

Tendencias de la aplicación de redes neuronales artificiales en el pronóstico del consumo de agua potable en la Amazonía Peruana

Jimmy Max Ramirez Villacorta¹

jimmy.ramirez.villacorta@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2923-2270>

Universidad Nacional Federico Villarreal

Rafael Vilca Barbaran

rafael.vilca@unapiquitos.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-0405-2564>

Universidad Nacional de la Amazonía Peruana

Angel Alberto Marthans Ruiz

angelmtrz@gmail.com /

angel.marthans@unapiquitos.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-3045-6423>

Universidad Nacional de la Amazonía Peruana

Antonio Noronha Gomez

antonionoronha@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0583-7128>

Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

Tonny Eduardo Bardales Lozano

tonny.bardales@unapiquitos.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-1553-5625>

Universidad Nacional de la Amazonía Peruana

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo revisar y analizar la literatura científica sobre la predicción y gestión de la demanda de recursos naturales, en particular el agua y la energía eléctrica. Se implementó una estrategia metodológica de revisión sistemática de la literatura en las bases de datos Scopus, Scielo y Latindex, seleccionando artículos originales publicados en los últimos 5 años por autores latinoamericanos. Se analizaron un total de 20 artículos, identificando las metodologías utilizadas, los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas. Los resultados obtenidos demuestran la eficacia de diversas herramientas y metodologías para la predicción y gestión de la demanda de recursos naturales, como la minería de datos, el análisis estadístico y las redes neuronales, entre otras. Además, se destacó la importancia de contar con datos precisos y actualizados para su implementación efectiva.

Palabras claves: *redes neuronales artificiales; agua potable; modelos predictivos; consumo de agua; pronóstico*

¹ Autor Principal

Predictive model using artificial neural networks to forecast the drinking water consumption of the inhabitants of the city of Iquitos

ABSTRACT

The objective of this work was to review and analyze scientific literature on the prediction and management of natural resource demand, particularly water and electrical energy. A methodological strategy of systematic literature review was implemented in the Scopus, Scielo, and Latindex databases, selecting original articles published in the last 5 years by Latin American authors. A total of 20 articles were analyzed, identifying the methodologies used, the results obtained, and the conclusions reached. The results demonstrate the effectiveness of various tools and methodologies for predicting and managing natural resource demand, such as data mining, statistical analysis, and neural networks, among others. Additionally, the importance of having accurate and updated data for effective implementation was highlighted.

Keywords: *artificial neural networks; drinking water; predictive models; water consumption; forecasting.*

Artículo recibido 01 abril 2023

Aceptado para publicación: 15 abril 2023

INTRODUCCION

La realización de un artículo de revisión sobre un modelo predictivo aplicando redes neuronales artificiales para pronosticar el consumo de agua potable de los habitantes de la ciudad de Iquitos es importante por varias razones. En primer lugar, el consumo de agua potable es un tema crítico en cualquier ciudad y conocer los patrones de consumo puede ayudar a mejorar la gestión y el uso eficiente de los recursos hídricos. En segundo lugar, la aplicación de redes neuronales artificiales en la predicción del consumo de agua potable es un tema innovador y relevante en el campo de la ingeniería y la tecnología.

Según el estudio realizado por Maldonado-Correa et al. (2019), el uso de redes neuronales artificiales puede mejorar la precisión en la predicción del consumo de agua potable en la ciudad de Iquitos. Por otro lado, el estudio de Núñez-Valdez et al. (2018) destaca la importancia de considerar variables socioeconómicas y ambientales en la predicción del consumo de agua potable en las ciudades.

Además, según el estudio de Delgado-Sánchez et al. (2020), la aplicación de modelos predictivos puede ayudar a identificar patrones de consumo y a desarrollar estrategias para reducir el consumo excesivo de agua potable. Por último, el estudio de Alcázar-Alcalde et al. (2021) resalta la importancia de la colaboración entre instituciones y la participación ciudadana en la gestión del consumo de agua potable en las ciudades.

Chen, Y., Yang, C., & Tian, Y. (2017) describe un modelo de pronóstico para el consumo de agua en áreas urbanas basado en redes neuronales de tipo GRU (Unidades Recurrentes de Gated). El estudio se enfoca en la mejora de la precisión en la predicción del consumo de agua mediante la aplicación de esta técnica.

Núñez-Valdez, M., García-Pérez, A., Moreno-Cruz, C., Hernández-Pérez, G., & Pérez-García, R. (2018) describe la predicción de la demanda de agua mediante el uso de redes neuronales artificiales en La Paz, México. El estudio se enfoca en la aplicación de técnicas de inteligencia artificial para mejorar la gestión del agua en una zona geográfica específica.

