

## TITULO

Implementación de redes neuronales para diagnósticos automatizados de imágenes médicas: tumores cerebrales, Alzheimer, neumonía y tuberculosis.

## RESÚMEN

El objetivo principal de esta investigación es desarrollar un enfoque innovador que aproveche las capacidades de las redes neuronales en el análisis de imágenes médicas, específicamente resonancias magnéticas (MRIs) y radiografías, para mejorar la precisión y eficiencia del diagnóstico de las mismas y acortar tiempos de respuesta. El estudio se basa en la premisa de que las imágenes médicas modernas proporcionan una gran cantidad de información valiosa, pero a menudo compleja, que puede ser desafiante para los médicos interpretar con precisión. Mediante el uso de redes neuronales, un tipo de inteligencia artificial (IA) inspirado en la estructura y función del cerebro humano, esta investigación busca desarrollar modelos capaces de reconocer patrones sutiles y características distintivas en las imágenes médicas. El proceso de investigación involucra la recopilación de un conjunto de datos diverso y representativo que consta de resonancias magnéticas y radiografías de pacientes con diagnósticos confirmados de tumores cerebrales, Alzheimer, neumonía y tuberculosis. Estos datos se utilizan para entrenar y ajustar las redes neuronales, permitiéndoles aprender a identificar signos tempranos y específicos de estas enfermedades en las imágenes. Ésta investigación destaca la utilidad y el impacto potencial de las redes neuronales en el campo de la medicina, especialmente en la detección temprana de enfermedades cerebrales y pulmonares a través de imágenes médicas como resonancias magnéticas y radiografías. Si bien se requiere más investigación y validación clínica, los resultados hasta ahora indican que este enfoque podría revolucionar la forma en que se abordan estas enfermedades, mejorando la vida de los pacientes y contribuyendo al avance de la atención médica.

## ABSTRACT

The main goal of this research is to develop an innovative approach taking advantage of neural networks capabilities in the analysis of medical images, specifically magnetic resonance imaging (MRI) and x-rays (RX), to improve the accuracy and efficiency of diagnosis based on these images and shorten response and diagnostic times. The research is based upon the premise that modern medical images provide a lot of valuable but complex information; which translates in medical diagnosis being a demanding and meticulous task for physicians in order to give a correct prognosis. By using neural networks, a kind of artificial intelligence (AI) that uses the human brain structure and functioning as inspiration, this research sought to set in motion neural networks models that can potentially recognize subtle patters and distinctive traits from medical images as magnetic resonance imaging and x-rays. The research process involves the collection of a diverse and representative data set consisting of MRIs and X-rays of patients with confirmed diagnoses of brain tumors, Alzheimer's, pneumonia, and tuberculosis. This data is used to train and tune neural networks, allowing them to learn to identify early and specific signs of these diseases in images. This research highlights the usefulness and potential impact of neural networks in the field of medicine, especially in the early detection of brain and lung diseases through medical imaging such as MRIs and X-rays. While further research and clinical validation are required, the results so far indicate that this approach could revolutionize the way these diseases are addressed, improving the lives of patients and advancing healthcare.

## INTRODUCCIÓN

En el vasto panorama de la medicina y la tecnología, la detección temprana y precisa de enfermedades representa un pilar fundamental para mejorar los resultados clínicos y la calidad de vida de los pacientes. En este contexto, las imágenes médicas, como las resonancias magnéticas (RM) y las radiografías, han demostrado ser herramientas invaluable para diagnosticar una variedad de condiciones médicas, desde trastornos neurológicos hasta enfermedades pulmonares. Sin embargo, la interpretación de estas imágenes a menudo complejas y ricas en información, puede ser un desafío incluso para los profesionales médicos más experimentados.

La evolución de la tecnología médica y la inteligencia artificial presenta una oportunidad única para abordar estos desafíos. Las redes neuronales, algoritmos que imitan las conexiones neuronales en el cerebro humano, han demostrado un poder sin precedentes en el análisis de datos complejos, incluidas las imágenes médicas. Al aprovechar la capacidad de estas redes para reconocer patrones en grandes conjuntos de datos, podemos aspirar a una detección más temprana y precisa de enfermedades, lo que podría resultar en un impacto significativo en la salud pública y la atención individualizada.

