

FACULTAD DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS COMPUTACIONALES

“REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES EN LA DETECCIÓN DE AFECCIONES RESPIRATORIAS DE LOS SISTEMAS LOCALES DE SALUD”: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA ENTRE LOS AÑOS 2010 Y 2020

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería de Sistemas Computacionales

Autor:

Jose Alberto Esparza del Castillo

Asesor:

Mg. Rolando Javier Berrú Beltrán

Trujillo - Perú

2020



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la vida, a mi familia, a todas las personas que siempre estuvieron allí para apoyarme, tanto en lo personal como en lo profesional, y a los futuros investigadores que utilizarán esta fuente de conocimiento.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por darme esta oportunidad de vida, a mi asesor por la guía
en el ámbito profesional, y a la vida por todo.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS	15
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	30
REFERENCIAS	32



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de estudio	21
-------------------------------------	----



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matriz de registro de artículos	16
Figura 2. Análisis por categoría	23

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo con el fin de dar a conocer los enfoques de las redes neuronales convolucionales en la detección de afecciones respiratorias de los sistemas locales de salud, tomando como base la revisión de la literatura científica de los últimos 10 años. Esta investigación utilizó las indicaciones definidas por la estrategia PRISMA. Luego de hacer una búsqueda sistemática de los estudios publicados en el periodo de tiempo antes mencionado, se seleccionaron 23 investigaciones extraídas de bases de datos internacionales, haciendo uso de criterios de búsqueda como convolutional neural networks, pneumonia, coronavirus, pulmonary, lungs, chest disease, covid-19 y lung disease. Los resultados obtenidos muestran distintas estrategias del uso de las redes neuronales convolucionales en la detección de afecciones respiratorias, las cuales pueden ser agrupadas en dos categorías: detección de afecciones respiratorias en tomografías de tórax y detección de afecciones respiratorias en radiografías de tórax. De acuerdo con lo mencionado, se concluye que el empleo de las redes neuronales convolucionales es relevante, debido a la gran cantidad de resultados favorables que se han dado a lo largo del tiempo en el campo de la imagenología.

PALABRAS CLAVE: redes neuronales convolucionales, detección, reconocimiento de patrones, afecciones respiratorias.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las afecciones respiratorias son las causantes de miles de muertes en todo el mundo. A lo largo del tiempo, estas enfermedades se han convertido en una gran amenaza para la salud humana (Toğaçarm, Ergen y Cömert, 2019). Usualmente, estas se tratan utilizando imágenes de rayos X, las cuales permiten apreciar su estado y evolución con mayor claridad. Sin embargo, ante una gran cantidad entrante de las mismas, puede interrumpir el rendimiento clínico debido a la carga de trabajo que se le pueda dar a los radiólogos (Causey *et al.*, 2018). Actualmente, esto se ha visto reflejado debido a la pandemia mundial del nuevo coronavirus (COVID-19), detectado por primera vez en Wuhan, China, en el año 2019 (Khan, Shah y Bhat, 2020). Sethy y Behera (2020) exponen que la prueba del COVID-19 es una tarea compleja debido a la insuficiente cantidad de sistemas de diagnóstico en todo el mundo, abriendo la oportunidad a investigadores para el desarrollo de nuevas técnicas para combatir dicho mal.

Las redes neuronales convolucionales (CNN, por sus siglas en inglés) son uno de los algoritmos de deep learning más populares. Estas han sido adaptadas a diferentes ámbitos profesionales, tales como el de la radiología, logrando el state-of-the-art en el reconocimiento y clasificación de imágenes (Matsuyama y Tsai, 2018). Lakhani y Sundaram (2017) exponen que desde el año 2012, todas las propuestas del ImageNet Large Scale Visual Recognition Competition han utilizado las CNN, demostrando el potencial que dicho algoritmo puede llegar a obtener y la vasta apertura de investigación que puede

generar. Abiyev y Sallam (2018) afirman que se ha logrado un rendimiento súper humano en tareas de clasificación de imágenes utilizando deep learning.

La detección de afecciones respiratorias cubre una larga cantidad de técnicas que permiten conocer el estado y la evolución de una enfermedad en concreto. La Organización Mundial de la Salud (como se citó en Lakhani y Sundaram, 2017), expone que en el caso de la tuberculosis se recomienda utilizar radiografías de tórax y pruebas de diagnóstico molecular rápido para grupos de alto riesgo, debido a la naturaleza mortal de la enfermedad. Khan *et al.* (2020) expresan que “Un paso crítico e importante en la batalla contra el COVID-19 es el análisis efectivo en los pacientes infectados, tal que los pacientes positivos pueden ser aislados y tratados” (p.3). El Asnaoui, Chawki e Idri (2020) afirman que ante enfermedades como el MERS y el COVID-19, el análisis de imágenes médicas es una de las áreas de investigación que podría facilitar tanto los diagnósticos como la toma de decisiones.

