

Categoría: Congreso Científico de la Fundación Salud, Ciencia y Tecnología 2023

REVISIÓN

Machine Learning for predicting climate change in the environment: Review

Machine Learning para la predicción de cambios climáticos en el medio ambiente: Revisión

Brescia Fernández-Baldeón¹  , Deyvis Quino-Pulache²  , Brian Meneses-Claudio³  

¹Facultad de Ingeniería. Universidad Tecnológica del Perú, Perú.

²Facultad de Negocios. Universidad Tecnológica del Perú, Perú.

Citar como: Fernández-Baldeón B, Quino-Pulache D, Meneses-Claudio B. Machine Learning para la predicción de cambios climáticos en el medio ambiente: Revisión. Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias 2023; 2:465
<https://doi.org/10.56294/sctconf2023465>

Recibido: 08-06-2023

Revisado: 07-08-2023

Aceptado: 09-10-2023

Publicado: 10-10-2023

ABSTRACT

Climate changes currently occur abruptly and immediately being unpredictable by the population, causing damage and material losses, but with the support of current technologies, such as artificial intelligence: machine learning, will help us to anticipate these events. Therefore, this review aims to analyze the effectiveness of machine learning for the prediction of climate changes in the environment, to provide the validity of its performance and improvement. The methodology employed in this systematic review consisted of using PICO to establish eligibility criteria by grouping them into components that were finally reduced to PIOC, with which the following question was established, To what extent does Machine Learning improve the prediction of climate changes in the environment? which gave way to the development of the keywords for the creation of the search equation. Subsequently, the PRISMA methodology was used to discard articles by exclusion and inclusion, starting with a base of 2020 articles and after applying all the filters, 22 articles were included in the SLR. The results showed that machine learning showed superior performance in unraveling complex and interactive associations between environment and plant diversity, furthermore the ELM method generally provided superior accuracy to the other methods in predicting monthly soil temperatures at various depths. It was concluded that machine learning is an effective method that stands out among the other types of artificial intelligence showing a positive relationship to predict temperature changes in the environment, according to the approach presented, the most effective model that suits the research should be applied to obtain better results.

Keywords: Machine Learning; Climate change; Prediction; Environment.

RESUMEN

Los cambios climáticos actualmente se presentan de manera brusca e inmediatamente siendo impredecibles por la población, ocasionando daños y pérdidas materiales, pero con el apoyo de las tecnologías presentes, como lo es la inteligencia artificial: machine learning, nos va a ayudar a anticipar estos hechos. Por lo tanto, esta revisión tiene como objetivo analizar la efectividad de machine learning

para la predicción de cambios climáticos en el medio ambiente, para proporcionar la validez de su rendimiento y mejora. La metodología empleada en esta revisión sistemática consistió en utilizar PICO para establecer criterios de elegibilidad agrupándolos en componentes que finalmente se redujo a PIOC, con lo que se estableció la siguiente pregunta, ¿En qué medida el *Machine Learning* mejora la predicción de cambios climáticos en el medio ambiente? que dio paso al desarrollo de las palabras claves para la creación de la ecuación de búsqueda. Consiguientemente se utilizó la metodología PRISMA para el descarte de artículos mediante la exclusión e inclusión, se inició con una base de 2020 artículos y después de haber aplicado todos los filtros resultaron 22 artículos que serán incluidos en la RSL. Los resultados mostraron que machine learning mostró un rendimiento superior para desentrañar asociaciones complejas e interactivas entre el medio ambiente y la diversidad vegetal, además el método ELM generalmente proporcionó una precisión superior a los otros métodos para predecir las temperaturas mensuales del suelo a varias profundidades. Se llegó a la conclusión de que machine learning es un método efectivo y que destaca entre los demás tipos de inteligencia artificial mostrando una relación positiva para predecir cambios de temperatura en el ambiente, de acuerdo con el enfoque que se le presente se debe aplicar el modelo más efectivo que se adecue a la investigación para obtener mejores resultados.

Palabras clave: Machine Learning; Cambio Climático; Predicción; Ambiente.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años el Perú ha sufrido cambios climáticos fuertes. Una de las razones son los desastres naturales que se han venido dando alrededor del mundo.⁽¹⁾ Uno de los desastres naturales que ha sufrido nuestro país es el Fenómeno del Niño, en el 2017, que dejó más de 1,7 millones de personas damnificadas.⁽²⁾ Este desastre se originó por interacciones inestables entre el océano y la atmósfera, que provocaron que la temperatura del agua incrementara en toda la franja ecuatorial del océano Pacífico.⁽³⁾ Los efectos se sienten alrededor del mundo, lluvias monzónicas en India, inviernos más fríos en Europa, tifones en Asia y sequías en Indonesia y Australia.⁽⁴⁾ Sin embargo, cuando la temperatura del agua aumenta solo en la zona costera del Perú y Ecuador, las anomalías en la forma de lluvias torrenciales se limitan solo a Perú y Ecuador. Durante este año, 2023, otro fenómeno ha ocurrido, el ciclón Yaku, que dejó 69 muertes y más de 10 mil damnificados a nivel nacional. Todos estos hechos ocurridos en nuestro país nos demuestran las grandes consecuencias del cambio climático, que van provocando daños irreversibles en el mundo.^(4,5,6,7)

Actualmente, a pesar de los continuos desastres ocasionados por la naturaleza, en el Perú no existen medidas de prevención que realmente colaboren con la reducción de daños luego del desastre, tampoco existe la información suficiente que ayude a la población a estar lista para este tipo de acontecimientos, saber qué hacer en ese tipo de situaciones, cómo afrontarlas y qué medidas tomar luego del suceso.⁽⁸⁾ Es claro que, las autoridades peruanas no muestran interés por tratar de mejorar esta situación, que a pesar de que el desastre del Fenómeno del Niño viene afectando fuertemente al país desde 1998, muchas ciudades del norte del país no cuentan con sistema de drenaje, que ayudaría a drenar el agua acumulada de las fuertes lluvias que este desastre ocasiona, por lo que impacta gravemente a la ciudad en cada visita del fenómeno y la población sigue sufriendo las consecuencias.⁽⁹⁾

Además, el país tampoco cuenta con un sistema de predicción capaz de alertar a la población a cerca de posibles cambios meteorológicos que pueden desencadenar un desastre natural que el país no está preparado para recibir.^(10,11)

Este conjunto de sucesos muestra el punto de partida para ejecutar un sistema de predicción, capaz de alertar a la población sobre posibles desastres naturales. Se espera que con un sistema así, se reduzca el número de damnificados, las muertes y las pérdidas materiales que en desastres anteriores

dejaron a muchas personas sin lo suficiente para tener una vida digna.⁽¹²⁾

Podemos prevenir los daños que estos desastres causan a la población, gracias a la tecnología, ahora existe la posibilidad de predecir este tipo de cambios y que las autoridades correspondientes puedan elaborar planes de prevención para la población. Latecnología que se ha empleado es el Machine Learning, que desarrolla técnicas de aprendizaje, que, con el uso de variables, datos, experiencias, patrones, entre otros, es capaz de resolver problemas en base a una tendencia o comportamiento.⁽¹³⁾

Este tipo de tecnología ha sido empleada en Canadá, y afirman que la variable de la temperatura influye grandemente en la predicción climática y reduce en un gran porcentaje el margen de error. En esa investigación se logró una precisión del 96 % y ayudó a predecir fuertes inundaciones en el país.⁽¹⁴⁾

