



# REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR SAGA

<https://doi.org/10.63415/saga.v2i2.86>

## Artículo de Investigación

# Análisis y Predicción de las Emisiones de CO<sub>2</sub> en Bolivia a través de Redes Neuronales Artificiales

## *Analysis and Prediction of CO<sub>2</sub> Emissions in Bolivia Through Artificial Neural Networks*

Rómulo Elías Betancourt Tórrez<sup>1</sup>  

<sup>1</sup> Investigador Independiente, La Paz, Bolivia

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

#### Historial del artículo

Recibido: 10/03/2025

Aceptado: 14/04/2025

Publicado: 18/04/2025

#### Palabras clave:

cambio climático, emisiones de CO<sub>2</sub>, modelos de series temporales, predicción ambiental, redes neuronales artificiales

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received: 03/10/2025

Accepted: 04/14/2025

Published: 04/18/2025

#### Keywords:

climate change, CO<sub>2</sub> emissions, time series models, environmental prediction, artificial neural networks

### INFORMAÇÕES DO ARTIGO

#### Histórico do artigo:

Recebido: 10/03/2025

Aceito: 14/04/2025

Publicado: 18/04/2025

#### Palavras-chave:

mudanças climáticas, emissões de CO<sub>2</sub>,

### RESUMEN

El presente estudio investigó la evolución y predicción de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en Bolivia como un problema ambiental de creciente importancia en el contexto del cambio climático. Se emplearon registros anuales comprendidos entre los años 2000 y 2024 que incluyen variables de impacto ambiental, energéticas, productivas y poblacionales. Se aplicaron tres modelos de predicción: regresión lineal, ARIMA y redes neuronales artificiales (RNA), siendo este último el que presentó mejor desempeño, con un coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) de 0.9391, error cuadrático medio (RMSE) de 0.3868 y error absoluto medio (MAE) de 0.3294. La red neuronal fue entrenada en RStudio mediante la técnica de retropropagación y mostró una alta sensibilidad a variables asociadas a la pérdida de cobertura forestal por incendios, consumo de gas licuado y el producto interno bruto del sector industrial manufacturero. La proyección del modelo indica que las emisiones de CO<sub>2</sub> continuarán aumentando hasta el año 2029, en ausencia de políticas públicas efectivas de mitigación. Se concluye que la red neuronal es una herramienta robusta para el análisis multivariante de datos ambientales y sugiere la necesidad urgente de diseñar estrategias sostenibles que aborden las principales causas de la contaminación en el país. Estos hallazgos tienen implicancias directas en la planificación ambiental y energética a nivel nacional, y pueden ser aplicables a contextos similares en países en vías de desarrollo.

### ABSTRACT

This study investigated the evolution and prediction of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions in Bolivia as an environmental issue of growing importance in the context of climate change. Annual records from 2000 to 2024 were used, including variables related to environmental impact, energy, production, and population. Three predictive models were applied: linear regression, ARIMA, and artificial neural networks (ANN), with the latter showing the best performance, achieving a coefficient of determination (R<sup>2</sup>) of 0.9391, a root mean square error (RMSE) of 0.3868, and a mean absolute error (MAE) of 0.3294. The neural network was trained in RStudio using the backpropagation technique and demonstrated high sensitivity to variables associated with forest cover loss due to fires, liquefied gas consumption, and the gross domestic product of the manufacturing industrial sector. The model's projection indicates that CO<sub>2</sub> emissions will continue to rise until 2029, in the absence of effective public mitigation policies. It is concluded that the neural network is a robust tool for multivariable analysis of environmental data and underscores the urgent need to design sustainable strategies that address the main causes of pollution in the country. These findings have direct implications for national environmental and energy planning and may be applicable to similar contexts in developing countries.

