

**La Inteligencia Artificial (IA) aplicada al diagnóstico de COVID-19 mediante imágenes  
radiológicas**

Débora Myriam Gómez Rincón

Denilson Raúl Garrido Ballesteros

Edwin García Romero

Leonardo José Claro Peñaranda

Silvia Juliana Monsalve Mejía

Asesor

Vanessa Catherine Perea

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud ECISA

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnosticas

2024

### **Dedicatoria**

Este trabajo es dedicado a todos los profesionales en el área de radiología.

Esperamos que su contenido les resulte provechoso.

## **Agradecimientos**

Agradecemos primeramente a Dios y a todos los que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo: profesores, compañeros de estudio, personal de la universidad, familiares, hermanos, hijos.

## Resumen

Este trabajo explora diferentes metodologías de Inteligencia Artificial (IA) aplicadas a la determinación efectiva del COVID-19 obteniendo una prueba diagnóstica basada en el uso de aprendizaje automático aplicado a radiografías de tórax para hacer el diagnóstico de COVID-19, para lo cual se recolectó datos de diferentes trabajos de investigación para los casos de COVID-19. Evaluando la sensibilidad de la clasificación e imágenes de radiografía de tórax mediante el aprendizaje automático al ser comparada frente al estándar de oro para diagnóstico de COVID-19 la prueba de RT-PCR y prueba antigénica. El diagnóstico de COVID-19 por IA logró una sensibilidad de 90.13%, especificidad de 80.91%, valor predictivo positivo de 70.24%, valor predictivo negativo de 94.25% y una precisión de 83.98%. Convirtiéndola en una herramienta adecuada para el diagnóstico de COVID-19.

***Palabras Clave:*** Inteligencia artificial, gestión pública, tecnología, algoritmos de aprendizaje, ciencia de datos, pandemia, representación de datos, COVID-19.

### **Abstract**

This work explores different Artificial Intelligence (AI) methodologies applied to the effective determination of COVID-19, obtaining a new diagnostic test based on the use of machine learning applied to chest x-rays to make the diagnosis of COVID-19, for which collected data from different research works for COVID-19 cases. Evaluating the sensitivity of classification and chest x-ray images using machine learning when compared to the gold standard for COVID-19 diagnosis, the RT-PCR test and antigenic test. The diagnosis of COVID-19 by AI achieved a sensitivity of 90.13%, specificity of 80.91%, positive predictive value of 70.24%, negative predictive value of 94.25% and an accuracy of 83.98%. Making it a suitable tool for the diagnosis of COVID-19.

**Keywords:** Artificial intelligence, public management, technology, learning algorithms, datascience, pandemic, data representation, COVID-19.

## Tabla de Contenido

Introducción.....	10
Planteamiento del problema .....	11
Justificación.....	12
Objetivos.....	13
Objetivo general .....	13
Objetivos específicos.....	13
Marco teórico .....	14
Generalidades del COVID-19 .....	14
Diagnósticos en Imágenes Radiológicas .....	16
Radiografía de Tórax.....	17
Tomografía Computarizada (TC).....	19
Diagnóstico del COVID-19.....	22
Inteligencia Artificial (IA).....	23
Metodología .....	28
Desarrollo del proyecto .....	29
Análisis Mediante Radiografía de Tórax y Tomografía Computarizada.....	29
<i>Utilidad de la Radiografía de Tórax en COVID-19...</i> .....	29
<i>Utilidad de la TC en COVID-19</i> .....	34
<i>Impacto de la Inteligencia Artificial en Radiología</i> .....	38

Adquisición de la imagen.....	39
Procesamiento de la imagen.....	40
Informe de la imagen .....	40
<i>Inteligencia Artificial Frente al COVID-19</i> .....	42
Conclusiones .....	45
Referencias bibliográficas .....	48

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Hallazgos de Rx de Tórax</i> .....	19
<b>Tabla 2</b> <i>Hallazgos de TC de Tórax</i> .....	22
<b>Tabla 3</b> <i>Diagnostico Laboratorial</i> .....	23
<b>Tabla 4</b> <i>Distribución de Hallazgos Radiológicos En Tórax...</i> .....	31
<b>Tabla 5</b> <i>Evaluación Semicuantitativa de la Extensión de la Afectación Pulmonar en Cada Uno de los Cinco Lóbulos Pulmonares</i> .....	35
<b>Tabla 6</b> <i>Responsabilidad En La Inteligencia Artificial...</i> .....	44

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Rx de tórax PA</i> .....	17
<b>Figura 2</b> <i>Rx de tórax PA y Lateral</i> .....	18
<b>Figura 3</b> <i>Opacidades en vidrio deslustrado de morfología redondeada y distribución periférica y subpleural. Imagen por TC</i> .....	20
<b>Figura 4</b> <i>Consolidaciones de predominio periférico y subpleural por TC</i> .....	20
<b>Figura 5</b> <i>Reticulación de localización periférica y subpleural por TC</i> .....	21
<b>Figura 6</b> <i>Opacidades en vidrio deslustrado periféricas con engrosamiento de septos inter e intralobulillares superpuesto en relación con patrón en empedrado por TC</i> .....	21
<b>Figura 7</b> <i>Técnicas de IA en modelos de diagnóstico de COVID-19</i> .....	27
<b>Figura 8</b> <i>Relación de pacientes objeto de estudio</i> ... ..	30
<b>Figura 9</b> <i>División pulmonar en Rx de tórax</i> .....	32
<b>Figura 10</b> <i>Hallazgos en la radiografía de tórax e índice de gravedad radiográfico</i> ... ..	33
<b>Figura 11</b> <i>Diagrama de flujo. Población</i> .....	36
<b>Figura 12</b> <i>Hallazgos en TC en pacientes con sospecha de COVID-19</i> .....	37
<b>Figura 13</b> <i>Workflow en un servicio de radiología</i> .....	39
<b>Figura 14</b> <i>Ejemplo de red convolucional</i> .....	41
<b>Figura 15</b> <i>Inteligencia artificial fiable</i> .....	43

## **Introducción**

El virus SARS-CoV-2 es muy contagioso y se transmite rápidamente de una persona a otra principalmente a través de la tos o secreciones respiratorias. El aparato respiratorio es el primer sistema afectado por el COVID-19; por lo tanto, bajo ciertos escenarios se solicitan pruebas de imágenes en casos sospechosos de la enfermedad. Este artículo tiene como objetivo ser un referente del papel de la radiografía de tórax en la neumonía por SARS-CoV-2 describiendo los hallazgos más comúnmente encontrados, y evaluar la gravedad de la enfermedad.

Así mismo, hace una breve mención de la fisiopatología y manifestaciones clínicas de la enfermedad; la revisión de los diferentes artículos permite evidenciar la existencia de pruebas diagnósticas importantes a través de la inteligencia artificial, que a su vez sean rápidas, de fácil acceso y bajo costo y lo más importante que no sea invasiva, disminuyendo también el riesgo de contagio en el personal de salud lo que contribuye con la gestión pública.

### **Planteamiento del problema**

Como lo menciona Luna y Vargas (2022) al inicio de la pandemia en todo el mundo, el virus era desconocido y no se contaban con las herramientas suficientes para un diagnóstico oportuno y acertado, lo que dificultó un adecuado tratamiento causando miles de muertes

La definición de caso sospechoso es una persona con infección respiratoria aguda y al menos alguno de los síntomas típicos de COVID-19, para los casos probables se agrega a esto el nexo epidemiológico o imagenología; para el diagnóstico de caso confirmado al caso sospechoso más una prueba molecular RT-PCR o una prueba antigénica. La definición de caso sospechoso y parte de los casos probables no permite el diferenciar un caso COVID-19 de sus diagnósticos alternativos como una faringitis o neumonía de otra causa viral. Esto trae consecuencias indeseables para los pacientes que no padecen de la enfermedad, pero son considerados casos sospechosos, debido a que deben de realizar aislamiento domiciliario obligatorio de siete días aproximadamente.

### **Justificación**

Esta investigación permitirá describir la aplicabilidad de la IA con relación a la radiografía de tórax y la prueba o pruebas diagnósticas en diversos escenarios. Si la prueba diagnóstica tiene alto potencial podrá ser utilizada en zonas donde la prueba diagnóstica RT-PCR (La RT-PCR en tiempo real es un método nuclear que detecta la presencia de material genético específico de patógenos, como los virus) no esté disponible y la radiografía de tórax sí, para el diagnóstico de COVID-19.

Es crucial la práctica de las imágenes radiológicas en el diagnóstico de COVID-19 ya que es una herramienta que brinda un diagnóstico inmediato confirmando o descartando la patología, contribuyendo con los sistemas de salud, puesto que al diagnosticar de manera rápida y correcta se evitan gastos adicionales.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Determinar la metodología más eficiente de inteligencia artificial (IA) para la predicción del COVID-19 utilizando datos e imágenes radiológicas.

### **Objetivos Específicos**

Conocer las generalidades del COVID-19 y las técnicas radiológicas usadas en su diagnóstico para entender su aplicabilidad.

Revisar las metodologías de inteligencia artificial (IA) aplicadas para el diagnóstico de COVID-19 en diversos escenarios.

Determinar la metodología de IA que obtiene los mejores resultados en confiabilidad para el diagnóstico de COVID-19.

## **Marco teórico**

El 31 de diciembre del 2019, China comunicó la aparición de varios casos de neumonía de origen desconocido en Wuhan (provincia de Hubei), cuya causa se identificó el 07 de enero del 2020, dándole inicialmente a esta entidad viral el nombre de “2019 novel coronavirus” (2019-nCoV). El 11 de febrero del 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) pasó a llamar a esta infección viral “severe acute respiratory syndrome coronavirus-2” (SARS-CoV-2), agente causal de un grave síndrome respiratorio, contagioso e infeccioso denominado “coronavirus infectious disease-19” (COVID-19). Se declaró pandemia por la OMS el 1 de marzo del 2020, y ha causado un sinnúmero de contagios, secuelas y muertes desde su brote inicial en Wuhan, China. Ante esta problemática de salud, se han destinado muchas investigaciones científicas para dilucidar aspectos en relación con la epidemiología, fisiopatología, manifestaciones clínicas, prevención y tratamiento de esta enfermedad.