La importancia de que se emplee el machine Machine Learning en la predicción de cambios climáticos es justamente su eficiencia y exactitud por sobre una predicción humana, además de ser automática y poder almacenar gran cantidad de información, más que un equipo de investigadores, meteorólogos u otros especialistas.⁽¹⁵⁾

Es por ello que la presente revisión, tiene como objetivo analizar la efectividad de esta Inteligencia Artificial con técnicas de machine learning, para proporcionar la validez de su rendimiento y mejora ante pruebas de predicción de cambios climáticos en el medio ambiente.⁽¹⁶⁾

De tal manera, el documento se encuentra organizado con la siguiente estructura. La próxima sección que es la segunda, representa la Metodología que se ha utilizado, dando a conocer el desglosamiento del tema representada en preguntas y una variedad de filtros para acabar con un grupo reducido de documentos. La tercera sección, llamada Resultados, muestra la interpretación del análisis de los documentos obtenidos, teniendo dos tipos de resultados de análisis bibliométricos y de análisis de contenido. En la cuarta sección, Discusión, se confrontan una variedad de técnicas de machine learning aplicadas con distintos enfoques por parte de los autores, ocasionando una controversia. Por último, en esta sección llamada Conclusiones se dan a conocer los hallazgos más relevantes y complicaciones que trajo este estudio de RSL.

METODOLOGÍA

Esta revisión sistemática de la literatura se desarrolló teniendo como apoyo de PICO, marco de referencia que en la mayoría de los casos es utilizado como ayuda para establecer criterios de elegibilidad. Además, es importante tener en cuenta que este marco se divide en componentes que ayudaran al formulado de la pregunta los cuales son Problema, Intervención, Contexto/Comparación y Resultados. Y como segundo recurso se usó la metodología PRISMA que significa, *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*, que está basado en un proceso de selección bajo un estándar de reportes basados en evidencias y planteados en un flujograma.^(17,18,19,20)

Se inició con el planteamiento de la pregunta PICO, donde se establecieron los componentes de acuerdo con el tema de la investigación, no se tomaron en cuenta todos los componentes PICO, debido a que las necesidades de la investigación no lo requerían. En primer lugar, se estableció el componente del Problema, el cambio climático; luego, se estableció el componente de Intervención, *Machine Learning* empleado en el cambio climático; seguidamente, se estableció el componente de Resultados, mejora de predicciones climáticas; y finalmente, se estableció el componente de Contexto, medio ambiente.

De acuerdo con los componentes empleados, se redujo a PIOC, Problema, Intervención, Resultados y Contexto. Con lo que se estableció la siguiente pregunta, ¿En qué medida el *Machine Learning* mejora la predicción de cambios climáticos en el medio ambiente?

Con la pregunta, se establecieron las siguientes preguntas derivadas, ¿Cómo se ha definido el cambio climático?, ¿En qué tipo de medio ambiente se ha realizado la investigación?, ¿Qué medida tecnológica se aplicado para la predicción climática? y ¿Qué resultados se han obtenido con *Machine Learning*?

A continuación, se identificaron las palabras clave asociadas a cada componente del marco de referencia PICO, para el componente Problema, clima, temperatura, cambios climáticos, calentamiento global,

calentamiento. Para el componente Intervención, aprendizaje automático, inteligencia artificial. Para el componente de Resultados, predicción, predecir, proyectar, pronosticar. Finalmente, para el componente de Contexto, medio ambiente, atmósfera, ambiente.

Para continuar al siguiente paso del marco de referencia PICO se buscaron las palabras claves establecidas en inglés. De este modo, se organizaron las palabras claves de acuerdo a la sintaxis de la ecuación de búsqueda para cada componente, para el componente Problema, (climate OR temperature OR "climate chang*" OR "global warming" OR overheating), para el componente Intervención, ("machine learning" OR "artificial intelligence" OR "machine intelligence" OR ml OR ia), para el componente Resultados, (prediction OR predict OR projection OR guess) y para el componente Contexto, (environment OR atmosphere OR surroundings). Obteniendo como resultado la ecuación de búsqueda: (climate OR temperature OR "climate chang*" OR "global warming" OR overheating) AND ("machine learning" OR "artificial intelligence" OR "machine intelligence" OR ml OR ia) AND (prediction OR predict OR projection OR guess) AND (environment OR atmosphere OR surroundings).

Por otra parte, se establecieron los criterios de inclusión y exclusión basados en el contenido esperado de los artículos que se revisarán. Como criterios de inclusión, se espera que los estudios incluidos aborden el tema de cambio climático, se espera que los estudios apliquen en su investigación métodos de predicción climática, además que los estudios se hallan desarrollado con tecnologías de aprendizaje automático. Como criterios de exclusión, investigaciones que empleen otro tipo de tecnología diferente al aprendizaje automático, también, que no correspondan a artículo original, además, publicaciones en idiomas diferentes a inglés y español, finalmente, documentos anteriores al año 2018. Estos criterios fueron basados en las necesidades de información para el desarrollo de la investigación.

De este modo, se procedió a la búsqueda de información en la base de datos "Scopus", añadiendo cada ecuación de búsqueda de cada componente al buscador de "Scopus". Como resultado de la búsqueda de inició el proceso de selección, que se realizó mediante la metodología PRISMA. El proceso de búsqueda planteado dio como resultado una base de 2020 archivos, siendo esta la cantidad para iniciar el diagrama de flujo PRISMA.

En primer lugar, se requiere de información que esté relacionada con el tema principal de la investigación, y de acuerdo con la metodología PRISMA como primera acción se realizó descarte por título de documento, excluyendo 1 411 documentos y dando paso a trabajar con 609 documentos. En segundo lugar, que no supere en antigüedad al año 2018, al tratarse de un tema tecnológico que ha surgido en los últimos años y se ha logrado desarrollar con amplitud estos últimos tres años, se requiere información actual. En segundo lugar, se necesitan de artículos escritos en el idioma español o inglés, debido a los idiomas manejables por los investigadores. En tercer lugar, únicamente se tomará información de artículos científicos, que debido a su impacto colaborarán en gran medida con la investigación. En cuarto lugar, debido a la facilidad de acceso se tomarán únicamente artículos que tengan libre disponibilidad de acceso. Aplicando todos estos filtros, se excluyeron 277 documentos, la base se redujo a 332 artículos, con los que continuó el proceso de selección. En quinto lugar, se tuvo que recurrir según la metodología al descarte por documentos no encontrado a texto completo (PDF), quedando descartados 126 artículos y dando paso con 206 documentos a la siguiente fase de descarte por criterios. En esta fase de selección por criterios de exclusión, se establecieron tres de ellos siendo los que más se acoplaban a las necesidades de nuestra investigación, el primero, el artículo debe incluir el tema de *Machine Learning*, aquí se descartaron 19 documentos, el segundo criterio, el artículo muestra una predicción basada en *Machine Learning*, se excluyeron 140 documentos y como último criterio, el artículo debía investigar temas relacionados a clima, temperatura y ambiente, después de haber aplicado todos los filtros resultaron 22 artículos que serán incluidos en la RSL.