modelos de séries  
temporais, previsão  
ambiental, redes neurais  
artificiais

## RESUMO

O presente estudo investigou a evolução e a previsão das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na Bolívia como um problema ambiental de crescente importância no contexto das mudanças climáticas. Foram utilizados registros anuais compreendidos entre os anos de 2000 e 2024, que incluíram variáveis de impacto ambiental, energéticas, produtivas e populacionais. Aplicaram-se três modelos de previsão: regressão linear, ARIMA e redes neurais artificiais (RNA), sendo este último o que apresentou o melhor desempenho, com um coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) de 0,9391, erro quadrático médio (RMSE) de 0,3868 e erro absoluto médio (MAE) de 0,3294. A rede neural foi treinada no RStudio utilizando a técnica de retropropagação e demonstrou alta sensibilidade a variáveis associadas à perda de cobertura florestal por incêndios, consumo de gás liquefeito e o produto interno bruto do setor industrial manufatureiro. A projeção do modelo indica que as emissões de CO<sub>2</sub> continuarão aumentando até o ano de 2029, na ausência de políticas públicas eficazes de mitigação. Conclui-se que a rede neural é uma ferramenta robusta para a análise multivariada de dados ambientais e sugere a necessidade urgente de desenvolver estratégias sustentáveis que abordem as principais causas da poluição no país. Esses achados têm implicações diretas no planejamento ambiental e energético em nível nacional, podendo ser aplicáveis a contextos similares em países em desenvolvimento.

## Cómo citar

Betancourt Tórrez, R. E. (2025). Análisis y Predicción de las Emisiones de CO<sub>2</sub> en Bolivia a través de Redes Neuronales Artificiales. *SAGA: Revista Científica Multidisciplinar*, 2(2), 161-170. <https://doi.org/10.63415/saga.v2i2.86>



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el cambio climático ha emergido como una de las principales amenazas ambientales, sociales y económicas a nivel global. Entre los factores que más contribuyen al calentamiento global se encuentran las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), derivadas de la quema de combustibles fósiles, la deforestación y la actividad industrial. Bolivia, pese a no ser uno de los países con mayores emisiones en términos absolutos, enfrenta un crecimiento progresivo en sus niveles de CO<sub>2</sub>, en un contexto de acelerado cambio de uso del suelo, expansión urbana y explotación de recursos naturales. Este escenario plantea la necesidad urgente de comprender y predecir la evolución de las emisiones, a fin de establecer estrategias de mitigación y adaptación más efectivas (IPCC, 2021).

El presente estudio tiene como objetivo analizar y predecir las emisiones de CO<sub>2</sub> en Bolivia mediante el uso de redes neuronales artificiales, una técnica moderna y eficiente de aprendizaje automático que permite modelar

patrones no lineales en series temporales. La elección de esta metodología responde a la necesidad de superar las limitaciones de modelos estadísticos tradicionales y aprovechar el potencial de las redes neuronales para captar complejidades en los datos históricos. Así, se desarrollan modelos computacionales que permiten proyectar las emisiones hasta el año 2029, utilizando datos históricos del período 2000–2024.

La relevancia de este trabajo radica en su contribución a los estudios sobre cambio climático en países en vías de desarrollo, donde la información y herramientas de modelado predictivo suelen ser limitadas. Además, se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente con el ODS 13: Acción por el Clima (Naciones Unidas, 2015). Identificar tendencias futuras en las emisiones de CO<sub>2</sub> es esencial para diseñar políticas públicas basadas en evidencia y orientar la toma de decisiones hacia un desarrollo más sostenible y resiliente.

Diversos estudios han explorado el uso de técnicas de inteligencia artificial en la modelación ambiental. Por ejemplo, Zhang et al. (2020) aplicaron redes neuronales profundas para predecir emisiones en China, obteniendo resultados más precisos que los modelos ARIMA tradicionales. En el contexto latinoamericano, García y Paredes (2019) utilizaron modelos neuronales en Perú, demostrando su eficacia en el análisis energético y de emisiones. Sin embargo, en Bolivia, este tipo de enfoques aún es incipiente, lo que justifica la necesidad de investigaciones orientadas a llenar este vacío.