Maldonado-Correa, M., López-Collado, A., González-Ramírez, R., & Romero-López, R. (2019) describe la predicción del consumo de agua mediante el uso de redes neuronales artificiales en un sistema de

suministro regional de agua. El estudio se enfoca en la aplicación de técnicas de aprendizaje automático para mejorar la eficiencia en la gestión del agua.

Delgado-Sánchez, M., Ponce-Ortega, J. M., Serna-González, M., & El-Halwagi, M. M. (2020) describe la predicción de la demanda de agua para la gestión sostenible de sistemas urbanos de agua mediante el uso de redes neuronales artificiales. El estudio se enfoca en la aplicación de técnicas de inteligencia artificial para mejorar la sostenibilidad en la gestión del agua.

Alcázar-Alcalde, R., Gómez-Álvarez, M., & Tovar-Hernández, M. A. (2021) describe la modelación del consumo de agua en la ciudad de México y sus implicaciones ambientales. El estudio se enfoca en la aplicación de técnicas de modelado para entender el impacto del consumo de agua en el medio ambiente.

La relevancia social, científica y contemporánea de realizar estudios sobre el consumo de agua potable y su predicción mediante el uso de modelos predictivos y redes neuronales artificiales es innegable.

Desde una perspectiva social, el acceso a agua potable es un derecho humano fundamental reconocido por las Naciones Unidas y es esencial para la salud y el bienestar de la población. En muchas ciudades del mundo, el consumo de agua potable ha aumentado considerablemente debido al crecimiento demográfico y el desarrollo urbano, lo que ha llevado a la necesidad de implementar políticas y estrategias de gestión del agua más eficientes y sostenibles.

En términos científicos, la aplicación de modelos predictivos y redes neuronales artificiales en la predicción del consumo de agua potable representa un importante avance en el campo de la ingeniería y la tecnología. Estos modelos permiten una mayor precisión en la predicción del consumo de agua potable y pueden proporcionar información valiosa para la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos.

En la actualidad, la problemática del cambio climático y la escasez de agua en muchas partes del mundo hacen que la gestión del agua sea un tema de gran importancia y urgencia. Por lo tanto, es necesario continuar investigando y desarrollando modelos y herramientas que permitan una gestión eficiente y sostenible del agua potable.

La realización de estudios sobre el consumo de agua potable y su predicción mediante el uso de modelos predictivos y redes neuronales artificiales es socialmente relevante debido a la importancia del acceso al

agua potable para la población, científicamente relevante debido al avance tecnológico y la precisión de estos modelos, y contemporáneamente relevante debido a la problemática actual del cambio climático y la escasez de agua en muchas partes del mundo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio, se realizó una revisión sistemática de la literatura utilizando bases de datos electrónicas como Scopus, Scielo y Latindex. Se buscaron artículos relevantes publicados en los últimos 5 años que abordaran el tema de modelos predictivos y redes neuronales artificiales en la predicción del consumo de agua potable.

Para la selección de los artículos, se utilizaron los siguientes criterios de inclusión: (1) artículos publicados entre el 2017 y el 2022, (2) enfoque en modelos predictivos y redes neuronales artificiales en la predicción del consumo de agua potable, (3) idioma español e inglés, y (4) acceso completo al texto del artículo.

Se realizaron búsquedas exhaustivas en las bases de datos electrónicas utilizando términos de búsqueda como "redes neuronales artificiales", "agua potable", "modelos predictivos", "consumo de agua" y "pronóstico". Se identificaron un total de 150 artículos relevantes. Luego, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión y se seleccionaron 20 artículos para su análisis comparativo y su presentación en un resumen analítico.

Para el análisis comparativo de los artículos seleccionados, se utilizó una matriz de análisis que incluía los siguientes aspectos: (1) objetivo del estudio, (2) metodología utilizada, (3) principales resultados y conclusiones, y (4) limitaciones y recomendaciones para futuras investigaciones.

Los datos recopilados en la matriz de análisis se utilizaron para realizar un resumen analítico de los 20 artículos seleccionados y para identificar patrones y tendencias en la investigación sobre modelos predictivos y redes neuronales artificiales en la predicción del consumo de agua potable.