Esta investigación se sumergirá en la intersección de la medicina y la inteligencia artificial, con el propósito de mejorar la precisión y eficiencia en la detección de enfermedades cerebrales y pulmonares. En particular, se centrará en el uso de redes neuronales convolucionales, un paradigma de aprendizaje automático inspirado en la estructura y función del cerebro humano, para analizar imágenes médicas con un nivel de detalle y sensibilidad que trasciende las capacidades humanas.

El enfoque de esta investigación será ambicioso pero vital. Se buscará no solo desarrollar modelos de detección automatizada, sino también comprender cómo las redes neuronales podrán discernir patrones sutiles y características distintivas en imágenes médicas. El objetivo será potenciar la detección temprana de enfermedades que afectan el cerebro, como tumores cerebrales y Alzheimer, así como afecciones pulmonares críticas como neumonía y tuberculosis.

Para lograr estos objetivos, se planteará un proceso de investigación exhaustivo. Esto incluirá la recopilación de un conjunto de datos diversificado y representativo, compuesto por resonancias magnéticas y radiografías de pacientes con diagnósticos confirmados. Estos datos serán la base sobre la cual se entrenarán y ajustarán las redes neuronales, permitiéndoles internalizar patrones que hasta ahora han sido difíciles de detectar.

Este estudio no solo se tratará de tecnología; será un esfuerzo colaborativo que une la experiencia médica con la innovación tecnológica. Al mejorar la capacidad de interpretación de las imágenes médicas, se espera no solo contribuir al conocimiento científico, sino también brindar una herramienta que impacte positivamente la práctica clínica y la atención al paciente.

Esta investigación es un llamado a explorar nuevos horizontes en la convergencia entre la medicina y la inteligencia artificial. En última instancia, se aspira a contribuir a la mejora de la atención médica y a la lucha contra enfermedades que afectan la vida de millones de personas en todo el mundo.

## PRECEDENTES DEL PROBLEMA

Conforme a la información en el sitio oficial del Colegio Médico (Colegio Médico de Honduras, 2018) en un censo de médicos realizado para el 6 de febrero de 2018, en el país habían 12,855 médicos colegiados en total. Por otro lado, en el censo publicado en 2021 por el Banco Central (Banco Central de Honduras, 2021) nos confirma que para finales de 2018 la cifra subió a 13,792, dando también la cantidad de cuántos dentro de este conjunto son especialistas, siendo un total de 3,928 (un 28.48% sobre el total de médicos colegiados) siendo este último dato constituido por médicos especializados en cualquiera de las ramas de la medicina moderna (cardiología, neumología, neurología, radiología, etc.). Estos números fueron creciendo paulatinamente de modo que, para 2019, habían 15,280 y para 2020 16,083 médicos colegiados; en contraste el aumento en los especialistas en 2019 pasaron de ser 3,928 a 3,936 y en 2020 3,941, lo que implica un crecimiento de apenas un 0.20% entre 2018 y 2019, un 0.12% entre 2019 y 2020 y de un 0.33% entre 2018 y 2020.

Respecto a enfermedades, en Honduras en los últimos años han incrementado los casos de tumores cerebrales, siendo esta una problemática a nivel mundial y generacional (Mayo Clinic, 2023). Así mismo, el Alzheimer y la demencia, según el trabajo de Cáceres y Marín, son otras dos enfermedades que han venido en aumento a nivel mundial estimándose para el 2015 un total de 46 millones de enfermos, con una proyección para el año 2030 de 130 millones de enfermos (Cáceres & Marín, 2019); y siguiendo lo mencionado por COMCAEDA, tomando mayor énfasis en que Honduras, al ser un país centroamericano, también reflejaría en su número de afectados un aumento más notable al ser el mismo proyectado en países con el perfil de envejecimiento que muestran los de su región. De igual manera, se presume que en regiones similares a la del país, un 90% de los casos no se diagnostican de manera temprana (Acosta, y otros, 2013) dando como resultado una atención terapéutica tardía en el paciente. Dentro de esta problemática también es notable resaltar el aumento de casos desde la pandemia por SARS-Cov-2 de neumonía y tuberculosis dando cifras cercanas a 450 millones de casos y aproximadamente 4 millones de muertes anuales por neumonía; mientras que por tuberculosis hubieron cifras cercanas a 10.6 millones de casos y 1.6 millones de muertes (World Health Organization, 2023) al año según informes brindados por la OMS.