**METODOLOGÍA**

En el presente estudio, se emplearon series temporales de datos ambientales, energéticos, productivas y poblacionales recopilados entre

Se plantea como pregunta de investigación: ¿Es posible predecir con precisión las emisiones futuras de CO<sub>2</sub> en Bolivia utilizando redes neuronales artificiales? En función de ello, se formula la siguiente hipótesis: las redes neuronales artificiales permiten modelar y predecir eficazmente la tendencia futura de las emisiones de CO<sub>2</sub> en Bolivia a partir de datos históricos. Para probar esta hipótesis, se ha diseñado un modelo de red neuronal con arquitectura multicapa, entrenado con datos normalizados, y validado mediante técnicas de predicción y análisis gráfico.

los años 2000 y 2024, con el objetivo de analizar y predecir las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en Bolivia. Las variables consideradas:

**Definiciones Conceptuales y Operacionales de las Variables**

| Variable                        | Definición Conceptual                                                                              | Definición Operacional                                                                  |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Emisiones de CO <sub>2</sub>    | Liberación de dióxido de carbono a la atmósfera.                                                   | Medidas en megatoneladas anuales según datos del Banco Mundial (2000–2024).             |
| Residuos Sólidos (RR.SS.)       | Desechos sólidos generados por actividades humanas, incluyendo residuos domésticos e industriales. | Registrados en toneladas anuales según reportes de gestión ambiental.                   |
| Consumo de combustibles fósiles | Uso de derivados del petróleo como fuente energética.                                              | Medido en barriles anuales para gasolina, diésel, keroseno, jet fuel, gas licuado, etc. |
| Pérdida de cobertura forestal   | Disminución de áreas boscosas por deforestación o incendios.                                       | Cuantificada en hectáreas anuales, con diferenciación por causa (humana o incendio).    |
| Ganado bovino faenado           | Número de reses sacrificadas para consumo, influyendo en las emisiones del sector ganadero.        | Contabilizado en unidades anuales, según registros del INE.                             |
| Población urbana                | Habitantes que viven en zonas urbanas caracterizadas por alta densidad poblacional.                | Número total de habitantes urbanos por año, basado en datos del INE y Banco Mundial.    |
| PIB Industria Manufacturera     | Valor económico total de la producción de bienes industriales.                                     | Expresado en millones de Bs, según el Banco Central de Bolivia (2024).                  |

Esta información proviene de fuentes confiables como el Banco Mundial (World Bank, 2024) y registros nacionales, garantizando su validez y pertinencia. Se

incluyeron únicamente datos con coherencia temporal y valores completos, excluyéndose registros incompletos o inconsistentes para mantener la calidad del análisis.

(Copernicus,2024; Paredes, 2024; UCA,2024; Our Wold in Data, 2024; PGB, 2023; Datosmacro.com 2024; INE, 2024)

El estudio se basa en un muestreo de tipo no probabilístico, puesto que se trabajó con la totalidad de la población disponible (censo completo) de emisiones de CO<sub>2</sub> desde el año 2000 al 2024. El tamaño de la muestra fue de 25 observaciones anuales, lo cual es adecuado para entrenar modelos de predicción de series temporales utilizando redes neuronales. El contexto del estudio se centra en la realidad medioambiental de Bolivia, caracterizada por un crecimiento urbano no planificado, el uso predominante de fuentes de energía no renovables y la escasa implementación de políticas de mitigación ambiental (PNUMA, 2022).

Los datos fueron recolectados directamente desde bases estadísticas oficiales del Banco Mundial (World Bank, 2024) y procesados mediante herramientas computacionales. Se utilizaron técnicas de normalización de datos para ajustar las emisiones de CO<sub>2</sub> a una escala compatible con algoritmos de aprendizaje automático. El análisis y procesamiento se realizaron en el software RStudio, utilizando librerías como neuralnet, ggplot2 (Wickham, 2016), y readxl (R Core Team, 2024). La calidad y fiabilidad del modelo fueron evaluadas mediante validación cruzada, segmentando el conjunto de datos en entrenamiento (80%) y prueba (20%). Esto permitió ajustar los pesos sin comprometer la generalización del modelo.