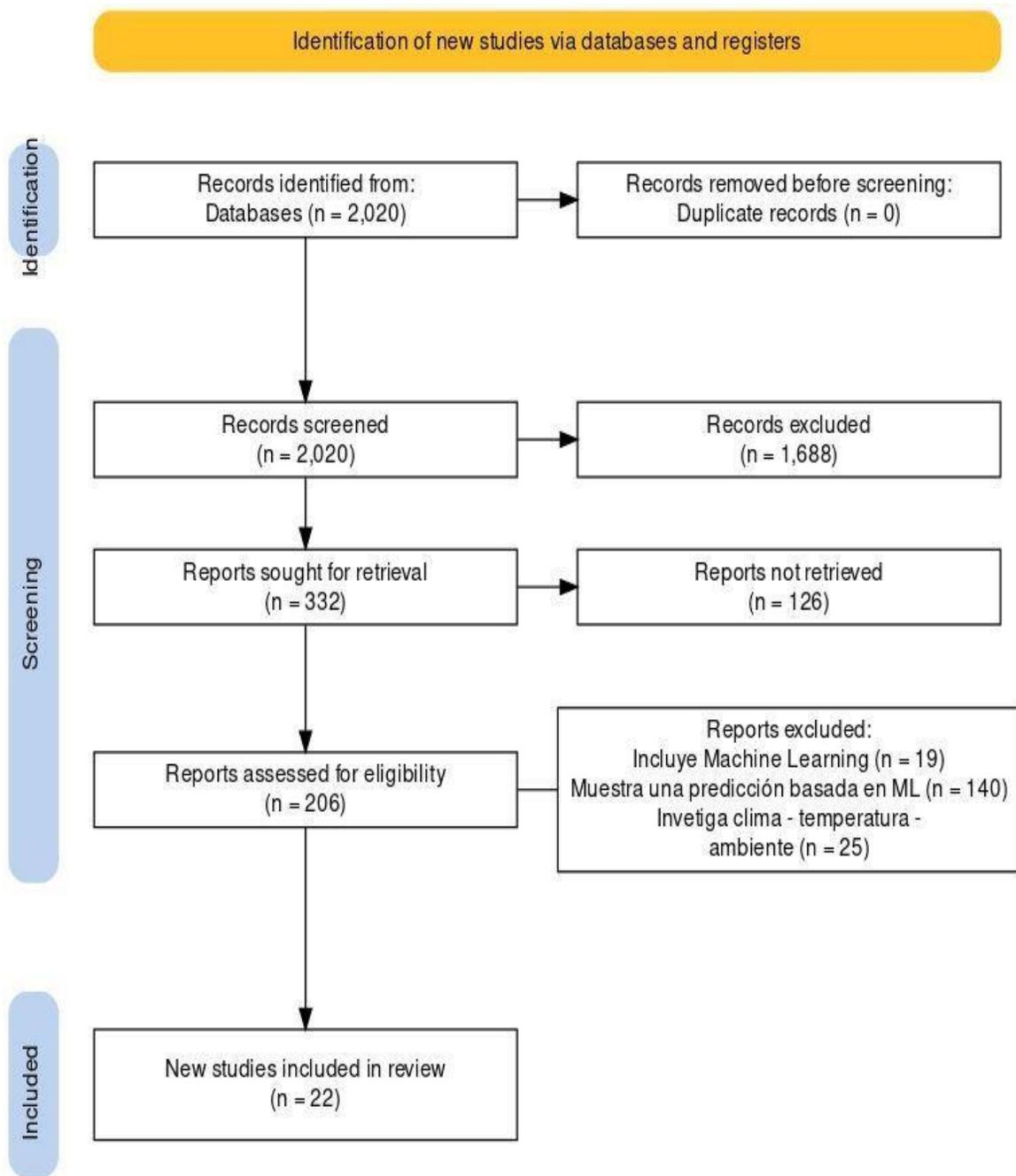


Figura 1. Diagrama de Flujo PRISMA

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se dará respuesta a las preguntas de investigación mencionadas en base a los hallazgos de esta revisión. Se mostrará el detalle de los 22 artículos extraídos.

RQ1: ¿Cuál es la distribución de los artículos publicados relacionados con las técnicas de detección de rostros vivos por año, publicación y tipo de publicación?

Los artículos de investigación empleados fueron publicados durante los últimos cinco años.

El número máximo de artículos publicados fue en el año 2022, mientras que solo un artículo empleado fue publicado el año 2018. El 59 % de los artículos fueron publicados en el año 2022 y parte de este año 2023. ^(21,22,23,24)

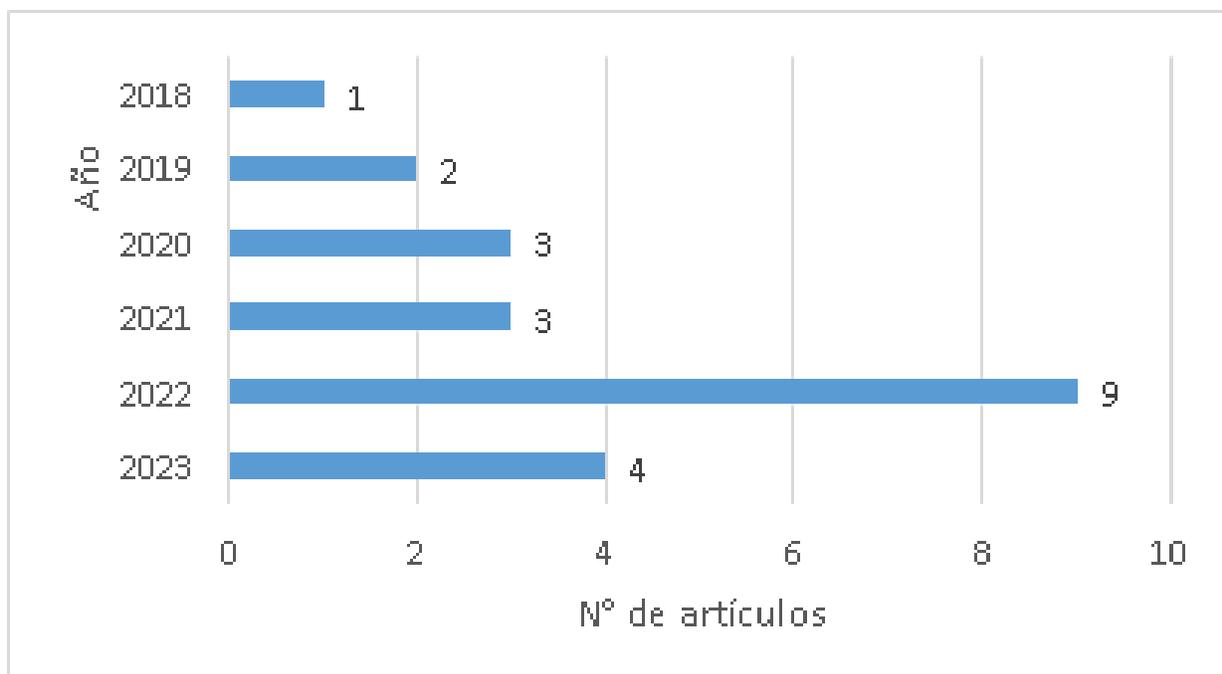


Figura 2. Año de los artículos de publicación

RQ2: ¿Qué definición de cambio climático fue empleada por el estudio?