### **Generalidades del COVID-19**

“El virus del síndrome respiratorio agudo severo tipo-2 (SARS-CoV-2), causante de COVID-19, se ubica taxonómicamente en la familia Coronaviridae SARS-CoV-2/COVID-19. Esta familia se subdivide en cuatro géneros: Alphacoronavirus, Betacoronavirus, Gammacoronavirus y Deltacoronavirus” (Díaz y Toro, 2020, p.184).

La infección por coronavirus genera principalmente enfermedades respiratorias, los dos primeros virus mencionados anteriormente, son exclusivos de humanos y animales mamíferos. Los virus que han surgido en los últimos años son potencialmente patógenos, el betacoronavirus causante del COVID-19, además de complicaciones respiratorias, se derivan otras tantas llegando al síndrome inflamatorio multisistémico como lo menciona Wong (2021). El mismo autor señala lo siguiente:

La infección por el virus SARS-CoV-2 se adquiere a través de la vía aérea, al estar expuesto a las partículas virales emitidas de persona a persona a través de gotas de Flügge, ya sea al toser, hablar o estornudar; así también por medio de aerosoles o por contacto (Wong, 2021, p.5).

Así mismo, el virus puede persistir en diferentes superficies como metal, vidrio o plástico por más de una semana. Por otro lado, el agua es otro agente contaminante debido a las heces de personas infectadas, ampliando así la transmisión de esta enfermedad. Según la OMS (2020), indica diferentes formas de transmisión, ampliando así la información del virus y la sensibilidad del huésped para recibirlo. Entre estas esta la transmisión directa producida por contacto a menos de un metro con una persona infectada, las gotas entran en contacto con las mucosas y conjuntivas. La transmisión indirecta se produce cuando una persona entra en contacto con superficies a través de fómites, igualmente con objetos utilizados por el enfermo. La transmisión aérea es secundaria a procedimientos de vía aérea o tratamientos que generen aerosoles como intubación endotraqueal, broncoscopias, ventilación no invasiva con presión positiva.

Con las altas cifras de muertes a causa del virus, el trabajo incansable de científicos logra establecer la vacuna para el COVID como prevención, sin embargo, Wilches et al, (2020) mencionan algunas medidas para inactivar el coronavirus a partir de agentes germicidas sin dejar a un lado el uso de elemento de protección personal. Entre estos están los agentes químicos como soluciones jabonosas, hipoclorito de sodio, alcohol, peróxido de hidrogeno. Los agentes físicos como la radiación ultravioleta y gamma que inhiben los mecanismos replicativos del ARN. Y los agentes térmicos en los que se encuentran los elementos de esterilización.

Según Ou et al. (2020), existen factores de riesgo para hacer que la enfermedad se presente de manera grave, destaca la edad mayor de 75 años que se asocia a mayor riesgo de muerte, es más predisponente en hombres, obesidad con IMC mayor a 40. Otros factores de riesgo son las enfermedades preexistentes, encabezando la lista la hipertensión arterial, diabetes, cáncer activo y enfermedad renal crónica.

Las manifestaciones clínicas son variadas y poco específicas, entre ellas y como específica Grant et al. (2020), la fiebre y la tos son los síntomas más comunes a manera de resfriado, sin embargo, pueden presentar anosmia (perdida de olfato) y ageusia (perdida de gusto). El paciente puede presentar en general síntomas gripales como fiebre, fatiga, tos seca, anorexia. En la evolución y complicación de la enfermedad por el virus la clínica puede estar dada por síntomas cardiovasculares, gastrointestinales y/o neurológicos.

Entre todo esto es importante identificar lo más precozmente a los que poseen manifestaciones clínicas graves para que reciban un manejo oportuno en el centro de salud más adecuado, se encontrarán en este grupo, como lo indica Torres et al. (2021), pacientes que cursen con neumonía y además saturación periférica de oxígeno menor de 90% o frecuencia respiratoria mayor a 29 respiraciones por minuto. Por otro lado, Khalili et al. (2021), indican según su estudio acerca del promedio de incubación que es de 5.68 días aproximadamente, con una duración de 18.55 días en cuanto a los síntomas y un retraso de 4.92 días desde el inicio de los síntomas hasta la primera visita al centro médico.

### **Diagnósticos en Imágenes Radiológicas**

Se utiliza ampliamente la radiografía de tórax y la tomografía computarizada de tórax para el diagnóstico de COVID-19.

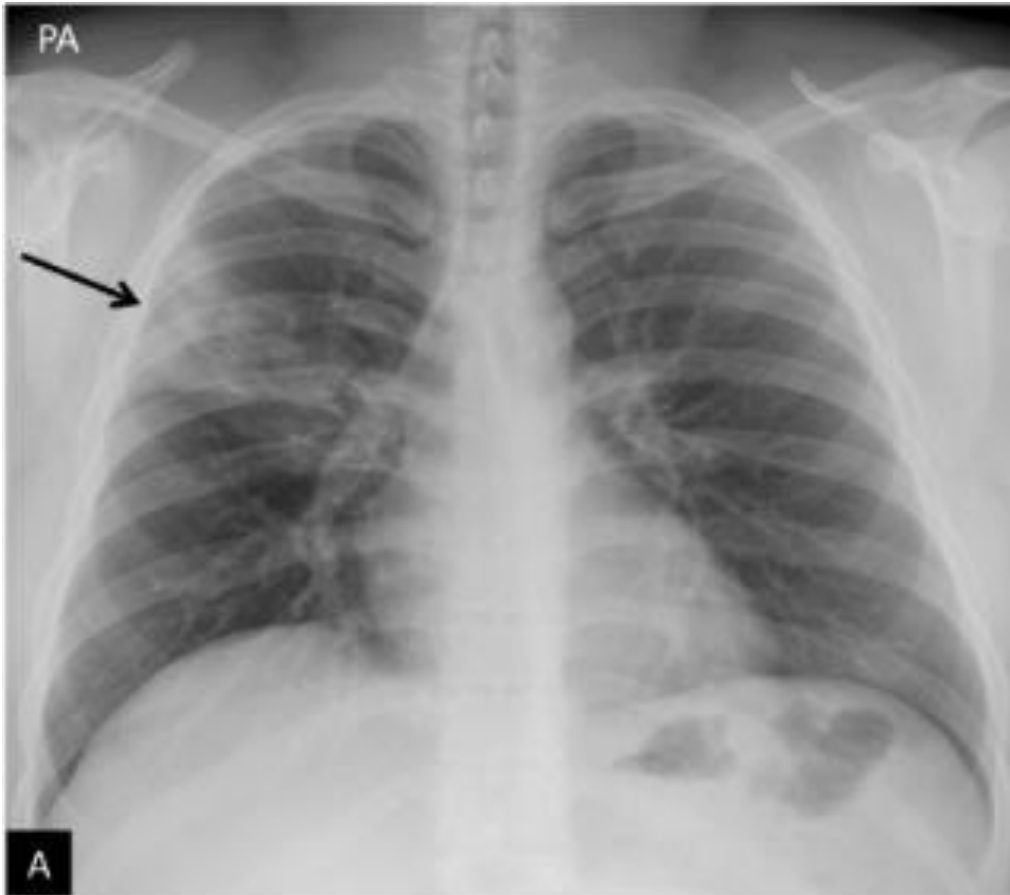
### **Radiografía de Tórax**

“La radiografía de tórax es generalmente la primera prueba de imagen en los pacientes con sospecha o confirmación de COVID-19 por su utilidad, disponibilidad y bajo coste, aunque es menos sensible que la tomografía computarizada” (Martínez et al., 2021, p. 2).

“Los hallazgos más frecuentes son las opacidades del espacio aéreo, ya sean las consolidaciones o, con menos frecuencia, las opacidades en vidrio deslustrado” (Martínez et al., 2020, p. 60).

### Figura 1

*Rx de tórax PA*



*Nota.* Neumonía lobar, afectación de lóbulo superior derecho. Fuente: (Martínez et al. 2020)

**Figura 2**

*Rx de tórax PA y lateral*



*Nota.* Tenues infiltrados bilaterales en campos inferiores (flechas) con mínimo derrame pleural en el seno costo diafragmático posterior izquierdo (punta de flecha). Fuente: (Martínez et al. 2020).

**Tabla 1***Hallazgos de Rx de tórax*

<b>Categorías en Rx de tórax en pacientes con COVID-19</b>	
Radiografía de tórax normal	No excluye la infección.
Hallazgos típicos	Patrón reticular, las opacidades en vidrio deslustrado y las consolidaciones, con morfología redondeada y una distribución multifocal parcheada o confluyente. La distribución suele ser bilateral y periférica y predominantemente en los campos inferiores.
Hallazgos indeterminados	consolidaciones o las opacidades en vidrio deslustrado con distribución unilateral, central o en los lóbulos superiores.
Hallazgos atípicos	Consolidación lobar, el nódulo o la masa pulmonar, el patrón miliar, la cavitación y el derrame pleural, descrito solo en el 3% de los pacientes.

*Nota.* autoría propia a partir de (Martínez et al. 2020)

### **Tomografía Computarizada (TC)**

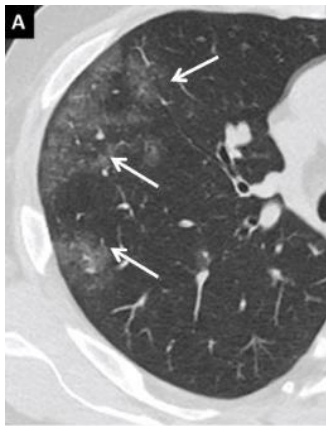
“La TC de tórax de alta resolución es una prueba accesible y rápida y se considera la prueba de imagen más sensible para detectar COVID-19, con una sensibilidad descrita de hasta el 97%” (Martínez et al., 2020, p. 62). El mismo autor menciona que la asociación colombiana de radiología (ACR), considera esta técnica de segunda línea debido a que a pesar de que tiene alta sensibilidad, su especificidad es baja frente al COVID-19 con la gripe H1N1. La tomografía

se debe realizar en casos en que los pacientes tengan deterioro clínico.