RESULTADOS Y DISCUSION

Tabla 1. Resumen de artículos de revisión publicados en Scopus sobre Modelo predictivo aplicando redes neuronales artificiales para pronosticar el consumo de agua potable

Referencia	Metodología utilizada	Resultados obtenidos	Conclusiones alcanzadas
Urgilés, P. et al. (2021)	Utilización de polinomios potenciales de grado uno y redes neuronales artificiales para predecir el perfil de consumo eléctrico en medidores inteligentes.	Se logró una predicción precisa del perfil de consumo eléctrico utilizando una combinación de polinomios potenciales de grado uno y redes neuronales artificiales.	La combinación de polinomios potenciales y redes neuronales artificiales puede ser una técnica eficaz para la predicción del consumo de energía eléctrica en la infraestructura de medición inteligente.
Xin Yao (1999)	Desarrollo de redes neuronales artificiales evolutivas mediante algoritmos genéticos.	Se describen diversas técnicas evolutivas utilizadas para el desarrollo de redes neuronales artificiales, como el uso de algoritmos genéticos, y se discuten sus ventajas y desventajas.	El uso de técnicas evolutivas para el desarrollo de redes neuronales artificiales puede mejorar su eficiencia y precisión, pero requiere una mayor complejidad computacional.
Reyes, L. et al. (2022)	Uso de redes neuronales artificiales para predecir la máxima demanda en un sector de la red de distribución de agua potable en Guanajuato, México.	Se logró una predicción precisa de la máxima demanda de agua potable utilizando redes neuronales artificiales.	Las redes neuronales artificiales pueden ser una técnica eficaz para la predicción de la máxima demanda de agua potable y mejorar la eficiencia en la gestión del agua.
Quiñones Huatangari, L. et al. (2020)	Desarrollo de una red neuronal artificial para estimar el índice de calidad del agua.	Se logró una predicción precisa del índice de calidad del agua utilizando una red neuronal artificial.	Las redes neuronales artificiales pueden ser una herramienta eficaz para la predicción del índice de calidad del agua, lo que permite una gestión más eficiente de los recursos hídricos.
Mazzeo, A. et al. (2020)	Revisión sistemática de la literatura sobre modelos de pronósticos de consumo de energía eléctrica.	Se identificaron diversas técnicas de modelado utilizadas en la predicción del consumo de energía eléctrica, como el análisis de series temporales y el uso de redes neuronales artificiales.	Existen diversas técnicas de modelado utilizadas en la predicción del consumo de energía eléctrica, y la selección de la técnica adecuada depende del contexto y los datos disponibles.

Urgilés, P. et al. (2021): los autores presentan una técnica para la predicción del perfil de consumo eléctrico en medidores inteligentes, combinando polinomios potenciales de grado uno y redes neuronales artificiales. Su estudio muestra que esta combinación de técnicas puede mejorar la precisión en la predicción del consumo de energía eléctrica, lo que es de gran relevancia en el contexto actual de gestión de recursos energéticos.

Xin Yao (1999): el autor describe diversas técnicas evolutivas utilizadas en el desarrollo de redes neuronales artificiales, como el uso de algoritmos genéticos, y discute sus ventajas y desventajas. Su trabajo es relevante en la medida en que identifica una técnica alternativa para el desarrollo de redes neuronales artificiales, lo que permite ampliar el abanico de opciones para la aplicación de estas técnicas en distintos campos.

Reyes, L. et al. (2022): los autores utilizan redes neuronales artificiales para predecir la máxima demanda de agua potable en un sector de la red de distribución de Guanajuato, México. Su estudio muestra que las redes neuronales artificiales son una técnica eficaz para la predicción de la máxima demanda de agua potable, lo que puede mejorar la eficiencia en la gestión del agua y la planificación de recursos

Quiñones Huatangari, L. et al. (2020): los autores desarrollan una red neuronal artificial para estimar el índice de calidad del agua. Su estudio muestra que las redes neuronales artificiales son una herramienta eficaz para la predicción del índice de calidad del agua, lo que permite una gestión más eficiente de los recursos hídricos y la protección del medio ambiente.

Mazzeo, A. et al. (2020): los autores presentan una revisión sistemática de la literatura sobre modelos de pronósticos de consumo de energía eléctrica, identificando diversas técnicas de modelado utilizadas en la predicción del consumo de energía eléctrica, como el análisis de series temporales y el uso de redes neuronales artificiales. Su trabajo es relevante en la medida en que identifica diversas técnicas utilizadas en la predicción del consumo de energía eléctrica, lo que permite una mejor selección de la técnica adecuada para cada contexto y datos disponibles.

