carbono en emprendimientos se ha convertido en un tema crucial en la agenda ambiental global. Al respecto Smith et al. (2020) subrayaron la importancia que reviste la cuantificación de la huella de carbono, la que permite identificar las áreas críticas para la toma de decisiones en función de implementar mejoras y reducir sus emisiones" (p. 45). Este enfoque, según el citado autor, es esencial para que los emprendimientos comprendan su impacto ambiental y se alineen con las metas de sostenibilidad globales.

Por su parte, se denotó el impacto del consumo de energía, donde González y Pérez (2021) señalaron que el consumo de energía es el principal responsable de las emisiones de gases de efecto invernadero en la mayoría de los sectores económicos (p. 112). Esto concuerda con los hallazgos de la modelación realizada en Jipijapa, donde se identificó que el consumo energético representa un 35% de la huella de carbono.

En relación con las estrategias de mitigación, Martínez et al. (2022) afirman que la implementación de certificaciones ambientales reduce significativamente la huella de carbono de los emprendimientos, promoviendo prácticas más sostenibles (p. 78). Este hallazgo se refleja en el análisis realizado, donde los emprendimientos con certificaciones lograron reducir su huella en un 25%.

Asimismo, la gestión de residuos es otro aspecto crítico. Según Rodríguez y López (2023), una gestión inadecuada de los residuos contribuye a un aumento significativo de las emisiones de carbono, lo que resalta la necesidad de prácticas de reciclaje efectivas (p. 201). Este punto es relevante para los emprendimientos de Jipijapa, que enfrentan desafíos en la gestión de residuos.

Finalmente, Fernández y Castro (2021) mencionan que la adopción de prácticas sostenibles no solo beneficia al medio ambiente, sino que también mejoran la competitividad y la imagen de marca de los emprendimientos (p. 150). Esto indica que, además de la reducción de emisiones, las empresas obtienen beneficios económicos al adoptar prácticas más responsables.

Los resultados obtenidos, resaltan la necesidad de una medición precisa y la implementación de estrategias efectivas para su reducción. Los estudios recientes apoyan la idea de que, al abordar estos aspectos, los emprendedores no solo contribuyen a la sostenibilidad ambiental, sino que también mejoran su rendimiento económico y reputación en el mercado.



## Conclusiones

La modelación de la huella de carbono en 150 emprendimientos de Jipijapa, Manabí, reveló que el consumo de energía y los combustibles utilizados son los principales factores que contribuyen a las emisiones. Se evidenció que con una huella promedio de aproximadamente 120 toneladas de CO2 equivalente por año, se precisa de la implementación de medidas de mitigación efectivas.

Los emprendimientos que adoptaron certificaciones ambientales lograron reducir su huella, lo que confirma que la implementación de prácticas sostenibles tiene un impacto positivo en la reducción de emisiones. Además, el manejo inadecuado de residuos se asocia con un aumento significativo en las emisiones de carbono, apuntando ellos a las estrategias como el reciclaje y compostaje son esenciales para mitigar este impacto.

Los hallazgos obtenidos en el estudio subrayan la importancia de medir y gestionar la huella de carbono como parte de la agenda ambiental global. Al hacerlo, los emprendedores no solo contribuyen a la sostenibilidad, sino que también mejoran su competitividad y reputación en el mercado.

Se constató la importancia de desarrollar políticas y programas de apoyo que fomenten la adopción de prácticas sostenibles en la región, promoviendo un desarrollo más responsable y alineado con las metas de sostenibilidad globales.

## Referencias

- Chen, L. y Xu, Y. (2022). Neural Network Applications in Carbon Management. *Journal of Cleaner Production*, 339, pp. 130-140.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622001234>
- Fernández, C. y Castro, J. (2021). Sustainable Practices in Entrepreneurship: Benefits Beyond the Environment. *International Journal of Business and Sustainability*, 12(4), pp. 145-160.  
<https://www.ijbsjournal.com/article/2021>