A continuación, se muestran imágenes de tomografía computarizada en paciente con hallazgos típicos de neumonía por COVID-19

### **Figura 3**

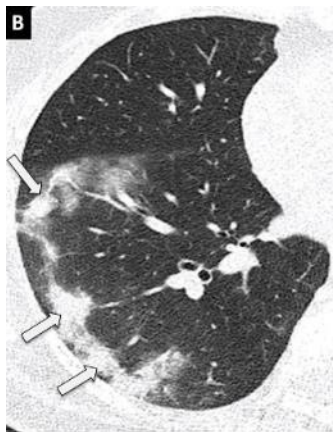
*Opacidades en Vidrio Deslustrado de Morfología redondeada y Distribución periférica y subpleural. Imagen por TC*



*Fuente.* (Martínez et al. 2020)

### **Figura 4**

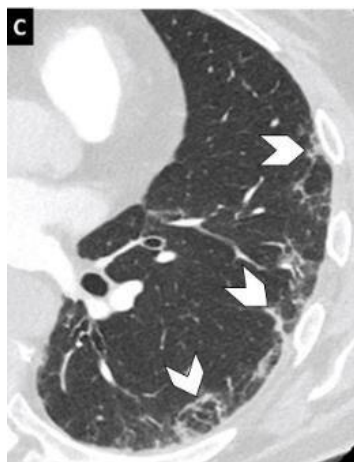
*Consolidaciones de predominio periférico y subpleural por TC.*



*Fuente.* (Martínez et al. 2020)

**Figura 5**

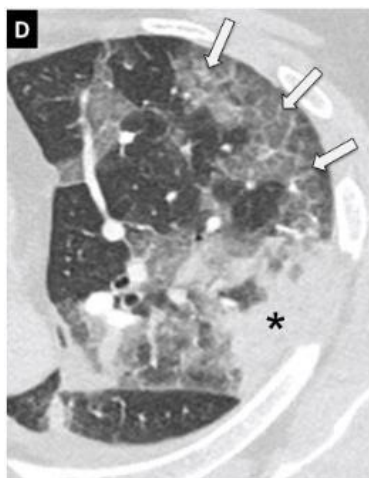
*Reticulación de localización periférica y subpleural por TC.*



*Fuente.* (Martínez et al. 2020)

**Figura 6**

*Opacidades En Vidrio Deslustrado Periféricas Con Engrosamiento De Septos Inter E Intralobulillares Superpuesto En Relación Con Patrón En Empedrado Por TC.*



*Fuente.* (Martínez et al. 2020)

**Tabla 2***Hallazgos de TC de tórax*

<b>Hallazgos en tomografía computarizada en pacientes con COVID-19</b>	
Opacidades en vidrio deslustrado	Aumento tenue de la atenuación pulmonar que permite ver a su través sin llegar a borrar las estructuras vasculares subyacentes.
Consolidación	Aumento de la atenuación pulmonar que borra los vasos y las paredes de la vía aérea.
Reticulación periférica	Engrosamiento de los septos inter- e intralobulillares.
Patrón en empedrado	Patrón lineal por engrosamiento de septos interlobulillares que se superpone a un patrón en vidrio deslustrado subyacente.

*Nota.* Autoría propia. Fuente: (Martínez et al. 2020)

### **Diagnóstico del COVID-19**

En el diagnóstico clínico se incluyen a todos los casos con síndrome gripal con antecedente de viaje al interior o exterior del país, o contacto cercano con personas que hayan realizado dichas actividades en los últimos 14 días.

En el diagnóstico laboratorial la muestra se obtiene por punción de la yema de los dedos con el fin de extraer una gota de sangre, que será colocada en la prueba rápida para la detección de IgG o IgM desarrollado frente a SARS-CoV-2.

**Tabla 3***Diagnostico laboratorial*

<b>Interpretación de resultados en COVID-19</b>	
Reactivo IgM	Infección reciente, se visualiza banda de control y banda IgM.
Reactivo IgG	Infección pasada, se visualiza banda de control y banda IgG.
Reactivos IgM e IgG	Infección en curso, se visualizan las tres bandas IgG, IgM y control.
No reactivo	Se visualiza sólo la banda de control, indica que no hay una cantidad de inmunoglobulina detectable.

*Nota.* Autoría propia. Fuente: (Martínez, et al 2020)

### **Inteligencia Artificial (IA)**

Maita et al. (2022), mencionan la importancia de la inteligencia artificial puesto que genera un gran impacto sobre la gestión pública en tiempos de pandemia; la llegada de avances tecnológicos, la diversidad de medios o instrumentos permiten el desarrollo de sistemas de control que otorgan legalidad y generan procesos democratizadores para la dirección pública.

Por otro lado, Arbeláez et al. (2021), manifiestan que las innovaciones incorporadas por la inteligencia artificial llevan estrategias digitales y tecnológicas muy avanzadas que tratan de imitar la forma o el mecanismo en el cual funciona el cerebro de todo ser humano; consiguiendo en muchos aspectos superar las restricciones y contradicciones de la inteligencia humana. El éxito de la IA depende de como el ser humano utilice las diferentes tecnologías, de como

mantenerla controlada a través de estándares éticos; esto permite que sea una herramienta fundamental de la evolución, del mejoramiento de las condiciones de las personas a futuro. Es importante relacionar la IA con las diferentes tecnologías de diagnóstico como las radiografías y la tomografía para COVID-19, dado que su evolución tecnológica permite acertar en los diagnósticos, en los tratamientos y en la mejoría de la calidad de vida de las personas, así como hacer prevalecer la vida. Así mismo, el uso de estas herramientas con la inteligencia artificial genera eficiencia y disminuyen la asignación de tareas y/o actividades humanas. La IA, toma fuerza en diferentes sectores de la economía mundial, en tiempos de pandemia de COVID-19 al limitar el desplazamiento laboral, producto de la automatización digital y tecnológica, adoptándolo en la actualidad

La inteligencia artificial, siempre ha sido parte de discursos públicos durante varias décadas según lo manifestado por Duan et al. (2019), frecuentemente representado en filmaciones de ciencia ficción o de corte apocalíptico donde las máquinas inteligentes se adueñan del planeta y esclavizan a la raza humana a una supervivencia mundana en un nuevo orden impuesto por la inteligencia artificial. Si bien la representación tiene un fondo imaginario, la realidad es que la inteligencia artificial ya es un presente en el que muchos de la población ya han interactuado regularmente en la vida cotidiana.

De acuerdo con Qian y Medaglia (2019), en su investigación analizaron los desafíos de emplear la inteligencia artificial en el contexto público de salud en China, en base al análisis de 3 grupos de partes interesadas: formuladores de políticas gubernamentales, gerentes/médicos de hospitales, y gerentes de empresas en Tecnologías de Información, con el fin de lograr ver los desafíos al adoptar la inteligencia artificial en el aparato estatal en salud en relación con los cambios y el impacto hacia la población en el contexto pandémico por

COVID-19, así como los desafíos legales, políticos, y las amenazas a la seguridad nacional de la información. Los resultados obtenidos mostraron que las diferentes partes interesadas tienen enfoques diversos y a veces contradictorios entre ellos.

En cuanto a la inteligencia artificial relacionada con las imágenes radiológicas, tenemos que “la imagenología médica tiene como objetivo el estudio de los órganos humanos a partir de imágenes obtenidas por diferentes métodos” (Sarmiento, 2020, p. 7)., como la resonancia magnética, la tomografía computarizada, el ultrasonido, la tomografía por emisión de positrones, los Rx, entre otros.

Es importante mencionar como lo indica el autor, en el campo de las imágenes diagnósticas, la precisión del diagnóstico depende de la adquisición y resolución de la imagen y de su interpretación. Cada vez los avances tecnológicos son más significativos permitiendo el desarrollo de una amplia gama de equipos y sistemas de adquisición de imágenes de alta resolución.

En los últimos años las ANNs y el DL, potentes modelos de algoritmos computacionales poseen aplicaciones en todas las ramas de la ingeniería biomédica tienen la gran capacidad para manejar grandes conjuntos de datos, reconocer patrones, extraer características, clasificar y predecir comportamientos.

La aplicabilidad de la inteligencia artificial en la gestión pública resulta ser muy prometedor para las autoridades, puesto que les permitirá determinar la forma de gestionar procesos y problemas del sector con una factibilidad por encima de los estudios clásicos, hecho que se traduce en servicios de calidad, atenuación de riesgos, mejor productividad de activos vitales y por defecto una mayor aceptación del proceso implementado por la población.