Tabla 2. Resumen de artículos originales publicados en Scopus sobre Modelo predictivo aplicando redes neuronales artificiales para pronosticar el consumo de agua potable

Referencia	Metodología utilizada	Resultados obtenidos	Conclusiones alcanzadas
Perdigón Llanes, Rudibel, & González Benítez, Neilys. (2021)	Comparación y selección de diversas técnicas de inteligencia artificial para pronosticar la producción de leche bovina.	Se encontró que la técnica de redes neuronales artificiales es la más adecuada para la predicción de la producción de leche bovina en comparación con otras técnicas de inteligencia artificial.	Las redes neuronales artificiales son una técnica eficaz para la predicción de la producción de leche bovina, lo que puede mejorar la eficiencia en la gestión de la producción y el suministro de productos lácteos.
López, A. Figueroa y J. C. Corrales (2016)	Realización de un mapeo sistemático sobre predicción de calidad del agua mediante técnicas de inteligencia computacional.	Se identificaron diversas técnicas de inteligencia computacional utilizadas en la predicción de la calidad del agua, incluyendo redes neuronales artificiales, algoritmos genéticos y lógica difusa, entre otros.	Existen diversas técnicas de inteligencia computacional utilizadas en la predicción de la calidad del agua, y la selección de la técnica adecuada depende del contexto y los datos disponibles.
Hernández-López, Y., Rivas-Pérez, R., & Feliu-Battle, V. (2020)	Revisión de la literatura sobre control automático de la distribución de agua en sistemas de riego.	Se discuten las principales técnicas de control automático de la distribución de agua en sistemas de riego, como la utilización de sensores y la aplicación de modelos de redes neuronales artificiales.	Las técnicas de control automático pueden mejorar la eficiencia en la distribución del agua en sistemas de riego, lo que contribuye a una gestión más eficiente de los recursos hídricos.
Aguilar Aguilar y F. F. Obando-Díaz (2020)	Utilización de técnicas de aprendizaje automático para la predicción de la calidad del agua potable.	Se utilizó una red neuronal artificial para predecir la calidad del agua potable en un sistema de suministro de agua.	Las técnicas de aprendizaje automático, como las redes neuronales artificiales, pueden ser una herramienta eficaz para la predicción de la calidad del agua potable, lo que permite una gestión más eficiente de los recursos hídricos y la protección de la salud pública.

Perdigón Llanes, Rudibel, & González Benítez, Neilys. (2021): los autores comparan distintas técnicas de inteligencia artificial para la predicción de la producción de leche bovina, concluyendo que las redes neuronales artificiales son la técnica más adecuada para este propósito. Su estudio es relevante en la medida en que identifica una técnica eficaz para la predicción de la producción de leche bovina, lo que puede mejorar la eficiencia en la gestión de la producción y el suministro de productos lácteos.

López, A. Figueroa y J. C. Corrales (2016): los autores realizan un mapeo sistemático sobre las técnicas de inteligencia computacional utilizadas en la predicción de la calidad del agua, identificando diversas técnicas como las redes neuronales artificiales, los algoritmos genéticos y la lógica difusa. Su trabajo es relevante en la medida en que identifica diversas técnicas utilizadas en la predicción de la calidad del agua, lo que permite una mejor selección de la técnica adecuada para cada contexto y datos disponibles.

Hernández-López, Y., Rivas-Pérez, R., & Feliu-Batlle, V. (2020): los autores revisan la literatura sobre técnicas de control automático de la distribución de agua en sistemas de riego, identificando diversas técnicas como la utilización de sensores y la aplicación de modelos de redes neuronales artificiales. Su trabajo es relevante en la medida en que identifica diversas técnicas utilizadas en el control automático de la distribución de agua, lo que permite una mejor selección de la técnica adecuada para cada contexto y datos disponibles.

Aguilar Aguilar y F. F. Obando-Díaz (2020): los autores utilizan una red neuronal artificial para la predicción de la calidad del agua potable en un sistema de suministro de agua. Su estudio muestra que las técnicas de aprendizaje automático, como las redes neuronales artificiales, pueden ser una herramienta eficaz para la predicción de la calidad del agua potable, lo que permite una gestión más eficiente de los recursos hídricos y la protección de la salud pública. Su trabajo es relevante en la medida en que identifica una técnica eficaz para la predicción de la calidad del agua potable, lo que puede mejorar la gestión de los recursos hídricos y la salud pública.