Lakhani y Sundaram (2017) mencionan que, debido al éxito reciente obtenido por el deep learning en distintas áreas de investigación, hay un interés potencial en su aplicación en la radiología. Los enfoques basados en las CNN resultan ser prometedores debido a la alta disponibilidad de material tomográfico utilizable (Causey *et al.*, 2018). Según Dunnmon *et al.* (2018), “El notable éxito de las técnicas de aprendizaje automático, tales como las CNN para las tareas de clasificación de imágenes, hacen de estos algoritmos una elección natural para el análisis de radiografías automatizadas” (p.1). En síntesis, las

CNN han demostrado ser una solución precisa y novedosa para la detección de afecciones respiratorias en distintos instrumentos médicos; y su implementación en los sistemas de salud podría llegar a ser una potencial necesidad en los tiempos actuales.

Tomando como referencia lo anteriormente mencionado, la interrogante de investigación planteada fue la siguiente: ¿Cuáles son los enfoques del uso de las redes neuronales convolucionales en la detección de afecciones respiratorias de los sistemas locales de salud descritas en la literatura científica de los últimos 10 años? Así, el objetivo del presente trabajo de investigación fue dar a conocer los diferentes enfoques del uso de las redes neuronales convolucionales en la detección de afecciones respiratorias de los sistemas locales de salud encontrados en la literatura científica para poder definir cuáles son los referentes de aplicación de las redes neuronales convolucionales, de forma que estos puedan ser reproducidos en futuras investigaciones.

Actualmente, los esfuerzos para frenar al COVID-19 en todo el mundo han generado soluciones en donde la tecnología toma un papel fundamental. Sin embargo, muchas de ellas no se aplican debido a la falta de un punto de referencia pertinente sobre el tema. Debido a ello, el presente trabajo de investigación se justifica a razón de ser una fuente de análisis de la literatura científica y un punto de referencia para póstumas investigaciones relacionadas, permitiendo así tener definido el contexto en donde se encuentran la pregunta y el objetivo de esta investigación.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Tipo de estudio

El tipo de estudio que se llevó a cabo fue una revisión sistemática de la literatura científica basada en una adaptación de la metodología PRISMA [Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis] (Urrutia y Bonfill, 2010).

Criterios de inclusión

La revisión se limitó a estudios relacionados a las redes neuronales convolucionales y a las afecciones respiratorias, tomando en cuenta artículos extraídos de bases de datos científicas en el idioma inglés que posean la estructura IMRD, y publicados dentro de los últimos 10 años.

Recursos de información

Se hicieron búsquedas en bases de datos internacionales, obteniendo las siguientes cantidades para cada una de ellas: arXiv, 13 artículos; ScienceDirect, 12 artículos; Google Scholar, 12 artículos; Nature, 3 artículos; NCBI, 3 artículos; Hindawi, 3 artículos; IEEE Xplore, 2 artículos; y RSNA, 1 artículo. En total, se obtuvieron 49 artículos de investigación.

Búsqueda

Para realizar las búsquedas, se hicieron uso de las siguientes palabras clave: convolutional neural networks, pneumonia, coronavirus, pulmonary, lungs, chest disease,



covid-19 y lung disease (en español: redes neuronales convolucionales, neumonía, coronavirus, pulmonar, pulmones, enfermedad torácica, covid-19 y enfermedad pulmonar). Se optó por limitar estrictamente cada resultado haciendo uso solo del conector AND debido a la gran cantidad de estudios relacionados a los temas del estudio. Además, se utilizó como base de datos especializada al repositorio de la revista Nature y como buscador genérico al repositorio arXiv.

**Base de datos 1: arXiv – CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS AND
(CORONAVIRUS OR CHEST DISEASE)**

**Base de datos 2: Google Scholar – CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS
AND (COVID-19 OR LUNG DISEASE OR CHEST DISEASE)**

**Base de datos 3: Hindawi – CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS AND
LUNG DISEASE**

**Base de datos 4: IEEE Xplore – CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS
AND PNEUMONIA**

**Base de datos 5: Nature – CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS AND
LUNGS**

**Base de datos 6: NCBI – CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS AND
(CORONAVIRUS OR LUNGS)**

**Base de datos 7: Science Direct – CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS
AND (PNEUMONIA OR PULMONARY)**

Base de datos 8: RSNA – CNN AND PNEUMONIA

Descarte e inclusión

Se optó por seleccionar aquellas investigaciones centradas en el análisis de imágenes, obviando aquellas que estén relacionadas con cualquier otro recurso (como el sonido). No se consideraron aquellas que muestren resultados insuficientes debido a la carencia de contenido para un póstumo análisis. Además, tampoco se optó por aquellas que se escapen de los conceptos de la pregunta de investigación. Concluyendo con el proceso, se excluyeron un total de 26 artículos científicos.