Según Duan, et al. (2019), los impactos de la inteligencia artificial, en la gestión

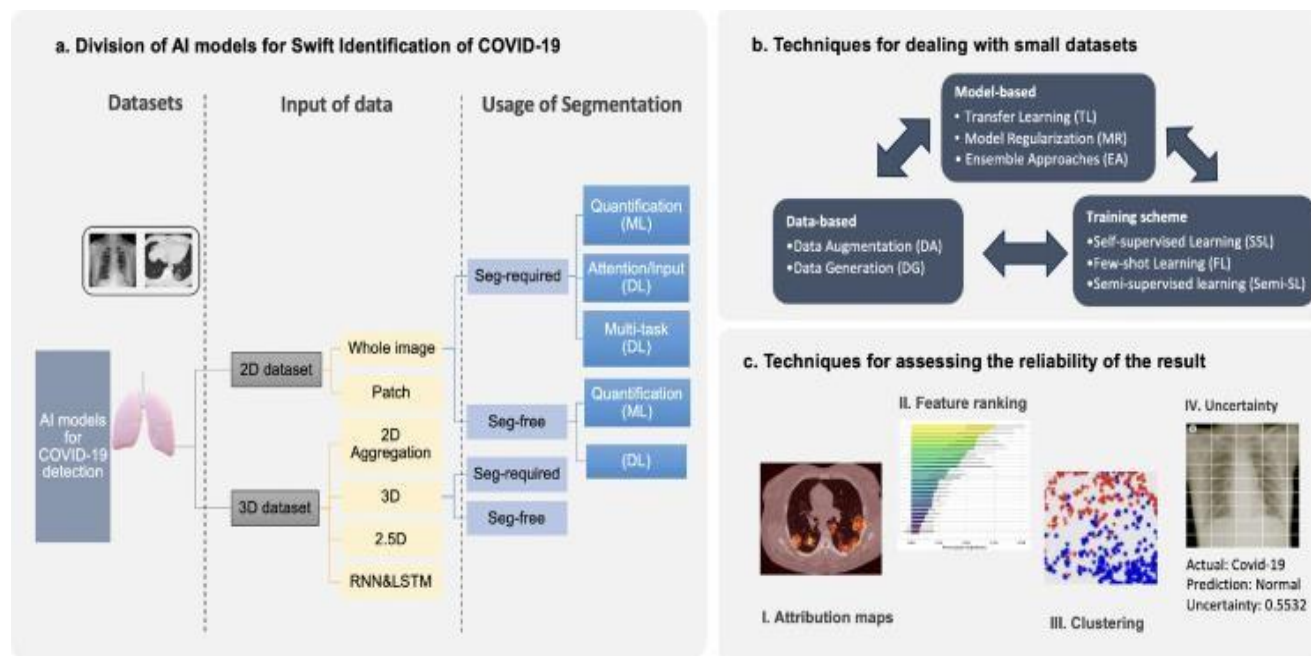
pública, toma importancia en tres aspectos y es la fuerza laboral del sector público, direccionar el aumento de la dinámica en la toma de decisiones públicas respaldada por inteligencia artificial y, por último, la disminución de cuestiones de opacidad en relación con el desempeño de la inteligencia artificial y su acceso con la población. Así mismo, es una acción responsable de las diferentes entidades, la normativa acerca de la capacitación permanente en el personal de salud para la utilización adecuada de las herramientas digitales al servicio de una eficiente gestión pública.

Tras la aparición del Covid-19, en un principal escenario, según Segovia (2021) el uso de la inteligencia artificial favorece: El seguimiento de la tendencia de los datos generados, con el fin de poder predecir el comportamiento de la pandemia en el tiempo; ayuda a actuar en forma óptima y eficaz, mediante mecanismos automatizados que permitan mitigar el incremento de casos COVID-19; detectar posibles datos de patrones radiológicos, que reconozcan la evolución de los pacientes, y todos los mecanismos relacionados a favorecer el bienestar de la ciudadanía.

Fang et al. (2023), mencionan varias técnicas de IA que han surgido para el diagnóstico rápido de esta nueva enfermedad en esta emergencia de salud pública.

**Figura 7**

*Técnicas de IA en modelos de diagnóstico de COVID-19.*



*Fuente.* (Fang et al. 2024)

La figura muestra en el literal a, la categorización del modelo basado en el formato de entrada y la necesidad de segmentación, en el literal b, mejorar el rendimiento del modelo en pequeños conjuntos de datos mediante técnicas de generalización y en el literal c, los métodos para identificar características predictivas y evaluar la confianza en la predicción para mejorar la confiabilidad de los resultados.

### **Metodología**

El enfoque de este trabajo se basa en el método cualitativo, ya que contempla conceptos y datos específicos, orientándolas a un contexto en particular, como lo es la inteligencia artificial de las imágenes diagnosticas relacionado con el COVID-19 .

Por otra parte, el tipo de estudio es descriptivo, puesto que busca comprender en que consiste el virus y su cadena de contagio, el diagnostico mediante las herramientas de inteligencia artificial, el tratamiento y el impacto a nivel de la gestión publica.

## **Desarrollo del proyecto**

### **Análisis Mediante Radiografía de Tórax y Tomografía Computarizada**

A partir de la búsqueda de las diferentes fuentes de información, se obtienen artículos de los últimos cinco años, utilizando términos de búsqueda como COVID, inteligencia artificial, imágenes radiológicas. Posteriormente se selecciona los artículos mas relevantes, de manera que contengan datos que se relacionen con las herramientas tecnológicas del campo de la radiología orientándolo a la inteligencia artificial y la pandemia por covid-19.

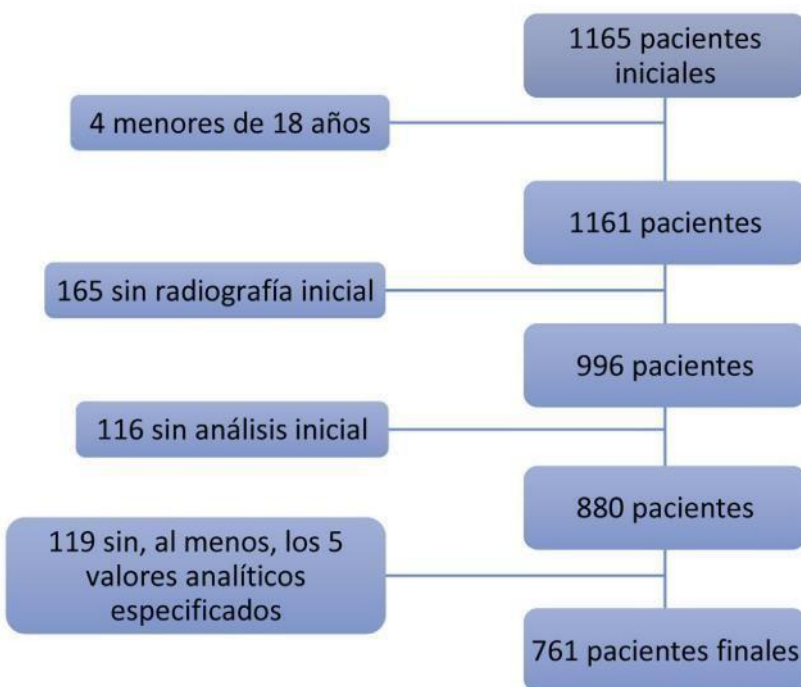
### ***Utilidad de la Radiografía de Tórax en COVID-19***

A partir del artículo de Nava, et al., (2021), donde mediante un estudio acerca del diagnóstico de neumonía en pacientes de COVID-19, se establece que la radiografía de tórax tiene menor sensibilidad que la tomografía computarizada, resultando en muchos casos resultados normales en las fases iniciales de la enfermedad, sin embargo, es ampliamente utilizada, puesto que es una técnica útil, rápida, disponible, económica y fácil de realizar. La mayoría de los pacientes con el virus +que fueron atendidos, solo se les tomo radiografía de tórax, precisamente por el acceso más fácil a este. El autor manifiesta que se utilizaron diferentes métodos para valorar la extensión y gravedad de la afectación pulmonar. Sin embargo, se debe analizar también, otros parámetros para determinar que la enfermedad o la neumonía sea causada por COVID-19, entre estos el aumento de la proteína C reactiva (PCR), del dímero-D y de la enzima lactato deshidrogenasa (LDH) y la Linfopenia. Para el estudio los autores incluyeron consecutivamente todos los pacientes sintomáticos, mayoresde edad, en un tiempo determinado con una prueba RT-PCR nasofaríngea positiva para SARS-CoV-2 y una radiografía de tórax y analítica en sangre al diagnóstico. Fueron excluidos aquellos pacientes

con una RT-PCR positiva, pero sin radiografía de tórax al diagnóstico, aquellos sinanalítica inicial y aquellos en cuya analítica inicial no estaban presentes estos cinco parámetros: recuento de leucocitos, linfocitos y plaquetas, el cociente linfocitos/leucocitos y la PCR.

### Figura 8

*Relación de pacientes objeto de estudio*



*Fuente.* (Nava et al. 2021).

En las radiografías de tórax se valoraron los siguientes hallazgos: opacidades en vidrio deslustrado, consolidaciones, opacidades lineales, derrame pleural, adenopatías, fibrosis pulmonar por patología pulmonar previa, enfisema y nódulos/masas. Se siguieron los criterios de la Sociedad Fleischer para definir los hallazgos radiológicos.

#### **Tabla 4**

##### *Distribución de hallazgos radiológicos en tórax*

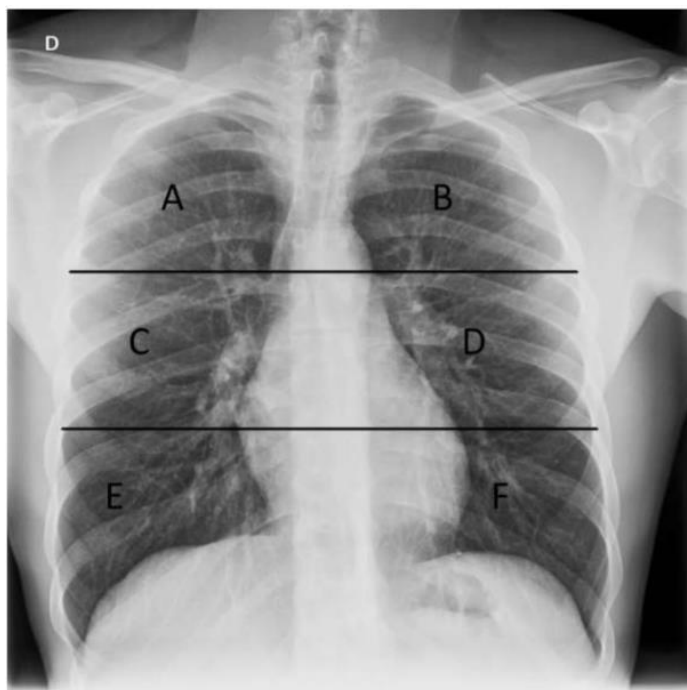
<b>Distribución pulmonar en Rx de tórax</b>	
Central	En los dos tercios internos del pulmón
Periférica	En el tercio externo
Difusa	Con afectación de ambas

*Nota.* Autoría propia Fuente: (Nava et al. 2021).