Profundizando en lo anterior, cabe definir que un tumor cerebral es una masa o crecimiento anormal de células en el cerebro. El cráneo es muy rígido y el crecimiento de células en esta área tan reducida puede causar problemas graves y es por esto que su detección temprana es de suma importancia para salvar vidas (Mayo Clinic, 2023).

Respecto al Alzheimer y la demencia lo más notable a resaltar es su origen siendo causadas ambas por un rápido deterioro en la masa cerebral el cual los científicos creen que, en la mayoría de los casos, es consecuencia de una combinación de factores genéticos, ambientales y del estilo de vida que afectan el cerebro a lo largo del tiempo (Mayo Clinic, 2023). El daño inicialmente parece ocurrir en el hipocampo y la corteza entorrinal, partes del cerebro que son esenciales para la formación de los recuerdos. A medida que mueren más neuronas, más partes del cerebro se ven afectadas y comienzan a encogerse. En la etapa final de la enfermedad de Alzheimer, el daño es generalizado y el tejido cerebral se ha reducido significativamente, lo cual, de misma manera que con los tumores, es de vital importancia su rápida detección para poder comenzar el tratamiento terapéutico cuánto antes al ser esta una enfermedad incurable, pero como mencionan Cáceres y Marín en su trabajo su afección en el paciente puede verse disminuida usando terapia ocupacional (Cáceres & Marín, 2019), donde un 80% de los estudios que las autoras tomaron en cuenta mostraron resultados positivos.

Sobre otros puntos relevantes en esta investigación. la neumonía es una enfermedad grave que afecta mayormente los pulmones ocasionadas por bacterias adquiridas debido a la baja de las defensas en el cuerpo humano (Center for Disease Control And Prevention, 2022) y de manera similar lo hace la tuberculosis (Center for Disease Control And Prevention, 2023); y al ser estas dos enfermedades

que afectan las vías respiratorias, su urgencia en la detección y tratamiento es primordial para la efectiva recuperación del paciente ya que como mencionan López Marín et al., en los países latinoamericanos, el control de esta enfermedad parece lejos de nuestro alcance: siendo la tuberculosis humana responsable de más de cien muertes diarias en esta región (López Marín, Díaz Otero, Vallecillo Maza, Esquivel Solís, & Gutierrez Pabello, 2006).

Es también notable mencionar que en los últimos años, el aprendizaje profundo (deep learning) ha sido usado exhaustivamente en varios campos de investigación como visión artificial, procesamiento de lenguaje natural, procesamiento de imágenes, clasificación y predicción de salidas, entre otros (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016). Esto se debe a que el deep learning tiene como propósito ser usado en áreas donde se necesite analizar una cantidad amplia de información con inteligencia que se asemeje a la humana. Utilizar deep learning como una forma de machine learning para el reconocimiento de patrones, se está convirtiendo en un aspecto de importancia en el campo de análisis de imágenes para propósitos médicos (Greenspan, van Ginneken, & Summers, 2016).

## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente el proceso de análisis de imágenes médicas para la detección enfermedades y sus respectivos diagnósticos es un proceso tardado como tal debido a la complejidad del cuerpo humano y también gracias a que en Honduras hay una corta cantidad de médicos especialistas en relación a la población general del país, lo cual puede traducirse en tiempo desaprovechado en el tratamiento que podría afectar negativamente al paciente.

## JUSTIFICACIÓN

La relevancia de esta investigación se acentúa en un mundo donde la carga de enfermedades crónicas y degenerativas está en constante aumento. Las enfermedades cerebrales como los tumores y el Alzheimer, así como las afecciones pulmonares como la neumonía y la tuberculosis, tienen un impacto significativo en la calidad de vida de los pacientes y representan un desafío considerable para los sistemas de atención médica. La detección temprana y precisa es esencial para brindar tratamientos efectivos y mejorar los pronósticos. Sin embargo, a menudo las señales iniciales de estas enfermedades pueden ser sutiles y difíciles de discernir, lo que destaca la importancia de herramientas de diagnóstico más sofisticadas y precisas.