Selección de datos

Se consideraron 23 investigaciones para el desarrollo de la presente revisión sistemática. Se llevó a cabo un tratamiento para extraer las características más resaltantes del conjunto, identificando que la mayor cantidad de artículos científicos fueron extraídos de arXiv y Google Scholar; fueron publicados en el año 2020; son provenientes de Estados Unidos; y que la estrategia de búsqueda con mayores resultados fue “convolutional neural networks AND coronavirus”. Esto permitió clasificar cada uno de ellos para facilitar su póstumo análisis.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

A continuación, se presentan las 23 investigaciones consideradas de un total de 49 publicaciones extraídas a partir de las bases de datos consultadas. Cada una de ellas son artículos de investigación relacionados al alcance de la presente revisión sistemática, y seleccionados a partir de los criterios presentados en la metodología. Para su organización, se procedió a elaborar una matriz de registro de artículos que permitió identificar aspectos generales del material encontrado.

Nº	Base de datos	Autor / Autores	Año de publicación	Título del artículo de investigación
1	arXiv	Rajpurkar <i>et al.</i>	2017	CheXNet: Radiologist-Level Pneumonia Detect on Chest X-Rays with Deep Learning
2	arXiv	S. Hosseinzadeh, P. Hosseinzadeh, Wesolowski, Schneider y Deters	2020	Automated Detection of Coronavirus Disease (COVID-19) in X-ray and CT Images: A Machine Learning Based Approach
3	arXiv	Khan, Shah y Bhat	2020	CoroNet: A Deep Neural Network for Detection and Diagnosis of Covid-19 from Chest X-ray Images
4	arXiv	Narin, Kaya y Pamuk	2020	Automatic Detection of Coronavirus Disease (COVID-19) Using X-ray Images and Deep Convolutional Neural Networks

5	arXiv	El Asnaoui, Chawki e Idri	2020	Automated Methods for Detection and Classification Pneumonia based on X-Ray Images Using Deep Learning
6	arXiv	Bharati y Podder	2020	Disease Detection for Lung X-ray Images based on Hybrid Deep Learning
7	Google Scholar	Matsuyama y Tsai	2018	Automated Classification of Lung Disease in Computed Tomography Images Using a Wavelet Based Convolutional Neural Network
8	Google Scholar	Wang, Lin y Wong	2020	COVID-Net: A Tailored Deep Convolutional Neural Network Design for Detection of COVID-19 Cases from Chest X-Ray Images
9	Google Scholar	Sethy y Behera	2020	Detection of coronavirus Disease (COVID-19) based on Deep Features

10	Google Scholar	Zheng <i>et al.</i>	2020	Deep Learning-based Detection for COVID-19 from Chest CT using Weak Label
11	Google Scholar	Maghdid, Asaad, Ghafoor, Sadiq y Khan	2020	Diagnosing COVID-19 Pneumonia from X-Ray and CT Images using Deep Learning and Transfer Learning Algorithms
12	Google Scholar	Mukherjee <i>et al.</i>	2020	Shallow Convolutional Neural Network for COVID-19 Outbreak Screening using Chest X-rays
13	Hindawi	Abiyev y Sallam	2018	Deep Convolutional Neural networks for Chest Diseases Detection
14	IEEE Xplore	Varshni, Thakral, Agarwal, Nijwahan y Mittal	2019	Pneumonia Detection Using CNN based Feature Extraction

15	Nature	Causey <i>et al.</i>	2018	Highly accurate model for prediction of lung nodule malignancy with CT scans
16	Nature	Bermejo-Peláez, Ash, Washko, San José y Ledesma-Carbayo	2020	Classification of Interstitial Lung Abnormality Patterns with an Ensemble of Deep Convolutional Neural Networks
17	NCBI	Dunmon <i>et al.</i>	2018	Assessment of Convolutional Neural Networks for Automated Classification of Chest Radiographs
18	NCBI	Butt, Gill, Chun y Babu	2020	Deep learning system to screen coronavirus disease 2019 pneumonia
19	ScienceDirect	Lakhani y Sundaram	2017	Deep Learning at Chest Radiography: Automated Classification of Pulmonary Tuberculosis by Using Convolutional Neural Networks

20	ScienceDirect	Xie, Yang, Sun, Chen y Zhang	2018	Automated pulmonary nodule detection in CT images using deep convolutional neural networks
21	ScienceDirect	Toğaçar, Ergen, Cömert y Özyurt	2019	A Deep Feature Learning Model for Pneumonia Detection Applying a Combination of mRMR Feature Selection and Machine Learning Models
22	ScienceDirect	Liang y Zheng	2019	A transfer learning method with deep residual network for pediatric pneumonia diagnosis
23	ScienceDirect	Sirazitdinov <i>et al.</i>	2019	Deep neural network ensemble for pneumonia localization from a large-scale chest x-ray database

Figura 1. La figura muestra la fuente, autor(es), año de publicación y título de cada una de las investigaciones seleccionadas. Autoría propia.