Con el fin de graduar la extensión de la afectación pulmonar (índice de gravedad radiográfico), cada pulmón se dividió en tres campos separados por dos líneas horizontales: una superior a la altura del borde inferior del cayado aórtico y otra inferior a la altura de las venas pulmonares como se muestra en la siguiente figura, de esta manera se distribuyen los hallazgos radiológicos.

## Figura 9

*División pulmonar en Rx de tórax*



*Nota.* A y B) Campos superiores. C y D) Campos medios. E y F) Campos inferiores. Fuente: (Nava et al. 2021).

Para el estudio, se hicieron 368 radiografías de tórax (48,4%) con el paciente en bipedestación (proyecciones posteroanterior y lateral) y 393 (51,6%) en proyección anteroposterior, de las cuales 361 (91,8%) fueron radiografías portátiles. De los 761 pacientes estudiados, 295 (38,8%) presentaron una radiografía de tórax normal al diagnóstico y 466 (61,2%) tenían hallazgos patológicos. De las radiografías patológicas, 168 (36%) mostraban un aumento de densidad en vidriodeslustrado, mientras que 202 presentaban consolidación pulmonar (43,3%).

Vidrio deslustrado y consolidación pulmonar se vieron en 40 pacientes (8,5%), y una neumonía lobar en 56 (12%) pacientes. Además, otros hallazgos menos frecuentes fueron derrame pleural en 25 casos (5,4%), fibrosis pulmonar por patología previa en 15 pacientes

(3,2%), opacidades lineales en 9 pacientes (1,9%), enfisema pulmonar en otros 9 casos (1,9%) y nódulos o masas pulmonares en 4 casos (0,9%). En ningún caso se identificaron adenopatías

## Figura 10

### *Hallazgos en la radiografía de tórax e índice de gravedad radiográfico*

Hallazgos en la radiografía de tórax		n = 761 (%)
<i>Radiografía de tórax normal</i>		295 (38,8%)
<i>Radiografía de tórax patológica</i>		466 (61,2%)
Vidrio deslustrado		168 (36%)
Consolidación		202 (43,3%)
Consolidación y vidrio deslustrado		40 (8,5%)
Neumonía lobar		56 (12%)
Derrame pleural		25 (5,4%)
Fibrosis pulmonar previa		15 (3,2%)
Opacidades lineales		9 (1,9%)
Enfisema pulmonar		9 (1,9%)
Nódulo/masa		4 (0,9%)
Adenopatías		0 (0%)
Distribución por campos		n = 466 (%)
	<i>Izquierdo</i>	<i>Derecho</i>
Superior	57 (12,2%)	95 (20,4%)
Medio	259 (57,5%)	263 (56,4%)
Inferior	259 (55,6%)	260 (55,8%)
<b>Afectación</b>		n = 466 (%)
Afectación unilateral		175 (37,6%)
Afectación bilateral		291 (62,4%)
<b>Distribución</b>		n = 466 (%)
Distribución periférica		417 (89,5%)
Distribución central		4 (0,9%)
Distribución difusa		45 (9,7%)
<b>Índice de gravedad radiográfico</b>		n = 466 (%)
1	141 (30,3%)	
2	113 (24,2%)	
3	81 (17,4%)	
4	83 (17,8%)	
5	28 (6%)	
6	20 (4,3%)	

*Fuente.* (Nava. et al., 2021).

Se encontró una relación estadísticamente significativa entre la extensión de la afectación en la radiografía de tórax inicial y los parámetros analíticos estudiados, así como con los días de evolución desde el inicio de los síntomas. La necesidad de ingreso hospitalario fue mayor cuanto más alto fue el índice de gravedad radiográfico. La fiebre y la tos fueron las

manifestaciones clínicas encontradas más frecuentes seguidas de la disnea, los síntomas gastrointestinales y el dolor torácico. El 38,8% de los pacientes sintomáticos con COVID-19 del estudio presentó una radiografía de tórax normal al diagnóstico y un 61,2% tenía hallazgos patológicos, porcentaje similar al de otras series, 60-91% 15,20,21. La afectación pulmonar tenía un predominio bilateral, en los campos inferiores y en la periferia del pulmón, según lo descrito en la literatura médica. La consolidación fue el hallazgo más común seguido de las opacidades en vidrio deslustrado, de acuerdo con lo publicado en otras series. El 12% de nuestros pacientes presentaron una neumonía lobar, hallazgo que habitualmente sugiere una etiología bacteriana, a pesar de lo cual estos pacientes presentaron una PCR positiva y no se diagnosticó una infección bacteriana en el momento inicial. El derrame pleural fue un hallazgo infrecuente y en casi todos los casos, secundario a otra patología (antecedente de insuficiencia cardíaca, derrame pleural crónico ya existente en radiografías de tórax previas).

### ***Utilidad de la TC en COVID-19***

Se realiza la revisión y el análisis de un segundo artículo donde Soriano et al (2021) describen diferentes hallazgos en la tomografía de tórax en pacientes de COVID-19. De acuerdo con los autores, la TC tiene un gran valor en el diagnóstico y pronóstico en pacientes con sospecha de neumonía por COVID-19. Entre los hallazgos se encuentra la presencia de opacidades en vidrio deslustrado con o sin consolidaciones asociadas, siendo este un hallazgo típico en la neumonía por COVID-19 en fases iniciales principalmente, demostrando mayor sensibilidad que la prueba de la reacción en cadena de la polimerasa con transcripción inversa (RT-PCR), pero no es específico para COVID, ya que estos hallazgos también se han visto en otras neumonías virales.

El tipo de estudio empleado por los autores fue retrospectivo observacional; fue realizado

a 218 pacientes con sospecha o diagnóstico de neumonía COVID-19 procedentes de dos hospitales terciarios. se incluyeron aquellos pacientes que presentasen clínica sospechosa de infección por SARS-CoV-2 y que tuvieran una RT-PCR positiva. Como criterios de exclusión se consideraron: pacientes menores de 18 años; prueba RT-PCR negativa; neumonía causada por un patógeno diferente al SARS-CoV-2 y TC consecutivas realizadas al mismo individuo. Las TC de tórax se realizaron al ingreso con dos equipos de TC multidetector las imágenes se almacenaron en PACS (Picture Archiving and Communication Systems) para su estudio. “Siguiendo la declaración consensuada de la RSNA (Radiological Society of North America) y en función de los hallazgos radiológicos de cada paciente, se determinaron cuatro categorías que indican la probabilidad de neumonía COVID-19 (patrón típico, indeterminado, atípico y negativo)” (Soriano, et al 2021. p. 220).

### **Tabla 5**

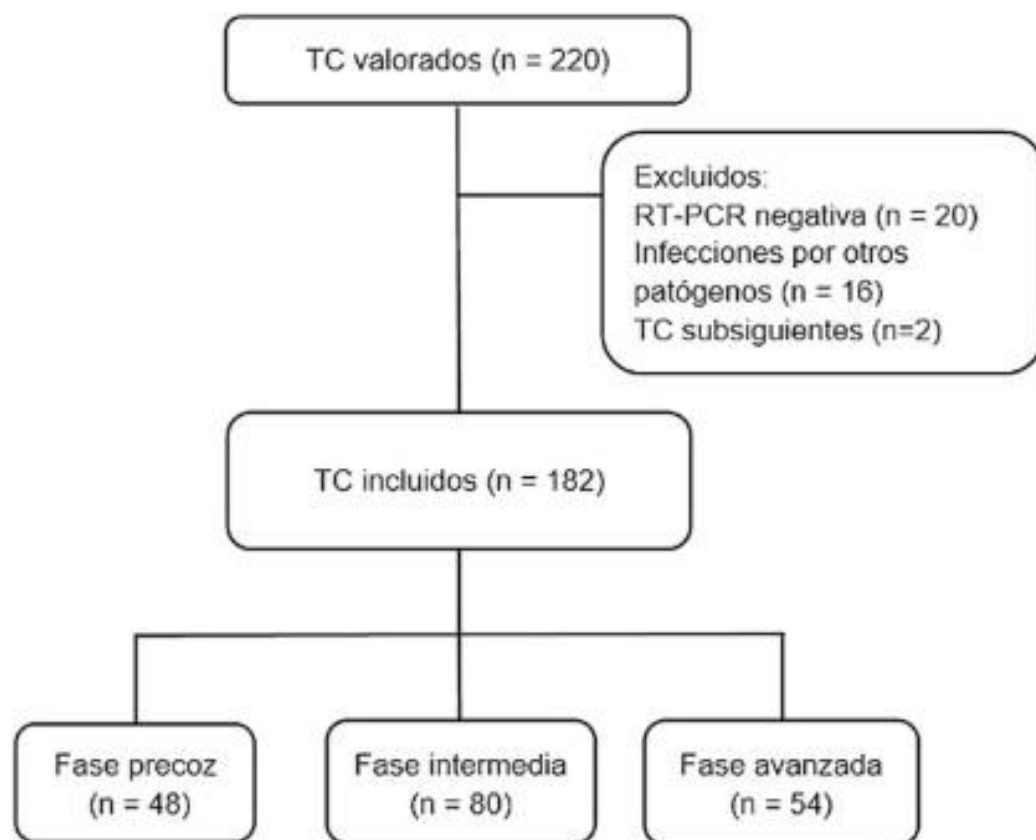
*Evaluación semicuantitativa de la extensión de la afectación pulmonar en cada uno de los cinco lóbulos pulmonares.*

<b>Score radiológico visual</b>	
score = 0	ausencia de afectación
score = 1	afectación del 1- 5% del volumen del lóbulo
score = 2	afectación del 6-25%;
score = 3	afectación del 26-50%;
score = 4	afectación del 51-75%

*Nota.* Autoría propia. Fuente: (Soriano et al. 2021)

**Figura 11**

*Diagrama de flujo. Población.*



*Fuente.* (Soriano et al. 2021).