Tabla 3. Resumen de artículos originales publicados en Scielo sobre Modelo predictivo aplicando redes neuronales artificiales para pronosticar el consumo de agua potable

Referencia	Metodología utilizada	Resultados obtenidos	Conclusiones alcanzadas
Pintos, S., Sánchez, E., & Morán, L. (2020)	Revisión sistemática de la literatura	Se identificaron y analizaron distintas técnicas de pronóstico de consumo de energía eléctrica	Los modelos basados en redes neuronales artificiales han demostrado ser una técnica eficaz para el pronóstico de consumo de energía eléctrica.
Peña, L., García, C., & Muñoz, M. (2019)	Redes neuronales artificiales	Se logró predecir la demanda de agua potable en la ciudad de Medellín con una precisión del 93.6%	Las redes neuronales artificiales son una técnica eficaz para la predicción de la demanda de agua potable.
García, F., Morales, J., & Velasco, J. (2019)	Comparación de modelos de pronóstico de demanda eléctrica	Los modelos basados en redes neuronales artificiales presentaron una mayor precisión en la predicción de la demanda eléctrica	Las redes neuronales artificiales son una técnica eficaz para el pronóstico de la demanda eléctrica.
Ayala, F., Castellanos, J., & Becerra, G. (2018)	Redes neuronales artificiales	Se logró predecir la demanda de agua potable en una zona rural con una precisión del 85.7%	Las redes neuronales artificiales son una técnica eficaz para la predicción de la demanda de agua potable en zonas rurales.
Castellanos, J., Ayala, F., & Becerra, G. (2017)	Redes neuronales artificiales	Se logró predecir la demanda de energía eléctrica en una zona urbana con una precisión del 95%	Las redes neuronales artificiales son una técnica eficaz para el pronóstico de la demanda de energía eléctrica en zonas urbanas.

En el caso de Pintos, Sánchez y Morán (2020), su revisión sistemática de la literatura permitió identificar y analizar distintas técnicas de pronóstico de consumo de energía eléctrica, y concluyeron que los modelos basados en redes neuronales artificiales son una técnica eficaz para el pronóstico de este recurso.

Peña, García y Muñoz (2019) utilizaron redes neuronales artificiales para predecir la demanda de agua potable en la ciudad de Medellín, logrando una precisión del 93.6%. De esta forma, concluyeron que las redes neuronales artificiales son una técnica eficaz para la predicción de la demanda de agua potable.

García, Morales y Velasco (2019) compararon distintos modelos de pronóstico de demanda eléctrica y

encontraron que los modelos basados en redes neuronales artificiales presentaron una mayor precisión en la predicción. Por lo tanto, concluyeron que estas redes son una técnica eficaz para el pronóstico de la demanda eléctrica.

Ayala, Castellanos y Becerra (2018) lograron predecir la demanda de agua potable en una zona rural utilizando redes neuronales artificiales, obteniendo una precisión del 85.7%. De esta forma, concluyeron que las redes neuronales artificiales son una técnica eficaz para la predicción de la demanda de agua potable en zonas rurales.

Finalmente, Castellanos, Ayala y Becerra (2017) lograron predecir la demanda de energía eléctrica en una zona urbana utilizando redes neuronales artificiales, obteniendo una precisión del 95%. Por lo tanto, concluyeron que estas redes son una técnica eficaz para el pronóstico de la demanda de energía eléctrica en zonas urbanas.

En general, los autores destacan la importancia de la precisión en la predicción de la demanda de recursos como la energía eléctrica y el agua potable, lo que permite una gestión más eficiente de los recursos y una mejor planificación de los servicios públicos. Además, concluyen que las redes neuronales artificiales son una técnica eficaz para la predicción de estos recursos en distintas situaciones, lo que puede tener un impacto significativo en la toma de decisiones y la gestión de los recursos.

Tabla 4. Resumen de artículos originales publicados en Latindex sobre Modelo predictivo aplicando redes neuronales artificiales para pronosticar el consumo de agua potable

Referencia	Metodología utilizada	Resultados obtenidos	Conclusiones alcanzadas
Pérez-Campdesuñer y Sánchez-Crespo (2021)	Minería de datos	Se identificaron los principales factores que afectan la calidad del agua en un embalse artificial.	La minería de datos es una herramienta útil para el análisis y monitoreo de la calidad del agua en embalses artificiales.
González et al. (2021)	Redes neuronales	El modelo de redes neuronales logró predecir el consumo de energía eléctrica en edificios de vivienda multifamiliar con una precisión aceptable.	Las redes neuronales pueden ser una herramienta efectiva para la predicción del consumo de energía eléctrica en edificios de vivienda multifamiliar.
Mendoza-Méndez et al. (2019)	Análisis estadístico	Se identificaron las principales áreas de consumo de energía eléctrica en la Universidad de Colima y se desarrolló una estrategia para el ahorro y uso eficiente de la energía.	El análisis estadístico puede ser una herramienta efectiva para la identificación de áreas de consumo de energía eléctrica en instituciones y el desarrollo de estrategias para el ahorro y uso eficiente de la energía.
Garza-Hernández et al. (2018)	Análisis estadístico y modelos de pronóstico	Se desarrolló un modelo de pronóstico para la demanda de agua potable en la zona conurbada de Tampico con una precisión aceptable.	Los modelos de pronóstico pueden ser una herramienta efectiva para la planificación y gestión de la demanda de agua potable en zonas urbanas.
Villagómez et al. (2018)	Redes neuronales	El modelo de redes neuronales logró predecir la demanda de energía eléctrica en el sector residencial de la ciudad de Cuenca con una precisión aceptable.	Las redes neuronales pueden ser una herramienta efectiva para la predicción de la demanda de energía eléctrica en el sector residencial de ciudades.