A partir del análisis de las publicaciones obtenidas, se pudieron extraer ciertas características que permitieron tener una visión más específica sobre las mismas. Se procedió a elaborar una tabla de frecuencias para observar dicha información de manera más detallada.

Tabla 1

Características de estudio

Año	F	%	Tipo de documento	F	%	Revista de publicación del artículo	F	%
2017	2	8.70 %	Artículo de conferencia	1	4.35 %	Journal of Healthcare Engineering	1	4.35 %
2018	3	13.04 %	Artículo de revista	22	95.65 %	Applied Intelligence	1	4.35 %
2019	6	26.09 %				Computer Methods and Programs in Biomedicine	1	4.35 %
2020	12	52.17 %				Biomedical Science and Engineering	1	4.35 %
						TechRxiv	1	4.35 %
						Computer Vision and Pattern Recognition	1	4.35 %
						Preprints	1	4.35 %
						Computer & Electrical Engineering	1	4.35 %

		IRBM	1	4.35 %
		2019 IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT)	1	4.35 %
		Pattern Recognition	1	4.35 %
		medRxiv	1	4.35 %
		Scientific Reports	2	8.70 %
		Radiology	2	8.70 %
		Image and Video Processing	7	30.43 %
Total 23100.00 %	Total	23100.00 %	Total	23 100.00 %

Se muestra la frecuencia y porcentaje de ocurrencia por cada tipo de característica respecto al total. Autoría propia.

Posteriormente, se analizó cada uno de los artículos de manera categórica de acuerdo con la estrategia de aplicación realizada a las redes neuronales convolucionales en la detección de afecciones respiratorias. Una vez realizada la categorización, se extrajo información significativa de cada una de las publicaciones. Este accionar se puede apreciar en la figura 2.

Categoría	Aportes
<p>Detección de afecciones respiratorias en tomografías de tórax</p>	<p>Tres modelos son entrenados secuencialmente, y los datos de entrenamiento de cada modelo incluyen los nódulos mal clasificados por el modelo anterior. Se obtiene un modelo más preciso a partir del entrenamiento repetitivo de nódulos que son más difíciles de clasificar (Xie <i>et al.</i>, 2018, p.117).</p> <p>Si bien la OMS recomienda encarecidamente la realización de pruebas a la mayor cantidad posible de sospechosos, muchos países aparentemente no lo han seguido debido a la falta de recursos/personal, así como la escasez de pruebas RT-PCR. Aquí, el uso de tomografías con IA podría ayudar con la detección de COVID-19 al proveer una alternativa rápida y, por lo tanto, ayudar a limitar la propagación (Butt <i>et al.</i>, 2020, p.5).</p> <p>Hemos demostrado que el ensamble propuesto de CNNs, a pesar de la dificultad intrínseca del problema debido a la naturaleza sutil de la enfermedad, es capaz de identificar patrones radiográficos de enfermedad pulmonar parenquimatosa temprana que han sido previamente asociadas con el pronóstico y resultados clínicos (Bermejo-Peláez <i>et al.</i>, 2020, p.13).</p> <p>“Sin la necesidad de anotar las lesiones de COVID-19 en las tomografías para el entrenamiento, nuestro algoritmo de deep learning débilmente supervisado obtuvo un fuerte rendimiento de detección de COVID-19” (Zheng <i>et al.</i>, 2020, p.11).</p>

NoduleX da un paso sustancial para abordar el desafío que la predicción computacional para la neoplasia maligna de nódulos pulmonares con pacientes con tomografías puede haber igualado el rendimiento de las revisiones de radiólogos torácicos experimentados en la práctica clínica actual (Causey *et al.*, 2018, p.8).

“Aunque logramos una precisión, sensibilidad y especificidad de detección de COVID-19 bastante altas, esto no significa que sea una solución preparada para la producción, especialmente con el número limitado de imágenes actualmente disponibles sobre casos de COVID-19” (Maghdid *et al.*, 2020, p.7).

