

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS**

**FACULTAD DE SALUD**

**ESCUELA DE MEDICINA Y CIRUGIA**



**TÍTULO:**

**“Análisis de las manifestaciones clínicas pulmonares causadas por COVID-19 y la implementación del ultrasonido pulmonar en población adulta con comorbilidades para la propuesta de recomendaciones en torno al abordaje médico integral en Costa Rica.”**

**Nombre de la sustentante:**

**Mariam Naranjo Bustos**

**Tutor profesional**

**Dr. Alexei Carrillo Villegas**

**Año 2023**

**Modalidad de tesis para optar por el grado de Licenciatura en Medicina y Cirugía**

## **I. Resumen**

La enfermedad por COVID-19 determinó un antes y un después en el curso de vida habitual de las personas, tuvo y tiene un impacto muy grande que abarca aspectos físicos, sociales y emocionales, creando una huella difícil de borrar, ya que, muchos han sido parte directa o indirectamente de una consecuencia poco agradable dentro de los núcleos familiares.

Son múltiples las presentaciones de la enfermedad, de hecho, varían de acuerdo con cada individuo, siendo las comorbilidades puntos considerados de mayor atención respecto a otras personas que no las tengan, aquellas que presenten manifestaciones clínicas asociadas a la enfermedad más uno o varios factores de riesgo, representarán aquel grupo poblacional vulnerable. Debido a esto, el objetivo de la presente investigación estará orientado a recopilar la información pertinente en la aplicación del ultrasonido pulmonar en estos pacientes y así, ofrecer un abordaje más amplio de la enfermedad.

### **Abstract**

The COVID-19 disease determined a before and after in the normal course of life of people, it had and has a very large impact that covers physical, social, and emotional aspects, creating a mark that is difficult to erase since many of us were a direct part or indirectly from an unpleasant consequence within our families.

There are multiple presentations of the disease, they vary according to everyone, being the comorbidities points of greater attention compared to other people who do not have them, those people who present clinical manifestations associated with the disease plus one or several risk factors will represent that vulnerable population group. Due to this, the objective

of the present investigation will be oriented to collect the pertinent information in the application of pulmonary ultrasound in these patients and thus offer a broader approach to the disease.

## **II. Agradecimientos**

Agradezco a mi tutor, el Dr. Alexei Carrillo Villegas, es una persona admirable y genial, la vida no pudo darme un mejor tutor.

Al Dr. Carlos Fernando Cuadra, por apoyarme a distancia, su apoyo fue muy importante para lograr terminar esta tesis.

Agradezco a mi amiga Mariela Mora, por darme siempre palabras de aliento en todo momento y ser parte de este largo camino en nuestra formación académica.

También, quiero agradecer a mi amiga Paola Sánchez, gracias a su motivación logramos salir adelante en nuestros proyectos.

Son muchas las personas a quienes les tengo algo que agradecer, no ha sido fácil llegar a este punto, a todas esas personas las llevo en mi corazón y mi agradecimiento será por siempre.

### **III. Dedicatoria**

A mis padres, mi hermana y mi sobrino Antony, por estar a mi lado incondicionalmente, por creer en mí y en este proyecto de vida durante todo el proceso de la carrera. Siempre han sido el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron en todo momento apoyándome, esto y todo lo que soy es para ustedes.

#### **IV. Tabla de contenidos**

I. Resumen.....	ii
II. Agradecimientos.....	iv
III. Dedicatoria .....	v
IV. Tabla de contenido .....	vi
V. Lista de tablas.....	ix
VI. Lista de figuras .....	x
VII. Lista de gráficos .....	xi

#### **CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN 12**

1.1. Introducción .....	13
1.2. Planteamiento del problema .....	14
1.3. Objetivos .....	15
1.3.1. Objetivo General.....	15
1.3.2. Objetivos específicos .....	15
1.4. Justificación.....	16
1.5. Antecedentes .....	22
1.5.1. Antecedentes Históricos.....	24
1.5.2. Antecedentes Internacionales.....	27
1.5.3. Antecedentes Nacionales .....	31

#### **CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO 35**

2.1. Salud.....	36
2.1.1. Principios bioéticos en el contexto de la enfermedad por COVID-19 .....	37
2.1.2. Pandemia.....	38
2.1.3. Factor de riesgo.....	39
2.2. El SARS-CoV-2 y la enfermedad por COVID-19.....	40
2.2.1. Virus SARS-CoV-2 .....	41
2.2.2. Taxonomía de SARS-CoV-2 .....	42
2.2.3. Estructura del coronavirus .....	43

2.2.4.	Mecanismo de replicación del virus.....	45
2.3.	Comportamiento del virus COVID-19 .....	49
2.3.1.	Mecanismo de transmisión .....	51
2.4.	Diagnóstico.....	54
2.4.1.	Mortalidad y morbilidad .....	58
2.4.2.	Histopatología.....	59
2.5.	Evaluación clínica .....	60
2.5.1.	Manifestaciones clínicas causadas por COVID-19.....	61
2.6.	Principios básicos del ultrasonido .....	62
2.6.1.	Historia .....	62
2.6.2.	Ultrasonido .....	63
2.6.3.	Función del ultrasonido.....	64
2.6.4.	El ecógrafo.....	67
2.6.4.1.	Transductor .....	67
2.6.5.	Modos ecográficos.....	70
2.6.5.1.	Conceptos de imagen ecográfica.....	71
3.	<b>CAPÍTULO III – MARCO METODOLÓGICO</b> 74	
3.1.	Tipo de investigación (tipo alcance y enfoque).....	74
3.2.	Fuentes de información .....	75
3.3.	Criterios de búsqueda .....	76
3.4.	Criterios de inclusión y de exclusión.....	77
3.5.	Análisis de la información.....	78
3.6.	Clasificación de la información según niveles de evidencia.....	80
	<b>CAPÍTULO IV – ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> 82	
4.1.	Características fisiopatológicas del COVID-19 y su incidencia en la salud de población adulta con comorbilidades.....	84
4.2.	Uso de ultrasonido pulmonar como método diagnóstico en manifestaciones clínicas pulmonares derivadas de COVID-19 .....	98

4.3. Recomendaciones de la línea de abordaje médico integral, mediante el uso de ultrasonido pulmonar en población adulta con comorbilidades en Costa Rica .....	124
<b>CAPÍTULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>132</b>
5.1. Conclusiones .....	133
5.2. Recomendaciones .....	135
<b>CAPÍTULO VI – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>137</b>
<b>CAPÍTULO VII – ANEXOS</b>	<b>147</b>
7.1. Lista de abreviaturas.....	148
7.2. Clasificación de artículos consultados según nivel de evidencia.....	149

## V. Lista de tablas

Tabla 1. Criterios de búsqueda de información.....	76
Tabla 2. Criterios de inclusión y de exclusión .....	77
Tabla 3. Clasificación de los niveles de evidencia de la información.....	81
Tabla 4. Síntomas más frecuentes en los pacientes con infección por SARS-CoV-2 según distintas series de casos .....	90
Tabla 5. Principales comorbilidades asociadas encontradas en personas con COVID-19...	91
Tabla 6. Perfiles de acuerdo a los hallazgos ecográficos. ....	102
Tabla 7. Estadios cronológicos de la enfermedad COVID-19 .....	106
Tabla 8. Principales características ecográficas con su respectivo ejemplo gráfico .....	110
Tabla 9. Patrón ecográfico comúnmente encontrado de acuerdo con la gravedad del paciente .....	117
Tabla 10. Resultados de LUS de acuerdo con el área de hospitalización .....	119
Tabla 11. Usos del ultrasonido pulmonar en pacientes con COVID-19 .....	120
Tabla 12. Correlación de los hallazgos ecográficos con el nivel de gravedad de los pacientes con enfermedad por COVID-19 .....	121

## VI. Lista de figuras

Figura No. 1 Ubicación taxonómica de las especies de Betacoronavirus que infectan al ser humano .....	42
Figura 2. Estructura del coronavirus que causa afectación respiratoria en seres humanos. .	44
Figura 3. Mecanismo de replicación del coronavirus.....	48
Figura 4. Mecanismo de propagación del virus causante de enfermedad COVID-19 .....	52
Figura 5. Diagrama de la fisiopatología del SARS-CoV-2 .....	53
Figura 6. Sondas utilizadas para la ecografía .....	69
Figura 7. Representación de un alveolo pulmonar en condición fisiológica y luego de la infección por SARS-CoV-2.....	88
Figura 8. Protocolo de 12 áreas de exploración del tórax .....	100
Figura 9. Imágenes de ultrasonido pulmonar y puntaje de severidad. ....	101
Figura 10. Puntos de exploración y los hallazgos más comunes en cada región .....	103
Figura 11. Posición del transductor para la evaluación ecográfica adecuada .....	104
Figura 12. Imagen ecográfica que muestra presencia de líneas B .....	108
Figura 13. Representación de hallazgos ecográficos pulmonares en COVID-19 .....	109
Figura 14. Hallazgos ecográficos pulmonares en COVID-19.....	112
Figura 15. Presencia de líneas B patológicas en ultrasonido pulmonar de paciente con COVID-19 .....	114
Figura 16. Toma de decisiones en el actuar del médico.....	126

## **VII. Lista de gráficos**

Gráfico 1. Análisis de la información .....	79
---	----

## **CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Introducción**

La presente revisión bibliográfica será realizada bajo un análisis de las manifestaciones clínicas pulmonares causadas por la enfermedad causada por el virus SARS-CoV2 (COVID-19) y cómo se ha implementado el uso de ultrasonido pulmonar en esta patología para poder comprender con mayor precisión el comportamiento de esta enfermedad en personas adultas, las cuales presentaron una o varias comorbilidades, de manera que se puedan proponer recomendaciones para estos pacientes en pro de optimizar un abordaje médico integral en Costa Rica.

Así mismo, para fundamentar de manera precisa el objetivo base de la presente investigación, se tomarán tres pilares fundamentales, los cuales se describen a continuación, inicialmente, se señalarán las características fisiopatológicas de la enfermedad, así como, su incidencia en la salud de aquellas personas adultas con comorbilidades. Seguidamente, se realizará una identificación del uso del ultrasonido pulmonar como método de diagnóstico o de apoyo en cuanto a las manifestaciones clínicas pulmonares derivadas de la enfermedad en estudio. Finalmente, se definirán recomendaciones de la línea de abordaje médico integral en COVID-19, mediante el uso de ultrasonido pulmonar en población adulta con comorbilidades en Costa Rica.

La recopilación clara y ordenada del tema en estudio aportará a esta investigación la información necesaria requerida, lo que permitirá dar un pequeño aporte a la investigación a nivel nacional y se proporcionará un aliciente para continuar con más investigaciones, no solo de este tema en específico si no de muchas interrogantes que pueden surgir a partir del tema en estudio, fomentando de esta manera la constante investigación.

## 1.2. Planteamiento del problema

Con la llegada de la pandemia se abrió una puerta más hacia la investigación, la información acerca de *COVID-19* es constante, no se detiene, es cada día más amplia, lo que da como resultado que se disponga de múltiples datos actualizados, los cuales han permitido comprender mejor el comportamiento del virus a través del tiempo y en las personas, ya sea, de manera generalizada o individual en los casos atípicos a la mayoría.

En Costa Rica, la información acerca de este tema es limitada, sin embargo, con la recopilación de información que se logra obtener se podrá responder a la interrogante del presente proyecto, además, de que se logrará interpretar la manera de utilizar el ultrasonido en los pacientes costarricenses para tener un pronóstico más claro del comportamiento de su enfermedad.

Esta investigación buscará información obtenida a partir de artículos científicos, los cuales se indagaron en páginas o buscadores que se encargan de contener y facilitar información médica científica de calidad, tales como PubMed o Scielo, entre otras páginas que contienen información fidedigna y actualizada del tema a presentar en este documento. Con la información obtenida, se pretende poder llenar los vacíos de conocimiento que puedan surgir respecto a los temas de ecografía y *COVID-19*. Finalmente, ¿cuáles son las manifestaciones clínicas pulmonares causadas por *COVID-19* y la importancia del uso del ultrasonido pulmonar en población adulta con comorbilidades?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Analizar las manifestaciones clínicas pulmonares causadas por COVID-19 y la implementación de ultrasonido pulmonar en población adulta con comorbilidades para la propuesta de recomendaciones en torno al abordaje médico integral en Costa Rica.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Señalar las características fisiopatológicas del COVID-19 y su incidencia en la salud de población adulta con comorbilidades.
- Identificar el uso del ultrasonido pulmonar como método diagnóstico de manifestaciones clínicas pulmonares derivadas del COVID-19.
- Definir recomendaciones de la línea de abordaje médico integral en COVID-19, mediante el uso de ultrasonido pulmonar en población adulta con comorbilidades en Costa Rica.

#### **1.4. Justificación**

Los estudios acerca de COVID-19 han sido numerosos y continúan en aumento conforme pasa el tiempo de la pandemia y posterior a esta. Resulta interesante estudiar el comportamiento de la enfermedad en las personas, ya que, al fin y al cabo, el propósito de este estudio constante es poder brindar un manejo integral de la patología y así, poder ofrecer calidad de vida a las personas. Esto se logrará siempre y cuando los abordajes médicos se llevan a cabo con la mayor precisión posible y desde luego, ofreciendo un trato al paciente con calidez e individualizando cada caso en dependencia de las comorbilidades que estén presentes o no en cada individuo.

La enfermedad por COVID-19 es una patología que afecta a personas de cualquier edad, así mismo, puede hacer que los individuos presenten diferentes síntomas y manifestaciones clínicas variadas, por lo cual, como se ha mencionado anteriormente resulta importante individualizar cada caso, ante esta premisa el ultrasonido de pulmón nos permitiría estudiar a cada paciente en particular, para así brindarle un manejo integral ante su situación de salud específica. Teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos acerca de las características ecográficas de aquellos pacientes con enfermedad por COVID-19, se permitirá discernir entre otras patologías y se logrará brindar una atención y un seguimiento específicos a cada paciente.

En el aspecto social, el hecho de comprender el comportamiento de la enfermedad por COVID-19, permite que ante futuras eventualidades epidemiológicas haya un abordaje ordenado y sistematizado, sin incurrir en errores que puedan impactar de manera negativa la atención de los pacientes. A pesar de que es algo que ya se conoce, con la experiencia adquirida a lo largo de la pandemia, se vuelve a tomar importancia en que el entorno de salud de la sociedad va más allá del especto clínico y que parte de la atención que debe brindarse comprende también un aspecto psicológico sumamente importante, tanto para los pacientes a tratar como para los familiares.

El principal reto en cuanto a este tema radica en el correcto actuar ante una situación de pandemia, sea la ocasionada por COVID-19 o por cualquier otra que eventualmente impacte a la sociedad y al resto del mundo, debido a que, estas situaciones representan cambios desde el punto de vista económico, biomédico y social.

Resulta importante concebir que no solo las personas con factores de riesgo asociados son afectadas por la enfermedad en estudio en el presente trabajo de investigación, todas las personas están expuestas a presentar la enfermedad según la exposición que tengan al virus, al estado inmunológico y a los demás factores, sin embargo, aquellos individuos con comorbilidades concomitantes representan al grupo de personas vulnerables, las cuales comprenden la mortalidad más alta.

El adecuado cumplimiento de los objetivos designados en el presente informe constituye la manera más adecuada de fundamentar la idea principal de este estudio. El reforzamiento en el conocimiento de las características fisiopatológicas de la enfermedad por COVID-19 representa las bases para dar continuidad a la premisa de relacionar este comportamiento fisiopatológico de la enfermedad con la incidencia en la salud de la población adulta con comorbilidades asociadas. Una vez englobando estos conocimientos se identificará en cuáles casos se ha utilizado la ecografía pulmonar como método diagnóstico o bien, como prueba complementaria en las manifestaciones clínicas pulmonares, las cuales son derivadas de la enfermedad causada por COVID-19.

Como se mencionará más adelante, las comorbilidades que presenten las personas constituyen un reto para un adecuado abordaje, por lo tanto, en ese momento la parte integral juega un papel fundamental, de acuerdo con Narro *et al.*<sup>1</sup>, este menciona que la comorbilidad más frecuente encontrada en los pacientes que participaron en su estudio es la diabetes, este tema se abordará con mayor detenimiento en un siguiente apartado.

Así que, comprendiendo en cuales circunstancias se ha utilizado el ultrasonido pulmonar e identificando las principales imágenes radiológicas propias de la patología se podrá aportar un criterio que pueda ser aplicable a la sociedad costarricense, esto con la finalidad de brindar un abordaje integral a los pacientes y así, ofrecer recomendaciones a las personas que sean portadoras de la enfermedad por COVID-19 con comorbilidades asociadas en torno a este manejo cabal, las cuales puedan poner en compromiso la salud y consecuentemente la vida.

El uso de ecografía como método de diagnóstico y manejo de diferentes enfermedades ha sido de gran utilidad porque es de rápido acceso, mínimamente invasivo, lo que permite valorar la evolución de los pacientes con precisión, entre otras ventajas, las cuales serán estudiadas con mayor detenimiento en los siguientes apartados correspondientes del presente documento de revisión bibliográfica, ante todo, se debe fomentar atención de calidad a los pacientes, por ejemplo, el hecho de movilizar lo menos posible a un paciente o exponerlo lo menos posible a radiaciones ionizantes se considera de gran ayuda y representa menos estrés para el paciente durante su estancia intrahospitalaria.

En cuanto a la utilidad del ultrasonido pulmonar, de acuerdo con la información encontrada en el estudio sistemático de Gil *et al.*<sup>2</sup> el cual está basado en la recopilación de sesenta y seis artículos, se menciona que el uso de la ecografía pulmonar tiene un buen valor predictivo negativo en el diagnóstico de COVID-19, teniendo como hallazgos más relevantes las líneas B y las anomalías pleurales, estos hallazgos serán comentados más adelante en el apartado correspondiente.