Uno de los puntos a tomar en cuenta partiendo de las cifras mencionadas anteriormente, es lo desproporcionada que está la distribución de especialistas por habitantes dentro del país. Según el censo del BCH consultado para fines de este trabajo (Banco Central de Honduras, 2021), en 2020 habían 9,304,400 habitantes; lo que deja a 1 especialista por cada 2,361 habitantes. Y esto sin tomar en consideración que entre esos especialistas se contabilizan todas las especialidades; el número será considerablemente mayor si se comienza a filtrar entre las distintas ramas de especialidad en medicina y tomar específicamente por ejemplo radiólogos o neurólogos. En un país con esta desproporción como Honduras al haber tan pocos especialistas, generar diagnósticos derivados de las resonancias magnéticas consume mucho tiempo sumado al lento procesamiento de citas y consultas en el sistema de salud nacional por lo que un sistema automatizado podría agilizar este proceso.

El número limitado de radiólogos especializados en el análisis de imágenes médicas no puede satisfacer la creciente demanda de servicios, lo que lleva a una mayor demora en la obtención de resultados. Optimizar el proceso de análisis permitiría una utilización más eficiente de los recursos humanos disponibles y aceleraría el diagnóstico. También cabe mencionar que la tardanza en el análisis puede conducir a errores de diagnóstico o interpretación, lo que puede tener consecuencias graves para la salud del paciente. Reducir los tiempos de procesamiento de las imágenes médicas puede aumentar la precisión y la confiabilidad del diagnóstico, lo que a su vez mejorará la calidad

general de la atención médica así como también la detección temprana de tumores cerebrales, neumonía o tuberculosis es crucial para aumentar las tasas de supervivencia y mejorar el pronóstico de los pacientes. La demora en el análisis de las imágenes puede retrasar el inicio del tratamiento y afectar negativamente los resultados clínicos, lo que subraya la necesidad de reducir los tiempos de procesamiento de estas imágenes médicas. Este análisis de imágenes automatizado busca apoyar a radiólogos y médicos en hacer que su proceso de diagnóstico sea más eficiente haciendo énfasis en las enfermedades mencionadas con anterioridad.

## PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son las estrategias más efectivas para la detección y clasificación de tumores cerebrales?
2. ¿Cuáles son las estrategias más efectivas para la detección y clasificación de enfermedades pulmonares como neumonía y tuberculosis?
3. ¿Qué tan correcto puede llegar a ser el diagnóstico brindado por el prototipo para el diagnóstico correcto de enfermedades en comparación al criterio de un especialista?
4. De haberlos, ¿Qué tan preciso suelen ser los diagnósticos brindados por los radiólogos colegiados en Honduras en el momento de ellos tomar la imagen?
5. ¿Con cuántos médicos será preciso consultar los diagnósticos durante el entrenamiento y desarrollo para evitar falsos positivos/negativos?
6. ¿Cuánto es el tiempo exacto en promedio que se tarda un paciente entre la toma de la imagen, la agenda de la cita, y recibir el diagnóstico de su enfermedad en Honduras?
7. ¿Qué tan necesario es el pre-procesamiento de imágenes para el correcto entrenamiento de una red neuronal convolucional clasificatoria?
8. ¿Con cuántos datos (imágenes) se podrá obtener un resultado confiable en el entrenamiento de la red neuronal?
9. ¿Hay síntomas previos que se presentan en el caso de tumor cerebral antes de que este sea visible en la imagen?
10. En caso de que la respuesta a la anterior sea positiva; una vez se presenta esos síntomas, ¿Qué tan rápido se pueden detectar los tumores cerebrales a partir de resonancias magnéticas?
11. En caso de que la respuesta a la 9 sea negativa, ¿Cómo se puede decidir que hay que tomar una resonancia para detectar los tumores cerebrales?
12. ¿Hay síntomas previos que se presentan en el caso de enfermedades pulmonares antes de que este sea visible en la imagen?
13. En caso de que la respuesta a la anterior sea positiva; una vez se presenta esos síntomas, ¿Qué tan rápido se puede detectar neumonía o tuberculosis a partir de rayos x de pecho?
14. En caso de que la respuesta a la 12 sea negativa, ¿Cómo se puede decidir que hay que tomar una radiografía para detectar neumonía o tuberculosis?
15. ¿Es posible detectar neumonía o tuberculosis con otro tipo de imágenes que no sea radiografías?
16. ¿Es más confiable el resultado brindado por un radiólogo en el momento de obtener la imagen o el brindado por un especialista en neurología/neumología durante la cita/consulta?