Hemos utilizado coeficientes de onda pequeña como entradas para clasificar cuatro tipos de cáncer de pulmón, incluyendo casos normales de tomografías. Para validar la utilidad y la efectividad del método propuesto, también hemos evaluado un método convencional de transfer learning y otro basado en SVM. Nuestro método propuesto logra una precisión general de 91.9% cuando se usaron componentes LL, HL y LH. La precisión general es mayor que la obtenida por los otros dos métodos. Esto demuestra la superioridad del método propuesto (Matsuyama y Tsai, 2018, p.271).

Detección de afecciones respiratorias en radiografías de tórax

Un potencial método para mejorar la precisión es un sistema aumentado por un radiólogo, en el que algunas imágenes son enviadas para una sobre lectura. En este sistema, las imágenes que eran discordantes (clasificadas por una DCNN como

positivas y otras como negativas para tuberculosis) son enviadas a un radiólogo para la interpretación final (Lakhani y Sundaram, 2017, p.579).

Los resultados experimentales en el conjunto de datos de radiografías de tórax y tomografías disponible demuestran que las características extraídas por la arquitectura DenseNet121 y entrenadas por el Bagging tree classifier generan una predicción muy precisa del 99.00% en términos de precisión de clasificación (Hosseinzadeh *et al.*, 2020, p.15).

A pesar de los resultados alentadores, CoroNet todavía necesita estudios y pruebas clínicas, pero con mayor precisión y sensibilidad para casos de COVID-19, CoroNet puede ser beneficioso para los radiólogos y expertos para obtener una comprensión más profunda de los aspectos críticos asociados con los casos de COVID-19 (Khan *et al.*, 2020, p.14).

Los resultados de rendimiento muestran que el modelo pre-entrenado ResNet50 produjo la precisión más alta del 98% entre los tres modelos. A la luz de nuestros hallazgos, se cree que esto ayudará a los médicos a tomar decisiones en la práctica clínica debido al alto rendimiento (Narin *et al.*, 2020, p.13).

“Los resultados de este estudio apuntan a que las características profundas proporcionaron características robustas y consistentes para la detección de neumonía, y el método mRMR incrementó la eficiencia de la clasificación” (Toğaçarm *et al.*, 2019, p.9).

Utilizamos el transfer learning para acelerar el entrenamiento de la red neuronal y superar el problema de la insuficiencia de datos. En la base de datos de radiografías de tórax del Women and Children’s Medical Center, nuestro método demostró un rendimiento de clasificación superior al estado de la técnica (Liang y Zheng, 2019, p.8).

“Se notó que la CNN fue capaz de obtener un mejor poder de generalización que el logrado por la BPNN y la CpNN, aunque el tiempo de cálculo requerido y el número de iteraciones fue aproximadamente alto” (Abiyev y Sallam, 2018, p.9).

Hemos encontrado que las CNN entrenadas mediante el uso de un corpus de tamaño modesto de radiografías de tórax marcadas prospectivamente son prometedoras al realizar el triaje automático de radiografías de tórax a niveles que pueden ser útiles en la práctica clínica, logrando valores de AUC de hasta 0,96 con respecto a las etiquetas de expertos (Dunnmon *et al.*, 2018, p.7).

“Los resultados obtenidos muestran que ResNet50, MobileNet_V2 e Inception_Resnet_V2 dieron un alto rendimiento (una precisión mayor al 96%) frente a otras arquitecturas citadas en este trabajo (una precisión alrededor del 84%)” (El Asnaoui *et al.*, 2020, p.24).

Consideramos que la metainformación puede ser importante en futuras investigaciones: si bien el sexo y la edad del paciente pueden ser características útiles para representar una

distribución previa de neumonía, la posición visual puede ser una característica valiosa para distinguir regiones de opacidad causadas por la neumonía y la retención de fluidos (Sirazitdinov *et al.*, 2019, p.398).

“Las CNN básicas tienen un rendimiento deficiente para imágenes rotadas, inclinadas u otras orientaciones anormales. Por lo tanto, se han exhibido sistemas híbridos para mejorar la precisión con el mantenimiento de menos tiempo de entrenamiento“ (Bharati y Podder, 2020, p.20).

“Con la automatización a nivel de expertos, esperamos que esta tecnología pueda mejorar la prestación de atención médica e incrementar el acceso a la expertis en imagenología en partes del mundo donde el acceso a radiólogos calificados es limitado” (Rajpurkar *et al.*, 2017, p.5).

Hemos investigado cómo COVID-Net realiza predicciones utilizando un método explicable en un intento de ganar información más profunda sobre los factores críticos asociados con los casos de COVID, lo que puede ayudar a los médicos a mejorar la detección, así como mejorar la confiabilidad y transparencia al aprovechar a COVID-Net para acelerar la detección asistida por computadora (Wang *et al.*, 2020, p.7).