Un adecuado diagnóstico representa la piedra angular de las decisiones que se tomen posteriormente en el manejo de cualquier paciente, independientemente de su padecimiento y comorbilidades preexistentes, las personas con COVID-19 no son la excepción a esta regla. En el caso del presente estudio de revisión bibliográfica, el uso de ecografía pulmonar y su

adecuada interpretación permite que se eviten diagnósticos errados que causen confusiones con otras patologías que presenten una sintomatología similar a COVID-19.

Para sustentar esta premisa, en el estudio sistemático de Peixoto *et al.*<sup>3</sup> se menciona la importancia de fomentar el uso del ultrasonido pulmonar en pacientes con COVID-19, ya que, en su revisión a partir de cuarenta y tres artículos determina que el uso de ecografía pulmonar resulta una herramienta de gran utilidad para lograr diagnósticos acertados en aquellos pacientes y, por consiguiente, emplearlo en el tratamiento de dichas personas.

La información recopilada en su mayoría proviene de fuentes científicas internacionales, debido a que, en nuestro país la información referente al tema en estudio del presente trabajo de investigación es limitada, sin embargo, esto más que representar un inconveniente, constituye un aliciente para continuar con los estudios a partir de investigaciones provenientes de revistas científicas creadas por expertos en la materia, con un nivel de evidencia apropiado para un trabajo de revisión bibliográfica de ciencias de la salud y con un prestigio de primer nivel.

El presente trabajo pretende llenar los posibles vacíos de conocimiento en cuanto a la enfermedad por COVID-19 propiamente dicha, con el uso de la ecografía, para así poder comprender mejor la utilidad y los hallazgos en los ultrasonidos pulmonares realizados a pacientes adultos jóvenes con enfermedad por COVID-19. De manera que, se beneficiará aportando investigación a nivel nacional propiciando que se realicen acciones individuales y poblacionales para minimizar cada día más los riesgos que se puedan generar a partir de la enfermedad en estudio, tales como hospitalización prolongada, costos de atención médica, exposición del personal de salud, muerte, entre otros.

Es importante que el personal de salud tenga presente las generalidades de ultrasonografía, para poder reconocer las imágenes más destacadas, esto porque no solo ante

la situación de COVID-19 si no cualquier otra afectación que llegue a presentarse, puede que se requiera de personal de apoyo a otras disciplinas de la medicina, entonces la atención a los pacientes podrá ser de mayor calidad con personal capacitado, considerando que, el aprendizaje siempre debe continuar en cualquier contexto.

En el presente proyecto de revisión bibliográfica se tiene como objetivo demostrar cómo la implementación del ultrasonido pulmonar en pacientes adultos jóvenes con COVID-19 representa un complemento importante para la atención de estos pacientes y de esa manera, poder generar recomendaciones que puedan ser tomadas en cuenta dentro del sistema de salud costarricense, así como para incentivar el desarrollo de más investigaciones científicas a nivel nacional.

Sustentando esto, los autores Jari<sup>4</sup> *et al.* en su estudio mencionan la utilidad del uso del ultrasonido pulmonar como herramienta complementaria para el diagnóstico de pacientes con neumonía por COVID-19, alegan que el uso de ultrasonido demostró una sensibilidad de 89%, la cual se considera aceptable, de manera que, la información recopilada tiene validez científica y académica. Gracias a los resultados obtenidos en su investigación otros autores también desarrollan el tema lo cual permite que vaya en aumento la cantidad de información disponible para su estudio.

Además, con este trabajo de investigación se genera un aporte más a la institución como entidad de educación superior de prestigio, lo cual contribuye a incentivar a futuros profesionales en el área de la salud a mejorar cada día más la parte investigativa de la universidad y generar nuevas interrogantes, no solo en el tema del presente estudio, sino también en otros temas que se relacionen o no a este. El desarrollo de más investigaciones de corte profesional en la institución brindará un aporte importante a la educación superior costarricense, de manera que los profesionales egresados de la institución tengan un excelente y competitivo perfil profesional.

En concordancia con los resultados generados a partir del presente trabajo se podrá conducir al aporte de información que resulte valiosa tanto a los profesionales de salud y ciencias afines como a las entidades sanitarias de Costa Rica, coadyuvando a atestiguar y basando en evidencia el comportamiento del virus en nuestro país y así, aportar observaciones en puntos que puedan llegar a mejorarse siempre en pro del bienestar humano y la calidad de vida de los pacientes, respetando todos los criterios bioéticos.

Siempre resulta importante generar diferentes opiniones en la perspectiva de la investigación para motivar a la creación de nuevas investigaciones alternas al presente tema de estudio, cualquier aporte a la ciencia es importante porque genera nuevos cuestionamientos que aportarán a la ciencia y por consiguiente, a las investigaciones costarricenses para ampliar el abanico de referencias nacionales disponibles.

Los médicos generales constituyen una parte fundamental de la primera línea de atención de los pacientes, por lo cual, resulta indispensable otorgar un manejo integral a todas aquellas personas que requieran de atención médica, así como, brindar educación oportuna, de calidad y actualizada a los pacientes, siempre procurando la equidad, característica que ha distinguido al sistema de salud costarricense; tomando en cuenta también a familiares para mejorar la calidad de vida, y a la vez, utilizando estos desafíos epidemiológicos para generar nuevas oportunidades de aprendizaje y desempeño de calidad.

## 1.5. Antecedentes

Tal como menciona Hernández<sup>5</sup>, existe una necesidad de conocer los antecedentes porque permiten recopilar la información disponible de la trayectoria acerca del tema de investigación. De este modo, se podrá realizar una estructuración más formal y robusta de la idea inicial de la investigación, así como orientar la perspectiva hacia un adecuado abordaje de la idea de la investigación.

Los antecedentes constituyen una sección sumamente importante que se utiliza para proporcionar información relevante y contextual acerca del tema que se va a investigar. Esta sección tiene como objetivo presentar una revisión crítica y selectiva de la literatura previa relacionada con el tema de estudio. Los antecedentes suelen incluir información sobre el estado del arte en la materia, investigaciones previas, avances y lagunas en el conocimiento, así como las teorías y enfoques que han sido utilizados previamente para abordar el tema. Esta sección ayuda a establecer la importancia de la investigación, aclarar los objetivos y preguntas de investigación, y establecer una base sólida para el marco teórico de la investigación.<sup>5</sup>

Con la llegada de la pandemia por COVID-19, algunos puntos como las investigaciones acerca de las características del virus propiamente, las manifestaciones clínicas, el comportamiento a través del tiempo y el tipo de pacientes se ven afectados de acuerdo con distintas variables tales como edad, presencia de factores de riesgo, entre otras. Dichas investigaciones están disponibles a nivel internacional principalmente, no obstante, a nivel nacional también se encuentra información disponible, aunque en menor proporción, las que constituyen un gran aporte a la ciencia y por consiguiente, al presente trabajo de revisión bibliográfica.

De acuerdo con el concepto brindado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS)<sup>6</sup>, los coronavirus (CoV) corresponden a una amplia familia de virus que pueden causar diversas afecciones, pueden ser desde el resfriado común hasta enfermedades más graves que atenten contra la vida de los seres humanos, como ocurre con el coronavirus causante del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV) y el que ocasiona el síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV). De hecho, el coronavirus que se conoce actualmente representa un virus que no había sido identificado previamente en humanos.

Actualmente, se encuentra amplia información y de fácil acceso en las diferentes plataformas, así que, para efectos del presente documento se indagó con detenimiento y se buscó el estado del arte más apropiado donde se consultaron artículos científicos que sustenten de manera concreta la información a presentar en este documento, para que conforme se avance en los aspectos teóricos y metodológicos, la comprensión del tema sea lo más sencilla posible para mayor facilidad del lector.

A continuación, se mencionan los principales antecedentes publicados por diferentes autores, los cuales están disponibles en diferentes páginas indexadas encargadas de contener esta información con fácil acceso.

### 1.5.1. Antecedentes Históricos

Los antecedentes históricos comprenden una revisión sistemática y detallada de los acontecimientos relevantes en el tema de investigación desde su origen hasta la actualidad. Este tipo de antecedentes proporciona una comprensión más completa del contexto en el que se desarrolla el problema de investigación y permite identificar las diferentes teorías, conceptos y enfoques que se han utilizado previamente para abordar el tema en cuestión. Además, los antecedentes históricos pueden ayudar a establecer la relevancia y la necesidad del estudio actual y proporcionar una base sólida para el marco teórico de la investigación. Es importante que estos antecedentes se presenten de manera clara y organizada, utilizando fuentes confiables y relevantes, y que se establezcan las conexiones entre los acontecimientos históricos y el tema de investigación actual.<sup>5</sup>

Es así como los antecedentes históricos de los estudios de COVID-19 se remontan al 31 de diciembre de 2019, cuando la Comisión Municipal de Salud y Sanidad de Wuhan, China, informó sobre un grupo de casos de neumonía de causa desconocida en la ciudad de Wuhan. Posteriormente, el 7 de enero de 2020, se identificó como la causa un nuevo coronavirus, que fue denominado como SARS-CoV-2 y la enfermedad se denominó COVID-19. Desde entonces, se han llevado a cabo numerosos estudios epidemiológicos, clínicos, virológicos e inmunológicos para comprender la transmisión, la patogénesis, el diagnóstico, el tratamiento y la prevención de COVID-19. Estos estudios han permitido una mejor comprensión de la enfermedad y han llevado al desarrollo de nuevas terapias y vacunas para combatirla. Además, la pandemia ha generado una intensa actividad de investigación a nivel mundial, lo que ha permitido una colaboración global sin precedentes en la búsqueda de soluciones para enfrentar esta la sanitaria.<sup>1</sup>

Comentando acerca de los factores de riesgo o comorbilidades, Rodríguez *et al.*<sup>7</sup> documenta su artículo bajo el título “La deficiencia de vitamina D es un factor de riesgo de mortalidad en pacientes con COVID-19” (2020), utiliza la metodología de estudio de casos

para analizar a un total de 172 pacientes, esto con el fin de determinar los niveles de vitamina D en esos pacientes y correlacionarlo como un factor de riesgo para agravar la enfermedad, a lo largo del estudio se logra comprobar que niveles de vitamina D por debajo del rango óptimo constituyen un riesgo de mortalidad para los pacientes, respecto a aquellos que tienen los niveles adecuados de la vitamina acorde con la edad y el sexo.

En cuanto a la utilización de ultrasonido pulmonar como recurso complementario en el manejo de la enfermedad por COVID-19 Litcher *et al.*<sup>8</sup> en su estudio de casos clínicos titulado “Lung ultrasound predicts clinical course and outcomes in COVID-19 patients” (2020), estudian un grupo de ciento veinte pacientes con infección confirmada por el virus, para establecer cuáles son los hallazgos más relevantes en el estudio de ecografía pulmonar, donde logran determinar que en todos los casos estudiados presentan hallazgos patológicos en el ultrasonido pulmonar.

Durante el primer semestre del año 2020, Gargani *et al.*<sup>9</sup>, publican su artículo de revisión bibliográfica titulado “Why, when and how to use lung ultrasound during the COVID-19 pandemic: enthusiasm and caution” (2020) en el que comentan acerca de las aplicaciones y los beneficios de este estudio, al mismo tiempo, hacen una comparación frente a otros estudios de imagen donde se expone la aplicación en diferentes contextos hospitalarios, además, muestran un sistema de puntuación de acuerdo con los hallazgos en cada paciente, demostrando que la ecografía pulmonar resulta de utilidad en los pacientes con enfermedad por COVID-19 y tomando como referencia los estudios anteriores acerca de la implementación de la ecografía pulmonar en pacientes con otros padecimientos respiratorios.

Ramos *et al.*<sup>10</sup> en su estudio prospectivo de cohortes, mediante el texto titulado Predicción de evolución desfavorable en pacientes hospitalizados por COVID-19 mediante ecografía pulmonar (2020), incluye a pacientes ingresados por COVID-19, donde aplica una clasificación ecográfica de 8 o 14 áreas. Posteriormente, logran determinar que el uso de la

ecografía pulmonar permite facilitar la estratificación de riesgo en aquellos pacientes que se encuentren hospitalizados.

Por otra parte, se cuenta con variedad de fuentes de información en las cuales se hace una descripción detallada del virus y su estructura, tal es el caso de Li *et al.*<sup>11</sup> en su artículo de revisión denominado: “Infecciones por coronavirus y respuestas inmunitarias” (2020), este grupo de autores tienen como finalidad que el lector tenga una comprensión detallada de como interaccionan los coronavirus y el sistema inmune de los huéspedes para que de esta manera se comprenda cuál es el desarrollo y la persistencia en los pulmones.

Afortunadamente, toda la recopilación de información acerca de la estructura del virus ha permitido que con el paso del tiempo se comprenda de manera más precisa cual es el comportamiento de este virus, para que de esta manera la disponibilidad de más estudios y desde luego manejo y tratamientos se vaya ampliando y la atención a las personas con esta patología puedan cursar de manera más exitosa hacia una recuperación satisfactoria.

### 1.5.2. Antecedentes Internacionales

Una vez estudiadas las investigaciones académicas pertinentes acerca del origen del virus, se dispone de múltiples estudios que pretenden aportar conocimientos médicos adecuados para ofrecer una atención médica de calidad, tal es el caso del uso de ecografía pulmonar como uso complementario para el diagnóstico de la enfermedad por COVID-19.

Los antecedentes internacionales se refieren a la revisión y análisis de estudios, investigaciones, proyectos o iniciativas similares que se han llevado a cabo en otros países o en el ámbito internacional y que están relacionados con el tema de investigación en cuestión. Estos antecedentes internacionales permiten contextualizar la problemática objeto de estudio en un contexto más amplio, identificar las similitudes y diferencias con otras experiencias, conocer los enfoques, estrategias y soluciones utilizados en otros lugares, y, en general, enriquecer el análisis y las conclusiones de la investigación.<sup>5</sup>

Previamente se ha estudiado el tema relacionado con evaluación ecográfica en pacientes con patologías pulmonares, tal es el caso del estudio publicado por Bouhemad *et al.*<sup>12</sup> (2015), en el cual se expone acerca de la adecuada exploración torácica, las regiones anatómicas del tórax y el orden en que debe examinarse el mismo, así que, ejemplifican mediante imágenes ecográficas de pacientes acerca de los hallazgos esperables en diferentes condiciones patológicas, así como en pacientes que se encuentran con ventilación.

Conforme al estudio de Cabrera<sup>13</sup>, en el estudio de caso clínico acerca de ecografía pulmonar y COVID-19 (2020), se comenta que el ultrasonido pulmonar ha demostrado ser una herramienta de gran utilidad que ha ido posicionándose en diferentes especialidades para comprender con mayor precisión diversas patologías, es así que, en el contexto de la pandemia causó un impacto en la salud pública; esta herramienta puede ser útil para realizar un diagnóstico del estado del pulmón y así, generar un sistema que permita derivar a sus

hogares a los pacientes que tengan un examen pulmonar normal o con leve compromiso logrando un menor tiempo de estancia intrahospitalaria. Mientras que los enfermos con mayor compromiso pulmonar son ingresados y manejados en unidades de diferente complejidad.

Este antecedente otorga tener una comprensión más completa del uso de la ecografía pulmonar como parte del protocolo de manejo de los pacientes con COVID-19. Este antecedente es generalizado y no comprende un rango de edad específico, sin embargo, permite entender de manera más amplia las generalidades del examen pulmonar normal y cuáles son las imágenes esperables, así como de la ecografía en el caso de las personas portadoras del virus.

Respecto a las características clínicas de la enfermedad en estudio, Narro *et al.*<sup>1</sup> publican su artículo de corte observacional descriptivo titulado “Características clínico epidemiológicas en pacientes con diagnóstico COVID-19. Red de salud Virú, marzo-mayo 2020”. En esta publicación los autores hacen énfasis en las principales manifestaciones clínicas que encontraron en los pacientes que consultaron en un total de 17 centros de salud, estos pacientes tenían diagnóstico confirmado por COVID-19. Gracias a este antecedente se pudo documentar el comportamiento de la enfermedad en las personas en una línea de tiempo en la cual la investigación iba en rápido avance.

Ruiz *et al.*<sup>14</sup> en su documento de revisión titulado “SARS-CoV-2 y pandemia de síndrome respiratorio agudo (COVID-19)” (2020) utiliza la metodología de examinar las publicaciones más relevantes acerca de las principales comorbilidades vinculadas a la enfermedad en estudio y la técnica diagnóstica de elección, examinan el estado de la enfermedad al momento de la investigación haciendo énfasis en la replicación viral, replicación viral, clínica, patogénesis, diagnóstico, tratamiento y prevención.

De acuerdo con Moore *et al.*<sup>15</sup>, en el artículo de revisión titulado como “Ecografía pulmonar en el punto de atención y cuidados intensivos para utilizar como guía de referencia para los profesionales durante COVID-19” (2020), este trata acerca del uso del ultrasonido pulmonar en aquellos pacientes con enfermedad por COVID-19, la investigación tiene como objeto indagar la bibliografía acerca de prácticas previas a la pandemia por COVID-19 para explicar los pros y los contras del uso del ultrasonido pulmonar para la obtención de imágenes radiológicas útiles en el diagnóstico y el tratamiento de aquellas personas con patología respiratoria causadas por esta enfermedad y de esta manera, ofrecer un tratamiento adecuado a estos pacientes.

El estudio sudamericano de revisión publicado por Guerra *et al.*<sup>16</sup> con el título “Diagnóstico y clasificación de COVID-19 basado en imágenes” (2021), menciona los diferentes estudios de imágenes disponibles para dar seguimiento a la enfermedad, sin embargo, se recalca que el ultrasonido pulmonar tiene una sensibilidad similar a la de la tomografía axial computarizada (TAC), esto resulta importante, ya que, el ultrasonido pulmonar contribuye a realizar el estudio al pie del paciente y dar seguimiento diario a los mismos.