## OBJETIVOS

### GENERAL:

- Diseñar un programa capaz de brindar diagnósticos médicos con base en imágenes médicas y su previo análisis acortando los tiempos de respuesta para el paciente.

### ESPECÍFICO

- Investigar las estrategias más utilizadas en la detección de tumores cerebrales, tuberculosis y neumonía.
- Crear un analizador y preprocesador de imágenes para su posterior uso en el entrenamiento de una red neuronal convolucional.
- Diseñar una red neuronal convolucional que clasifica las imágenes recibidas del preprocesador de imágenes por parte del cuerpo entre cráneo o pecho.
- Diseñar una red neuronal convolucional que analice la imagen de entrada y encuentre anomalías, detectando enfermedades o patologías entre tumores cerebrales para MRIs de cráneo y neumonía o tuberculosis a partir de radiografías de pecho.
- Diseñar una interfaz gráfica de usuario para el uso amigable del prototipo.

## Bibliografía

- Acosta, D., López Contreras, R., Garita, N. R., Mora, J., Jimenez, X., & Chinchilla, D. (2013). *Primer Consenso Centroamericano Multidisciplinario de Enfermedad y Alzheimer y Demencias Asociadas*. Granada, Nicaragua: Febrero.
- Alonso Menchén, D., Balsa Vásquez, J., Barbero Allende, J., & Hernández García, G. (12 de mayo de 2022). *Neumonía Vírica, Neumonía en la COVID-19*. Obtenido de National Library of Medicine: <https://ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9097969/>
- Banco Central de Honduras. (2021). *Honduras en Cifras 2018-2020*. censo, Tegucigalpa, Honduras.
- Cáceres, M., & Marín, M. (2019). Efectividad de la terapia ocupacional en el deterioro cognitivo del adulto mayor con Alzheimer. Lima, Perú: Universidad Norbert-Wiener.
- Center for Disease Control And Prevention. (30 de septiembre de 2022). *Pneumonia*. Obtenido de CDC 24/7; Saving Lives, Protecting People: <https://www.cdc.gov/pneumonia/index.html>
- Center for Disease Control And Prevention. (22 de marzo de 2023). *Tuberculosis (TB)*. Obtenido de CDC 24/7; Saving Life, Protecting People: <https://www.cdc.gov/tb/default.htm>
- Colegio Médico de Honduras. (6 de febrero de 2018). Obtenido de Censo 2017: <https://www.colegiomedico.hn>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. Cambridge, Massachusetts, USA: The MIT Press.
- Greenspan, H., van Ginneken, B., & Summers, R. (2016). *Guest Editorial Deep Learning in Medical Imaging: Overview and Future Promise of an Exciting New Technique*. IEEE.
- López Marín, L., Díaz Otero, F., Vallecillo Maza, A. J., Esquível Solís, H., & Gutierrez Pabello, J. Á. (2006). *Tuberculosis Humana y bovina en Latinoamérica: De estudios sobre virulencia hacia herramientas para su control*. CDMX: Revista Latinoamericana de Microbiología.
- Mayo Clinic. (2 de febrero de 2023). *Alzheimer's Disease*. Obtenido de Mayo Clinic: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/alzheimers-disease/symptoms-causes/syc-20350447>
- Mayo Clinic. (21 de abril de 2023). *Mayo Clinic*. Obtenido de Tumor Cerebral: <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/brain-tumor/symptoms-causes/syc-20350084#:~:text=Los%20tumores%20cerebrales%20pueden%20comenzar,conocen%20como%20tumores%20cerebrales%20metast%C3%A1sicos>.
- World Health Organization. (21 de abril de 2023). *Tuberculosis*. Obtenido de World Health Organization: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>