## RESULTADOS

En cuanto al desempeño predictivo del modelo, se comparó la RNA con un modelo ARIMA y una regresión lineal simple. La Tabla

Este estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo, de tipo no experimental, longitudinal y predictivo. Se aplicó un diseño de investigación correlacional explicativo, ya que se analizó la relación entre el tiempo y las emisiones de CO<sub>2</sub>, y se empleó un modelo de red neuronal artificial (RNA) para prever el comportamiento futuro de las emisiones hasta el año 2029. No se manipularon variables, ya que se trabajó únicamente con registros históricos. El modelo utilizado fue una red neuronal multicapa con arquitectura feedforward y función de activación logística, entrenada mediante retropropagación (Haykin, 2009). La predicción fue graficada y validada visualmente y estadísticamente.

Por último, con el fin de obtener predicciones robustas de las emisiones de CO<sub>2</sub> en Bolivia, se compararon tres modelos de series temporales: (1) redes neuronales artificiales (RNA), (2) modelos autorregresivos integrados de medias móviles (ARIMA) y (3) regresión lineal simple. Cada modelo fue entrenado con la misma base de datos, normalizada y dividida en subconjuntos de entrenamiento y prueba (80/20). Para evaluar su desempeño se utilizaron métricas estándar como el error cuadrático medio (RMSE), el error absoluto medio (MAE) y el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) (Zhang et al., 2020). Esta estrategia comparativa permitió identificar el modelo con mayor precisión predictiva, considerando además la naturaleza no lineal de los datos.

1 resume los resultados obtenidos según las métricas estándar: RMSE, MAE y R<sup>2</sup>.

**Tabla 1.** Comparación del rendimiento predictivo de los modelos

| Modelo           | RMSE   | MAE    | R <sup>2</sup> |
|------------------|--------|--------|----------------|
| Red Neuronal     | 0.3868 | 0.3294 | 0.9391         |
| ARIMA (0,1,0)    | 0.5428 | 0.4370 | 0.8800         |
| Regresión Lineal | 1.3546 | 1.2332 | 0.2529         |

*Nota:* Elaboración propia

Las métricas utilizadas para comparar los modelos de predicción de emisiones de CO<sub>2</sub> fueron:

- RMSE (Root Mean Squared Error): mide el promedio de los errores al cuadrado. Penaliza más los errores grandes.
- MAE (Mean Absolute Error): mide el promedio del valor absoluto del error. Más directo y menos sensible a valores extremos.
- R<sup>2</sup> (Coeficiente de Determinación): indica qué tan bien el modelo explica la variabilidad de los datos.

Los resultados muestran que:

- La Red Neuronal es consistentemente el modelo más preciso. Presenta el menor RMSE (0.3868), el menor MAE (0.3294), y un R<sup>2</sup> muy alto (0.9391), indicando un ajuste casi perfecto.
- El modelo ARIMA (0,1,0) ofrece un rendimiento intermedio, con errores

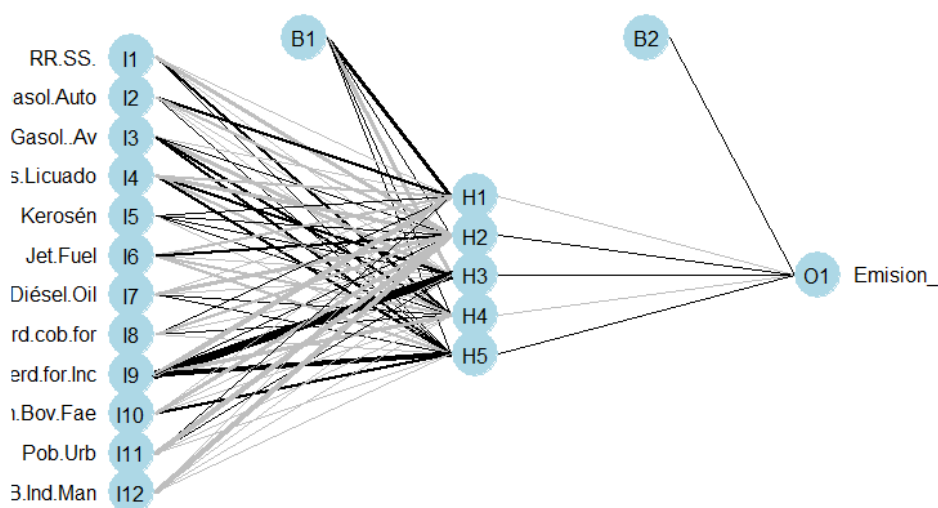
moderados y un R<sup>2</sup> aceptable (0.88), útil para datos puramente temporales.