En su estudio de revisión sistemática, Peixoto *et al.*<sup>3</sup> bajo el título “Applicability of lung ultrasound in COVID-19 diagnosis and evaluation of the disease progression: A systematic review” (2021), recopilan información de múltiples autores que previamente analizaron los principales hallazgos ecográficos pulmonares en pacientes con enfermedad por COVID-19, desarrollan las categorías de tipos de pacientes estudiados, los hallazgos de ultrasonido y la técnica empleada para la aplicación del mismo.

A inicios del año 2022, Jari *et al.*<sup>4</sup> publican su artículo “The diagnostic performance of lung ultrasound for detecting COVID-19 in emergency departments: A systematic review and meta-analysis” y hacen un análisis detallado de cada uno de los autores al utilizar el ultrasonido pulmonar como método complementario al diagnóstico de la enfermedad por

COVID-19, además hacen una correlación de las imágenes encontradas en otros estudios radiológicos para determinar la utilidad del ultrasonido pulmonar.

Un estudio reciente, de acuerdo con el momento de edición del presente proyecto de investigación, es el artículo de revisión narrativa, publicado por autores franceses, el cual tiene como epígrafe “Current advances in Lung ultrasound in COVID-19 Critically Ill Patients: A Narrative Review” (2022), dicha revisión publicada por Lê *et al.*<sup>17</sup> expone de manera amplia y precisa acerca de la inspección del tórax, el uso del ultrasonido y los principales hallazgos ante la patología en estudio.

Dentro de los aportes latinoamericanos, el autor Camargo<sup>18</sup> aborda el tema de la enfermedad por COVID-19 desde una connotación bioética, su publicación tiene como título “Visión holística de la bioética en la pandemia COVID-19” (2022), hace énfasis en el respeto de los derechos humanos siempre y cuando se respeten también las medidas sanitarias, además la bioética está relacionada con la salud, la vida y el comportamiento de las personas.

### 1.5.3. Antecedentes Nacionales

De acuerdo con Evans<sup>19</sup>, en el artículo de editorial que comenta acerca de la epidemia causada por COVID-19 en Costa Rica (2020), habla acerca del primer caso de esta afección que fue diagnosticado el día 6 de marzo en un paciente proveniente de otro país. En los siguientes días, se presentaron otros enfermos con el mismo diagnóstico, sin embargo, la cantidad de pacientes no superaba una decena si no hasta el día 19 del mismo mes donde aumentaron a 19 casos y luego de ahí en adelante, subieron de manera exponencial; en este documento se hace hincapié en el deber que tienen las instituciones nacionales de educación superior, tanto públicas como privadas en educar e informar oportunamente a la comunidad acerca de la enfermedad por COVID-19.

Seguidamente, Solano *et al.*<sup>20</sup> publican una revisión bibliográfica llamada “SARS-CoV-2: la nueva pandemia” (2020), en la cual recopilan aspectos históricos, clínicos y epidemiológicos de la enfermedad por COVID-19 y recalcan la importancia del estudio constante y adecuado para promover una adecuada atención a los pacientes, así como en individualizar cada caso.

Madrigal *et al.*<sup>21</sup> presentan un artículo de revisión titulado “SARS CoV-2, manifestaciones clínicas y consideraciones en el abordaje diagnóstico de COVID-19” (2020). Este artículo expone acerca de los conocimientos generales de la enfermedad tales como transmisión, signos y síntomas entre otros. Además, cabe recalcar que menciona la utilidad del ultrasonido pulmonar y la sensibilidad que tiene este estudio para el seguimiento diario de los pacientes.

En cuanto a la parte de investigación, existen artículos científicos en los cuales se cuenta con la participación de autores costarricenses, tal es el caso del Gopar *et al.*<sup>22</sup>, en su artículo de revisión acerca del uso de ultrasonido pulmonar aplicado para la detección de

neumonía intersticial en COVID-19 (2020), gracias a esto se brinda un aporte más a la ciencia ejemplificando y detallando los hallazgos en el ultrasonido pulmonar, menciona además que, el ultrasonido pulmonar representa una herramienta fácilmente reproducible y que puede tener un papel muy importante en el diagnóstico y el seguimiento de los pacientes con neumonía por SARS-CoV-2 en los lugares donde el equipo esté disponible.

Por su parte, Barboza *et al.*<sup>23</sup> publican un artículo que tiene una connotación epidemiológica, inclinándose en análisis estadísticos acerca del rol de la movilidad y las medidas sanitarias en el retraso de la transmisión comunitaria del COVID-19 en Costa Rica (2021), exponen acerca del impacto que hubo gracias a las medidas de restricción sanitaria y cómo estas influyeron en la dinámica de transmisión del virus durante el primer cuatrimestre de la pandemia.

Durante su estudio utilizaron diversos algoritmos de detección de puntos de cambio para estimar acerca de las variables y las tendencias más significativas en los patrones de comportamiento de la enfermedad y la relación con dichas medidas sanitarias. Posteriormente, determinan que las medidas sanitarias representaron un papel fundamental en la propagación de la enfermedad<sup>21</sup>.

Un tema importante para abordar y que fue encontrado dentro de las investigaciones costarricenses, es el artículo de revisión bibliográfica publicado por Castillo<sup>24</sup>, titulado “Bioética en tiempos de pandemia del COVID-19” (2021), se hace mención de la importancia de la bioética ante cualquier crisis sanitaria, por lo que, insta a preservar un balance entre la investigación médica, el manejo de los pacientes y el desempeño del personal de salud a pesar de que se presenten situaciones en las que se tengan panoramas inciertos. Si se aplica al tema pertinente en este documento, siempre se debe preservar la dignidad humana al tomar la decisión de realizar cualquier prueba de gabinete, sin dejar de lado las aplicaciones bioéticas en el ejercicio de la medicina.

Mora<sup>25</sup>, en la revista *Tecnología en Marcha*, del Tecnológico de Costa Rica, hace una publicación titulada “Evolución de la sindemia por “COVID-19” en Costa Rica” (2022), este comenta acerca del comportamiento de la enfermedad en la sociedad costarricense, tomando en cuenta aspectos como las comorbilidades crónicas asociadas que se encuentran con mayor incidencia entre la población de nuestro país. Esto es de gran importancia, ya que, se cuenta con datos propios de Costa Rica, haciendo que la comprensión de la enfermedad sea adaptada a la sociedad costarricense y ofrecer atención médica más precisa.

Como parte de los documentos científicos más actuales a nivel nacional, se encontró la publicación de García *et al.*<sup>26</sup> titulada “COVID-19 en Costa Rica: análisis longitudinal de las tasas de contagio y de fallecimiento desde un enfoque de la desigualdad” (2022). Este documento tiene una orientación cuantitativa y estadística en el que desarrolla una investigación de variables de contagio vinculadas con factores socioeconómicos, de densidad poblacional, entre otros. Finalmente, expone el vínculo que existe entre la enfermedad y las desigualdades sociales. Bajo esta línea constituye un estudio de relevancia, debido a que, no solo aborda los aspectos clínicos de la enfermedad, sino que da un enfoque de estudio más integral.

En el país se cuenta con información acerca de las generalidades de la enfermedad por COVID-19, la cual está disponible al público en general, además, explica los lineamientos para la vigilancia que debe mantenerse de manera preventiva para evitar contagios por esta enfermedad. Se puede acceder a estos datos a través de los portales del Ministerio de Salud de Costa Rica.

En ese mismo año 2022, Hernández<sup>27</sup> realiza una publicación de corte epidemiológico bajo el título: “Epidemiología de COVID-19 en Costa Rica” Dicho estudio recopila datos recuperados durante el primer año de pandemia y encuentra similitud en el comportamiento epidemiológico respecto a otros países.

Igualmente, en el año 2022 Rojas *et al.*<sup>28</sup> hacen pública su investigación llamada “Gestión e impacto de las medidas de intervención para la reducción de casos por COVID-19 en Costa Rica” En su estudio analizan las medidas políticas establecidas para minimizar el riesgo de contagios y la función promotora de estos para cuidar la salud pública a nivel nacional.

La información disponible en el país respecto al tema de estudio del presente trabajo de investigación es un tanto limitada, como puede apreciarse, predominan los estudios de corte epidemiológico; no obstante, la información disponible es de gran valor, ya que, sigue las líneas investigativas y permite desarrollar puntos de vista para futuros estudios de investigación o revisión bibliográfica.

## **CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO**

En esta sección, con la finalidad de tener una comprensión clara, sencilla y precisa del tema en estudio, se abordarán los diferentes conceptos relacionados con la estructura del virus, cuál es su comportamiento en el organismo de los seres humanos, además de los hallazgos ecográficos presentes en pacientes que presentan la enfermedad. Siempre siguiendo el hilo conductor de los objetivos planteados.

La presente sección de este trabajo constituye un pilar fundamental en la investigación que establece las bases teóricas y conceptuales en las que se apoya la investigación. En general, como expresa Hernández, el marco teórico se enfoca en la revisión de literatura y busca explicar las teorías, modelos y conceptos existentes que permiten explicar el problema de investigación y establecer la conexión entre los resultados obtenidos y los conocimientos previos en el área de estudio.<sup>5</sup>

En este apartado, se describe el estado actual del conocimiento sobre el tema, partiendo de antecedentes y se comparan los resultados obtenidos con los de otros estudios. También se definen los términos clave y las variables que se van a utilizar en el estudio. En general, en este apartado resulta conveniente e importante para contextualizar la investigación y establecer la contribución original que se pretende hacer en el campo de estudio.<sup>5</sup>

## **2.1. Salud**

De acuerdo con el concepto de salud que define la Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>29</sup>, comprende un estado de completo bienestar físico, mental y social, no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades, estas situaciones pueden afectarse solas o en conjunto; por ende, idealmente el manejo de cualquier paciente ante una eventualidad de

salud debería abordarse de manera integral, con un equipo interdisciplinario, sin embargo, se sabe que no todas las condiciones son iguales en diferentes regiones, no obstante, los sistemas de salud procuran brindar la mejor atención posible en sus regiones.

El concepto de salud es fundamental en el contexto de la enfermedad por COVID-19, ya que se trata de una enfermedad que afecta directamente la salud de las personas. La pandemia ha generado una crisis sanitaria mundial sin precedentes, y ha puesto en primer plano la importancia de proteger la salud de la población. Además, la enfermedad por COVID-19 ha evidenciado las desigualdades y disparidades en salud existentes entre diferentes grupos poblacionales, y ha puesto en evidencia la necesidad de garantizar el acceso a los servicios de salud y a las medidas de prevención y control de la enfermedad para toda la población. La lucha contra la COVID-19 requiere de un enfoque integral que aborde no solo los aspectos médicos y epidemiológicos de la enfermedad, sino también los sociales, económicos y políticos que influyen en la salud de las personas y en la propagación del virus.

### **2.1.1. Principios bioéticos en el contexto de la enfermedad por COVID-19**

Ante cualquier tema vinculado a la investigación clínica, es fundamental mencionar los pilares bioéticos los cuales forman parte del ejercicio del médico. La llegada de la enfermedad por COVID-19 marcó un hito sin precedentes en la humanidad y recuerda que los pilares bioéticos deben estar presentes en cualquier eventualidad que se presente.

De acuerdo con Ontano *et al.*<sup>30</sup> en su estudio hacen mención de los principios bioéticos, los cuales deben estar presentes en cualquier contexto del actuar del médico, estos se definen a continuación:

Se entiende por beneficencia, el acto de prevenir y evitar hacer el daño, de hacer el bien u otorgar beneficios; el deber de ayudar por encima de los propios intereses del médico; es decir, obrar en bien. Va encaminado a procurar el bienestar de todos los seres humanos. Nunca debe centrarse únicamente en curar o en restablecer la salud, sino también en prevenir y en educar.

La no-maleficencia involucra a uno de los más antiguos principios conocidos desde la era hipocrática, en el que en definitiva se postula el no hacer daño al paciente ya sea por acción, omisión o desconocimiento. Todo resultado en busca de salud debe generar el bien, ya sea para el conglomerado del ser humano o individuo y, nunca puedan perjudicarlo de una u otra forma

La Autonomía está fundamentada en el hecho de que cada persona es única, hasta en sus propias decisiones y, sus derechos no pueden ser coartados pues, está en la capacidad de optar por elecciones propias en función de las razones que demarca el uso de sus sentidos para hacer uso de la autonomía; conduce su vida en concordancia con sus deseos, intereses, y creencias.

El principio de justicia hace que los seres humanos tengan derecho a tener leyes que los defiendan o los representen. La justicia, que para muchos desde la época grecorromana requiere la participación de filósofos importantes, constituye el elemento fundamental de la sociedad para determinar los conceptos de justicia.

### **2.1.2. Pandemia**

De acuerdo con Roselli<sup>31</sup>

Epidemiología, pandemia y democracia comparten su origen, por lo menos desde la etimología; la raíz griega “demos” (δημος), “pueblo”, está incluida en los tres

términos. Desde su origen, que se remonta a los textos clásicos de Hipócrates, Aristóteles y Galeno, que usaron también “endemia” y “epidemia” con significados similares a los actuales, la palabra “pandemia” designa una enfermedad que afecta a todos (“pan”) los pueblos (“demos”). El término “pandemia” podría aplicarse a cualquier epidemia que logre extenderse amplia-mente, como lo afirma el Diccionario de la lengua española, cuando dice “enfermedad epidémica que se extiende a muchos países o que ataca a casi todos los individuos de una localidad o región.”

El progreso de la pandemia por COVID-19 así como su impacto en la salud pública a nivel mundial, cursa con una evolución sumamente cambiante y hasta cierto punto incierta, sin embargo, gracias a las múltiples investigaciones acerca de la patología y estudios de casos de diferentes pacientes y comportamiento del virus en los mismos se ha logrado dilucidar cómo el personal médico debe abordar a los pacientes de acuerdo con sus manifestaciones clínicas, edad, factores de riesgo asociados, entre otras variables; siempre tomando en cuenta que uno de los factores más importantes consiste en la detección temprana de la enfermedad, para que así se le pueda dar un seguimiento adecuado a los pacientes y ofrecerles un manejo integral de acuerdo a la evolución de su cuadro clínico.<sup>31</sup>

### **2.1.3. Factor de riesgo**

De acuerdo con Echemendía<sup>32</sup>:

Un factor de riesgo es cualquier característica o circunstancia detectable de una persona o grupo de personas asociada con la probabilidad de estar especialmente expuesta a desarrollar o padecer un proceso mórbido. Sus características se asocian a un cierto tipo de daño a la salud y pueden estar localizados en individuos, familias, comunidades y ambiente.

Un factor de riesgo en la salud es una característica o circunstancia que aumenta la probabilidad de que una persona desarrolle una enfermedad o condición de salud. Estos factores pueden ser biológicos, como la edad, el género, la genética y la presencia de ciertas condiciones médicas preexistentes; conductuales, como el tabaquismo, la falta de actividad física y una dieta poco saludable; o ambientales, como la exposición a sustancias químicas tóxicas y la falta de acceso a recursos de salud adecuados. Los factores de riesgo pueden variar según la enfermedad o condición de salud en cuestión y pueden afectar a individuos, grupos de población o comunidades enteras. Identificar y controlar los factores de riesgo es importante para prevenir enfermedades y mejorar la salud y el bienestar en general.<sup>32</sup>

Son factores de riesgo también aquellas comorbilidades de carácter crónico entre las condiciones expuestas, se mencionan las siguientes: hipertensión, diabetes mellitus, obesidad, afecciones cardiovasculares, problemas renales y cáncer. Estas afecciones en los pacientes hacen considerar que quienes las presenten presentan mayor riesgo de sufrir de la enfermedad por COVID-19 con un mayor nivel de gravedad. Más adelante se abordará este tema con mayor detenimiento.<sup>25</sup>

## **2.2. El SARS-CoV-2 y la enfermedad por COVID-19**

La enfermedad por COVID-19 en sus inicios causó muchísima incertidumbre a nivel mundial, esto comprendía múltiples aspectos tales como en temas de salud desde luego, económicos, sociales, entre otros. Logró desacelerar el ritmo de vida habitual, no quedó otra alternativa más que adaptarse rápidamente a la virtualidad para poder continuar con ese ritmo. En cuanto a la salud física, el hecho de tener distancia representaba la mejor forma de resguardar la salud de nuestros seres queridos, aunque quizás esto no fuera tan beneficioso para la salud mental y social. Además de todo esto, se sumaba y se suma aún el juicio incrédulo de muchas personas.

Tal como menciona Ramos *et al.*<sup>10</sup>

La enfermedad por el nuevo coronavirus SARS-CoV-2 (COVID- 19) fue identificada por primera vez en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei, en China, en diciembre de 2019 y se ha convertido en una amenaza global. Fue declarada pandemia el 11 de marzo de 2020 por la Organización Mundial de la Salud.

### **2.2.1. Virus SARS-CoV-2**

Alvarado *et al.*<sup>33</sup> reportan que el virus SARS-CoV-2 es aquel que causa una infección respiratoria aguda con fiebre, tos y disnea. Los coronavirus constituyen una familia de virus ARN monocatenario y de cadena positiva, envueltos.

Por su parte, Rodríguez *et al.*<sup>7</sup> mencionan las siguientes características del virus:

El nombre atribuido a la familia de los coronavirus se debe al aspecto que tienen las proyecciones en su superficie, conformadas por glucoproteínas que semejan una corona solar. Estos virus mutan y se recombinan con frecuencia. En conjunto con los rinovirus, son los agentes causales más frecuentes del tracto respiratorio alto que pueden ser manifestadas como enfermedad pulmonar grave que progresa a síndrome de dificultad respiratoria en el adulto. El virus SARS-CoV-2 puede sobrevivir durante un largo periodo de tiempo fuera del cuerpo humano; su potencial de variabilidad en condiciones normales a temperatura ambiente va desde dos horas en aluminio y papel, hasta nueve días en plástico. A temperaturas de 30 a 40 grados Celsius pueden persistir hasta por 28 días.