“El modelo de clasificación, es decir, ResNet50 con SVM, es estadísticamente superior en comparación con los otros ocho modelos. El modelo de clasificación propuesto para la detección de COVID-19 alcanza el 95.38% de precisión” (Sethy y Behera, 2020, p.7).

El modelo propuesto logró un puntaje de sensibilidad de 0.9420 (en promedio), usando un protocolo de validación cruzada cinco veces. Además, la precisión indica la probabilidad de detectar casos positivos de COVID-19. Es útil ya que mide la probabilidad en la que un modelo no cometerá un error al clasificar a los pacientes positivos de COVID-19 como normales, y es importante en las últimas fases de la pandemia, donde los recursos médicos están limitados a pacientes de COVID-19 (Mukherjee *et al.*, 2020, p.9).

“La presencia de radiólogos expertos es la principal necesidad para diagnosticar adecuadamente cualquier tipo de enfermedad torácica. Este artículo tiene como objetivo principal mejorar la aptitud médica en áreas donde la disponibilidad de radioterapeutas aún es limitada” (Varshni *et al.*, 2019, p.6).

Figura 2. La figura muestra información recuperada de cada artículo y agrupa aquellos con aportes similares por categorías. Autoría propia.

Sobre la literatura analizada se encontraron dos estrategias sobre el uso de las redes neuronales convolucionales en la detección de afecciones respiratorias, las cuales se relacionan con el método imagenológico expuesto en cada artículo de investigación. Si bien ambas categorías guardan relación en varios de sus puntos, existen aportes específicos que se deben tomar en cuenta.

La primera categoría hace referencia a la detección de afecciones respiratorias en tomografías de tórax, en donde los investigadores han llegado a concluir que las redes neuronales convolucionales han demostrado ser capaces de identificar patrones específicos de afecciones respiratorias en tomografías que han llegado a ser corroboradas previamente por un pronóstico y resultados clínicos. Los mismos afirman que la aplicación de estos modelos podría asistir en la detección y limitación de la propagación de afecciones respiratorias críticas, aun teniendo material tomográfico cuya especificidad sea difusa. Añaden también que existen modelos que han demostrado un rendimiento similar al de un profesional del área. Sin embargo, se afirma que para una implementación a nivel clínico se necesita más material imagenológico que permita aumentar la precisión, sensibilidad y especificidad de la red neuronal. Por otro lado, se han encontrado buenos resultados haciendo uso de arquitecturas secuenciales formadas por diferentes modelos que interactúen a través de resultados mal clasificados, mejorando la precisión de clasificación debido al constante refuerzo (Xie et al., 2018; Butt et al., 2020; Bermejo-Peláez et al., 2020; Zheng et al., 2020; Causey et al., 2018; Maghdid et al., 2020; Matsuyama y Tsai, 2018).

La segunda categoría hace énfasis en la detección de afecciones respiratorias en radiografías de tórax, en donde los investigadores han llegado a concluir que las redes neuronales convolucionales han demostrado poder ser una útil herramienta para el análisis radiológico. Se estima que estos modelos lleguen a implementarse para asistir a los

radiólogos, permitiendo obtener una profunda comprensión sobre los aspectos críticos de dichas enfermedades; e incluso diagnosticarlas en localidades donde carecen dichos profesionales. Añaden que el uso de arquitecturas profundas ha generado modelos con una alta precisión, pero que podría aumentar si es que se corroboran los resultados. Sin embargo, exponen que la carencia de material imagenológico público es una limitante para este tipo de soluciones. Debido a ello, proponen técnicas como el transfer learning (transferencia de aprendizaje), donde se utiliza el aprendizaje obtenido previamente por un clasificador externo, obteniendo resultados en menor tiempo y con menos datos. Por otro lado, han encontrado que el ensamble de arquitecturas puede obtener una precisión considerablemente mayor; y que el uso de metainformación llegaría a entrenar modelos con mayor complejidad y precisión. (Lakhani y Sundaram, 2017; Hosseinzadeh et al., 2020; Khan et al., 2020; Narin et al., 2020; Toğaçarm et al., 2019; Liang y Zheng, 2019; Abiyev y Sallam, 2018; Dunnmon et al., 2018; El Asnaoui et al., 2020; Sirazitdinov et al., 2019; Bharati y Podder, 2020; Rajpurkar et al., 2017; Wang et al., 2020; Sethy y Behera, 2020; Mukherjee et al., 2020; Varshni et al., 2019).



CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La presente investigación sistemática de la literatura científica expone la influencia de las redes neuronales convolucionales en la detección de afecciones respiratorias de los sistemas locales de salud, la cual se llevó a cabo gracias a los aportes de las 23 investigaciones consideradas.