- La Regresión Lineal es el modelo con peor rendimiento en todas las métricas, RMSE (1.3546), MAE (1.2332) Y R<sup>2</sup>(0.2529), lo cual sugiere que su simplicidad no permite capturar adecuadamente la dinámica de las emisiones.

Estos resultados respaldan el uso de redes neuronales como la herramienta más adecuada para predicciones confiables de emisiones de CO<sub>2</sub> en Bolivia.

La Figura 1 representa la arquitectura de la red neuronal entrenada, compuesta por una capa de entrada con 12 variables, una capa oculta con 5 neuronas y una neurona de salida correspondiente a la predicción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Los pesos de conexión (representados por los grosores de las líneas) reflejan la intensidad de la influencia de cada variable en la activación de las neuronas ocultas.

**Figura 1.** Representación gráfica de la red neuronal empleada

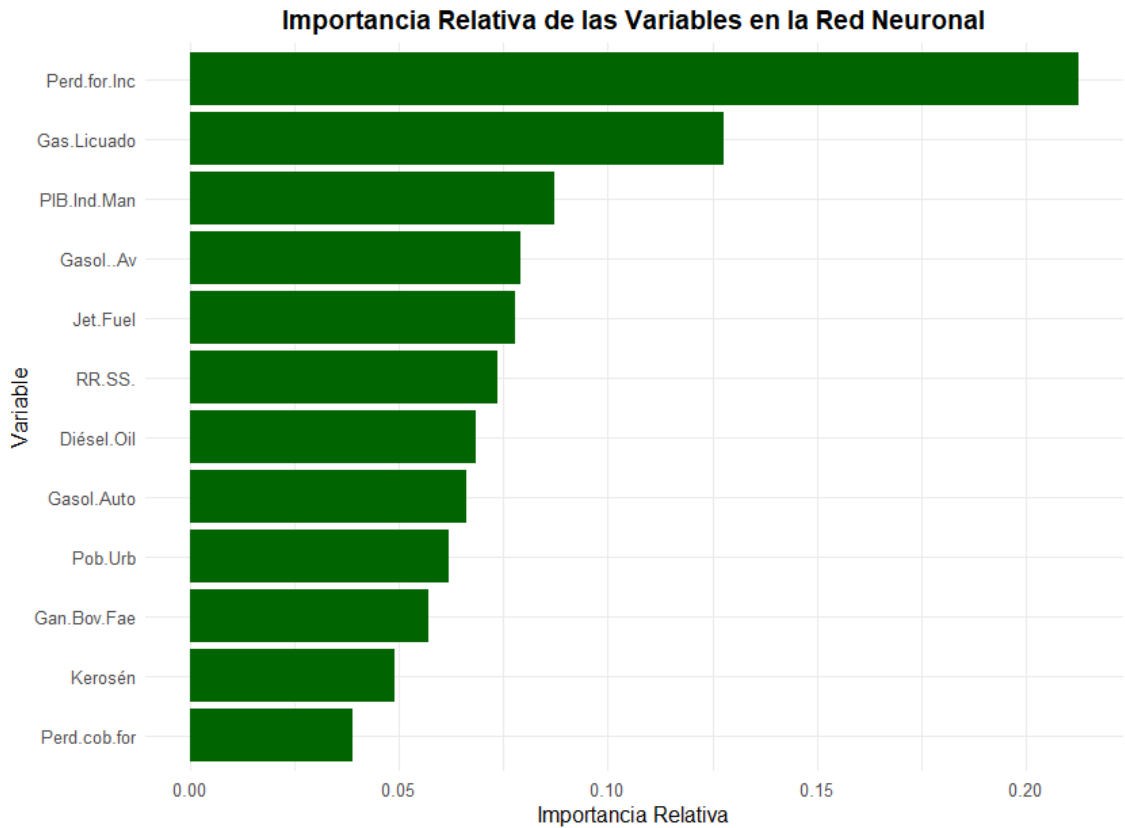


*Fuente:* Elaboración propia en RStudio con `neuralnet`

La Figura 2 presenta la importancia relativa de las variables predictoras utilizadas por el modelo RNA. Las tres variables con mayor influencia en la predicción fueron: Pérdida de cobertura forestal por incendios (Perd.por.Inc), Consumo de gas licuado (GLP) y el Producto