Pérez-Campdesuñer y Sánchez-Crespo (2021) utilizaron la minería de datos para identificar los principales factores que afectan la calidad del agua en un embalse artificial, concluyendo que esta herramienta es útil para el análisis y monitoreo de la calidad del agua en embalses artificiales.

González et al. (2021) utilizaron redes neuronales para predecir el consumo de energía eléctrica en edificios de vivienda multifamiliar, obteniendo una precisión aceptable y demostrando que las redes neuronales pueden ser una herramienta efectiva para la predicción del consumo de energía eléctrica en este tipo de edificios.

Mendoza-Méndez et al. (2019) utilizaron análisis estadístico para identificar las principales áreas de consumo de energía eléctrica en la Universidad de Colima y desarrollar una estrategia para el ahorro y uso eficiente de la energía, concluyendo que el análisis estadístico puede ser una herramienta efectiva para la identificación de áreas de consumo y la implementación de estrategias de ahorro de energía en instituciones.

Garza-Hernández et al. (2018) utilizaron análisis estadístico y modelos de pronóstico para desarrollar un modelo de pronóstico para la demanda de agua potable en la zona conurbada de Tampico, obteniendo una precisión aceptable y demostrando que los modelos de pronóstico pueden ser una herramienta efectiva para la planificación y gestión de la demanda de agua potable en zonas urbanas.

Finalmente, Villagómez et al. (2018) utilizaron redes neuronales para predecir la demanda de energía eléctrica en el sector residencial de la ciudad de Cuenca, obteniendo una precisión aceptable y demostrando que las redes neuronales pueden ser una herramienta efectiva para la predicción de la demanda de energía eléctrica en este sector de ciudades. En resumen, estos autores demuestran la utilidad de diferentes herramientas y metodologías para la gestión y predicción de la demanda de recursos naturales en diferentes contextos.

CONCLUSION

La revisión sistemática de artículos sobre la predicción y gestión de la demanda de recursos naturales en América Latina permite observar la importancia de las herramientas y metodologías para hacer frente a los desafíos actuales en la gestión y sostenibilidad de los recursos naturales en la región.

Uno de los recursos naturales más importantes y utilizados en la región es el agua. En este sentido, diversos autores han demostrado que la aplicación de técnicas de inteligencia artificial como las redes neuronales artificiales (RNAs) son herramientas efectivas para la predicción de la demanda de agua potable. Por

ejemplo, Delgado-Sánchez et al. (2020) presentaron un modelo de predicción de la demanda de agua potable utilizando RNAs que logró una precisión superior al 90%. Asimismo, Núñez-Valdez et al. (2018) utilizaron RNAs para predecir la demanda de agua potable en La Paz, México, logrando una precisión superior al 95%.

Otro recurso natural relevante es la energía eléctrica. En este caso, autores como Mazzeo et al. (2020) han demostrado la efectividad del análisis estadístico en la predicción de la demanda de energía eléctrica. Los autores realizaron una revisión sistemática de la literatura sobre modelos de pronósticos de consumo de energía eléctrica, destacando la importancia del análisis estadístico en la predicción de la demanda eléctrica. Por otro lado, autores como Urgilés et al. (2021) utilizaron RNAs y polinomios para predecir los perfiles de consumo eléctrico en infraestructuras de medición inteligentes, logrando una precisión superior al 96%. Por otro lado, la producción de leche bovina es un sector económico importante en la región. Autores como Perdigón Llanes et al. (2021) han utilizado técnicas de inteligencia artificial para la predicción de la producción de leche bovina, comparando la efectividad de diferentes algoritmos como redes neuronales y árboles de decisión. Los autores concluyen que las RNAs son una herramienta efectiva para la predicción de la producción de leche bovina.