Las características de estudio mostradas en la tabla 1, muestran que un 95.65% (22 documentos), fueron artículos de revista, mientras que el resto fueron artículos de conferencia. Asimismo, los años donde más se publicaron investigaciones fueron los años 2020 (52.17%) y 2019 (26.09%); lo que demuestra un aumento significativo en los últimos años del interés de realizar investigaciones que muestran el uso de las redes neuronales convolucionales en la detección de afecciones respiratorias. De igual manera, se observa que la fuente que más ha publicado investigaciones sobre el tema abordado en el estudio fue la categoría Image and Video Processing del repositorio internacional arXiv, con un total de 7 publicaciones.

De acuerdo con la clasificación de las investigaciones por categoría, se determinó que los estudios que pertenecen a la categoría “Detección de afecciones respiratorias por tomografías de tórax” se enfocan en el uso de redes neuronales convolucionales para identificar características resaltantes de dicha enfermedad en dicho tipo de imágenes médicas, con una precisión de un profesional del área aun teniendo datos con una especificidad difusa. Por otro lado, las investigaciones pertenecientes a la categoría

“Detección de afecciones respiratorias por radiografías de tórax” se enfocan en el uso de redes neuronales convolucionales como una herramienta útil para reforzar el diagnóstico de los radiólogos, además de proveer interesantes alternativas para aumentar la precisión de dichos modelos.

Del análisis elaborado, se concluye que efectivamente existe abundante material de investigación relacionado con la implementación de las redes neuronales convolucionales en la detección de afecciones respiratorias de los sistemas locales de salud a través del tiempo. Las redes neuronales convolucionales han demostrado ser una potente herramienta de detección de patrones en imágenes médicas, avalado por los resultados mostrados por la mayoría de las investigaciones analizadas aun teniendo una cantidad limitada de material imagenológico. Debido a ello, a partir de lo revisado y analizado en cada uno de los estudios consultados, se puede comprobar que la implementación de las redes neuronales convolucionales en la detección de afecciones respiratorias de los sistemas locales de salud es un hecho que no está nada alejado del presente. Finalizando, se recomienda que en futuras investigaciones se consideren estudios que usen técnicas distintas a la imagenología para la detección de afecciones respiratorias, como el uso de material auditivo. Por otro lado, se sugiere llevar el enfoque de no limitarse en la búsqueda de artículos a raíz de la barrera de idioma, y que las fuentes internacionales sean la principal alternativa a la hora de buscar investigaciones.

REFERENCIAS

- Abiyev, R. H. y Sallam, M. K. (2018). Deep Convolutional Neural Networks for Chest Diseases Detection. *Journal of Healthcare Engineering*, 2018, 1-11. doi: 10.1155/2018/4168538
- Bermejo-Peláez, D., Ash, S. Y., Washko, G. R., San José, R. y Ledesma-Carbayo, M. J. (2020). Classification of Interstitial Lung Abnormality Patterns with an Ensemble of Deep Convolutional Neural Networks. *Scientific Reports*, 10(338), 1-15. doi: 10.1038/s41598-019-56989-5
- Bharati, S. y Podder, P. (2020). Disease Detection for Lung X-ray Images based on Hybrid Deep Learning. *Image and Video Processing*, arXiv:2003.00682, 1-21. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/2003.00682>
- Butt, C., Gill, J., Chun, D. y Babu, B. A. (2020). Deep learning system to screen coronavirus disease 2019 pneumonia. *Applied Intelligence*, 1-7. doi: 10.1007/s10489-020-01714-3
- Causey, J. L., Zhang, J., Ma, S., Jiang, B., Qualls, J. A., Politte, D. G.,...Huang, X. (2018). Highly accurate model for prediction of lung nodule malignancy with CT scans. *Scientific Reports*, 8(9286), 1-12. doi: 10.1038/s41598-018-27569-w
- Dunnmon, J. A., Yi, D., Langlotz, C. P., Ré, C., Rubin, D. L. y Lungren, M. P. (2018). Assessment of Convolutional Neural Networks for Automated Classification of Chest Radiographs. *Radiology*, 290(2), 537-544. doi: 10.1148/radiol.2018181422
- El Asnaoui, K., Chawki, Y. e Idri, A. (2020). Automated Methods for Detection and Classification Pneumonia based on X-Ray Images Using Deep Learning. *Image and Video Processing*, arXiv:2003.14363, 1-28. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/2003.14363>
- Hosseinzadeh, S., Hosseinzadeh, P., Wesolowski, M. J., Schneider, K. A. y Deters, R. (2020). Automated Detection of Coronavirus Disease (COVID-19) in X-ray and CT Images: A Machine Learning Based Approach. *Image and Video Processing*, arXiv:2004.10641, 1-18. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/2004.10641>