De acuerdo con las cinco definiciones más resaltantes extraídas de los artículos, los estudios toman al cambio climático como responsable de muchas catástrofes ocurridas en el mundo, un medio que influye en las condiciones de vida de los humanos y que continuará dando fuertes consecuencias.^(22,25,26,27,28)

Tabla 1. Definición del Cambio Climático

| Autores | Cambio Climático |
|----------------------------|---|
| Malakouti S.M. 2023 | El cambio climático afecta la vida de las personas. Según las proyecciones, el cambio climático afectará significativamente la calidad del agua de los ríos en muchas partes del mundo o aumentará la probabilidad de catástrofes relacionadas con el agua, incluidas inundaciones urbanas y sequías severas. |
| Cai L. et al. 2023 | El cambio climático ha influido en los patrones de diversidad a través del aislamiento biótico alterado y el intercambio o cambios en el rango de especies. |
| Boesgaard C. et al. 2022 | El clima también influye en las condiciones de vida de insectos, plagas y microorganismos, y la alta humedad puede acelerar tales ataques. |
| Diz-Mellado E. et al. 2021 | El cambio climático trae como consecuencias altas temperaturas que no son muy favorables cuando se trata de ciudades con alta concentración de población, esta combinación de factores acentuará otros problemas ambientales relacionados con el confort térmico humano, como el llamado efecto Isla de Calor Urbano. |
| Anderson G.J. et al. 2018 | Los modelos climáticos son útiles para realizar proyecciones futuras de fenómenos climáticos importantes. |

RQ3: ¿Qué definición de machine learning fue empleada por el estudio?

Se extrajeron las siete definiciones más relevantes de los estudios, en las que lo define como una herramienta novedosa, basado en sistemas adaptativos y algoritmos, que son capaces de analizar grandes conjuntos de datos con los que es capaz de dar un enfoque probabilístico a sus resultados.^(29,30,31)

| Tabla 2. Definición de Machine Learning | |
|---|--|
| Autores | Definición de Machine Learning |
| Malakouti S.M. 2023 | Es un método prometedor para problemas de predicción de series temporales como la predicción del clima, y los sistemas adaptativos son más capaces de manejar datos dinámicos. |
| Mansour K. et al. 2023 | Es un enfoque probabilístico bayesiano no paramétrico basado en kernel para resolver problemas de regresión. Es un proceso estocástico que produce buenos resultados en términos de desarrollo de un modelo de calibración para conjuntos de datos tanto lineales como no lineales |
| Novi L. et al. 2022 | Es un algoritmo de redes complejas desarrollado para la reducción de la dimensionalidad y la inferencia de redes y relacionado con la agrupación, las estadísticas multivariadas y la detección de comunidades. |
| Westhues C.C. et al. 2022 | Es empleado para predecir rasgos cuantitativos basados en esquemas de validación cruzada (CV) relevantes para conjuntos de datos MET |
| Wang S.S. et al. 2022 | Es una herramienta novedosa para avanzar en el modelado, dadas sus fortalezas para resolver las complejas relaciones entre el objetivo y las variables predictoras. |
| Huang Z. et al. 2020 | El aprendizaje automático proporciona una capacidad a los sistemas para aprender y mejorar a partir de la experiencia |
| Khandakar A. et al. 2019 | El aprendizaje automático opera sin ningún conocimiento a priori del sistema bajo consideración. Intentan “comprender” la relación entre entradas y salidas analizando adecuadamente un conjunto de datos |

RQ4: ¿Cómo se usó el machine learning en el estudio?

De acuerdo con el análisis realizado de los artículos, estos emplearon el machine learning de siete diferentes formas. Los usos predominantes fueron, 10 para la predicción de la temperatura en un ambiente definido, y otros 7 compararon diversos tipos de aprendizajes automáticos como Machine learning, Redes neuronales, entre otros. ^(32,33,34,35)

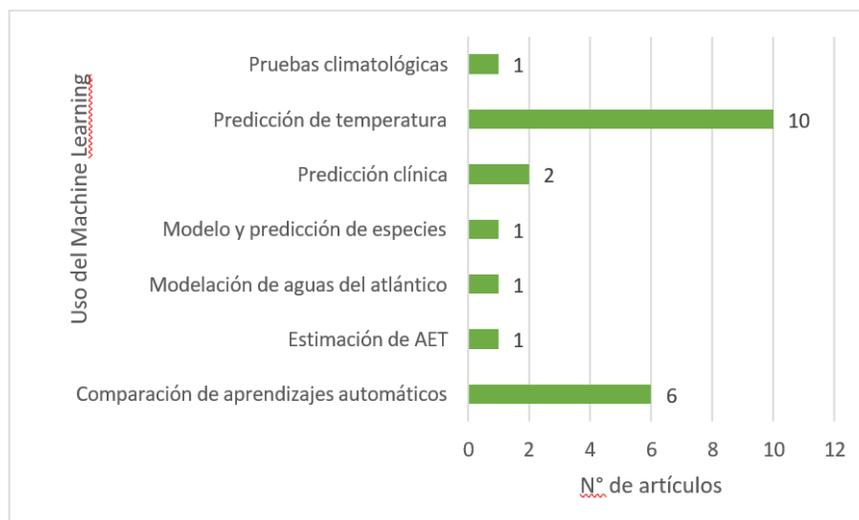


Figura 3. Usos del Machine Learning

RQ5: ¿En qué país o entorno se ha desarrollado el estudio?

Los estudios fueron desarrollados en diversas partes del mundo, el 64 % de ellos fue desarrollado en

un país en específico, sin embargo, 8 de ellos fueron desarrollados a nivel global, es decir, emplearon datos de todo el mundo y también su investigación fue dirigida a todos los entornos a nivel mundial. (31,36,37,38)

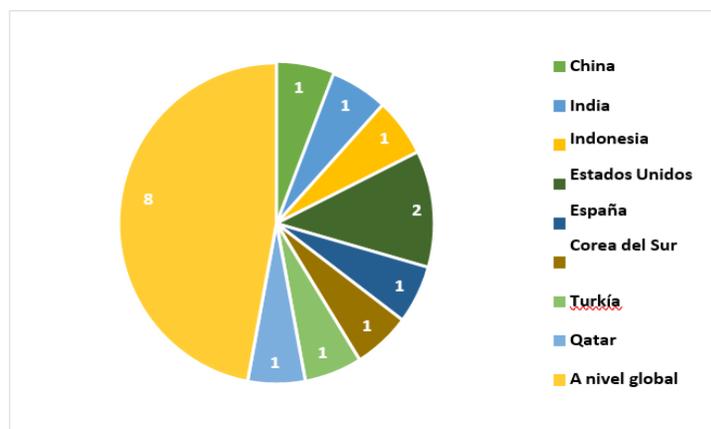


Figura 4. Entorno de desarrollo del estudio.

RQ6: ¿Hay alguna afirmación significativa hecha por el estudio?

Luego de la revisión de los artículos, se extrajeron las afirmaciones significativas más importantes del estudio. Como la más importante resaltamos el hecho de que no hay formade detener el calentamiento global inmediatamente. Por otro lado, el resto de las afirmaciones significativas muestran resultados positivos en la aplicación de inteligencias artificiales en sus estudios. (39,40,41,42,43,44)

| Tabla 3. Afirmaciones significativas de los estudios | |
|--|---|
| Autores | Afirmación significativa del estudio |
| Malakouti S.M. et al. 2023 | No podemos detener el calentamiento global de la noche a la mañana, podemos reducir las emisiones humanas de gases que atrapan el calor y hollín (también conocido como “carbono negro”) para disminuir el ritmo y restringir la cantidad del calentamiento global. |
| Mansour K. et al. 2023 | El Proceso de Regresión Gausseana exponencial óptima captura hasta el 71 % de la concentración superficial observada de NA DMS, lo que mejora sustancialmente la fuerza predictiva sobre los algoritmos empíricos tradicionales. |
| Boesgaard C. et al. 2022 | Las tecnologías de aprendizaje automático pueden revelar nuevos conocimientos e ideas a partir de datos recopilados durante décadas en instituciones patrimoniales. |
| Lionis A. et al. 2021 | Los resultados mostraron una mejora significativa en comparación con las técnicas tradicionales de modelado de regresión (es decir, 2 y el RMSE fue extremadamente prometedor para un modelo predictivo aún más complejo). |
| Diz-Mellado E. et al. 2021 | Se puede afirmar que la nueva aplicación propuesta para el método ML es útil para el desarrollo de herramientas de diseño y medición capaces de modelar el microclima complejo. |
| Yadav S.S. et al. 2019 | La precisión de predicción del algoritmo FRF es mejor que otros enfoques de aprendizaje. |
| Khandakar A. et al. 2019 | Los modelos ANN entrenados son más simples y se pueden usar para predecir con precisión la potencia de salida de los sistemas fotovoltaicos con una complejidad computacional mínima. |

RQ7: ¿Cuál fue el objetivo del estudio?