A continuación, se muestran los hallazgos de TC de todos los pacientes analizados.

El hallazgo más frecuente fueron las opacidades en vidrio deslustrado, seguido del patrón en empedrado, las bronquiectasias y la ingurgitación vascular. El signo del “halo” se detectó más frecuentemente en la fase precoz que en las fases intermedia/progresiva o avanzada.

**Figura 12***Hallazgos en TC en pacientes con sospecha de COVID-19*

	Total (n = 182)	Fase precoz (n = 48)	Fase interme- dia/progresiva (n = 80)	Fase avanzada (n = 54)	Valor de p
<i>Datos demográficos</i>					
Edad (años)	60,7 ± 15,3 (rango 20-94)	61,7 ± 17,3 (rango 22-89)	59,7 ± 14,7 (rango 20-94)	61,3 ± 14,5 (rango 30-86)	0,722
Género (varones)	106 (58,2%)	20 (41,7%)	52 (65%)	34 (62,9%)	0,025
<i>Datos analíticos</i>					
Linfocitos (x 10 <sup>9</sup> /L)	1,99 ± 8,97 (0,67-3,3)	1,3 ± 2,1 (0,69-1,91)	2,98 ± 13,47 (0,04-5,99)	1,15 ± 0,48 (1,02-1,29)	0,427
Plaquetas (x 10 <sup>9</sup> /L)	192,93 ± 67,46 (183,04-202,83)	175,8 ± 55,99 (159,62-192,13)	189,47 ± 65,19 (174,87-204,07)	213,17 ± 75,65 (192,52-233,81)	0,016
PCR (mg/dL)	7,79 ± 8,33 (6,57-9,01)	4,34 ± 5,53 (2,73-5,94)	8,55 ± 8,77 (6,58-10,51)	9,76 ± 8,94 (7,31-12,19)	0,002
Procalcitonina (ng/mL)	0,21 ± 0,76 (0,1-0,33)	0,17 ± 0,41 (0,05-0,29)	0,25 ± 1,06 (0,01-0,5)	0,21 ± 0,43 (0,09-0,33)	0,847
Creatina (mg/dL)	0,96 ± 0,68 (0,86-1,06)	1,07 ± 1,23 (0,71-1,43)	0,91 ± 0,3 (0,85-0,98)	0,93 ± 0,28 (0,85-1,00)	0,405
LDH (UI/L)	303,03 ± 129,14 (283,88-322,19)	243,77 ± 85,3 (217,84-269,71)	293,91 ± 120,77 (266,86-320,96)	364,67 ± 145,26 (325,02-404,32)	<0,001
Bilirrubina (mg/dL)	0,55 ± 0,35 (0,5-0,61)	0,61 ± 0,51 (0,46-0,77)	0,52 ± 0,28 (0,46-0,59)	0,54 ± 0,26 (0,47-0,62)	0,403
Troponina T (ng/L)	18,96 ± 25,46 (14,96-22,96)	28,41 ± 47,56 (13,39-43,42)	15 ± 6,09 (13,49-16,51)	16,44 ± 8,73 (14,01-18,87)	0,02
Dímero D (ng/mL)	1041,4 ± 1185,5 (860,83-1221,97)	737,38 ± 511,66 (577,94-896,83)	979,58 ± 850,63 (781,11-1178,04)	1367,47 ± 1765,46 (880,85-1854,09)	0,03
Pro-BNP (pg/mL)	779,23 ± 3386,93 (215,32-1343,15)	2347,54 ± 6529,31 (104,65-4590,44)	216,68 ± 564,9 (65,4-367,96)	311,48 ± 702,72 (111,77-511,19)	0,006
Ferritina (ng/mL)	997,37 ± 997,15 (827,63-1167,1)	471,69 ± 520,98 (286,96-656,42)	1134,76 ± 825,52 (907,21-1362,29)	839,16 ± 1265,97 (839,16-1566,41)	0,002
IL-6 (pg/mL)	88,25 ± 318,29 (28,38-148,12)	30,84 ± 18,98 (22,64-39,05)	66,07 ± 190,04 (8,97-123,16)	142,2 ± 471,17 (2,83-287,18)	0,336

*Fuente.* (Soriano et al. 2021).

“Dado el carácter dinámico de los hallazgos tomográficos de la neumonía COVID-19, la imagen puede tener un papel importante en el control evolutivo de la infección, así como en la valoración de la respuesta al tratamiento” (Soriano et al., 2021, p. 225).

Según el estudio, el score tomográfico sugerido es una herramienta accesible y reproducible para estimar la gravedad de la afectación pulmonar en la neumonía COVID-19.

Teniendo en cuenta el análisis de los dos estudios en radiografía de tórax y Tomografía computarizada, el Rx de tórax es un estudio de primera línea para abordar pacientes con

sospecha de COVID-19, dado que este tipo de tecnología es primordial en los servicios básicos de salud, por lo tanto, es accesible y rápida. Es importante como lo menciona el autor, seguir una serie de métodos para evaluar los hallazgos y llegar a un diagnóstico correcto. Cabe mencionar que es importante evaluar a los pacientes con pruebas de análisis.

Por otro lado, la TC a pesar de que es una tecnología más avanzada y compleja, su uso es más limitado a pacientes con complicaciones por COVID-19 hallazgos que en Rx convencional no se identificarían. Así como en el Rx también se deben seguir unos parámetros para evaluar las imágenes e identificar patrones.

Las dos herramientas juegan un papel muy importante casi que infalible, a la hora del diagnóstico de pacientes con sospecha de COVID-19, ya que muchas veces las pruebas de cribado pueden resultar en falsos positivos o falsos negativos; por otra parte, las pruebas de PCR son importantes, porque en muchos casos según los estudios analizados, los resultados de las imágenes tanto en Rx como en TC son normales en las fases iniciales.

### ***Impacto de la Inteligencia Artificial en Radiología***

En la revisión de trabajo de grado de Martín y Lucini (2021) se evidencia la importancia de la inteligencia artificial a través de los años, y que en la última década ha tenido un auge exponencial en el área médica específicamente en radiología con la implementación de dispositivos y sistemas inteligentes para el apoyo mismo de esta ciencia indispensable en el diagnóstico médico.

La utilidad de la inteligencia artificial en radiología está presente desde la solicitud de un estudio al servicio de radiología a través de sistemas que están interconectados de manera institucional, proponiendo de esta manera un servicio más ágil y con menos errores. En la siguiente imagen se comprende el flujo de trabajo básico en el área de radiología.

### Figura 13

#### *Workflow en un servicio de radiología*



*Fuente.* (Marín y Lucini 2021).

En este momento, el radiólogo recibe la orden clínica y valora si es necesaria la prueba en cuestión, y, si la considera apropiada y debidamente justificada, se encargará de adquirir la imagen del paciente por el sistema solicitado (ya sea resonancia magnética (RM), ecografía, radiografía (RX) o tomografía computarizada (TC)), interpretarla e informarla para después devolver los resultados de la prueba realizada al especialista (Marín y Lucini, 2021, p. 13).

**Adquisición de la Imagen.** Los mismos autores afirman que en el año 2020 con motivo de la pandemia COVID la inteligencia artificial se ha desarrollado especialmente en este campo, permitiendo el aislamiento de las salas de adquisición respecto a las salas de control para la realización de tomografías computarizadas y radiografías en pacientes afectados por el virus. A través de cámaras y escáneres, el operador puede indicar al paciente sobre el examen, la posición entre otras, desde la sala de control sin necesidad de estar con el paciente. La IA, también permite la aceleración del proceso de adquisición de las imágenes, es el caso de las resonancias magnéticas, que se caracterizan por ser estudios largos, al utilizar este proceso, se acortan los tiempos de realización lo que supone una serie de beneficios para el paciente, como es un mayor confort, reducción de las listas de espera o menor posibilidad de artefactos por el movimiento del paciente. Otro punto a favor de la IA en radiología, es que mejora los sistemas actuales de

reconstrucción de imagen 3D.

Estos algoritmos que ya se utilizan en la clínica como es el caso de la angiografía coronaria por TC pueden ser optimizados para reducir la dosis de radiación a la que se expone el paciente durante la intervención sin repercutir esto en la calidad de la imagen obtenida, incluso llegando a mejorarla reduciendo la tasa de artefactos de la técnica actual (Marín y Lucini, 2021, p. 14).

**Procesamiento de la Imagen.** Una vez adquiridos los datos de la prueba, el sistema es capaz de interpretarlos automáticamente. La segmentación permite a una inteligencia artificial delimitar las diferentes estructuras en lo que se conocen como regiones de interés (ROIs), que a su vez son procesadas y permiten delimitar órganos y lesiones que se puedan objetivar en la prueba de imagen; por ejemplo, en el caso del cáncer de páncreas en tomografía computarizada o en la segmentación lobar y la cuantificación de enfisemas pulmonares en tomografía computarizada.

**Informe de la Imagen.** la inteligencia artificial puede generar informes redactados automáticamente en base a la imagen analizada. Es una gran ayuda para el radiólogo en la emisión del informe, ya que el sistema crea una lectura estándar, guardando la misma estructura y extrayendo los datos que el sistema considera más relevantes de la imagen y relacionándolos con la historia clínica del paciente. Este modo de IA permite diagnósticos diferenciales con exactitud y en un tiempo menor, lo que se traduce en una mejora de la calidad asistencial.