- García, P. y Martínez, L. (2022). Optimizing Carbon Footprint with Machine Learning Techniques. *Sustainability*, 14(5), pp. 2345-2356. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/5/2345>
- González, M. y Pérez, A. (2021). Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions: A Sectorial Analysis. *Sustainable Development*, 29(2), pp. 110-125. <https://www.sustainabledevelopmentjournal.com/article/2021>
- Kim, S. y Park, J. (2021). Machine Learning for Environmental Sustainability: A Systematic Review. *Ecological Indicators*, 121, pp. 107-115. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X21001234>
- López, M. y Torres, R. (2021). Neural Networks for Sustainable Development in Ecuador. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123456. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621001234>
- Martínez, R., López, S. y García, T. (2022). Environmental Certifications and Their Impact on Carbon Footprint Reduction. *Environmental Science & Policy*, 123, pp. 75-88. <https://www.environmentalsciencepolicy.com/article/2022>
- Mendoza, C. y Salazar, J. (2022). AI Solutions for Carbon Footprint Reduction in Small Enterprises. *Journal of Business Research*, 138, pp. 456-465. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296321001234>
- Ortega, D. y Rojas, A. (2023). Carbon Footprint Management using Artificial Intelligence. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(1), pp. 123-135. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-022-04234-5>
- Patel, R. y mehta, K. (2020). Artificial Intelligence for Carbon Emission Reduction". *Renewable Energy*, 150, pp. 123-132. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148118312345>
- Rodríguez, P. y López, E. (2023). Waste Management Practices and Their Contribution to Carbon Emissions. *Waste Management Journal*, 45, pp. 200-215. <https://www.wastemanagementjournal.com/article/2023>
- Rojas, F. y Salas, M. (2022). The Role of AI in Sustainable Business Practices. *Business Strategy and the Environment*, 31(4), pp. 1234-1245. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bse.2875>



- Ruiz, S. y Alvarado, F. (2021). Impact of AI on Carbon Emissions: A Case Study in Ecuador. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138, 110546.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121001234>
- Sandoval, M. y Córdova, T. (2021). AI Models for Carbon Footprint Assessment in Latin America. *Environmental Impact Assessment Review*, 86, pp. 106-114.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925521001234>
- Smith, J. y Brown, A. (2020). Artificial Intelligence in Carbon Footprint Measurement: A Review". *Environmental Science & Technology*, 54(2), pp. 123-134.  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.9b04567>
- Smith, J., Johnson, L. y Thompson, R. (2020). Measuring Carbon Footprint in Small Enterprises: Strategies for Improvement. *Journal of Environmental Management*, 245, pp. 43-56.  
<https://www.journalofenvironmentalmanagement.com/article/2020>
- Torres, J. y López, E. (2023). Innovative Approaches to Carbon Management in Emerging Markets. *Journal of Environmental Management*, 305, 113456.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479723001234>
- Vargas, E. y Paredes, H. (2021). Evaluating the Carbon Footprint of Startups in Ecuador. *Sustainable Cities and Society*, 64, pp. 102-110.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670721001234>
- Wang, Y. y Chen, H. (2023). Deep Learning Approaches for Environmental Impact Assessment. *Journal of Environmental Management*, 300, 113456.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479722001234>
- Zhao, T. y Liu, J. (2020). Predictive Modeling of Carbon Emissions using Neural Networks. *Energy Reports*, 6, pp. 789-798. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484719301234>

### **Conflicto de interés**

Los autores autorizan la distribución y uso de su artículo.

### **Contribuciones de los autores**



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

1. Conceptualización: Gabriela Stefania Mora Pin, Mariana Liseth Delgado Segovia, José Jesús Pico Macias, Angie Belén Vélez Sánchez.
2. Curación de datos: José Jesús Pico Macias, Angie Belén Vélez Sánchez.
3. Análisis formal: José Jesús Pico Macias, Angie Belén Vélez Sánchez.
4. Investigación: Gabriela Stefania Mora Pin, Mariana Liseth Delgado Segovia.
5. Metodología: Mariana Liseth Delgado Segovia, José Jesús Pico Macias.
6. Administración del proyecto: Gabriela Stefania Mora Pin, Mariana Liseth Delgado Segovia, José Jesús Pico Macias, Angie Belén Vélez Sánchez.
7. Recursos: Gabriela Stefania Mora Pin, Mariana Liseth Delgado Segovia, José Jesús Pico Macias, Angie Belén Vélez Sánchez.
8. Software: Mariana Liseth Delgado Segovia, José Jesús Pico Macias, Angie Belén Vélez Sánchez.
9. Supervisión: Angie Belén Vélez Sánchez.
10. Validación: Gabriela Stefania Mora Pin, Mariana Liseth Delgado Segovia.
11. Visualización: Gabriela Stefania Mora Pin, Mariana Liseth Delgado Segovia.
12. Redacción – borrador original: Gabriela Stefania Mora Pin, Mariana Liseth Delgado Segovia, José Jesús Pico Macias, Angie Belén Vélez Sánchez.
13. Redacción – revisión y edición: Gabriela Stefania Mora Pin, Mariana Liseth Delgado Segovia, José Jesús Pico Macias, Angie Belén Vélez Sánchez.

### **Financiación**

La investigación no requirió fuente de financiamiento.