Lo diferentes artículos tuvieron un objetivo relacionado con un sistema de predicción, enfocados cada uno de diferente forma. El 64 % tuvo de objetivo elaborar un sistema de predicción, el 23 % analizar un modelo predictivo ya existente y en funcionamiento. Mientrasque el 13 % se enfocó de diferente forma por sobre los sistemas predictivos. ^(45,46,47,48,49)

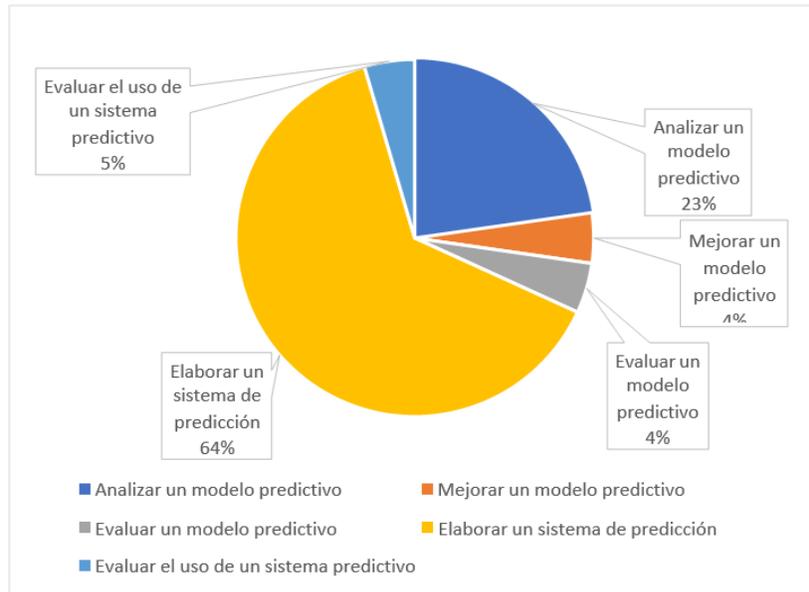


Figura 5. Objetivos del estudio

RQ8: ¿Cuáles son las conclusiones del estudio?

Los diversos estudios concluyeron la eficiencia de los diversos tipos de aprendizajes automáticos empleados. Muchos de ellos sufrieron comparaciones, en su mayoría se concluyeron que el Machine learning resulta adecuado para objetivos de predicción.⁽⁵¹⁾

| Tabla 4. Conclusiones de los estudios | |
|---------------------------------------|--|
| Autores | Conclusiones del estudio |
| Cai L. et al. 2023 | Los métodos de aprendizaje automático ayudan a mejorar tanto la comprensión fundamental como el conocimiento cuantitativo en biogeografía y macroecología. |
| Boesgaard C. et al. 2022 | Las tecnologías de aprendizaje automático pueden revelar nuevos conocimientos e ideas a partir de datos recopilados durante décadas en instituciones patrimoniales, y creemos que la tecnología se puede utilizar para desarrollar un control eficaz del entorno interior basado en datos. |
| Wang S.S. et al. 2022 | El modelo ML con SHAP proporciona un enfoque diferente y novedoso para simular emisiones de incendios con mayor precisión e identificar las variables predictoras importantes. |
| Lionis A. et al. 2021 | El rendimiento superlativo de los enfoques de ML en comparación con el método de regresión de uso común indica que, en primer lugar, ML es la opción de modelado adecuada cuando el objetivo es la predicción general y el volumen de datos es alto; segundo, permite la capacidad de ajustar hiperparámetros por enfoque de ML para permitir un rendimiento óptimo; |

| | |
|-------------------------|--|
| Kim N. et al. 2020 | Nuestro modelo ML superó al producto MODIS para tierras de cultivo en Corea del Sur porque el modelo ML se optimizó localmente para Corea del Sur, mientras que MODIS PET no lo fue. |
| Alizamir M. et al. 2020 | El método ELM generalmente proporcionó una precisión superior a los otros métodos para predecir las temperaturas mensuales del suelo a varias profundidades. |
| Yadav S.S. et al. 2019 | El algoritmo de aprendizaje automático propuesto proporciona la mejor precisión que otros enfoques de aprendizaje automático con una complejidad de tiempo mínima |
| Anderson G. et al. 2018 | Usando el aprendizaje automático y un conjunto de parámetros perturbados de resolución múltiple, entrenamos bosques aleatorios para hacer predicciones de alta resolución para dos variables climáticas importantes: el flujo de energía TOA promedio anual global y la precipitación promedio anual global. |

RQ9: ¿Qué métodos se han empleado en el desarrollo del estudio?

En los estudios se emplearon diversas IA, cada una con un objetivo propio. Se emplearon 3 tipos de IA principalmente, Machine Learning, Redes neuronales y Redes neuronales artificiales. El 82 % de los estudios emplearon Machine learning para su desarrollo.⁽⁵²⁾