### 2.2.2. Taxonomía de SARS-CoV-2

Ruiz *et al.*<sup>14</sup> documentan lo siguiente:

Los coronavirus son virus cuyo genoma es una molécula de RNA de cadena sencilla y polaridad positiva (lo que significa que la secuencia de bases es la misma que la de los RNAs mensajeros). Todos los virus con genoma RNA necesitan para su replicación de una enzima que no existe en las células, una RNA-polimerasa dependiente de RNA, es decir, una polimerasa que fabrica RNA tomando RNA como molde. Esta enzima debe estar, por tanto, codificada por un gen viral. En 2017 se propuso la creación de un superreino (“*Realm*”) denominado *Riboviria*, para incluir todos los taxones de virus que posean RNA-polimerasa dependiente de RNA; este superreino fue aceptado en el informe del ICTV de 2018b (no 34), y contiene un *phylum*, dos *subphyla*, 6 clases, 10 órdenes, 7 subórdenes, 89 familias, 36 subfamilias, 387 géneros, 59 subgéneros y 2202 especies.

**Figura No. 1 Ubicación taxonómica de las especies de Betacoronavirus que infectan al ser humano**

<b>SUPERREINO</b> <i>Riboviria</i>			
<b>ORDEN</b> <i>Nidovirales</i>			
<b>SUBORDEN</b> <i>Cornidovirineae</i>			
<b>FAMILIA</b> <i>Coronaviridae</i>			
<b>SUBFAMILIA</b> <i>Orthocoronavirinae</i>	<b>GÉNERO</b> <i>Betacoronavirus</i>	<b>SUBGÉNERO</b> <i>Embecovirus</i>	<b>ESPECIE</b> <i>Human coronavirus 229E</i> <i>Human coronavirus HKU1</i>
		<i>Hibecovirus</i>	
		<i>Merbecovirus</i>	<i>Middle East respiratory syndrome-related coronavirus (MERS-CoV)</i>
		<i>Nobecovirus</i>	
		<i>Sarbecovirus</i>	<i>Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus (SARS-CoV, SARS-CoV-2)</i>

Fuente: A partir de la referencia número de Ruiz<sup>14</sup>

### 2.2.3. Estructura del coronavirus

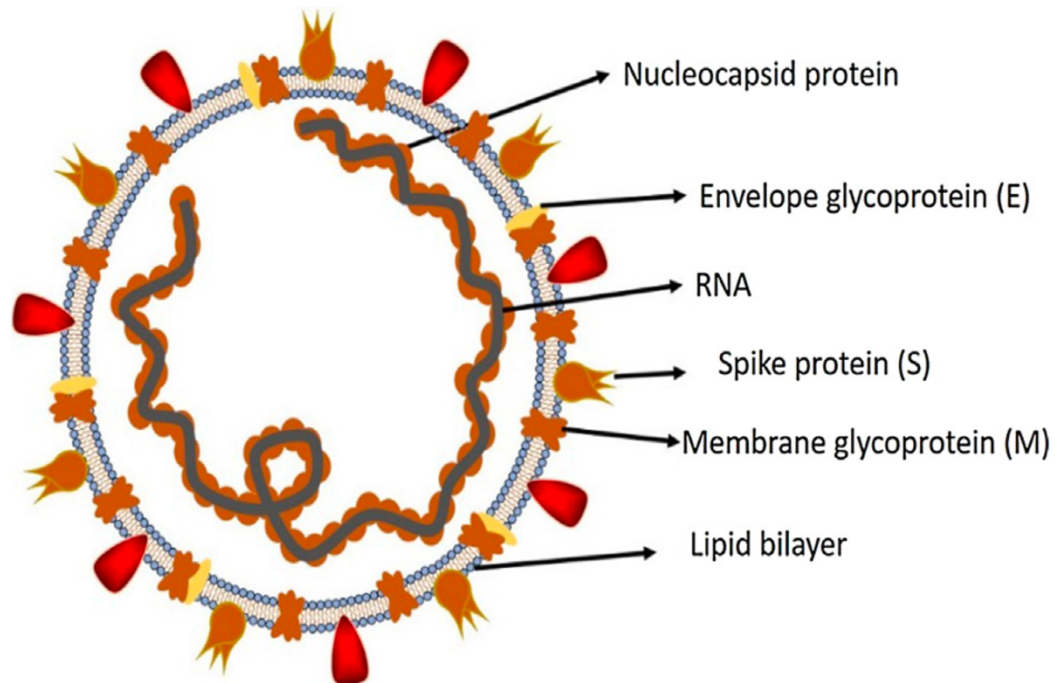
Para dar inicio con el tema expuesto en este documento es fundamental abordar los diferentes temas de manera escalonada iniciando por los principios básicos para luego comentar los temas de mayor complejidad, a raíz de lo expresado a continuación se mencionarán las principales características estructurales del agente causal de la enfermedad por COVID-19, esto permitirá que en apartados siguientes exista una mayor y fácil comprensión del comportamiento de este virus en los seres humanos.

Una estructura viral es una organización física de los componentes de un virus. Los virus son entidades submicroscópicas que consisten en un núcleo de ácido nucleico rodeado por una envoltura proteica, y algunas veces también por una envoltura lipídica. Las estructuras virales pueden variar dependiendo del tipo de virus, pero en general están compuestas por proteínas, lípidos y ácidos nucleicos. Estas estructuras son esenciales para la capacidad del virus de infectar células huésped y replicarse.<sup>34</sup>

Es importante recalcar que la estructura del agente patológico en estudio, ya era conocida con anterioridad, sin embargo, en función de lo planteado previamente múltiples académicos expertos en distintas áreas realizaron nuevos estudios para determinar o confirmar la hipótesis que el coronavirus que estaba afectando en ese momento en efecto comprendía a un microorganismo perteneciente a la familia *Coronaviridae* ya abordada en estudios previos, dicha estructura se detalla más específicamente y se presentarán imágenes con fines ilustrativos para poder identificar los diferentes componentes que conforman el coronavirus que conocemos como causante de la enfermedad COVID-19.<sup>34</sup>

En cuanto a la estructura de la familia de los coronavirus, desde una perspectiva más general, Sheeren<sup>34</sup> menciona que dichos coronavirus pertenecen a la familia de virus ARN monocatenario llamada *Coronaviridae*. Este virus presenta como características distintivas unas formas similares a picos ubicadas en su superficie exterior los cuales se dice que se asemejan a la forma de una corona; por lo tanto, tomando en cuenta esta comparación se le asigna su nombre; por otra parte, este autor comenta que los coronavirus tienen un tamaño sumamente pequeño respecto a otros microorganismos, dicho tamaño comprende desde los 65 nanómetros (nm) a 125 nm de diámetro, además documenta que dentro de su estructura interna contienen ácido ribonucleico (ARN) de tipo monocatenario como su material nucleico, cuyo tamaño oscila entre 26 y 32 kilo bases de longitud. Posteriormente comenta que los subgrupos de la familia de los coronavirus son los denominados coronavirus alfa (a), beta (b), gamma (c) y delta (d).

**Figura 2. Estructura del coronavirus que causa afectación respiratoria en seres humanos.**



Fuente: A partir de la referencia<sup>34</sup>

Seguidamente, Shereen<sup>34</sup> hace énfasis en aspectos más específicos acerca de la estructura del coronavirus. Tal como se expone en la Figura 2, la superficie de membrana del virus SARS-CoV-2 presenta las siguientes proteínas: *Spike* (S), de membrana (M) y de envoltura (E), también posee otras llamadas accesorias. La forma que presentan las proteínas *spike* son las que le otorgan el nombre de coronavirus al microorganismo, por su forma particular. Dichas proteínas tienen como función la entrada y el anclaje de los microorganismos a la célula del huésped; el anclaje propiamente dicho está ubicado en la proteína *spike* en la membrana, esto es similar a la afinidad con los receptores celulares del huésped, en ambos casos es llamada enzima convertidora de angiotensina dos (ACE2). El receptor de membrana ACE es de tipo I; normalmente su función consiste en la división proteolítica de la angiotensina 1, sin embargo, en condiciones patológicas es el lugar donde se unen las proteínas de algunos coronavirus.

La proteína *spike* (S) tiene dos subunidades, la que se une al receptor de la célula con anclaje al virus es la subunidad S1, cuando la estabilidad de la proteína S se rompe entonces se crea un fuerte enlace con la subunidad S2 y el receptor ACE2. Este enlace hace que toda la membrana de SARS-CoV-2 se una con la membrana del huésped por medio de endocitosis. Posteriormente, el virus libera su ARN iniciando su replicación.<sup>34</sup>

#### **2.2.4. Mecanismo de replicación del virus**

Conceptualizando el término de replicación propiamente, la evidencia documenta que esta tiene como finalidad la síntesis de proteínas que son indispensables para la creación de nuevas partículas de virus y consecuentemente la replicación de un nuevo genoma que dicho sea de paso estos pueden ser de una o dos cadenas; en el caso de SARS-CoV-2 como se menciona más adelante, corresponde a un agente viral de cadena única. Al fin y al cabo, la replicación viral está constituida por una cascada de procesos genéticos con la participación de enzimas fundamentales en dependencia del tipo de genoma del virus.<sup>31</sup>

Para que se lleve a cabo la replicación viral se sigue una serie de pasos que de acuerdo con la literatura se pueden resumir y enumerar de la siguiente manera:

1. Adherencia del virus a la célula.
2. Penetración, en esta etapa el material genético del virus penetra en la parte interna de la célula.
3. Decapsidación: En esta fase el componente genético del virus se expone a las enzimas celulares.
4. Los genes del virus se expresan
5. Se producen los componentes del virus.
6. Ensamblaje del virus
7. Liberación del virus<sup>34</sup>

El virus COVID-19 es un virus de ARN de cadena simple y positiva, lo que significa que su genoma consiste en una sola cadena de ARN que puede utilizarse directamente para la síntesis de proteínas. El virus entra en la célula huésped uniéndose a una proteína de la superficie celular llamada receptor ACE2 y fusionándose con la membrana celular. Una vez dentro de la célula, el virus utiliza su ARN para producir proteínas virales y para replicar su genoma. El ARN viral se replica en el citoplasma de la célula huésped mediante la acción de una enzima llamada ARN polimerasa viral, que utiliza el ARN viral como molde para producir más copias del genoma viral. Las proteínas virales se producen a partir de la traducción del ARN viral en el citoplasma de la célula huésped, y luego se ensamblan para formar nuevos virus. Los nuevos virus salen de la célula huésped mediante gemación, donde el virus se envuelve en una membrana celular tomada de la célula huésped antes de ser liberado para infectar a otras células.<sup>34</sup>

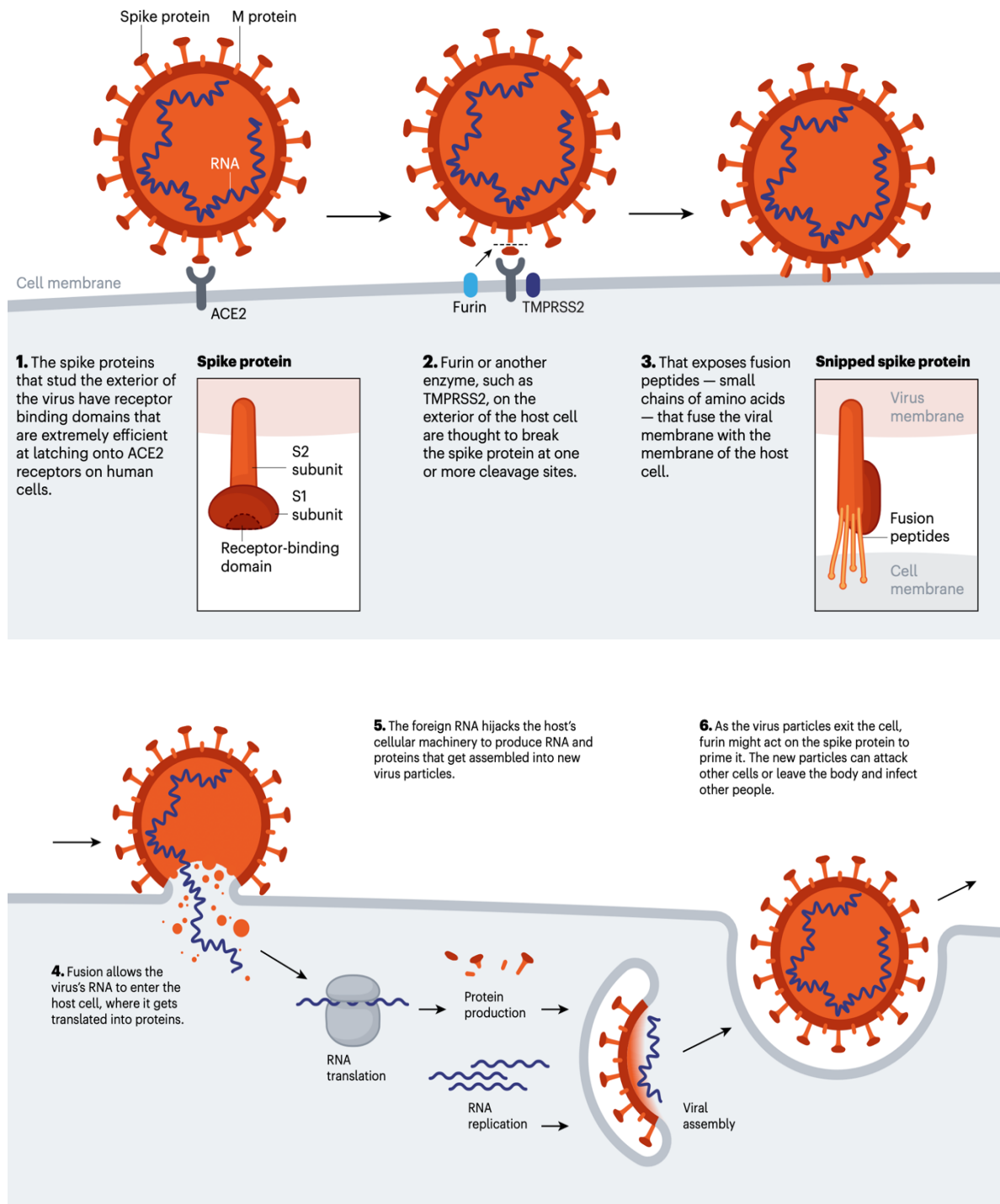
De acuerdo con la investigación de Sánchez *et al.*<sup>35</sup>, las células con mayor capacidad receptora son las ACE2 mencionadas anteriormente, dichas células están presentes en los humanos independientemente de la edad o del género, esto hace que el coronavirus sea

potencialmente infeccioso en la mayoría de las personas. Estas se distribuyen a lo largo del organismo, pudiéndose hallar en las siguientes células: los neumocitos tipo II del alveolo pulmonar, las células epiteliales estratificadas del esófago, los enterocitos con capacidad de absorción del íleon y del colon, los colangiocitos, las células miocárdicas, las células epiteliales del túbulo proximal renal y las células uroteliales de vejiga.

Tal como indica la literatura consultada, este agente patógeno tiene la particularidad de distribuirse a lo largo del organismo, sin embargo, tiene mayor afinidad en el sistema respiratorio, convirtiéndose este en una zona apta para replicarse y afectar al organismo provocando las manifestaciones clínicas propias del cuadro respiratorio por el que se caracteriza.<sup>35</sup>

Una vez determinadas las características de replicación viral de manera clara, se logra comprender la razón de las manifestaciones clínicas que presenta cada individuo, de acuerdo con las manifestaciones clínicas que estos presenten y con el sistema de mayor afectación, siendo el sistema respiratorio el que indica una mayor incidencia de casos. A continuación, se presenta una imagen en la cual Cyranoski<sup>36</sup> explica de manera gráfica acerca del mecanismo de replicación del coronavirus con mayor detalle, incluyendo cada una de las proteínas fundamentales mencionadas anteriormente, así como los receptores involucrados en este proceso de replicación viral.

**Figura 3. Mecanismo de replicación del coronavirus**



Fuente: A partir de la referencia<sup>36</sup>

Siguiendo el hilo conductor de la estructura del coronavirus, por su parte Alvarado *et al.*<sup>33</sup> explica de una forma más breve las principales estructuras del virus, es decir que, en este documento a partir de una lectura detallada, se recopiló esta información para ser resumida en el cuadro siguiente y así, tener una mayor comprensión de estas estructuras virales a saber.

Este autor menciona que la espícula o proteína S tiene como características que "se proyecta a través de la envoltura viral y forma las espículas de la corona; se encuentra glicosilada y es la encargada de mediar la unión del receptor, así como su fusión con la célula del huésped"<sup>33</sup>

Así mismo, la proteína de membrana (M) tiene las siguientes propiedades "Posee dos extremos, un dominio N-terminal corto que se proyecta en la superficie externa de la envoltura y un extremo C-terminal largo interno; juega un papel importante en el ensamblaje del virus"<sup>33</sup>

Seguidamente, la proteína de la nucleocápside (N) "Se asocia con el genoma de ARN para formar la nucleocápside; se piensa que puede estar involucrada en la regulación de la síntesis de ARN e interactúa con la proteína M al momento de la replicación viral"<sup>33</sup>

Finalmente, la proteína de envoltura (E), "Es una proteína que funciona como porina, formando canales iónicos, en el virus SARS-CoV participa en el ensamblaje del virus"<sup>33</sup>

### **2.3. Comportamiento del virus COVID-19**

En el último semestre del año 2019 se documenta un conjunto de acontecimientos relacionados con neumonía, tiempo después se determina que estos casos de neumonía eran causados por un nuevo Coronavirus, de manera que se confirma que este agente patógeno era el causante del brote que iba aumentando de forma acelerada.