Interno Bruto del sector industrial manufacturero (PIB.Ind.Man), siendo las variables que concentran más del 50% de la influencia total del modelo. Otras variables relevantes incluyen el consumo de gasolina de aviación, jet fuel, residuos sólidos y diésel oil.

**Figura 2.** Importancia relativa de las variables en la red neuronal



*Fuente:* Elaboración propia en RStudio con ‘ggplot2’

La Figura 3 muestra la evolución de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en Bolivia desde el año 2000 hasta el 2024, junto con una proyección realizada mediante redes neuronales artificiales (RNA) hasta el año 2029. Se observa una tendencia ascendente sostenida en las emisiones, con una caída abrupta alrededor del año 2020, probablemente atribuible a la desaceleración económica global durante la pandemia de COVID-19, seguida de una recuperación acelerada. Asimismo, el 2024 se tuvo incendios forestales, en los meses de junio a octubre, generando una emisión de CO<sub>2</sub> de alrededor 80 Megatoneladas (Copernicus, 2024) y una perdida forestal aproximada de 9 MM de hectáreas, considerándolos outliers

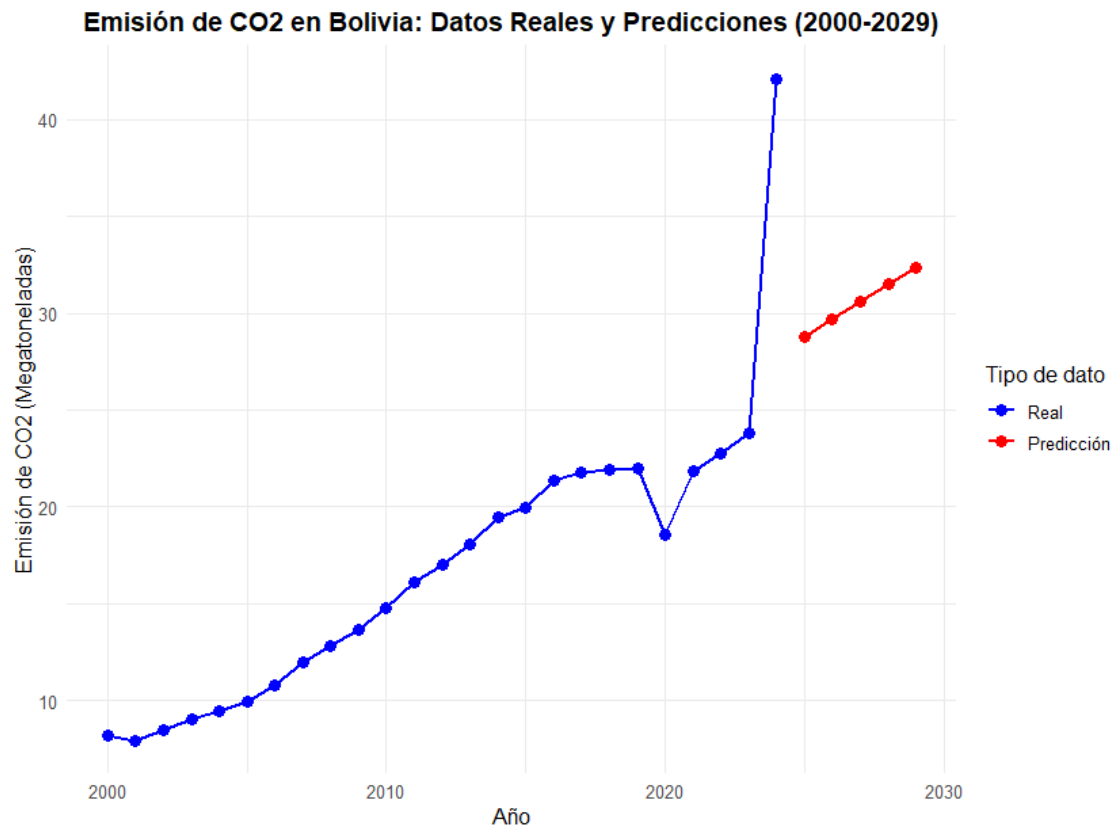
(valores atípicos) para este estudio, los cuales se corrigieron con el Percentil (99) tomando en cuenta valores menores a éste. (Paredes, 2024).