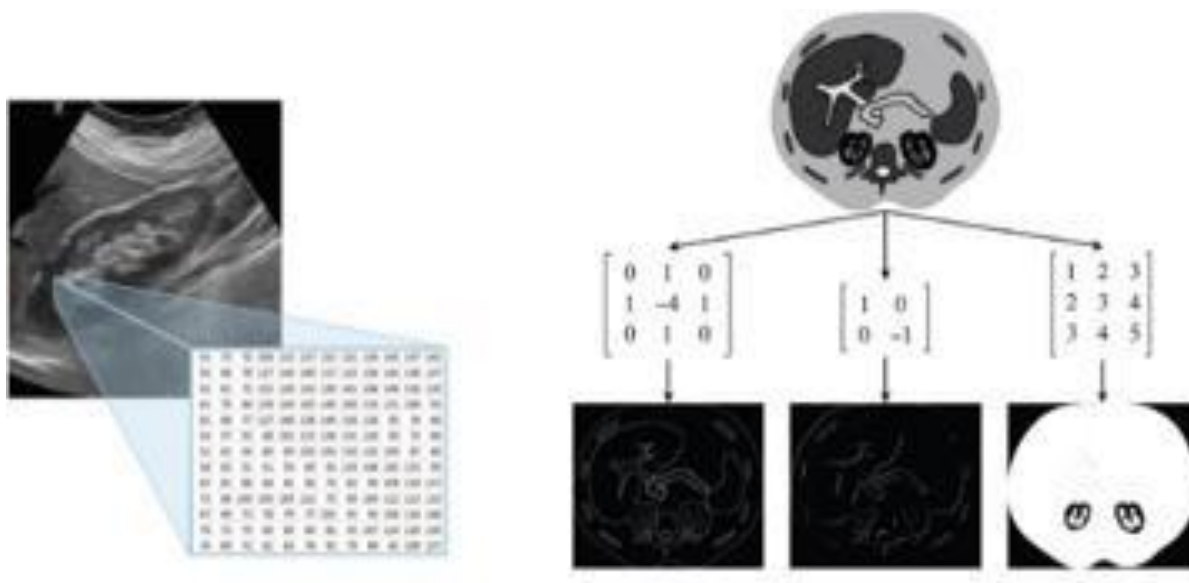
Pero para lograr esto, los autores mencionan, que, en el año 2021, se desarrolló la tecnología de la red neuronal multimodal

Para ello, se han desarrollado tecnologías en este año 2021 como es la red neuronal de neuronas multimodales, que permite el entrecruzamiento de neuronas de sistemas entrenados de

manera independiente, como puede ser procesamiento del lenguaje natural con segmentación de imagen, para crear un único sistema capaz de realizar lo mencionado previamente.

### Figura 14

*Ejemplo de red convolucional.*



*Fuente.* (Marín y Lucini 2021).

Si lo pensamos, no difiere tanto de lo que nuestro cerebro hace día tras día, puesto que la visión humana consiste en la recepción de un estímulo visual que posteriormente nuestra corteza occipital encargada de la visión interpreta, y es la visión conjunta de bordes, colores, contraste o profundidad la que nos evoca una idea en base a lo que hemos ido aprendiendo o categorizando a lo largo de nuestra vida. Aquí, ese estímulo visual es el mapa de números, y la conjunción de varias convoluciones en diferentes neuronas artificiales encargadas de valorar estos bordes, colores, profundidad... lo que le permiten al sistema interpretar los datos (Marín y Lucini 2021, p.10).

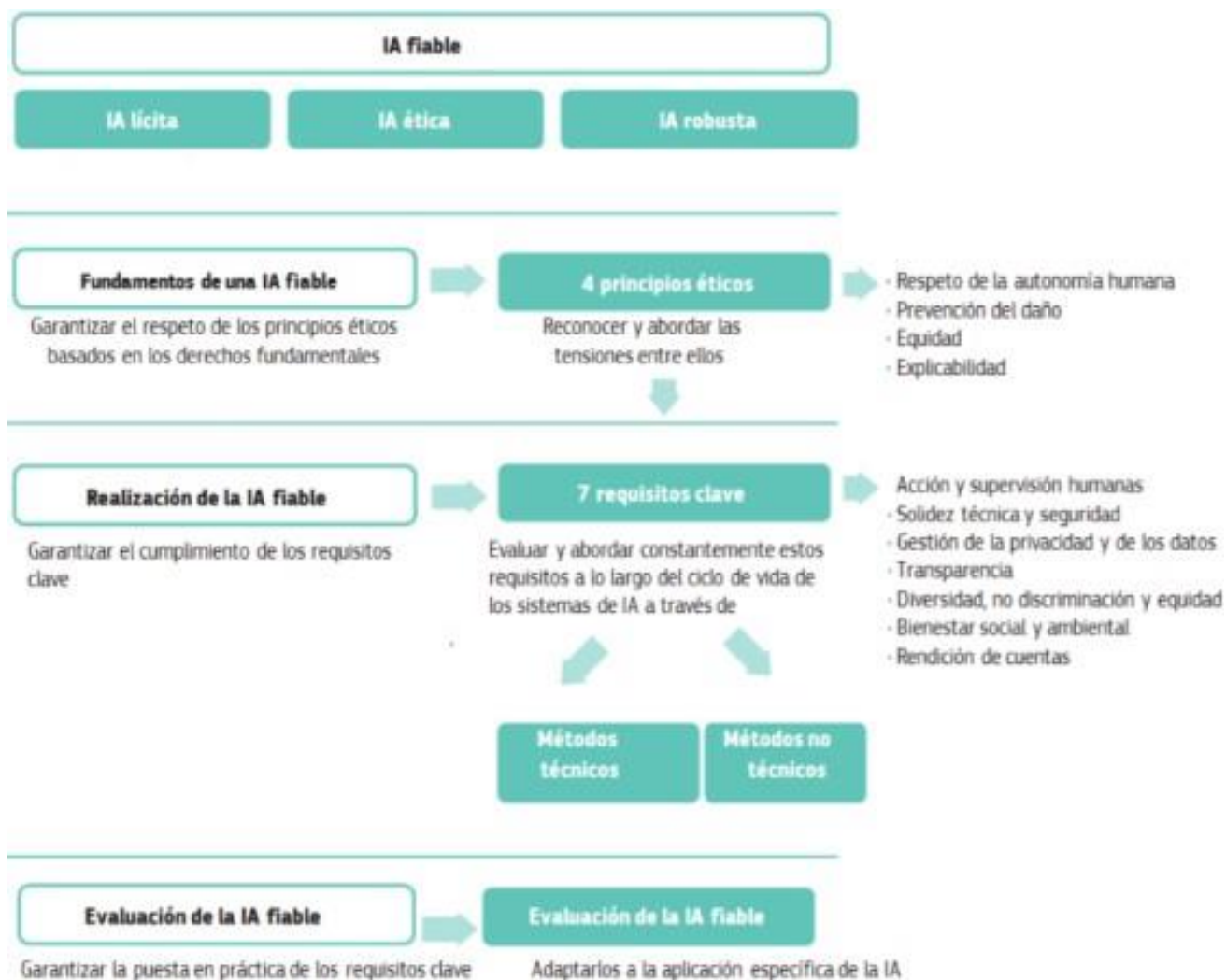
### ***Inteligencia Artificial Frente al COVID-19***

Está claro que el interés por la IA se ha extendido a casi todos los aspectos del manejo y la investigación de infecciones humanas. aunque la evidencia concreta de su utilidad clínica sigue siendo mucho más modesta. Si bien realizar pronósticos precisos sigue siendo un desafío, se han destacado ampliamente varias preocupaciones, limitaciones y oportunidades, y el conocimiento de ellas podría ayudar a los médicos de primera línea a mantenerse al tanto de los desarrollos de la IA en su propia práctica.

Por último, es necesario mencionar la importancia de la ética en la aplicabilidad de la inteligencia artificial, la Unión Europea desde 2018, ha tenido varios encuentros con el fin de construir bases para crear una inteligencia artificial fiable. Para el desarrollo de la inteligencia artificial es primordial cumplir con tres pilares; el primero, es que la inteligencia artificial sea lícita, debe cumplir todas las leyes y reglamentos aplicables tanto de la unión europea como de los países que lo forman; segundo, la inteligencia artificial debe ser ética, debe garantizar el respeto de los principios y valores éticos; y tercero, la inteligencia artificial debe ser robusta, tanto técnica como socialmente, para así evitar provocar daños accidentales.

Lo más importante, es que los sistemas de IA se centren en las personas basándose en el compromiso de usarlos al servicio de la humanidad y del bien común, mejorar el bienestar y la libertad de los seres humanos. Situación que se puso a prueba con la pandemia del COVID-19 donde todos los esfuerzos estuvieron dirigidos a la humanidad, con la creación de herramientas digitales, creación de dispositivos médicos y sistemas que han ido perfeccionando.

Figura 15

*Inteligencia artificial fiable*

Fuente. (Marín y Lucini 2021)

**Tabla 6***Responsabilidad en la inteligencia artificial*

<b>Principios éticos</b>	<b>Requisitos</b>
Respeto de la autonomía humana	Acción y supervisión humanas.
Prevención del daño	Solidez técnica y seguridad.
Equidad/Igualdad	Gestión de la privacidad y los datos.
Explicabilidad	Transparencia.
	Diversidad, no discriminación y equidad.
	Bienestar social y medioambiental.
	Rendición de cuentas.

*Nota.* Autoría propia. Fuente: (Marín y Lucini 2021)

## Conclusiones

La precisión de prueba diagnóstica por modelo de IA es de 83.98% y el AUC es de 0.85, lo que implica que es un buen método diagnóstico no invasivo. Seguidamente, la prueba diagnóstica por modelo de IA se caracteriza por tener un alto valor predictivo negativo, lo que la hace útil al discriminar verdaderos negativos (pacientes sin la enfermedad). Luego, las redes neuronales artificiales requieren un nivel complejo de conocimiento para su formulación y calibración dependiendo su propósito, sin embargo, hoy en día se cuentan con herramientas de libre acceso; que si bien implican: un equipo de hardware adecuado, la recolección de datos y el tiempo de entrenamiento para el fin buscado; que facilita la confección de la IA y su uso para personas no expertas del tema.