En el mes de enero del año 2020 se declara el estado de emergencia en salud pública internacional, un par de meses más tarde se evoluciona a estado de pandemia, a pesar de no tener total conocimiento ante lo que se enfrentaba la población y basándose en los estudios previos en mecanismos de contagio de otras enfermedades con cuadro clínico similar, se crean medidas de información masiva para alertar a las personas acerca de esta enfermedad y poder tomar las medidas preventivas básicas para evitar una expansión descontrolada de los casos.

En Latinoamérica, el primer caso fue reportado en el mes de febrero del año 2020, en abril del mismo año la propagación del virus era acelerada, principalmente en el continente asiático, además, se contaba con un reporte de más de 65 000 casos a nivel del continente americano. Italia, España y Francia fueron los países que tuvieron mayor impacto de la enfermedad por COVID-19 en el viejo continente, llegando a documentar hasta un cuarenta por ciento de los casos reportados en el mundo.

En nuestro país, al consultar los datos que ofrece el Ministerio de Salud de Costa Rica<sup>37</sup> de acuerdo con la fecha de realización del presente documento, se consultan los datos de la semana epidemiológica número 45 del presente año, los resultados indican que respecto a la semana 44 hay un incremento de 283 casos, con un total de 2733 casos nuevos en dicha semana 45, además en esa misma semana se contabilizan 12 fallecimientos, con un promedio de dos fallecidos por día, con un promedio diario de 82 hospitalizados distribuidos 15 en Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y 67 en salón.

De acuerdo con los datos suministrados por la OPS<sup>6</sup>, al día 20 de noviembre del año 2022 en que se actualiza el presente trabajo de investigación, en la Región de las Américas se reporta más de 181 millones de casos acumulados, con aproximadamente 324 mil casos adicionales en ese último día.

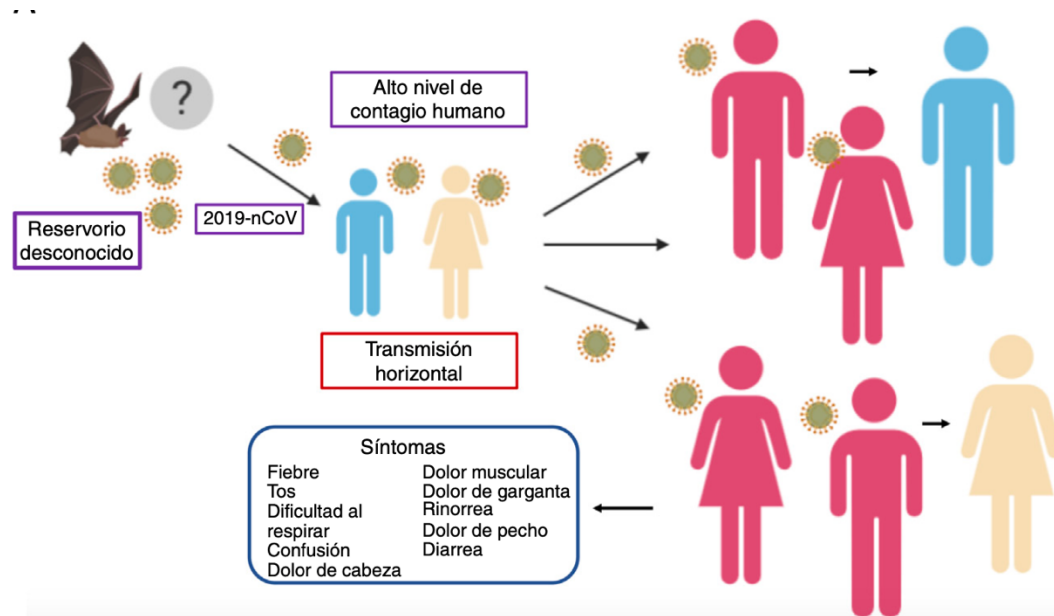
### 2.3.1. Mecanismo de transmisión

El mecanismo de transmisión viral se refiere a la manera en que un virus se transmite de una persona infectada a una persona susceptible. Los virus pueden transmitirse de diferentes maneras, dependiendo del tipo de virus y de las características del huésped y del ambiente. Algunos virus se transmiten por contacto directo con fluidos corporales infectados, mientras que otros se propagan por el aire, a través de las gotículas que se producen al hablar, toser o estornudar. La comprensión del mecanismo de transmisión viral es crucial para el desarrollo de estrategias efectivas de prevención y control de las enfermedades virales.<sup>33</sup>

El COVID-19 es una enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2, que se transmite de persona a persona principalmente a través de gotículas respiratorias expulsadas por una persona infectada al hablar, toser o estornudar. Estas gotículas pueden ser inhaladas por una persona cercana a la persona infectada, lo que puede llevar a la infección por el virus. También es posible contraer el virus al tocar una superficie contaminada con el virus y luego tocarse la boca, la nariz o los ojos. Se considera que la transmisión del virus es más probable cuando las personas están en contacto cercano durante un período prolongado y en espacios cerrados con mala ventilación. Por lo tanto, el uso de mascarillas, el distanciamiento social y la higiene de manos son medidas importantes para prevenir la propagación del virus.<sup>33</sup>

A lo largo de las diferentes investigaciones se desarrollaron hipótesis sobre la transmisión de animales a humanos, como menciona Palacios *et al.*<sup>38</sup> la más fuerte es que el origen proviene de los murciélagos; mientras que la transmisión humana es por vía respiratoria de manera que aumenta la probabilidad de contagio entre las poblaciones, esto compartiendo un cuadro clínico caracterizado por fiebre, tos, dolor muscular y síntomas respiratorios. Cabe destacar que la sintomatología es variable de persona a persona, este punto se abordará con más detenimiento más adelante. En función de este planteamiento, los autores exponen la siguiente imagen relacionada con la propagación del virus.

**Figura 4. Mecanismo de propagación del virus causante de enfermedad COVID-19**



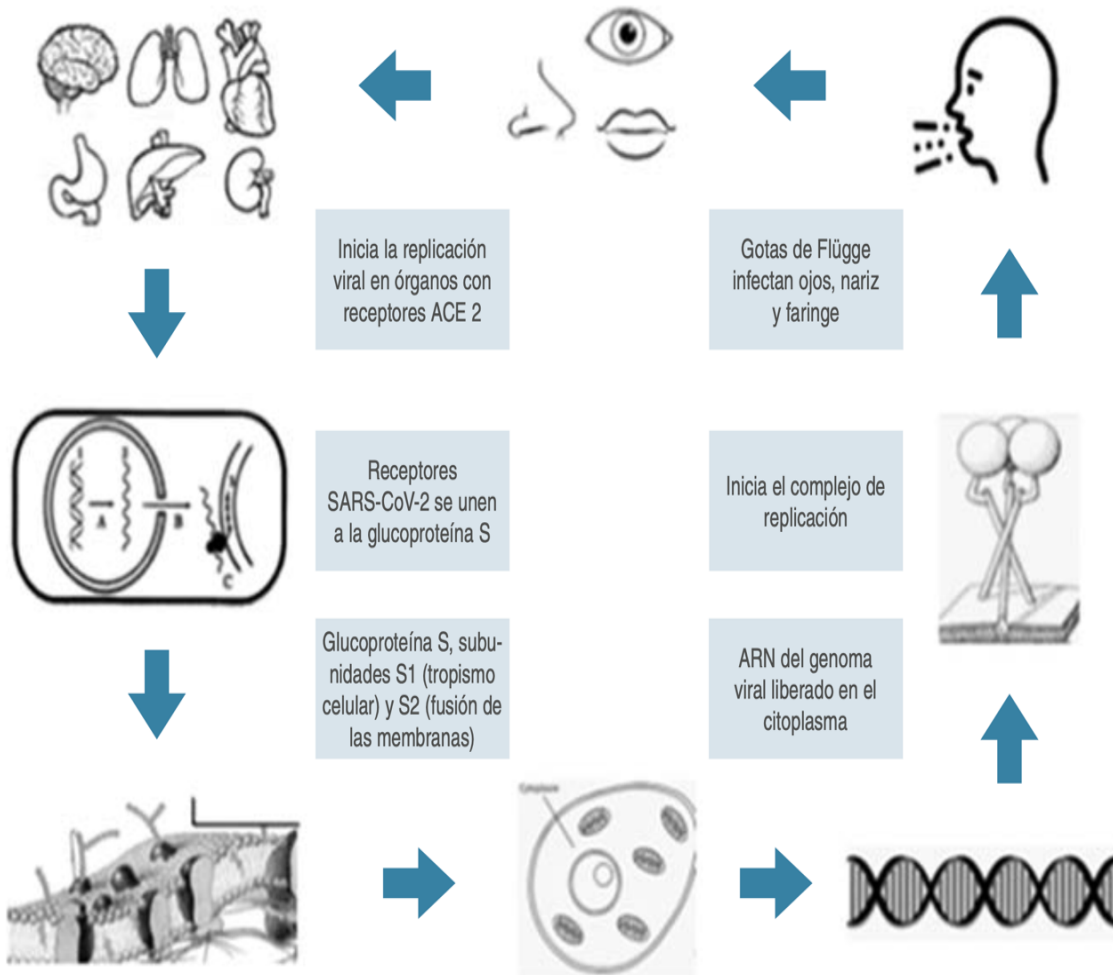
Fuente: A partir de la referencia<sup>38</sup>

De acuerdo con Alvarado *et al.*<sup>33</sup> los cuales explican el mecanismo de transmisión del SARS-CoV-2 se tiene que: Se da de persona a persona a través de las gotas de Flügge, estas gotas se diseminan con la tos, con los estornudos y al hablar a cierta distancia, de manera que infectan los ojos, nariz y faringe, estas situaciones provocan que las gotas queden sobre las diferentes superficies con las que se tiene contacto, o bien que estas se depositen directamente sobre la mucosa oral o conjuntivas, esto provoca que el virus sea altamente contagioso con un alto riesgo de transmisión.

Una vez que se dio el contacto con las gotas de Flügge, se inicia la replicación del virus en los órganos que contienen los mencionados receptores ACE2, los receptores SARS-CoV-2 se unen a la glucoproteína S, específicamente en la subunidad S1. Seguidamente, el ácido ribonucleico del patrimonio genético es liberado en el citoplasma dando inicio al complejo de replicación el cual se repite una y otra vez entre las personas. En su artículo,

estos autores exponen un diagrama de la fisiopatología de este microorganismo, el cual resulta más gentil a la lectura, este se presenta a continuación.<sup>33</sup>

**Figura 5. Diagrama de la fisiopatología del SARS-CoV-2**



Fuente: A partir de la referencia<sup>33</sup>

Mas adelante, el autor Alvarado *et al.*<sup>33</sup> define una categorización de manera simplificada, las etapas de la enfermedad causada por SARS-CoV-2 en seres humanos, para esta clasificación, toma en cuenta tres variables, las cuales son: periodo de incubación, contagio y resolución, grado de sintomatología del paciente y si el virus es detectable o no; dicha clasificación se menciona a saber:

- Etapa 1: Corresponde al periodo de incubación, en esta etapa el paciente cursa asintomático. Con o sin virus detectable.
- Etapa 2: Definida como el periodo de contagiosidad, el paciente puede encontrarse sintomático, pero no grave. Con virus detectable.
- Etapa 3: Es aquella que comprende también periodo de contagiosidad, con la diferencia de que en esta etapa el paciente cursa sintomático con un deterioro respiratorio grave
- Etapa 4: Es aquella llamada periodo de resolución, donde el paciente se encuentra asintomático y puede haber o no presencia de virus detectable.<sup>33</sup>

En cuanto al periodo de incubación del virus, Pérez *et al.*<sup>39</sup>, recopilan en su estudio que este periodo es aquel que tiene una frecuencia habitual de cuatro a siete días, sin embargo, basados en estudios europeos que analizan, logran definir que dicho periodo de incubación oscila en un rango de uno a catorce días. Mencionan también que se han documentado casos excepcionales en los que el periodo de incubación puede exceder los catorce días, sin embargo, no representa el patrón más común.

## **2.4. Diagnóstico**

El diagnóstico médico consiste en un proceso inferencial, el cual es realizado por un médico a partir de la recopilación de datos obtenidos vinculados a un “cuadro clínico”, el cual tiene como objetivo definir la enfermedad que afecta un paciente. Para llegar al diagnóstico es preciso contemplar tres elementos que están estrechamente relacionados y son

fundamentales: los síntomas, la enfermedad propiamente dicha y el contexto que comprende el ambiente social, el psicológico y el económico del paciente.<sup>40</sup>

El diagnóstico de la enfermedad será determinado por dos factores: primeramente, la sospecha clínica y en segundo lugar, pero no menos importante las pruebas de laboratorio realizadas en tiempo oportuno, esta información está sustentada a partir de la información publicada por Ávila<sup>41</sup>, la cual se detalla a continuación.

Ávila<sup>41</sup> menciona que para llegar al diagnóstico de COVID-19 se deben precisar varios contextos tales como: el nexo epidemiológico desde luego, los signos y los síntomas en el momento de la consulta o bien cualquier persona que acuda al servicio de atención médica o que se encuentre hospitalizada y presente hallazgos radiológicos de infección respiratoria. Señala además que, el diagnóstico definitivo es aquel que se realiza por la determinación de la prueba Reacción en cadena de polimerasa (PCR), la cual será obtenida a partir de exudados procedentes del tracto respiratorio superior (nasofaríngeo u orofaríngeo) o inferior (lavado broncoalveolar, esputo y/o aspirado endotraqueal).

Teniendo en cuenta la premisa anterior, Sánchez *et al.*<sup>35</sup> define que la detección viral de SARS-CoV-2 es aquella que se realiza por medio de la prueba diagnóstica de laboratorio RT-PCR. A partir de muestras recolectadas por hisopados nasales o faríngeos o bien lavados broncoalveolares, teniendo en cuenta que aquellas muestras obtenidas a partir de muestras de vías respiratorias inferiores tienen mayor carga viral y sensibilidad.

El autor Velásquez *et al.*<sup>41</sup> expone una clasificación a tomar en cuenta en el momento en que una persona consulta en un centro asistencial, esta clasificación está determinada por cuatro categorías, cada una de ella es descrita de acuerdo con la condición, ya sea de sospecha clínica o bien, si se cumple con criterio de laboratorio, con respecto a esta clasificación será la atención a los pacientes posteriormente.

Con la finalidad de definir el tipo de caso según la condición de los pacientes, Velásquez et al.<sup>41</sup> expone la siguiente definición de conceptos que son considerados además como parte de la clasificación de los casos:

- Caso en investigación: Todos aquellos casos que cumplan el criterio de sospecha clínica.
- Caso confirmado por laboratorio: Se define como aquellos casos que cumplen con el criterio de laboratorio confirmado y positivo para enfermedad por COVID-19.
- Caso probable: Corresponde a los casos en los cuales el resultado de laboratorio no es concluyente.
- Caso descartado: Aquellos en que el resultado de la prueba PCR es negativa.

A nivel nacional, la información disponible por parte del Ministerio de Salud de Costa Rica<sup>37</sup> a través de sus portales digitales, indica una categoría llamada casos cercanos. Estos son definidos como: Aquellos individuos que sin haber utilizado las medidas de protección adecuadas presente alguna de las siguientes condiciones que se enumeran a continuación:

- a) Haya proporcionado cuidados de un caso sospechoso, probable o confirmado sintomático, ya sea, producida por un estornudo o tosido, por beso, alimentos o utensilios de alimentación.
- b) Haya tenido exposición en forma directa en el entorno doméstico o de atención de salud.

- c) Haya estado cara a cara con un caso sospechoso, probable o confirmados de COVID-19 a menos de 1.8 metros de distancia y por más de 15 minutos.
- d) Haya estado en un lugar cerrado (aula, oficina, sala de sesiones, área de espera o habitación) con un caso sospechoso, probable o confirmado sintomático a una distancia menor de 1.8 metros, por un periodo mayor o igual a 15 minutos.
- e) En el entorno de un avión, pasajeros situados en un radio de dos asientos alrededor de un caso sintomático o la tripulación que brindó atención directa durante el vuelo a dicha persona.<sup>37</sup>

Así mismo, el Ministerio de Salud de Costa Rica<sup>37</sup>, identifica los casos considerados de bajo riesgo de exposición en el eventual contexto de un caso confirmado por COVID-19, estos podrían cumplir con alguna de las siguientes características:

- a) Persona que haya estado cara a cara con un caso sospechoso, probable o confirmado de COVID-19 por menos de 15 minutos a una distancia mayor a 1.8 metros.
- b) Persona que haya estado en algún lugar cerrado con un caso sospechoso, probable o confirmado sintomático por un periodo menor a 15 minutos.

En cuanto al diagnóstico diferencial, Mendoza *et al.*<sup>42</sup> recalcan que, tal como se ha mencionado los síntomas en los primeros días de la enfermedad son inespecíficos. Por tal motivo, el diagnóstico diferencial se define como aquel que debe contener una lista de afecciones respiratorias que se presentan con mayor frecuencia, las cuales son: Adenovirus, gripe, metaneumovirus humano (HmPV), parainfluenza, virus sincitial respiratorio, los autores incluso mencionan afecciones más complejas, sin embargo, idealmente debe seguirse la línea de afecciones respiratorias individualizando a cada paciente y su sintomatología.