La predicción realizada mediante la red neuronal muestra una continuación del incremento en las emisiones (tendencia ascendente), estimando que estas alcanzarán aproximadamente 33.4 megatoneladas en 2029, debido a la promulgación de distintas normativas que posibilitan la ampliación de la frontera agropecuaria, la dotación de tierras en zonas de vocación forestal y la promoción de los desmontes y chaqueos. (ANA, 2024)

Este resultado respalda la hipótesis de que, en ausencia de intervenciones estructurales,

Bolivia continuará incrementando sus niveles de emisión de gases contaminantes.

**Figura 3.** Emisión de CO<sub>2</sub> en Bolivia: Datos reales y predicciones (2000–2029)



Fuente: Elaboración propia en RStudio con `ggplot2`

**DISCUSIÓN**

El presente estudio confirma que las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en Bolivia muestran una tendencia creciente y preocupante hacia el año 2029, en ausencia de políticas públicas eficaces de mitigación. El modelo de red neuronal artificial (RNA), que demostró un desempeño superior frente al modelo ARIMA y la regresión lineal, permite capturar la complejidad no lineal del fenómeno ambiental, evidenciando su idoneidad en contextos con múltiples factores interdependientes.

Los resultados obtenidos reflejan un ajuste casi perfecto del modelo RNA ( $R^2 = 0.9391$ ), lo que sugiere que el patrón histórico de emisiones está altamente correlacionado con variables como la pérdida de cobertura forestal por incendios, consumo de gas licuado y el Producto

Interno Bruto del sector industrial manufacturero.

En contraste, el modelo de regresión lineal mostró una capacidad limitada para ajustarse a los datos, subestimando los valores reales en varios puntos críticos de la serie. Por su parte, el modelo ARIMA, aunque más preciso que la regresión lineal, no logró superar el desempeño de la red neuronal, lo que refuerza la importancia de utilizar técnicas avanzadas de aprendizaje automático en estudios ambientales con múltiples variables.

Desde una perspectiva política y ambiental, los resultados son alarmantes. La tendencia creciente hasta 2029 indica que, de mantenerse las condiciones actuales, Bolivia podría enfrentar mayores niveles de contaminación atmosférica, con impactos negativos en la salud pública, los ecosistemas y la economía nacional.

Los resultados obtenidos son consistentes con estudios anteriores que identifican a la deforestación, la expansión del sector energético y el crecimiento industrial como principales impulsores de las emisiones de gases de efecto invernadero (Haykin, 2009; James et al., 2013). El incremento acelerado proyectado para los años posteriores a 2024 refleja una dependencia estructural del país en actividades económicas intensivas en carbono.

El análisis de importancia relativa destaca el rol protagónico de factores ambientales y energéticos. La pérdida de bosques por incendios, principal variable explicativa, el

segundo y tercer lugar ocupado por el gas licuado y el sector industrial manufacturero evidencian que el patrón de consumo energético actual no se orienta hacia fuentes limpias o sostenibles.

Además, el presente estudio destaca el potencial de las redes neuronales no solo como herramientas de predicción, sino también como mecanismos analíticos que permiten identificar los factores críticos que impulsan los cambios en los indicadores medioambientales. Este enfoque puede ser replicado en otros países de la región que enfrentan problemáticas similares.

## CONCLUSIONES

El modelo de red neuronal superó significativamente a las metodologías tradicionales, como el modelo ARIMA y la regresión lineal simple, en términos de ajuste y precisión predictiva. Las métricas estadísticas (RMSE, MAE y  $R^2$ ) confirmaron su superioridad, destacando la capacidad de la RNA para capturar relaciones no lineales y detectar patrones complejos.