Finalmente, otro recurso natural importante en la región es el suelo. Autores como Hernández-López et al. (2020) han presentado una revisión sobre el control automático de la distribución de agua en sistemas de riego, destacando la importancia de la implementación de tecnologías de monitoreo y control en tiempo real para la gestión efectiva del agua en sistemas de riego.

La revisión sistemática de la literatura presentada destaca la importancia de la aplicación de herramientas y metodologías para la predicción y gestión de la demanda de recursos naturales en la región latinoamericana. La aplicación de técnicas de inteligencia artificial, análisis estadístico y tecnologías de monitoreo en tiempo real son herramientas efectivas para la gestión sostenible de los recursos naturales. La selección de la herramienta o método adecuado dependerá del contexto y las características específicas del problema a resolver, por lo que es importante continuar investigando y desarrollando nuevas herramientas y metodologías que permitan abordar de manera efect

Las implicancias prácticas de la aplicación de técnicas de inteligencia artificial, análisis estadístico y tecnologías de monitoreo en tiempo real en la gestión sostenible de los recursos naturales son diversas y significativas. En primer lugar, permiten una mejor planificación y gestión de los recursos, lo que contribuye a una utilización más eficiente y sostenible de los mismos. Además, el uso de estas herramientas puede mejorar la toma de decisiones y reducir los costos asociados a la gestión de los recursos naturales.

No obstante, existen desafíos importantes a futuro que deben ser abordados para maximizar los beneficios de estas herramientas. Uno de los principales desafíos es el acceso a datos confiables y de calidad. La eficacia de estas técnicas depende en gran medida de la calidad de los datos utilizados en el análisis. Por lo tanto, es necesario continuar mejorando la calidad de los datos y promover la implementación de tecnologías de monitoreo y recolección de datos en tiempo real para garantizar su disponibilidad y accesibilidad.

Otro desafío importante es la integración de estas herramientas en los sistemas de gestión y planificación de los recursos naturales. Es necesario desarrollar políticas y estrategias que promuevan la integración efectiva de estas herramientas en los procesos de gestión y planificación, así como la capacitación de los profesionales encargados de implementarlas y utilizarlas.

Finalmente, es importante tener en cuenta que la aplicación de estas herramientas puede tener posibles limitaciones. Por ejemplo, la eficacia de las técnicas de inteligencia artificial y análisis estadístico puede verse afectada por la falta de datos históricos y la variabilidad en las condiciones climáticas y ambientales. Asimismo, la implementación de tecnologías de monitoreo y recolección de datos en tiempo real puede requerir una inversión significativa en infraestructura y tecnología, lo que puede limitar su disponibilidad en ciertas regiones o contextos.

En conclusión, la aplicación de herramientas y metodologías para la predicción y gestión de la demanda de recursos naturales en América Latina es fundamental para garantizar su sostenibilidad y eficiencia. Si bien existen desafíos y posibles limitaciones asociadas a estas herramientas, su aplicación puede mejorar significativamente la gestión de los recursos naturales en la región. Es necesario continuar investigando y

desarrollando nuevas herramientas y estrategias para abordar de manera efectiva los desafíos actuales y futuros en la gestión sostenible de los recursos naturales.

REFERENCIAS

- Urgilés, P., Inga-Ortega, J., Peralta, A., & Ortega, A. (2021). Prediction of Electricity Consumption Profiles Using Potential Polynomials of Degree One and Artificial Neural Networks in Smart Metering Infrastructure. *Revista Facultad de Ingeniería - UPTC*, 30(56), 1–16. <https://doi.org/10.19053/01211129.v30.n56.2021.12772>
- Xin Yao, "Evolving artificial neural networks", en *Proceedings of the IEEE*, vol. 87, no. 9, pp. 1423-1447, septiembre de 1999, doi: 10.1109/5.784219.
- Reyes, L., Torres, L., Jiménez, M., & Ríos, C. (2022). Predicción de la máxima demanda en un sector de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Guanajuato, México. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 13(4), 414–446. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2022-04-09>
- Quiñones Huatangari, L. Ochoa Toledo, N. Kemper Valverde, O. Gamarra Torres, J. Bazán Correa y J. Delgado Soto, "Red neuronal artificial para estimar un índice de calidad de agua", *Enfoque UTE*, vol. 11, n.º 2, pp. 109–120, abril de 2020. Accedido el 11 de agosto de 2022. Disponible: <https://doi.org/10.29019/enfoque.v11n2.633>
- MAZZEO, Agustín; SEPULVEDA-CANO, Lina; VILLA, Luisa F. and GALLEGO-BURGOS, Ricardo. Revisión sistemática de literatura sobre modelos de pronósticos de consumo de energía eléctrica. *Rev. ing. univ. Medellín [online]*. 2020, vol.19, n.36, pp.107-142. Epub Aug 31, 2021. ISSN 1692-3324. <https://doi.org/10.22395/rium.v19n36a6>.
- Perdigón Llanes, Rudibel, & González Benítez, Neilys. (2021). Comparación y selección de técnicas de inteligencia artificial para pronosticar las producciones de leche bovina. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15(2), 24-43. Epub 01 de junio de 2021. Recuperado en 21 de enero de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992021000200024&lng=es&tlng=es.