### **2.4.1. Mortalidad y morbilidad**

La mortalidad estará estrechamente relacionada con los factores de riesgo que presente o no cada paciente en particular, así como su manejo y tratamiento. Los factores de riesgo serán mencionados en el siguiente apartado. La morbilidad se refiere a la presentación de una enfermedad o síntoma de una enfermedad, o a la proporción de enfermedad en una población. La morbilidad también hace referencia a los problemas médicos que produce un tratamiento.<sup>43</sup>

En el ámbito de COVID-19, la mortalidad se refiere a la proporción de personas que han muerto como resultado de la enfermedad. Se calcula dividiendo el número de muertes por COVID-19 por el número total de personas que han contraído la enfermedad. La tasa de mortalidad puede variar según la edad, el sexo, la presencia de comorbilidades y otros factores. La mortalidad por COVID-19 es una medida importante de la gravedad de la enfermedad y su impacto en la salud pública.<sup>43</sup>

En el contexto de COVID-19, la morbilidad se refiere a la frecuencia y gravedad de la enfermedad en una población determinada. La morbilidad de COVID-19 puede variar según la edad, el género y otros factores de riesgo, y se refiere a la cantidad de personas infectadas que desarrollan síntomas o enfermedad debido al virus. Los síntomas de COVID-19 pueden variar desde leves a graves y pueden incluir fiebre, tos, fatiga, dolor de cabeza, pérdida del gusto o el olfato, dificultad para respirar y otros síntomas. En algunos casos, la enfermedad puede llevar a complicaciones graves que requieren hospitalización y pueden ser mortales. La morbilidad también puede ser afectada por la efectividad de las medidas de prevención y control implementadas en la comunidad, como el distanciamiento social, el uso de mascarillas y la vacunación.<sup>43</sup>

Cabe señalar que, al día 20 de noviembre de 2022, la OPS<sup>6</sup> reporta más de 2 800 000 muertes asociadas al COVID-19 acumuladas en la región de las Américas. En nuestro país se suma poco más de 9000 muertes acumuladas a causa de esta enfermedad<sup>37</sup>, estos datos pueden consultarse en las páginas oficiales de las diferentes entidades reguladoras de la salud tanto a nivel nacional como global.

Bonilla *et al.*<sup>43</sup> en su estudio ecológico realizado durante el año 2022, evalúan los 82 cantones de Costa Rica y logran determinar que el índice de mortalidad por COVID-19 es de 140.26 por cada cien mil habitantes, haciendo hincapié en que estos resultados son mayores en los cantones más urbanizados, donde desde luego hay mayor población y el riesgo de contagio también es mayor.

#### **2.4.2. Histopatología**

La histopatología en el contexto de COVID-19 se refiere al estudio microscópico de los tejidos del cuerpo humano afectados por la infección por el virus SARS-CoV-2. La histopatología se utiliza para examinar los cambios estructurales y celulares en los órganos y tejidos de pacientes con COVID-19, lo que puede ayudar a entender mejor la patología de la enfermedad y a identificar los cambios específicos que ocurren en el cuerpo. Los hallazgos histopatológicos en pacientes con COVID-19 pueden incluir inflamación y daño celular en los pulmones, corazón, riñones, hígado y otros órganos. La histopatología es una herramienta valiosa para ayudar a los médicos a entender la fisiopatología de la enfermedad y a desarrollar estrategias de tratamiento más efectivas.<sup>42</sup>

En el área histopatológica, se mencionan los principales hallazgos obtenidos a partir de autopsias. Los autores hacen referencia a los patrones histológicos observados en los tejidos pulmonares y extrapulmonares durante las autopsias de pacientes fallecidos por COVID-19. Estos patrones incluyen congestión capilar, necrosis de neumocitos, membrana

hialina, edema intersticial, hiperplasia de neumocitos y atipia reactiva. Además, se observó que la formación de trombos de fibrina de plaquetas en vasos arteriales pequeños era una expresión de la coagulopatía intravascular. En el tejido pulmonar se encontraron infiltrados de macrófagos en los lúmenes alveolares y linfocitos en el intersticio. En resumen, el párrafo describe los patrones histológicos observados en los tejidos de pacientes fallecidos por COVID-19, incluyendo cambios en los tejidos pulmonares y extrapulmonares, y la formación de trombos sanguíneos.<sup>42</sup>

A grandes rasgos, se documenta que el daño pulmonar causado por COVID-19 es análogo a los producidos por los virus SARS y MERS, y se manifiesta como enfermedad alveolar difusa (DAD) con presencia de congestión grave. Esto será abordado con mayor detenimiento en un apartado más adelante.<sup>42</sup>

## **2.5. Evaluación clínica**

Para realizar la adecuada evaluación clínica de los pacientes, debe seguirse el orden conocido desde los estudios de la semiología, en este apartado de la evaluación de los pacientes el autor Jackson *et al.*<sup>44</sup> exponen acerca del examen físico dirigido al sistema respiratorio propiamente, este comprende cuatro principios básicos conocidos, los cuales se denominan: inspección, palpación, percusión y auscultación. La auscultación requiere que el estetoscopio se aplique en la parte delantera y trasera del tórax, así como debajo de las axilas.

Tal como expone nuevamente Jackson *et al.*<sup>44</sup> en el caso de tener un paciente que se presenta a la consulta por manifestaciones clínicas respiratorias, la forma tradicional de brindar un abordaje inicial consiste en la elaboración de una historia clínica y un examen físico completos, seguidos de pruebas específicas con inclinación a aquellas afecciones más destacadas en el paciente.

En cuanto a la exploración del tórax en términos generales, Ávila<sup>41</sup> hace hincapié en que para lograr dicha exploración y que sea realizada de manera adecuada deben atenderse cuatro variables que son fundamentales a saber: estado general del paciente y nivel de conciencia, estado de la piel y temperatura corporal; frecuencia cardíaca y respiratoria y saturación de oxígeno con su respectiva auscultación cardiopulmonar.

### **2.5.1. Manifestaciones clínicas causadas por COVID-19**

En cuanto a la clínica, en términos generales la literatura expone que las principales manifestaciones clínicas son aquellas que presentan los pacientes con infección por COVID-19, aparecen posterior a los dos o catorce días en que la persona se expone al virus (que comprende el periodo de incubación), se presentan síntomas tales como: tos, fiebre, escalofríos, dolor de garganta, artralgia, cansancio, disnea, malestar general, cefalea y dolor de pecho. Estos síntomas podrían enmascarse como cualquier otra patología o un resfriado común, sin embargo, la intensidad de estos síntomas y el nexa epidemiológico constituyen factores determinantes para considerar que se trata de un caso positivo por COVID-19, teniendo establecida la sospecha clínica así se dará el seguimiento pertinente a cada paciente en pro del mayor bienestar del mismo.<sup>1</sup>

Existen diversos panoramas que se pueden encontrar en la atención a los pacientes teniendo en cuenta que algunas personas pueden presentar cuadros asintomáticos, ya sean leves, moderados o graves, síndrome de distrés respiratorio agudo, sepsis y hasta *shock* séptico. En cualquiera de los casos es muy importante la identificación temprana de las manifestaciones clínicas de mayor afectación.<sup>42</sup>

Una vez mencionadas las principales manifestaciones clínicas, resulta determinante conocer el grupo de edad en que éstos síntomas son más frecuentes, de acuerdo a la literatura

consultada Narro *et al.*<sup>1</sup> documenta que el rango etario que representa la mayoría de los casos incluye a aquellas personas que tienen entre 30 y 59 años de edad, esto seguido de aquellos con edad entre 18 y 29 años, teniendo cuenta estos datos, se pueden fundamentar las bases del presente estudio de revisión bibliográfica, donde se comentarán las manifestaciones clínicas encontradas entre estos grupos de pacientes.

## **2.6. Principios básicos del ultrasonido**

### **2.6.1. Historia**

Desde los estudios del profesor italiano Lassarò Spallanzani, en sus interrogantes acerca de los murciélagos y la relación del oído con la capacidad de estos para manejarse en la oscuridad por medio de estimulaciones sonoras, hasta los descubrimientos de los rayos X, las ondas de radio y la energía acústica presente en un espectro fuera de los límites percibidos por el oído humano, así como el desarrollo de todos los posibles usos, los orígenes y la evolución del diagnóstico con ultrasonido que se caracterizan por la innovación y la aplicación de nuevos usos adaptados a una necesidad, mientras incluye importantes descubrimientos de los pioneros en la materia.<sup>45</sup>

Con los hermanos Pierre y Jacques Curie, y el descubrimiento de la piezoelectricidad (fenómeno que se da al experimentar con un campo eléctrico sobre cristales de cuarzo y turmalina, produciendo ondas sonoras de muy alta frecuencia), las aplicaciones de esta nueva tecnología se destacaron por su variedad de usos: desde la creación de silbatos para controlar perros con sonidos inaudibles para el oído humano, hasta su uso para localizar objetos en profundidades marítimas, inspirado en el hundimiento del Titanic, que a su vez se aplicó durante la Primera Guerra Mundial para detectar submarinos de tropas enemigas.<sup>45</sup>

La invención del llamado reflectoscopio por F.A Firestone permitió detectar defectos internos de estructuras sólidas. Si bien fue pensado para examinar edificios y construcciones para su restauración, el reflectoscopio sentó las bases para el desarrollo de los ecógrafos actuales, experimentando un considerable crecimiento a partir del fin de la Segunda Guerra Mundial, cuando se concentró gran parte del conocimiento de nuevas tecnologías en la aplicación de métodos de diagnóstico.<sup>45</sup>

### **2.6.2. Ultrasonido**

Un ultrasonido consiste en un procedimiento de diagnóstico clínico de características no invasivas el cual permite la visualización de imágenes digitales de diferentes regiones anatómicas en donde sea aplicado, esto se logra por medio de ondas de alta frecuencia que generan una imagen en escala de grises.<sup>46</sup>

Desde una perspectiva general, Pineda *et al.*<sup>44</sup> mencionan que el ultrasonido consiste en una técnica de imágenes radiológicas, las cuales están constituidas por la emisión y la recepción de ondas de sonido, una característica de estas ondas sonoras es que no son percibidas por el oído humano. De esta manera, el ultrasonido es definido como un conjunto de ondas de tipo mecánicas que por lo general son longitudinales las cuales serán originadas por la vibración de un cuerpo elástico y que serán propagadas por un medio material. Este cuerpo elástico y material será un cristal piezoeléctrico y los tejidos corporales respectivamente; la frecuencia generada entre ambos medios va a superar aquella que puede ser percibida por el oído de los seres humanos, la cual es de 20 000 ciclos por segundo o bien, 20 kilohercios (KHz) hablando propiamente de su unidad de medida.

Dicho de este modo, se define que la ecografía clínica es aquella que es realizada por el médico responsable del paciente, es decir, el médico encargado de la historia clínica y del proceso diagnóstico y terapéutico del enfermo. Esto proporciona una ventaja sobre los

estudios ecográficos realizados en servicios centrales como la radiología o la cardiología, donde la información clínica del paciente puede ser limitada. En resumen, los autores destacan la importancia de la ecografía clínica y su valor añadido en el diagnóstico y tratamiento de los pacientes.<sup>47</sup>

### 2.6.3. Función del ultrasonido

Antes de profundizar en la interpretación de las imágenes ecográficas es conveniente conocer el funcionamiento del ultrasonido desde sus principios físicos básicos, de manera que al avanzar en materia la comprensión del tema sea menos compleja.

A raíz de lo expresado, dentro de este marco contextual se mencionarán las definiciones que representan las características físicas del ultrasonido a saber: sonido, frecuencia, velocidad de propagación, interacción del ultrasonido con los tejidos, ángulo de incidencia, atenuación, frecuencia de repetición de pulsos, resolución y escala de grises. A continuación, se recopilarán estos términos para que sea de fácil acceso ante una eventual consulta posterior.<sup>46</sup>

- **Sonido:** Definido como aquella sensación percibida en el oído la cual es producida por la vibración propagada en un medio elástico a manera de ondas.
- **Frecuencia:** Número de ciclos o cambios de presión que le ocurren a la onda de sonido en un periodo de un segundo. Esta frecuencia es cuantificada en ciclos por segundo o hercios. La frecuencia estará determinada por la fuente que emite el sonido y el medio por el cual viaja.

- **Velocidad de propagación:** Es aquella velocidad en la cual el sonido viaja a través de un tejido. Será variable en dependencia del tipo y las características del material que atraviese.
- **Interacción de los tejidos:** Consiste en la interacción de la energía de onda con las moléculas de los tejidos, esta energía se transmite de una molécula a otra adyacente. Dicha energía se mueve en el tejido en ondas longitudinales.
- **Ángulo de incidencia:** Tal como sucede en la luz en un espejo, la intensidad de un haz del ultrasonido dependerá del ángulo de incidencia de la fuente receptora, siendo la reflexión máxima cuando la onda incide de forma perpendicular a la interfase entre dos tejidos.
- **Atenuación:** Pérdida de potencia y disminución progresiva de la intensidad mientras las ondas de ultrasonido se propagan por las interfases celulares e inciden en las estructuras de mayor profundidad.
- **Frecuencia de repetición de pulsos:** Corresponde a la frecuencia con la que el generador produce pulsos eléctricos en un periodo de un segundo, de manera que, determina el intervalo de tiempo entre las fases de emisión y recepción de los ultrasonidos.
- **Resolución:** Habilidad de poder distinguir las diferentes partículas que reflejan el ultrasonido. Se refiere a la nitidez y el detalle de la imagen y va a estar en dependencia de dos características de la agudeza visual, las cuales son el detalle y el contraste.
- **Escala de grises:** Es aquella que se ve reflejada en la imagen digital del ultrasonido de acuerdo con las interfases que originan.<sup>46</sup>

Los conceptos de compresión y refracción, como parte de la interacción de las ondas con los tejidos, se muestra que la longitud de onda comprende aquella distancia que se encuentra entre los picos de una onda y la siguiente, esta es representada con la letra griega lambda ( $\lambda$ ), así mismo, se tiene que cada pico de onda representa el estado de compresión de la misma y el espacio comprendido entre cada compresión corresponde al estado de refracción.<sup>46</sup>

Una vez analizados los conceptos físicos básicos vinculados al ultrasonido se pueden establecer los principios básicos del funcionamiento de éste, al hacer una lista ordenada que explica la mecánica del ultrasonido será más fácil comprender los siguientes conceptos clínicos y resultados encontrados en los pacientes. Siendo así, resulta conveniente mencionar a manera resumida dicho funcionamiento:

- a) Producción de ondas sonoras: el ultrasonido se produce por medio de un transductor que convierte una corriente eléctrica en ondas sonoras de alta frecuencia.
- b) Propagación de las ondas sonoras: las ondas sonoras se propagan en forma de ondas de presión a través del tejido del cuerpo.
- c) Reflejo de ondas sonoras: cuando las ondas sonoras encuentran un tejido con una densidad diferente, una parte de la energía de la onda se refleja de vuelta hacia el transductor.
- d) Detección de las ondas reflejadas: el transductor recoge las ondas sonoras reflejadas y las convierte en señal eléctrica.
- e) Procesamiento de la señal: la señal eléctrica se procesa y se convierte en una imagen en la pantalla del equipo del ultrasonido.<sup>46</sup>

#### 2.6.4. El ecógrafo

Un ecógrafo es un dispositivo médico que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia para producir imágenes en tiempo real de los órganos, tejidos y estructuras dentro del cuerpo humano. Estas imágenes se crean mediante la emisión de ondas sonoras de alta frecuencia hacia el cuerpo a través de un transductor, que se coloca en la piel del paciente y que también recibe los ecos de las ondas sonoras reflejadas de los tejidos. Estos ecos son procesados por la computadora del ecógrafo y se muestran en tiempo real en una pantalla. El ecógrafo consiste en un dispositivo complejo el cual tiene las siguientes partes fundamentales: Transmisor, transductor, receptor, procesador y almacenamiento de las imágenes.<sup>46</sup>

##### 2.6.4.1. Transductor

Desde el año 1880 los Curie descubrieron el transductor a partir de materiales naturales como el cuarzo y la turmalina, los transductores que se utilizan en su mayoría están basados en el efecto piezoeléctrico el cual consiste en el resultado de las tensiones mecánicas que se generan en ciertos cristales, se define entonces el transductor como un dispositivo o componente que tiene la finalidad de transformar vibraciones eléctricas en mecánicas y viceversa.<sup>46</sup>

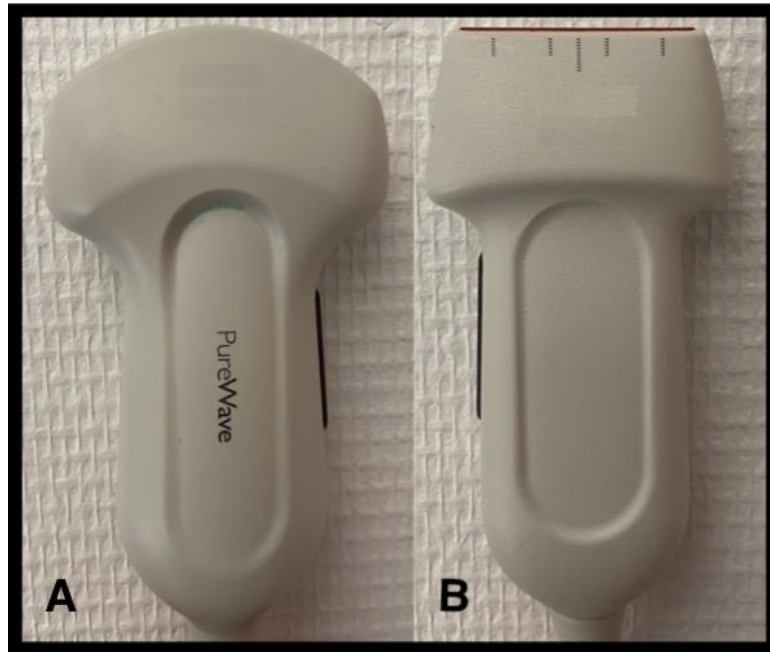
Dando continuidad a este tema acerca de las generalidades ultrasonográficas es importante conocer acerca del transductor, el cual es el dispositivo que utiliza el examinador para lograr obtener una imagen digital a partir de una técnica aprendida y realizada de manera correcta, tal como lo describe el autor el transductor tiene la capacidad de transformar la energía de entrada en otra diferente en la salida de la misma. Para efectos de los transductores de los ultrasonidos utilizados en el campo de la medicina, la energía que utilizan se genera a partir de los llamados cristales piezoeléctricos.<sup>46</sup>

Los transductores son un dispositivo fundamental en el ecógrafo y gracias a estos se obtienen imágenes las cuales son en tiempo real. Se conocen cuatro tipos de transductores que son los siguientes: lineales, curvos o convexos, de tipo sectorial y los intracavitarios. La función de cada uno de estos radica en la profundidad del área de exploración que se necesite evaluar.<sup>46</sup>

Respecto a los transductores Pineda *et al.*<sup>46</sup> mencionan lo siguiente:

La circonita de plomo con titanio es una cerámica usada frecuentemente como cristal piezoeléctrico y constituye el alma del transductor; recientemente se desarrollaron polímeros piezoeléctricos como poli- vinilideno (PVDF) y trifluoroetileno (TrFE) que han demostrado ser útiles para la producción de frecuencias altas ( $> 100$  MHz). Existen varios tipos de trans- ductores que difieren tan solo en la manera en que están dispuestos sus componentes. Los transductores *sectoriales* tienen una ventana pequeña; por ejemplo, para la visualización de las costillas, con un ángulo de escaneo ancho; los *convexos* tienen un amplio campo a distancia, con un tamaño de ventana adecuado y los *lineales* se caracterizan por tener un amplio plano de contacto, ideal para pequeñas estructuras.