El mundo está en el punto de entrar en la cuarta Revolución Industrial, el cual se basa en parte en la inteligencia artificial de desarrollo y aplicaciones. A pesar de los beneficios de una mayor eficiencia y eficacia en servicios de salud, esta revolución tecnológica plantea una serie de desafíos para la administración de gestión pública, en los que las potencias mundiales carecen de suficientes recursos humanos y logística. Este aspecto debe ser entendido a la luz de la realidad que no son suficientes expertos en el campo para llevar a cabo una efectiva implementación de procesos, como, el hecho que las regiones rara vez invierten económicamente en la formación de cuadros que puedan trabajar en ellas. Quizás este delicado aspecto es uno de los más álgidos que sobrepasan las expectativas, puesto que su solución responde a las políticas adoptadas por la gestión de turno.

Es evidente, que el buen hacer, permitirá detener las diversas formas en que se cometen delitos o se llevan a cabo malas prácticas en las gestiones públicas, o con la participación de funcionarios, han cambiado y tenderán a cambiar más en el futuro; por lo que, los órganos de las administraciones deberán adaptarse, incluso anticiparse, a los cambios que se producirán en las formas, los medios y los riesgos, en un nuevo entorno digitalizado de la mano de la inteligencia artificial

Es probable que el uso creciente de la inteligencia artificial desafíe las normas culturales y actúe como una barrera potencial dentro de ciertos sectores de la población, más aún en gestión de salud pública. También, se encuentra el riesgo latente que la inteligencia artificial puede superar el desempeño humano en muchos trabajos, y con ello podría, inevitablemente, reemplazarlos. No cabe duda, sobre lo mencionado, que la inteligencia artificial seguirá mejorando su capacidad e infiltrándose en muchos más dominios del quehacer de la sociedad; por ello, la preocupación creciente que la inteligencia artificial extinga puestos de trabajo y reemplace a los humanos, impedirá generar la confianza de las personas en la inteligencia artificial; pero que, debido a su eficacia, será casi inevitable dicha tendencia. Se cree que la inteligencia artificial (IA) tiene un papel importante que desempeñar en la práctica de la gestión pública en tiempos de pandemia. En forma de aprendizaje automático, es la capacidad principal detrás del desarrollo de las políticas públicas modernas, ampliamente aceptada como un avance necesario en mejora. También, parece cada vez más claro que los sistemas de IA no reemplazarán a los profesionales a gran escala, sino que aumentarán sus esfuerzos para beneficio de la sociedad.

Ante este cambio radical orientado a esta tendencia de la utilización de la inteligencia artificial, se debe tener en cuenta la preparación que se tiene al respecto, y en el caso de acceder a mecanismos y procesos basados en inteligencia artificial; cabe mencionar que existen aún falta de profesionales en salud lo suficientemente formados como para poder sacar partido de la inteligencia artificial y adaptarla a procesos de desarrollo nacional en educación, economía y salud pública.

Por otra parte, se debe considerar el nivel de aceptación/rechazo de la implementación de la inteligencia artificial en gestión pública en educación, economía y salud por parte de la población. Dichos dilemas, a los cuales no se puede estar exentos, formarán parte de una siguiente investigación respecto del campo de las posibilidades e implicancias de la inteligencia artificial en educación, economía y salud en los países en vías del desarrollo.

### Referencias bibliográficas

- Arbeláez, D., Villamil, J. y Rojas, M. (2021). Inteligencia artificial y condición humana: ¿Entidades contrapuestas o fuerzas complementarias? *Revista de Ciencias Sociales* 27(2). 502-513. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/racs/article/view/35937/38307>
- Diaz, F. y Toro, A. (2020). SARS-CoV-2/COVID-19: el virus, la enfermedad y la pandemia. *Artículo de revisión*. 24(3). <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/05/1096519/covid-19.pdf>
- Duan, Y., Edwards, J. y Dwivedi, Y. (2019). Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data – evolution, challenges and research agenda. *International Journal of Information Management*, 48. P.63-71. <https://doi.org/10.1016/J.IJINFOMGT.2019.01.021>
- Fang, Y., Xing, X., Wang, S., Walsh, S., y Yang, G. (2023). Post-COVID Highlights: Challenges and Solutions of AI Techniques for Swift Identification of COVID-19. *Science direct*. 85. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959440X24000058?via%3Dihub>
- Grant, M., Geoghegan, L., Arbyn, M., Mohammed, Z., McGuinness, L., Clarke, M. y Guade, R. (2020). The prevalence of symptoms in 24,410 adults infected by the novel coronavirus (SARS-CoV-2; COVID-19): A systematic review and meta-analysis of 148 studies from 9 countries. <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0234765&type=printable>
- Khalili, M., Karamouzian, M., Nasiri, N., Javadi, S., Mirzazadeh, A. y Sharifi, H. (2020). Epidemiological Characteristics of COVID-19: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Epidemiology and Infection* 148. <https://www.cambridge.org/core/journals/epidemiology-and-infection/article/epidemiological-characteristics-of-covid19-a-systematic-review->

and-metaanalysis/8B565B2FE5A97054E8B2564FB2CE6D3E.#

Luna, P., y Vargas, S. (2022). Uso de inteligencia artificial para el diagnóstico de covid-19 a través de radiografía de tórax en el hospital nacional Adolfo Guevara Velasco, hospital regional y hospital Antonio Lorena, Cusco-Perú, periodo 2020-2021. In Repositorio Institucional - UCV.

[https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/4802/Pavel\\_Sharon\\_Tesis\\_bachiller\\_2022.pdf?sequence=1](https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/4802/Pavel_Sharon_Tesis_bachiller_2022.pdf?sequence=1)

Maita, Y., Flores, W., Maita, A. y Cotrina, J. (2022). Inteligencia artificial en la gestión pública en tiempos de Covid-19. *Revista de Ciencias Sociales* 28(5).

<https://produccioncientificaluz.org/index.php/rcs/article/view/38167/42223>

Marin, J. y Lucini, P. (2020). Inteligencia artificial en radiología. Universidad de Extremadura.

[https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/12503/1/TFGUEX\\_2021\\_Marin\\_Rodriguez.pdf](https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/12503/1/TFGUEX_2021_Marin_Rodriguez.pdf)

Martínez, E., Diez, A., Ibáñez, L., Ossaba, S. y Borrueal, S. (2021). Radiologic diagnosis of patients with COVID-19. *Sociedad Española de radiología medica* 63. P. 56-63.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003383382030165X?via%3Dihub>

Nava, A., Gomez, S., Fuentes, M., Cabeza, B., Victoria, A. y Bustos, A. (2021). Neumonía COVID-19: relación entre la radiografía de tórax inicial y los datos analíticos. 63. P. 484-

494. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8220990/pdf/main.pdf>

OMS, (2020). Transmisión del SARS-CoV-2: repercusiones sobre las precauciones en materia de prevención de infecciones. *Reseña científica*.

[https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/333390/WHO-2019-nCoV-Sci\\_Brief-Transmission\\_modes-2020.3-spa.pdf](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/333390/WHO-2019-nCoV-Sci_Brief-Transmission_modes-2020.3-spa.pdf)

Ou, M., Zhu, J., Ji, Pan., Li, H., Zhong, Z., Li, B., Pang, J., Zhang, J. y Zheng Z. (2020). Risk Factors of Severe Cases with COVID-19: A Meta-Analysis. *Epidemiology and Infection* .

<https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/1D78FB6C37F664058E00C305BE837A9A/S095026882000179Xa.pdf/risk-factors-of-severe-cases-with-covid-19-a-meta-analysis.pdf>

Qian, T., y Medaglia, R. (2019). Mapping the challenges of Artificial Intelligence in the public sector: Evidence from public healthcare. *Government Information Quarterly* 36(2), 368-383. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0740624X17304781?via%3Dihub>

Sarmiento, J. (2020). Aplicaciones de las redes neuronales y el deep learning a la ingeniería biomédica. *Revista UIS Ingenierías*, 19(4). P. 1-18.  
<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/10151/10932>

Segovia, B. (2021). El reinicio tecnológico de la inteligencia artificial en el servicio público de salud. *IUS ET SCIENTIA* 7(1). P. 327-356.  
[https://institucional.us.es/revistas/Ius\\_Et\\_Scientia/VOL\\_7-1/Art\\_17.pdf](https://institucional.us.es/revistas/Ius_Et_Scientia/VOL_7-1/Art_17.pdf)

Soriano, I., Ezponda, A., Mendoza, F., Igual, A., Paternain, A., Pueyo, J., Bastarrika, G. (2021). Hallazgos en la tomografía computarizada de tórax en las fases evolutivas de la infección por SARS-CoV-2. *Sociedad española de radiología medica* 63. p. 218-227.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7914007/pdf/main.pdf>

Torres, L. et al. (2021). Variables clínicas y paraclínicas predictoras de pronóstico en pacientes con COVID- 19: Revisión Sistemática. *AVFT – Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica* 39(5). <https://zenodo.org/records/4256990>

Wilches, J., Castillo, M., y Serpa X. (2021). Inactivación potencial del coronavirus SARS-CoV2: ¿qué agentes germicidas se proponen?. *Revista cuidararte* 12(1).  
<https://revistas.udes.edu.co/cuidararte/article/view/1273/2079>

Wong, R. (2021). Generalidades, aspectos clínicos y de prevención sobre COVID-19: México y

Latinoamérica. *Universitas medica* 62(3).

<http://www.scielo.org.co/pdf/unmed/v62n3/0041-9095-unmed-62-03-97.pdf>