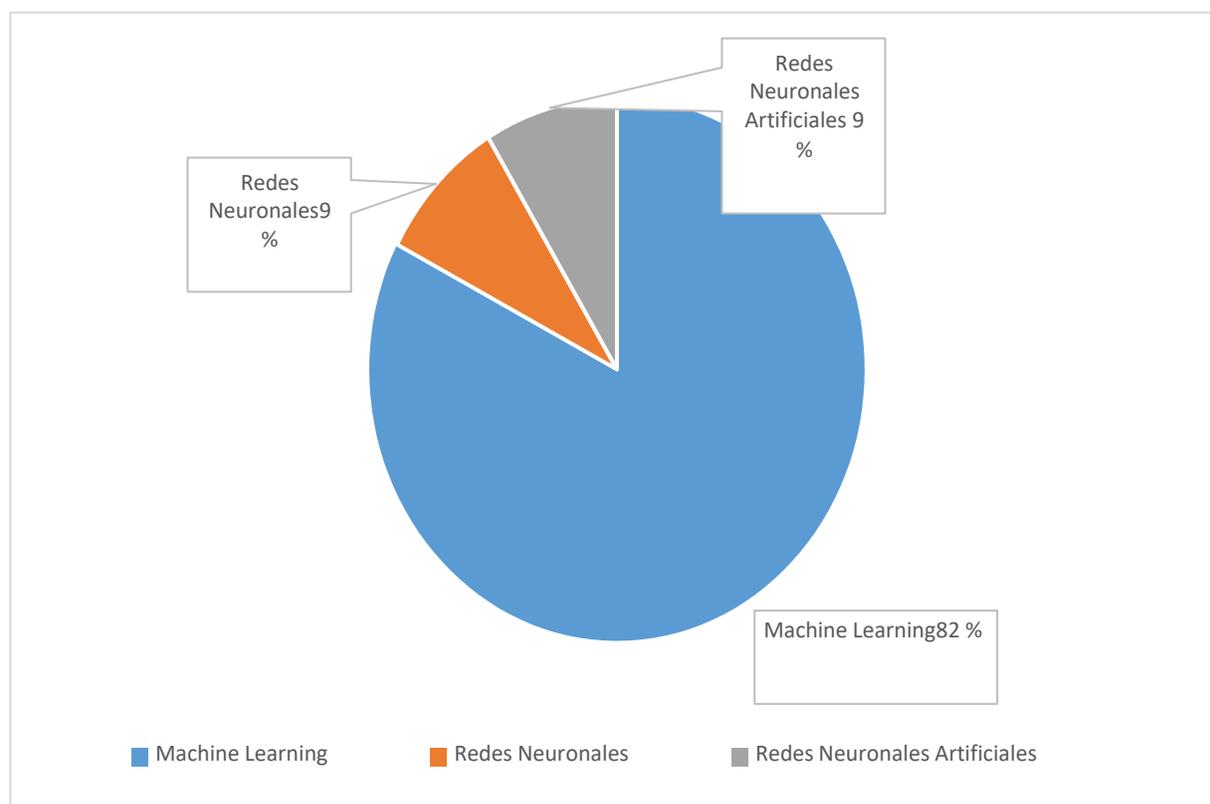


Figura 6. Métodos empleados en los estudios

RQ10: ¿Cuáles fueron los resultados obtenidos por el estudio?

Finalizando con la revisión de los artículos, se revisaron también los resultados obtenidos, los modelos de aprendizaje automático resultaron totalmente efectivos para la predicción.⁽⁵³⁾

| Tabla 5. Resultados de los estudios | |
|-------------------------------------|---|
| Autores | Resultados |
| Cai L. et al. 2023 | El aprendizaje automático mostró un rendimiento superior, explicando hasta el 80,9 % de la riqueza de especies y el 83,3 % de la riqueza filogenética, lo que ilustra el gran potencial de estas técnicas para desentrañar asociaciones complejas e interactivas entre el medio ambiente y la diversidad vegetal. |
| Westhues C.C. et al. 2022 | Los modelos de aprendizaje automático son competitivos con el enfoque de norma de reacción lineal y tienden a superarlo, aunque no de manera constante, a medida que aumenta el tamaño del conjunto de entrenamiento. |
| Uppal M. et al. 2022 | El bosque aleatorio se desempeñó mejor con la precisión más alta del 94,25 %, seguido por el vecino más cercano con una precisión del 92,75 %. El árbol de decisión demostró ser el menos preferible para la predicción de fallas en un entorno de clínica/hospital en el conjunto de datos obtenido. |
| Wang S.S. et al. 2022 | Si bien el modelo ML generalmente tiene mayor precisión que los modelos FireMIP, las retroalimentaciones entre las emisiones de incendios y el clima no están incluidas, lo que podría afectar potencialmente la confiabilidad de los modelos basados en ML en la predicción de emisiones de incendios en futuros escenarios de cambio climático |
| Lionis A. et al. 2021 | Los cinco métodos de ML mostraron un alto grado de precisión de predicción de RSSI, el enfoque ANN resultó en el modelo más preciso en términos de R^2 (es decir, 0,94867) mientras que el RF en términos de valores RMSE (es decir, 7,37). ANN y GBR requirieron un tiempo computacional significativo, mientras que los otros tres métodos dieron sus resultados en un tiempo de entrenamiento mucho más corto |
| Diz-Mellado E. et al. 2021 | En base a los resultados obtenidos, se puede afirmar que la nueva aplicación propuesta para el método ML es útil para el desarrollo de herramientas de diseño y medición capaces de modelar el microclima complejo de los patios. Además, la precisión de las predicciones para los casos de estudio analizados aumenta en función del potencial de templado térmico del patio vinculado a la intensificación de la temperatura exterior. |
| Kim N. et al. 2020 | Nuestro modelo ML superó al producto MODIS para tierras de cultivo en Corea del Sur porque el modelo ML se optimizó localmente para Corea del Sur, mientras que MODIS PET no lo fue. |

En este estudio de revisión, se compararon diversas inteligencias artificiales, todas aplicadas a los comportamientos del medio ambiente y la predicción climatológica.⁽¹⁴⁾ El enfoque basado en Artificial Neuronal Networking resultó ser el modelo más preciso, en valores de R^2 , 0,94867, mientras que el Radio Frequency, en valores de RMSE, 7,31.⁽⁵⁴⁾ Este resultado es probablemente dado por las condiciones del clima marítimo en el que fue aplicada la investigación.⁽⁵⁵⁾ Sin embargo, el enfoque ANN es quien requiere más tiempo computacional para su ejecución, por lo que es necesario priorizar el resultado o tiempo del proyecto.^(56,57,58)

Por otro lado, se evaluaron también los resultados de las IA en comparación con los métodos tradicionales de predicción climatológica, por lo que, se implementó un proceso de Regresión Gausseana exponencial óptima, el cual logra capturar mejor los datos en un 71 % con respecto a los algorítmicos

empíricos tradicionales, lo que mejora sustancialmente el resultado predicho.

CONCLUSIÓN

Esta investigación dio a conocer que tan efectivo es machine learning para la predicción de cambios climáticos siendo demostrado en diferentes eventos alrededor del mundo, dejando en claro su eficiencia y exactitud. Se pusieron a prueba diferentes métodos de inteligencia artificial, en una variedad de ecosistemas mostrando como resultados en las investigaciones superioridad por parte de la inteligencia artificial machine learning en un 80,9 % con respecto a otras inteligencias artificiales. Asimismo, se compararon cinco tipos de algoritmos de machine learning donde cada uno de ellos demuestra eficiencia y mejores resultados de acuerdo con la variable empleada para la predicción. Finalmente, se logró el objetivo de la investigación, demostrando la eficiencia y la exactitud de los resultados predictivos con el apoyo de la IA Machine Learning.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguirre M, Peñafiel S, Anlage A, Brown E, Enriquez-Chavez C, Paredes I. Comparative Analysis of Classification Models for Predicting Cancer Stage in a Chilean Cancer Center. *Data and Metadata* 2023;2:123 123. <https://doi.org/10.56294/dm2023123>.

2. Álvarez YB, Martínez AB, Rodríguez EM, Morales-Peralta E, Domínguez NG, Méndez-Rosado LA. Inusual ganancia en 9qh y su posible influencia en los trastornos reproductivos. A propósito de un caso. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias* 2023;2:339 339. <https://doi.org/10.56294/sctconf2023339>.

3. Arellano JF, Pineda EA, Ponce ML, Zarco A, Aburto IA, Arellano DU. Academic stress in first year students in the career of Medical Surgeon of the Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. *UNAM, 2022. Seminars in Medical Writing and Education* 2023;2:37 37. <https://doi.org/10.56294/mw202337>.

4. Auza-Santivañez JC, Perez JS, Lara YD, León DO, Condori-Villca N, Loaces JPA. Valor predictivo de la escala CONUT en la detección precoz del riesgo nutricional y su relación con la mortalidad en pacientes críticos. *Salud, Ciencia y Tecnología* 2023;3:339 339. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023339>.

5. Bautista CAC, Carpio V del PC. Conocimientos y actitudes en adolescentes frente a enfermedades de transmisión sexual. *Salud, Ciencia y Tecnología* 2023;3:344 344. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023344>.