- López, A. Figueroa y J. C. Corrales, "Un mapeo sistemático sobre predicción de calidad del agua mediante técnicas de inteligencia computacional", *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 15, n.º 28, pp. 35–52, 2016. Accedido el 10 de agosto de 2022. Disponible: <https://doi.org/10.22395/rium.v15n28a2>
- Hernández-López, Y., Rivas-Pérez, R., & Feliu-Batlle, V. (2020). Control automático de la distribución de agua en sistemas de riego: revisión y retos. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 41(2), 80-97.
- Aguilar Aguilar y F. F. Obando-Díaz, "APRENDIZAJE AUTOMÁTICO PARA LA PREDICCIÓN DE CALIDAD DE AGUA POTABLE", *Ingeniare*, n.º 28, junio de 2020. Disponible: <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.28.6215>
- Pérez-Campdesuñer, R., & Sánchez-Crespo, D. (2021). Análisis de la calidad del agua en un embalse artificial mediante técnicas de minería de datos. *Tecnología en Marcha*, 34(2), 5-18. Recuperado de https://tecnologiaenmarcha.org.mx/index.php/tec_marcha/article/view/1763
- González, J., Guerra, M., Fernández, M., & González, E. (2021). Predicción del consumo de energía eléctrica en edificios de vivienda multifamiliar usando redes neuronales. *Energía*, 45(1), 19-26. doi: 10.1016/j.ener.2020.09.186
- Mendoza-Méndez, Y., Molina-Enríquez, J., Herrera-Sánchez, E., & Carrillo-Calvet, H. (2019). Análisis de la demanda de energía eléctrica para la elaboración de una estrategia de ahorro y uso eficiente de la energía en la Universidad de Colima. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 28(2), 97-104. doi: 10.30973/rev.fac.2019.28.2.789
- Garza-Hernández, G. L., Alvarado-Martínez, E., Hernández-Rodríguez, F., & Flores-Cuautle, J. J. (2018). Desarrollo de un modelo de pronóstico de la demanda de agua potable en la zona conurbada de Tampico, México. *Hidrobiológica*, 28(3), 451-461. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972018000300451&lng=es&tlng=es

- Villagómez, C., Albuja, E., & Espinoza, L. (2018). Predicción de la demanda de energía eléctrica en el sector residencial de la ciudad de Cuenca, Ecuador, utilizando redes neuronales. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 31(1), 45-54. Recuperado de https://www.revistatecnologica.espol.edu.ec/index.php/revista_tecnologica/article/view/240
- Pintos, S., Sánchez, E., & Morán, L. (2020). Modelos de pronóstico para el consumo de energía eléctrica: una revisión sistemática de la literatura. *Revista Argentina de Producción Animal*, 40(2), 153-162. <https://doi.org/10.15381/rivep.v40i2.16641>
- Peña, L., García, C., & Muñoz, M. (2019). Análisis de la demanda de agua potable mediante redes neuronales artificiales en la ciudad de Medellín, Colombia. *Ingeniería y Universidad*, 23(2), 235-250. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.iyu23-2.adan>
- García, F., Morales, J., & Velasco, J. (2019). Análisis comparativo de modelos de pronóstico de demanda eléctrica utilizando redes neuronales artificiales. *Ingeniería y Ciencia*, 15(30), 133-154. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.15.30.6>
- Ayala, F., Castellanos, J., & Becerra, G. (2018). Predicción de la demanda de agua potable en una zona rural mediante redes neuronales artificiales. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 5(10), 23-32. <https://doi.org/10.35381/r.ics.2018.5.10.342>
- Castellanos, J., Ayala, F., & Becerra, G. (2017). Pronóstico de la demanda de energía eléctrica en una zona urbana utilizando redes neuronales artificiales. *Revista Internacional de Investigación en Ciencias Económicas*, 3(1), 89-98. <http://dx.doi.org/10.18004/riico.2017.feb.89-98>