Este estudio permitió demostrar que las redes neuronales artificiales (RNA) representan una herramienta eficaz y precisa para la predicción de emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en contextos complejos y multivariados como el boliviano. Mediante el análisis de datos históricos desde el año 2000 hasta el 2024, y la proyección hasta el 2029, se identificó una tendencia sostenida al alza en las emisiones, impulsada principalmente por la pérdida de cobertura forestal por incendios, consumo de gas licuado y el producto interno bruto del sector

industrial manufacturero, concluyéndose entonces que, la falta de medidas de mitigación estructurales en Bolivia podría contribuir a que las emisiones de  $\text{CO}_2$  continúen aumentando en los próximos años.

Desde el punto de vista práctico, los resultados de esta investigación pueden servir como una herramienta de apoyo para diseñar políticas públicas más efectivas y sostenibles. La modelación con redes neuronales no solo permite prever el comportamiento futuro de las emisiones, sino también identificar los factores clave sobre los cuales se deben centrar las acciones correctivas.

Finalmente, se recomienda ampliar futuras investigaciones incorporando más variables de tipo económico, social y climático, así como realizar estudios regionales o departamentales que permitan un abordaje territorial más detallado del problema ambiental en Bolivia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- García, R., & Paredes, M. (2019). Aplicación de redes neuronales para la predicción de emisiones de  $\text{CO}_2$  en el sector energético peruano. *Revista de Energía y Medio Ambiente*, 15(2), 45–58.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://sdgs.un.org/goals>
- Zhang, Y., Li, X., Wang, J., & Zhao, Y. (2020). Deep learning approaches for  $\text{CO}_2$  emission prediction in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(8), 8572–8584. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07412-3>

- PNUMA. (2022). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial: América Latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- R Core Team. (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- World Bank. (2024). World Development Indicators. <https://databank.worldbank.org/>
- Wickham, H. (2016). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York. <https://ggplot2.tidyverse.org>
- Haykin, S. (2009). Neural Networks and Learning Machines (3rd ed.). Pearson Education.
- James, P., Magee, L., Scerri, A., & Steger, M. B. (2013). Urban Sustainability in Theory and Practice: Circles of Sustainability. Routledge.
- Copernicus (2024). Atmosphere Monitoring Service . <https://atmosphere.copernicus.eu/south-america-sees-historic-emissions-during-2024-wildfire-season>
- Paredes, I. (2024). Balance ambiental de Bolivia en 2024. Mongabay. <https://es.mongabay.com/2024/12/balance-ambiental-bolivia-2024-deforestacion-mineria-ilegal/#:~:text=Desde%20junio%20hasta%20octubre%20se,esa%20cifra%20podr%C3%ADa%20ser%20mayor.>
- Universidad Católica Boliviana (UCA). (2024). Indicadores: Medio Ambiente. <https://iisec.ucb.edu.bo/indicador-categoria/medio-ambiente?page=2>
- Our World in Data (2024). CO2 Emissions. <https://ourworldindata.org/co2/country/bolivia#what-are-the-country-s-annual-co2-emissions>
- Producción de Ganado Bovino (PGB). (2023). <https://data-bolivia.produccion.gob.bo/produccion/bovino>
- Datosmacro.com (2024). <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/bolivia>
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2024). <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/hidrocarburos-mineria/hidrocarburo-cuadros-estadisticos/>
- Agencia de Noticias Ambientales (ANA). (2024). <https://anabolivia.org/incendios-forestales-historicos-en-bolivia-al-menos-tres-causas-que-los-provocan/>
- Banco Central de Bolivia (BCB). (2024). <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgklclefindmkaj/https://www.bcb.gob.bo/webdocs/publicaciones/bcb/pib.pdf>

## DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.



## DERECHOS DE AUTOR

Betancourt Tórrez, R. E. (2025)



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0, que permite su uso sin restricciones, su distribución y reproducción por cualquier medio, siempre que no se haga con fines comerciales y el trabajo original sea fielmente citado.



El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en esta publicación es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la revista.