6. Boesgaard, B. V. Hansen, U. B. Kejser, S. H. Mollerup, M. Ryhl-Svendsen, and N. Torp-Smith, "Prediction of the indoor climate in cultural heritage buildings through machine learning: first results from two field tests," *Herit Sci*, vol. 10, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.1186/S40494-022-00805-3.

7. C. Westhues, H. Simianer, and T. M. Beissinger, "learnMET: an R package to apply machine learning methods for genomic prediction using multi-environment trial data," *G3: Genes, Genomes, Genetics*, vol. 12, no. 11, Nov. 2022, doi: 10.1093/G3JOURNAL/JKAC226.

8. Cantaro JCC, Tello JDLCH, Ruiz GEZ, Claudio BAM. Leadership styles and organizational climate among employees in Lima, Peru. *Health Leadership and Quality of Life* 2023;2:36 36. <https://doi.org/10.56294/hl202336>.

9. Castillo-González W. The importance of human supervision in the use of ChatGPT as a support tool

in scientific writing. *Metaverse Basic and Applied Research* 2023;2:29 29. <https://doi.org/10.56294/mr202329>.

10. Dávila-Morán RC, Castillo-Sáenz RA, Vargas-Murillo AR, Dávila LV, García-Huamantumba E, García-Huamantumba CF, et al. Aplicación de Modelos de Aprendizaje Automático en la Detección de Fraudes en Transacciones Financieras. *Data and Metadata* 2023;2:109 109. <https://doi.org/10.56294/dm2023109>.

11. E. Diz-Mellado, S. Rubino, S. Fernández-García, M. Gómez-Mármol, C. Rivera-Gómez, and C. Galán-Marín, "Applied machine learning algorithms for courtyards thermal patterns accurate prediction," *Mathematics*, vol. 9, no. 10, May 2021, doi: 10.3390/MATH9101142.

12. F. Lee and A. V. Sáenz, "DISASTERS AND CLIMATE CHANGE: A PARADIGM SHIFT," *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reduccion del Riesgo de Desastres*, vol. 7, no. 1, pp. 219-227, 2023, doi: 10.55467/REDER.V7I1.119.

13. Fernández CJ. El caso Wyclif en la Inglaterra medieval tardía: un ejemplo de interacción entre filosofía, política, crítica social y lengua. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias* 2023;2:70 70. <https://doi.org/10.56294/sctconf202370>.

14. G. J. Anderson and D. D. Lucas, "Machine Learning Predictions of a Multiresolution Climate Model Ensemble," *Geophys Res Lett*, vol. 45, no. 9, pp. 4273-4280, May 2018, doi: 10.1029/2018GL077049.

15. García-García I, González-García S, Coello-Caballero H, Garzón-Cutiño L, Hernández-Cuétara L. Analysis of scientific publications by professors of a Faculty of Medical Sciences. *Data and Metadata* 2023;2:118 118. <https://doi.org/10.56294/dm2023118>.

16. Goire YE, Durán AGP, Arias MC, Flores CR, Muñoz EEC. Metrics on Internal Medicine from the journal *Gaceta Médica Estudiantil*. *Seminars in Medical Writing and Education* 2023;2:36 36. <https://doi.org/10.56294/mw202336>.

17. Gonzalez-Argote D, Gonzalez-Argote J, Machuca-Contreras F. Blockchain in the health sector: a systematic literature review of success cases. *Gamification and Augmented Reality* 2023;1:6 6. <https://doi.org/10.56294/gr20236>.

18. Gonzalez-Argote D, Gonzalez-Argote J. Generation of graphs from scientific journal metadata with the OAI-PMH system. *Seminars in Medical Writing and Education* 2023;2:43 43. <https://doi.org/10.56294/mw202343>.

19. Gonzalez-Argote J, Gonzalez-Argote D. 10 Best practices in Immersive Learning Design and 10 points of connection with the Metaverse: a point of view. *Metaverse Basic and Applied Research* 2023;2:7 7. <https://doi.org/10.56294/mr20237>.

20. Gonzalez-Argote J. A Bibliometric Analysis of the Studies in Modeling and Simulation: Insights from Scopus. *Gamification and Augmented Reality* 2023;1:5 5. <https://doi.org/10.56294/gr20235>.

21. Gonzalez-Argote J. Analyzing the Trends and Impact of Health Policy Research: A Bibliometric Study. *Health Leadership and Quality of Life* 2023;2:28 28. <https://doi.org/10.56294/hl202328>.

22. H. T. Moreno, R. J. G. Márquez, M. A. C. Lengua, and L. Andrade-Arenas, "Model of Neural Networks: Probabilistic Prediction of Floods in Banana Agricultural Field," *International Journal of Engineering Trends and Technology*, vol. 71, no. 1, pp. 124-133, Jan. 2023, doi: 10.14445/22315381/IJETT-V71I1P211.

23. Henao C, Lis-Gutiérrez JP, Lis-Gutiérrez M. Desigualdad en el acceso a la atención sanitaria: Una perspectiva latinoamericana. *Salud, Ciencia y Tecnología* 2023;3:355 355. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023355>.

24. Jimenez XC, Vargas JC, Medina PRSO, Victoria SM. Death: between the individual and the social. *Community and Interculturality in Dialogue* 2023;3:118 118. <https://doi.org/10.56294/cid2023118>.

25. K. Mansour, S. Decesari, D. Ceburnis, J. Ovadnevaite, and M. Rinaldi, "Machine learning for prediction of daily sea surface dimethylsulfide concentration and emission flux over the North Atlantic Ocean (1998-2021)," *Science of the Total Environment*, vol. 871, May 2023, doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2023.162123.

26. Khandakar et al., "Machine learning based photovoltaics (PV) power prediction using different environmental parameters of Qatar," *Energies (Basel)*, vol. 12, no. 14, 2019, doi: 10.3390/EN12142782.

27. L. Cai et al., "Global models and predictions of plant diversity based on advanced machine learning techniques," *New Phytologist*, vol. 237, no. 4, pp. 1432-1445, Feb. 2023, doi: 10.1111/NPH.18533.

28. L. Novi and A. Bracco, "Machine learning prediction of connectivity, biodiversity and resilience in the Coral Triangle," *Commun Biol*, vol. 5, no. 1, Dec. 2022, doi: 10.1038/S42003-022-04330-8.

29. Leon E, Rodriguez C, Martínez MDC, Ron M. Hearing injuries due to atmospheric pressure changes in air and water survival training instructors. *Health Leadership and Quality of Life* 2023;2:39 39. <https://doi.org/10.56294/hl202339>.

30. Lichtensztein M, Benavides M, Galdona C, Canova-Barrios CJ. Knowledge of students of the Faculty of Health Sciences about Music Therapy. *Seminars in Medical Writing and Education* 2023;2:35 35. <https://doi.org/10.56294/mw202335>.

31. Lionis, K. Peppas, H. E. Nistazakis, A. Tsigopoulos, K. Cohn, and A. Zagouras, "Using machine learning algorithms for accurate received optical power prediction of an fso link over a maritime environment," *Photonics*, vol. 8, no. 6, Jun. 2021, doi: 10.3390/PHOTONICS8060212.

32. M. Alizamir et al., "Advanced machine learning model for better prediction accuracy of soil temperature at different depths," *PLoS One*, vol. 15, no. 4, Apr. 2020, doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0231055.

33. M. Hizam-Hanafiah, M. A. Soomro, and N. L. Abdullah, "Industry 4.0 Readiness Models: A Systematic Literature Review of Model Dimensions," *Information* 2020, Vol. 11, Page 364, vol. 11, no. 7, p. 364, Jul. 2020, doi: 10.3390/INFO11070364.