**Figura 6. Sondas utilizadas para la ecografía**



Fuente: A partir de la referencia<sup>17</sup>

La imagen anterior muestra dos tipos diferentes de transductores o sondas utilizados para la realización de ultrasonido pulmonar. Tal como explica el autor, la imagen que se visualiza a la izquierda diferenciada con la letra “A” representa la llamada sonda convexa, esta se caracteriza por ser de baja frecuencia y se utiliza de preferencia en aquellas exploraciones más profundas. Seguidamente, la imagen del lado derecho asignada con la letra “B” recibe el nombre de sonda lineal y a diferencia de la convexa este transductor es de alta frecuencia y permite que haya una alta definición de la imagen a nivel superficial teniendo como resultado unas imágenes de buena calidad de la pleura.<sup>17</sup>

En cuanto al equipo a utilizar para una adecuada exploración ecográfica, la literatura sugiere que sean tomadas en cuenta tres condiciones mínimas las cuales permitirán que el procedimiento sea preciso, se mencionan las siguientes: Para empezar se plantea que idealmente el equipo sea de tipo portátil, de tamaño pequeño y rápido encendido ya que es de fácil transporte y puede resultar de costo accesible (esto en dependencia del contexto del lugar en que se realice el examen), seguidamente se propone que sea utilizado un equipo de

transductor el cual utilice un rango de frecuencia que oscile entre dos a diez MHz, de preferencia convexo; por último que la tecnología de imagen permita una visualización bidimensional.<sup>47</sup>

### 2.6.5. Modos ecográficos

Los modos ecográficos son las diferentes formas en que se visualiza la información de la imagen en un ultrasonido. El modo B, también conocido como modo 2D, es el más común y muestra una imagen en tiempo real del tejido o estructura que se está examinando. El modo M, o modo de escaneo unidimensional, se utiliza para visualizar el movimiento de los tejidos o estructuras. El modo Doppler se utiliza para evaluar el flujo sanguíneo en el cuerpo, y puede ser pulsado o continuo dependiendo del tipo de examen que se esté realizando. El modo 3D y 4D son modos avanzados que muestran imágenes tridimensionales y en tiempo real del feto durante el embarazo. Cada modo ecográfico tiene un propósito específico y se selecciona según las necesidades del examen y la información que se desea obtener. Se cuenta con distintos tipos ecográficos con aplicación clínica y se mencionan a continuación:<sup>46</sup>

- **Modo A:** Permite valorar con bastante precisión la distancia entre las distintas eco estructuras de las diferentes partes del cuerpo. La sonda se mantiene fija y se registran las amplitudes de los ecos que retornan al rebotar en los diferentes tejidos.
- **Modo M:** Permite analizar estructuras que están en movimiento. Al igual que en el modo A la sonda permanece fija y dirige el haz de ultrasonidos hacia el órgano que se necesite valorar.
- **Modo B:** En esta modalidad cada eco se representa con un punto fijo cuyo tamaño es directamente proporcional a la amplitud de la señal. En este caso, el transductor es

desplazado de manera manual por el evaluador de salud el cual realiza un rastreo superficial en la piel y es en tiempo real.<sup>46</sup>

### **2.6.5.1. Conceptos de imagen ecográfica**

Los conceptos de imagen ecográfica son términos que describen las características visuales de una imagen producida por un examen de ultrasonido. Estos términos pueden incluir la textura, la forma, la intensidad de la señal, la profundidad, el tamaño y la localización de las estructuras y lesiones dentro del área que se está examinando. Los conceptos de imagen ecográfica pueden ayudar a los médicos a identificar patologías específicas y a realizar un diagnóstico preciso. También pueden ser útiles para realizar un seguimiento de la progresión de la enfermedad o para guiar procedimientos médicos.<sup>48</sup>

Como principios básicos de ecografía es importante mencionar los conceptos relacionados a la percepción de las imágenes que se observan en el ecógrafo, las definiciones más importantes son las siguientes:

- **Hiperecogénica o hiperecoica:** Es aquella que genera ecos de gran cantidad y/o intensidad. Cuando en el interior de esa estructura existen interfases más ecogénicas que el parénquima normal que la circunda. Ecográficamente es una imagen intensamente reflectante, de color blanco intenso, por ejemplo típica del hueso, calcificaciones, cicatriz o engrosamientos.<sup>48</sup>
- **Hiperecogénica o hipoecoica:** Genera pocos ecos y/o de baja intensidad. Cuando en el interior de la estructura normal existen diferentes fases de menor ecogenicidad que el parénquima circundante. Ecográficamente es una imagen poco reflectante, color gris oscuro, típico de las tendinitis por ejemplo, desestructuración, músculo normal hipoecoico respecto del tendón.<sup>48</sup>

- Isoecogénica o isoecoica: Cuando una estructura presenta la misma ecogenicidad que otra. Corresponde a condiciones normales del parénquima de un órgano, y se presenta como estructura de similar ecogenicidad en todo el corte ecográfico. Ecográficamente se observa como imagen reflectante, gris-blanca a visión óptica, típica de tendones (finos ecos lineales, paralelos, ecogénicos reflectantes).<sup>48</sup>
- Homogénea o heterogénea: “Que expresan la distribución de los ecos y la calidad de la estructura”.
- Estructura anecogénica o anecoica: Es aquella que no genera ecos debido a que no hay interfases en su interior. Típica de los líquidos. Estructura homogénea. Cuando la distribución de los ecos tiende a ser uniforme. Sus intensidades son similares. Se produce cuando el ultrasonido atraviesa un medio sin interfases reflectantes en su interior. Ecográficamente es una imagen no reflectante, de color negro intenso, típica de los derrames, hematomas, acumulación de líquido, roturas, cartílago, vaso sanguíneo. Con ellas suele producirse el artefacto refuerzo posterior.<sup>48</sup>

Una vez que se recopilan los datos básicos vinculados a la patología en estudio, el paso hacia un siguiente nivel de interpretación de la literatura de vuelve más sencillo para así poder generar distintas conclusiones y recomendaciones e instar a la constante investigación.

## **CAPÍTULO III – MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo de investigación (tipo alcance y enfoque)**

Este trabajo de revisión bibliográfica tiene un enfoque de tipo cualitativo, pues se obtendrá información pertinente que responda al planteamiento del problema; con un alcance descriptivo, tal como menciona Hernández<sup>5</sup> *et al.* acerca de los estudios descriptivos que tienen como características fundamentales especificar perfiles o demás fenómenos que puedan ser sometidos a análisis, esto gracias a la recolección de datos acerca de diferentes conceptos y variables a investigar.

En función de la idea anterior, se profundizará en el conocimiento acerca de las manifestaciones clínicas pulmonares en aquellos pacientes adultos jóvenes con enfermedad por COVID-19 que presenten comorbilidades, así como los hallazgos en el ultrasonido pulmonar de los mismos, esto se llevará a cabo buscando las diferentes características y descubrimientos relevantes de la patología en estudio.

Tal como se mencionó anteriormente, en este proyecto se pretende realizar una revisión bibliográfica que exponga las manifestaciones clínicas pulmonares de pacientes con enfermedad por COVID-19, enfermedad que está en un estudio constante en diferentes ramas de la medicina y es de interés por su gran impacto en la salud pública a nivel mundial y nuestro país no es la excepción a ello. Además, se estudiará acerca del uso de ultrasonido pulmonar; como alternativa de manejo para estos pacientes, mostrando los principales hallazgos ecográficos que permitan caracterizarlos como parte de esta enfermedad.

Para esta investigación, siguiendo las características del enfoque cualitativo, se realiza la recolección y el análisis de datos provenientes de fuentes confiables, esta información recopilada está en concordancia con los objetivos específicos descritos en este documento para así sustentar las diferentes interrogantes que surjan a partir del tema en estudio.

### **3.2. Fuentes de información**

Tal como describe Hernández<sup>5</sup>, el diseño de investigación de tipo cualitativo debe ser ajustado ante los posibles cambios en los hallazgos de la información recopilada, por ello es conveniente delimitar los criterios de búsqueda de las diferentes fuentes de información disponibles.

En este trabajo de revisión bibliográfica, se recopilarán y utilizarán fuentes de origen primario, artículos científicos, los cuales llevarán un hilo conductor con los criterios de inclusión y exclusión, de manera que, se permita delimitar adecuadamente esta investigación. Teniendo las referencias previamente seleccionadas, se analizan con detenimiento para poder extraer la información conveniente para que sea integrada dentro de los objetivos de manera congruente.<sup>5</sup>

Es conveniente mencionar que, como parte de la recolección de información se utilizaron los recursos de operadores booleanos tales como AND, OR y NOT, estos permiten que la búsqueda sea más precisa y sistematizada, la cual al aplicar los filtros correspondientes para demostrar la utilidad y la pertinencia de cada referencia bibliográfica. Además, el uso de estos recursos permite delimitar de forma más específica los artículos y reducir la cantidad de ellos hasta llegar a los que realmente cumplen con los criterios establecidos<sup>5</sup>.

La información recopilada que se expone a continuación fue seleccionada con antelación, aplicando los filtros de búsqueda descritos, tomando en consideración los aspectos tales como las características propiamente dichas de cada uno de los artículos, así como el nivel de evidencia de estos. Se utilizan artículos de tipo científico procedentes de revistas y páginas científicas de respaldo académico que son publicados por personas expertas en el área médica y que responden al tema a presentar en este documento.

### 3.3. Criterios de búsqueda

**Tabla 1. Criterios de búsqueda de información**

Objetivo	Descriptores	Motores de búsqueda	Periodo de estudio	Idioma
Señalar las características fisiopatológicas del COVID-19 y su incidencia en la salud de población adulta con comorbilidades.	Fisiopatología COVID-19 Comorbilidades Población	Google académico Elsevier PubMed Scielo	2017 - 2022	Inglés / Español
Identificar el uso del ultrasonido pulmonar como método diagnóstico de manifestaciones clínicas pulmonares derivadas del COVID-19.	Ultrasonido pulmonar Manifestaciones clínicas Signos Síntomas	Google académico Elsevier PubMed Scielo	2017 /2022	Inglés / Español

Fuente: Elaboración propia, 2022

### 3.4. Criterios de inclusión y de exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión representan los parámetros que se establecen para determinar qué sujetos, casos o variables se incluyen o excluyen en el estudio. Los criterios de inclusión son las características que deben cumplir los participantes del estudio para ser considerados como parte de la muestra, mientras que los criterios de exclusión son las características que hacen que un individuo no sea elegible para participar en el estudio. Estos criterios se definen en el diseño del estudio y ayudan a garantizar que la muestra sea representativa de la población objetivo y que los resultados sean válidos y confiables.<sup>5</sup>

Seguidamente, se presentan los criterios de inclusión y de exclusión aplicados a esta investigación de revisión bibliográfica.

**Tabla 2. Criterios de inclusión y de exclusión**

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos acerca de enfermedad por COVID-19.	Artículos sobre otras infecciones respiratorias
Artículos que mencionen uso de ecografía pulmonar.	Artículos sobre uso de ecografía en otras regiones anatómicas.
Artículos que presenten casos de COVID-19 con manifestaciones clínicas pulmonares.	Artículos acerca de enfermedad por COVID-19 extrapulmonar.
Pacientes con diagnóstico confirmado por COVID-19	Artículos sobre otros medios diagnósticos y pronósticos sobre COVID 19
Artículos en idiomas español e inglés	Artículos en idiomas diferentes a español e inglés.

Fuente: Elaboración propia, 2022

### **3.5. Análisis de la información**

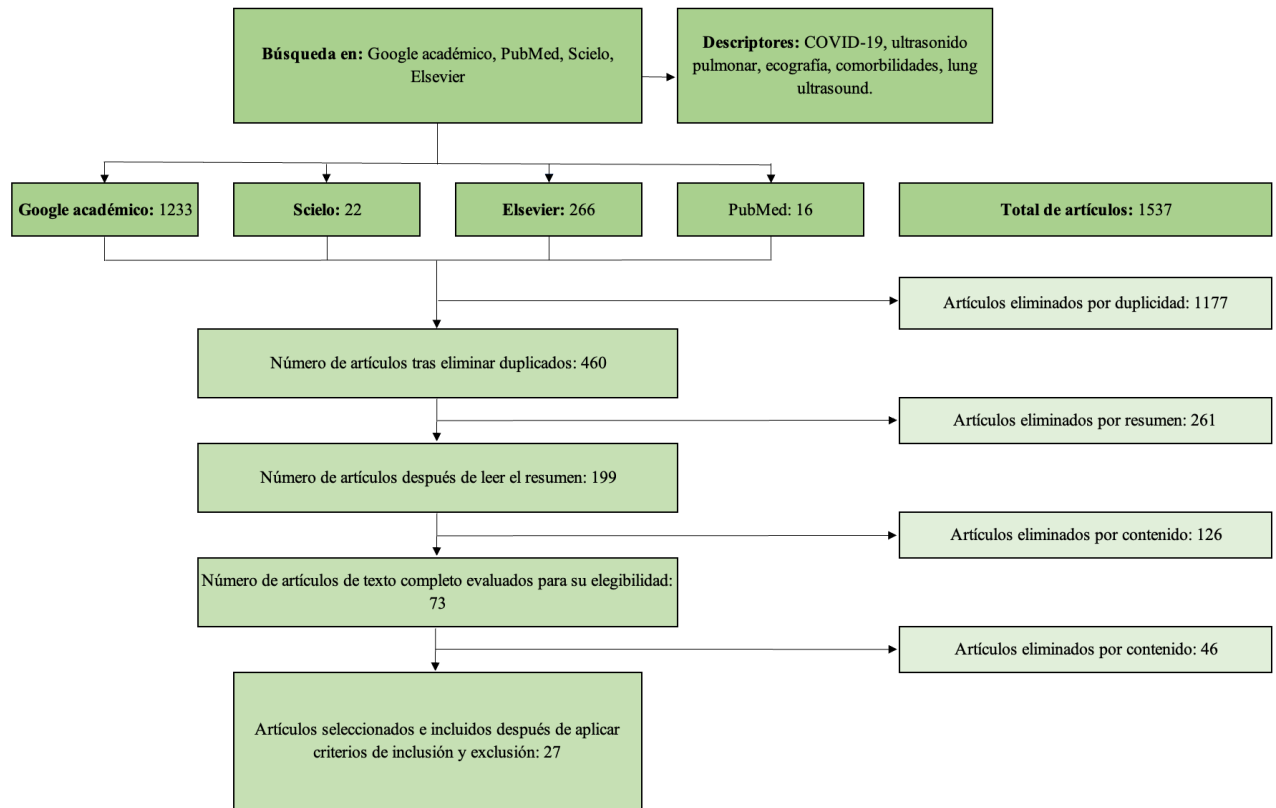
En este trabajo de revisión bibliográfica durante el proceso de examinar y evaluar los datos recopilados se da paso a una etapa crítica en la cual se evalúan patrones, tendencias y relaciones en los datos con la finalidad de responder a la pregunta de investigación y alcanzar los objetivos previamente planteados.<sup>5</sup>

Inicialmente se encontró un total de 1537 artículos, los cuales comprenden fecha de publicación entre el año 2017 y 2022, en idiomas inglés y español, todos buscados en páginas con validez científica. Aplicando los criterios de inclusión y de exclusión y tomando en cuenta variables tales como fecha de publicación, resumen y tipo de estudio se decide conservar un total de 27 artículos que cumplen con dichos criterios, estos serán desglosados en un apartado específico más adelante.

En consecuencia, los artículos excluidos corresponden a aquellos que no contienen variables o información suficiente que no logren sustentar los objetivos planteados en el siguiente trabajo, tales como rangos de edad extremos como población pediátrica o adulta mayor, que mencionen otras patologías que no contemplen la enfermedad por COVID-19 y aquellos artículos que no mencionen el uso de ecografía pulmonar como estudio complementario en el seguimiento de la enfermedad en estudio. De manera que se decide seleccionar los artículos que reúnan la mejor y más actualizada información.

A continuación, se presenta una esquematización de cómo se realizó esta selección detallada de los artículos científicos, utilizando los operadores lógicos mencionados anteriormente y gracias a esto, la recopilación de los artículos fue más específica. El esquema realizado permite que sea de fácil comprensión y análisis de los datos expuestos.

**Gráfico 1. Análisis de la información**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

### **3.6. Clasificación de la información según niveles de evidencia**

Utilizando el recurso de la sistematización de Sackett, se realizará una clasificación de acuerdo con el nivel de evidencia de los artículos seleccionados en este trabajo de revisión bibliográfica (Ver Anexo 2) esto con la finalidad de poder integrar la mejor evidencia disponible a partir de la búsqueda detallada de información.