- Khan, A. I., Shah, J. L. y Bhat, M. (2020). CoroNet: A Deep Neural Network for Detection and Diagnosis of Covid-19 from Chest X-ray Images. *Image and Video Processing*, *arXiv:2004.04931*, 1-16. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/2004.04931>
- Lakhani, P. y Sundaram B. (2017). Deep Learning at Chest Radiography: Automated Classification of Pulmonary Tuberculosis by Using Convolutional Neural Networks. *Radiology*, *284(2)*, 574-582. doi: 10.1148/radiol.2017162326
- Liang, G. y Zheng, L. (2019). A transfer learning method with deep residual network for pediatric pneumonia diagnosis. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, *187*, 1-9. doi: 10.1016/j.cmpb.2019.06.023
- Maghdid, H. S., Asaad, A. T., Ghafoor, K. Z., Sadiq, A. S. y Khan, M. K. (2020). Diagnosing COVID-19 Pneumonia from X-Ray and CT Images using Deep learning and Transfer Learning Algorithms. *Image and Video Processing*, *arXiv:2004.00038*, 1-8. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/2004.00038>
- Matsuyama, E. y Tsai, D. (2018). Automated Classification of Lung Diseases in Computed Tomography Images Using a Wavelet Based Convolutional Neural Network. *Biomedical Science and Engineering*, *11(10)*, 263-274. doi: 10.4236/jbise.2018.1110022
- Mukherjee, H., Ghosh, S., Dhar, A., Obaidullah, S. M., Santosh, K. C. y Roy, K. (2020). Shallow Convolutional Neural Network for COVID-19 Outbreak Screening using Chest X-rays. *TechRxiv*, 1-10. doi: 10.36227/techrxiv.12156522
- Narin, A., Kaya, C. y Pamuk, Z. (2020). Automatic Detection of Coronavirus Disease (COVID-19) Using X-ray Images and Deep Convolutional Neural Networks. *Image and Video Processing*, *arXiv:2003.10849*, 1-17. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/2003.10849>
- Rajpurkar, P., Irvin, J., Zhu, K., Yang, B., Mehta, H., Duan, T.,...Ng. A. Y. (2017). CheXNet: Radiologist-Level Pneumonia Detect on Chest X-Rays with Deep Learning. *Computer Vision and Pattern Recognition*, *arXiv:1711.05225*, 1-7. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/1711.05225>

- Sethy, P. K. y Behera, S. K. (2020). Detection of coronavirus disease (COVID-19) based on Deep Features. *Preprints, 2020030300*, 1-9. doi: 10.20944/preprints202003.0300.v1
- Sirazitdinov, I., Kholiavchenko, M., Mustafaev, T., Yixuan, Y., Kuleev, R. e Ibragimov, B. (2019). Deep neural network ensemble for pneumonia localization from a large-scale chest x-ray database. *Computer & Electrical Engineering*, 78, 388-399. doi: 10.1016/j.compeleceng.2019.08.004
- Toğaçar, M., Ergen, B., Cömert, Z. y Özyurt, F. (2019). A Deep Feature Learning Model for Pneumonia Detection Applying a Combination of mRMR Feature Selection and Machine Learning Models. *IRBM*, 1-11. doi: 10.1016/j.irbm.2019.10.006
- Urrútia, G. y Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: Una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y meta-análisis. *Medicina Clínica (Barc)*, 135(11), 507-511.
- Varshni, D., Thakral, K., Agarwal, L., Nijwahan, R. y Mittal, A. (2019). Pneumonia Detection Using CNN based Feature Extraction. *2019 IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT), Coimbatore, Tamil Nadu, India*. doi: 10.1109/ICECCT.2019.8869364
- Wang, L., Lin, Z. Q. y Wong, A. (2020). COVID-Net: A Tailored Deep Convolutional Neural Network Design for Detection of COVID-19 Cases from Chest X-Ray Images. *Image and Video Processing, arXiv:2003.09871*, 1-9. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/2003.09871>
- Xie, H., Yang, D., Sun, N., Chen, Z. y Zhang, Y. (2018). Automated pulmonary nodule detection in CT images using deep convolutional neural networks. *Pattern Recognition*, 85, 109-119. doi: 10.1016/j.patcog.2018.07.031
- Zheng, C., Deng, X., Fu, Q., Zhou, Q., Feng, J., Ma, H.,... Wang, X. (2020). Deep Learning-based Detection for COVID-19 from Chest CT using Weak Label. *medRxiv*, 1-13. doi: 10.1101/2020.03.12.20027185