34. M. J. Page et al., "PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews," *BMJ*, vol. 372, Mar. 2021, doi: 10.1136/BMJ.N160.

35. M. Uppal et al., "Cloud-Based Fault Prediction for Real-Time Monitoring of Sensor Data in Hospital Environment Using Machine Learning," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 18, Sep. 2022, doi: 10.3390/SU141811667.

36. Mendoza PT, Pérez GH, Rosales LM, Rosado LAM. Cromosoma 22 en anillo en paciente con trastorno del neurodesarrollo. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias 2023*;2:345 345. <https://doi.org/10.56294/sctconf2023345>.

37. Milián YF. Diseño de curso de superación de postgrado sobre Nefrología Neonatal. *Community and Interculturality in Dialogue 2023*;3:85 85. <https://doi.org/10.56294/cid202385>.

38. Morgner MI, Djament L. Impact of Preventive and Mandatory Social Isolation in the control of type I diabetes in adults in the Buenos Aires Metropolitan Area. *Community and Interculturality in Dialogue 2023*;3:82 82. <https://doi.org/10.56294/cid202382>.

39. N. Kim, K. Kim, S. Lee, J. Cho, and Y. Lee, "Retrieval of daily reference evapotranspiration for croplands in south korea using machine learning with satellite images and numerical weather prediction data," *Remote Sens (Basel)*, vol. 12, no. 21, pp. 1-22, Nov. 2020, doi: 10.3390/RS12213642.

40. Nahi HA, Hasan MA, Lazem AH, Alkhafaji MA. Securing Virtual Architecture of Smartphones based on Network Function Virtualization. *Metaverse Basic and Applied Research 2023*;2:37 37. <https://doi.org/10.56294/mr202337>.

41. Paredes FFO, Zuta MEC, Rios SWR, Achachagua AJY. Decision-Making in Tourism Management and its Impact on Environmental Awareness. *Data and Metadata 2023*;2:85 85. <https://doi.org/10.56294/dm202385>.

42. Peralta EM. Aplicación de los avances genéticos al diagnóstico médico. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias 2023*;2:338 338. <https://doi.org/10.56294/sctconf2023338>.

43. Pérez-Hernández G, Téllez NR, C JJR, S LGL, L OG. Use of videos as a method of learning in social service projects. *Community and Interculturality in Dialogue 2023*;3:100 100. <https://doi.org/10.56294/cid2023100>.

44. Quintana-Honores M, Corvalán P, Gironda-Gurán J. Family integration and skin-to-skin contact with the newborn favors the recovery of the hospitalized patient: experiences of its implementation in an Obstetric Critical Care Unit. *Health Leadership and Quality of Life 2023*;2:33 33. <https://doi.org/10.56294/hl202333>.

45. R. Urbizagástegui-Alvarado and F. Contreras-Contreras, "Analysis of el niño coastal phenomenon by the method of associated words," *Ciencia da Informacao*, vol. 47, no. 3, pp. 117-139, Sep. 2018, doi: 10.18225/CI.INF..V47I3.4322.

46. Romero-Carazas R. Prompt lawyer: a challenge in the face of the integration of artificial intelligence and law. *Gamification and Augmented Reality 2023*;1:7 7. <https://doi.org/10.56294/gr20237>.

47. Ruiz-Sáez P, Velásquez-Oberreuter L, Zúñiga NT, Acevedo ML. Implementación de dispositivos tecnológicos usados por terapeutas ocupacionales en la rehabilitación de extremidad superior posterior a un accidente cerebro vascular. *Salud, Ciencia y Tecnología* 2023;3:694 694. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023694>.

48. S. M. Malakouti, "Utilizing time series data from 1961 to 2019 recorded around the world and machine learning to create a Global Temperature Change Prediction Model," *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, vol. 7, Jun. 2023, doi: 10.1016/J.CSCEE.2023.100312.

49. S. S. C. Wang, Y. Qian, L. Ruby Leung, and Y. Zhang, "Interpreting machine learning prediction of fire emissions and comparison with FireMIP process-based models," *Atmos Chem Phys*, vol. 22, no. 5, pp. 3445-3468, Mar. 2022, doi: 10.5194/ACP-22-3445-2022.

50. S. S. Yadav and S. M. Jadhav, "Machine learning algorithms for disease prediction using lot environment," *Int J Eng Adv Technol*, vol. 8, no. 6, pp. 4303-4307, Aug. 2019, doi: 10.35940/IJEAT.F8914.088619.

51. Saltos GDC, Oyarvide WV, Sánchez EA, Reyes YM. Análisis bibliométrico sobre estudios de la neurociencia, la inteligencia artificial y la robótica: énfasis en las tecnologías disruptivas en educación. *Salud, Ciencia y Tecnología* 2023;3:362 362. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023362>.

52. Sánchez RM. Transformando la educación online: el impacto de la gamificación en la formación del profesorado en un entorno universitario. *Metaverse Basic and Applied Research* 2023;2:47 47. <https://doi.org/10.56294/mr202347>.

53. Sánchez RM. Vídeos 360o como herramienta de entrenamiento de habilidades sociales con alumnado TEA. *Metaverse Basic and Applied Research* 2023;2:34 34. <https://doi.org/10.56294/mr202334>.

54. Torres LPL. Photographic images of indigenous peoples in contemporary Chilean poetry. *Community and Interculturality in Dialogue* 2023;3:76 76. <https://doi.org/10.56294/cid202376>.

55. V. L. Luque, F. A. G. Ciprian, and J. E. R. Polo, "Management of humanitarian aid to floods caused by the Phenomenon of EL NIÑO, through the optimal location of sensors in streams and rivers. Case of the overflow of the Piura river," *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, 2020*, doi: 10.18687/LACCEI2020.1.1.125.

56. Valles-Coral M, Lazo-Bartra U, Pinedo L, Navarro-Cabrera JR, Salazar-Ramírez L, Ruiz-Saavedra F, et al. Algoritmo no supervisado para clasificar niveles de riesgo de inmigración. *Data and Metadata* 2023;2:98 98. <https://doi.org/10.56294/dm202398>. Velasco ASD, Ccama FLM, Claudio BAM, Ruiz GEZ. Transformational Leadership as a Driver of Business Success: A Case Study in Caquetá. *Health Leadership and Quality of Life* 2023;2:37 37. <https://doi.org/10.56294/hl202337>.

57. Z. Q. Huang, Y. C. Chen, and C. Y. Wen, "Real-time weather monitoring and prediction using city buses and machine learning," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 18, pp. 1-21, 2020, doi: 10.3390/S20185173.

58. Zayas ND, Martínez YEV, Hernández DQ, Ramírez MB. Diagnóstico prenatal de Hiperplasia adrenal congénita: presentación de un caso. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias* 2023;2:164 164.

<https://doi.org/10.56294/sctconf2023164>.

FINANCIACIÓN

No hay financiación.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Conceptualización: Brescia Fernández-Baldeón, Deyvis Quino-Pulache, Brian Meneses-Claudio. Investigación: Brescia Fernández-Baldeón, Deyvis Quino-Pulache, Brian Meneses-Claudio.

Redacción - borrador original: Brescia Fernández-Baldeón, Deyvis Quino-Pulache, Brian Meneses-Claudio.

Redacción - corrección y edición: Brescia Fernández-Baldeón, Deyvis Quino-Pulache, Brian Meneses-Claudio.