Tal como menciona Monterola *et al.*<sup>49</sup>, la clasificación de Sackett realiza una jerarquización de acuerdo con los niveles de evidencia que tenga cada uno de los artículos consultados, los cuales sustentarán los objetivos planteados para así poder llegar a las conclusiones y las recomendaciones pertinentes. Al aplicar la clasificación de Sackett se categorizan los artículos con dicho nivel de evidencia que va de 1 a 5, en dependencia de esta clasificación de cada una de las referencias bibliográficas se generarán las recomendaciones adecuadas y aplicables al tema de investigación.

Gracias a la clasificación del nivel de evidencia se podrá evaluar la calidad y solidez del trabajo presentado de acuerdo al diseño de la investigación y la aplicación de la jerarquización

**Tabla 3. Clasificación de los niveles de evidencia de la información**

Nivel de evidencia	Tipo de estudio	Cantidad según tipo de estudio	Cantidad según nivel de evidencia	%
1	Revisión sistemática	2	3	11.11%
	Metaanálisis	1		
2	Cohortes prospectivos y retrospectivos	3	3	11.11%
4	Cohorte transversal	3	7	25.92%
	Serie de casos	4		
5	Revisión bibliográfica	14	14	51.85%
Total		27	27	100%

Fuente: Elaboración propia, 2022

## **CAPÍTULO IV – ANÁLISIS DE RESULTADOS**

El análisis de resultados constituye el proceso de interpretar y dar sentido a los datos obtenidos durante el estudio. Implica la organización, la presentación y el examen de los datos recopilados para responder a la pregunta de investigación planteada. El análisis de resultados incluye herramientas de visualización de datos para identificar patrones, relaciones y diferencias significativas entre los grupos de datos. La interpretación de los resultados debe ser rigurosa y estar respaldada por evidencia con la finalidad de dar lugar a nuevas preguntas y áreas de investigación para futuros estudios.<sup>5</sup>

A continuación, en este apartado se expondrán los resultados obtenidos a partir del análisis de las fuentes bibliográficas consideradas de mejor nivel de evidencia aplicables al tema en estudio y que cumplieron con los criterios de inclusión determinados para sustentar el presente trabajo de revisión bibliográfica.

Con el fin de llevar un orden que permita comprender con mayor claridad este apartado de resultados, se expondrán estos de acuerdo al orden de cada uno de los objetivos planteados al inicio de este trabajo, de manera que serán desarrollados cada uno de manera independiente.

#### **4.1. Características fisiopatológicas del COVID-19 y su incidencia en la salud de población adulta con comorbilidades**

La enfermedad por COVID-19 es causada por el virus SARS-CoV-2 y se caracteriza por una amplia gama de síntomas que pueden variar desde leves hasta graves, y que pueden incluir fiebre, tos, dificultad para respirar, fatiga, dolores musculares, dolor de cabeza, pérdida del sentido del olfato o del gusto, diarrea, entre otros. El virus se transmite principalmente a través de gotículas respiratorias cuando una persona infectada tose, estornuda o habla, y puede ingresar al cuerpo a través de la boca, la nariz o los ojos. Una vez dentro del cuerpo, el virus se adhiere a las células del tracto respiratorio y comienza a replicarse, lo que puede llevar a una inflamación pulmonar grave y, en algunos casos, a la muerte. Se sabe que los pacientes con ciertas afecciones preexistentes, como enfermedades cardiovasculares, diabetes y obesidad, tienen un mayor riesgo de complicaciones graves y muerte por COVID-19. Además, se han identificado algunos factores de riesgo adicionales, como la edad avanzada y el sexo masculino. La comprensión de estas características fisiopatológicas es fundamental para el desarrollo de estrategias efectivas para prevenir y tratar la enfermedad por COVID-19.<sup>50, 51</sup>

A lo largo de este documento se ha mencionado y es de conocimiento en múltiples estudios previos (incluso no vinculados al presente trabajo de investigación propiamente) que el comportamiento de la enfermedad por COVID-19 no se presenta de la misma forma en todos los individuos, ante esta conducta viral en los organismos surgen estudios que explican este comportamiento.

Dentro del marco contextual mencionado anteriormente, los autores mencionan que las características fisiopatológicas de la enfermedad en dependencia de las comorbilidades asociadas que presente cada individuo, está relacionadas con aquellas variantes genéticas que se encuentran vinculadas al gen convertidor de angiotensina-2 (ACE2), teniendo que este

receptor juega un papel preponderante como punto de entrada del virus, de manera que, es el actor principal y el responsable de la respuesta inmunitaria desregulada en las personas con enfermedad por COVID-19.<sup>51</sup>

Para comprender de manera más amplia el comportamiento fisiopatológico de COVID-19, Manta *et al.*<sup>51</sup> en su estudio de revisión desarrollan el tema del sistema renina-angiotensina de la siguiente manera:

La función más conocida del sistema renina-angiotensina (SRA) es mantener la homeostasis entre los vasos, la sangre y el volumen de líquido del cuerpo. Este sistema está intrínsecamente asociado al gasto cardíaco, la presión arterial y la regulación del equilibrio de electrolitos. Los elementos centrales del SRA son el angiotensinógeno, la angiotensina 1, la angiotensina 2 y las enzimas convertidoras de angiotensina (ECA1 y ECA2). En la circulación, el angiotensinógeno-glicoproteína secretada principalmente por el hígado es proteolizado por acción de la renina, secretada por el riñón en respuesta a un descenso de la presión arterial. El producto es un péptido de 10 aminoácidos llamado angiotensina 1, el cual es convertido en angiotensina 2 (8 aminoácidos) por acción de ECA1. ECA1 es una proteína de membrana expresada mayoritariamente en células del tejido pulmonar, epitelio intestinal, riñón y vejiga.

Dentro de las funciones de la angiotensina 2 se documenta que tiene a cargo diversas particularidades en los órganos por medio de la unión de receptores de membrana específicos para cada uno, de manera que se producen los siguientes cambios:

- Pared de los vasos: Constricción del músculo liso.

- Glándula pituitaria, por medio de esta se induce la secreción de vasopresina (hormona antidiurética)
- Nefronas: Actúa en ellas para aumentar la reabsorción de agua y sodio.<sup>51</sup>

El sistema renina-angiotensina es un sistema hormonal que regula la presión arterial, el equilibrio hidroelectrolítico y la función renal. En el contexto de la enfermedad por COVID-19, se ha demostrado que el virus puede entrar en las células huésped a través del receptor ACE2, que se encuentra en la superficie de las células del sistema respiratorio y otros tejidos. La unión del virus al receptor ACE2 puede disminuir la función de este receptor y aumentar los niveles de la enzima convertidora de angiotensina II (ECA2). La ECA2 es responsable de la conversión de la angiotensina II a angiotensina 1-7, que tiene propiedades vasodilatadoras y antiinflamatorias, lo que podría explicar algunos de los efectos protectores del sistema renina-angiotensina en el pulmón. Sin embargo, la disminución de la función del receptor ACE2 y el aumento de la ECA2 podrían contribuir a la lesión pulmonar y la inflamación observada en la enfermedad por COVID-19. El papel exacto del sistema renina-angiotensina en la patogénesis de la enfermedad por COVID-19 aún sigue siendo objeto de investigación.<sup>50, 51</sup>

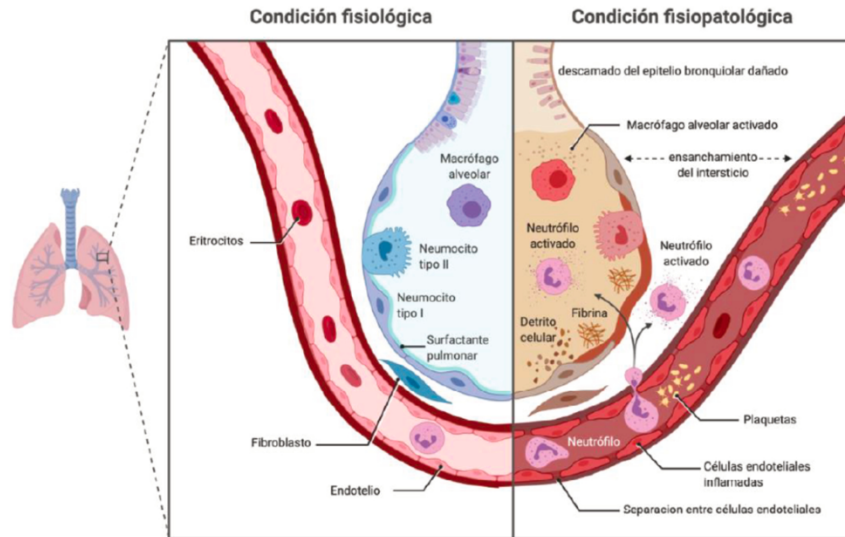
Teniendo en cuenta la descripción y las funciones de la angiotensina 2 se determina que este grupo de acciones produce el aumento de la presión arterial y es controlado por el sistema renina-angiotensina (SRA), el cual es desactivado por la enzima convertidora de angiotensina 2 (ECA2), que proteoliza la angiotensina 2 para producir angiotensina 1-7 y, por lo tanto, produce un efecto opuesto a la angiotensina 2. Los receptores de ECA2 se encuentran en varias células, incluyendo células alveolares como los neumocitos tipo II. Sin embargo, la infección por SARS-CoV-2 compromete la función de ECA2, lo que altera la fisiología del SRA en su conjunto.<sup>51</sup>

Una vez estudiadas las generalidades fisiopatológicas del comportamiento del virus causante de COVID-19, se puede hilar más detalladamente en la fisiopatología de los sistemas involucrados en las comorbilidades más frecuentes documentadas a partir de la evidencia recopilada.

A raíz de lo expresado, en cuanto al sistema respiratorio, el virus tiene afinidad por tejidos de la cavidad nasofaríngea y las vías respiratorias, debido al mecanismo de transmisión de SARS-CoV-2 a través del aire en forma de aerosoles o gotas microscópicas, dicha afinidad está dada por la expresión de la ECA2 en estos tejidos. La afección a nivel del sistema respiratorio ocurre en tres fases a saber: Primero, se presenta la cavidad nasofaríngea con respuesta inmunitaria que no es muy robusta, de manera que, en esta categoría se encontrarían aquellos pacientes asintomáticos. Seguidamente, en una segunda fase se encuentra la infección de vías respiratorias mayores y se ve reflejado con síntomas de inflamación pulmonar y puede cursar con o sin hipoxia. Finalmente, la tercera fase comprende la infección de las estructuras de intercambio gaseoso donde se encuentran los neumocitos tipo 1 y 2. Este mecanismo fisiopatológico se ejemplifica de manera más sencilla en la imagen expuesta a continuación.<sup>51</sup>

Es así como Manta *et al.*<sup>51</sup> ejemplifican a manera de imagen el comportamiento del virus SARS-CoV-2 en los alveolos pulmonares, en comparación con la condición fisiológica normal en los seres humanos.

**Figura 7. Representación de un alveolo pulmonar en condición fisiológica y luego de la infección por SARS-CoV-2**



Fuente: A partir de la referencia<sup>51</sup>

Por otra parte, tratándose del efecto del virus COVID-19 sobre el sistema cardiovascular, los autores expresan que este fenómeno se explica por la retroalimentación que existe entre la enfermedad preexistente y los síntomas causados por la infección. La COVID-19 produce cambios significativos en el sistema hematológico, incluyendo una disminución en los niveles de glóbulos blancos (presente en el 80% de los pacientes hospitalizados), disminución de plaquetas (en el 30% de los pacientes), y un aumento en los niveles de citoquinas inflamatorias como IL-6, IL-2, IL-7, interferón- $\gamma$  y TNF- $\alpha$ , así como, un aumento en los niveles de marcadores de riesgo trombóticos como la proteína C reactiva, el dímero D y la procalcitonina. Además, la infección sistémica reduce significativamente la expresión de la ECA2 en la membrana celular, lo que desregula el sistema SRA y aumenta la presencia de angiotensina 2, lo que puede provocar hipertensión crónica y aumento significativamente el riesgo de tromboembolismo.<sup>51</sup>

En el contexto endocrinológico, las personas con diabetes tienen un mayor riesgo de contraer infecciones debido a una deficiencia en la respuesta inmunológica asociada con esta

enfermedad metabólica crónica. Además, se ha observado que los pacientes diabéticos tienen una mayor expresión del receptor ECA2 en los bronquios y alvéolos, lo que sugiere que son más susceptibles al SARS-CoV-2. La relación patogénica potencial entre COVID-19 y la diabetes mellitus incluye posibles efectos sobre la homeostasis de la glucosa, inflamación, alteración del estado inmunológico y activación del sistema renina-angiotensina (SRA)<sup>50, 51</sup>

Se ha encontrado que la diabetes es un factor de riesgo para la enfermedad por COVID-19. Las personas con diabetes tienen un mayor riesgo de desarrollar complicaciones graves de COVID-19, como la hospitalización y la muerte. Esto se debe en parte a que la diabetes puede debilitar el sistema inmunológico, lo que dificulta la lucha contra las infecciones virales. Además, la diabetes puede causar daño a varios órganos del cuerpo, lo que puede hacer que las personas con diabetes sean más vulnerables a las complicaciones de COVID-19, especialmente a las relacionadas con los sistemas cardiovascular y respiratorio.<sup>51</sup>

De acuerdo con lo expresado por Avendaño *et al.*<sup>50</sup> en su estudio de tipo observacional, descriptivo y transversal, el COVID-19 ha dejado en claro que no todas las personas se ven igualmente afectadas por la enfermedad. Las personas mayores y aquellas con afecciones médicas previas, como enfermedades cardiovasculares, enfermedades respiratorias crónicas o diabetes, son más propensas a padecer una enfermedad grave.

Comprendiendo la conducta fisiopatológica de la enfermedad, queda claro entonces que las principales manifestaciones clínicas se encuentren a nivel respiratorio en la mayoría de los casos, para apoyar esta premisa con la literatura Madrigal *et al.*<sup>21</sup> logran recopilar en su estudio las principales manifestaciones clínicas encontradas en los pacientes, asignándole un valor porcentual a cada una de ellas de acuerdo con la frecuencia de presentación, dicha tabla se presenta a continuación:

**Tabla 4. Síntomas más frecuentes en los pacientes con infección por SARS-CoV-2 según distintas series de casos**

Síntoma	Prevalencia
Fiebre	77-98%
Tos	57-82%
Anosmia / Disgeusia	33-86%
Fatiga	29-69%
Disnea	18-56%
Síntomas gastrointestinales	11-50%
Mialgias	11-44%
Conjuntivitis	30%
Odinofagia	5-17%
Cefalea	6-14%
Rinorrea o coriza	4-5%
Manifestaciones cutáneas	Variable

Fuente: Elaboración propia a partir de la referencia<sup>21</sup>

A su vez, si se comenta acerca de las manifestaciones clínicas predominantes expuestas por Madrigal *et al.*<sup>21</sup> se documenta que los síntomas que predominan en los pacientes con infección por virus COVID-19 destacan fiebre, tos, anosmia/disgeusia despectivamente, los dos primeros síntomas pueden resultar ambiguos para los pacientes, una vez presentando anosmia, disgeusia o ambos, se crea una mayor sospecha de que en efecto la persona esté presentando COVID-19, esto sumado a la incertidumbre de la duración de estos síntomas.

Por su parte, Tomaino *et al.*<sup>52</sup> exponen que, en su estudio transversal sobre una corte, las comorbilidades encontradas más frecuentes fueron hipertensión arterial, diabetes mellitus y obesidad respectivamente, dicha afirmación concuerda con otros autores mencionados en este apartado, como en el caso de Palma *et al.*<sup>53</sup> y Avendaño<sup>50</sup> los cuales coinciden con sus resultados.

**Tabla 5. Principales comorbilidades asociadas encontradas en personas con COVID-19**

Autor	Comorbilidades encontradas (%)
Palma <i>et al.</i> <sup>53</sup>	Hipertensión arterial (31%) Diabetes tipo 2 (28%) Mas de 2 comorbilidades (16%)
Avendaño <sup>50</sup>	Hipertensión arterial (22,3%) Diabetes mellitus (15,5%) Enfermedades cardiacas (11%)

Fuente: Elaboración propia a partir de las referencias<sup>50, 53</sup>

Teniendo en consideración los resultados agrupados en la tabla anterior, se puede observar que existe un resultado porcentual congruente y estadísticamente significativo entre los autores, encabezando así la lista de comorbilidades halladas la hipertensión arterial y la diabetes respectivamente. Seguido a esto, se documentan otras comorbilidades vinculadas que también representan un valor porcentual importante dentro de las personas estudiadas que presentaron la enfermedad en sus diferentes manifestaciones.<sup>50, 51</sup>

En su estudio de revisión Ramírez *et al.*<sup>54</sup> evidencian que en los pacientes con edad entre 19 y 49 años la comorbilidad mayor protagonismo es la obesidad con casi un 60% de los casos, seguido de la enfermedad pulmonar crónica y diabetes. Explican que existe un

impacto de la obesidad en la enfermedad por COVID-19 en aquellos pacientes con aumento del índice de masa corporal (por encima de 30), se menciona además que los pacientes con un aumento de la obesidad abdominal hay compromiso mayor al evaluar pacientes en decúbito supino debido a una disminución de los movimientos diafragmáticos lo que dificulta la ventilación.

Dicho estudio publicado por Mora *et al.*<sup>25</sup> expone de manera precisa las principales comorbilidades asociadas a COVID-19 en Costa Rica, en una muestra amplia de casos de muertes analizadas hasta el mes de noviembre del año 2021, esta información es de gran utilidad, ya que, permite aplicar los conocimientos y comprender con mayor detalle el comportamiento de la enfermedad a nivel nacional por ejemplo, de manera que, este autor presenta respectivamente las comorbilidades más frecuentes a saber: Hipertensión con un 61% de los casos, diabetes mellitus 40.18% y obesidad 26.05%.

En cuanto a la información publicada por Petrova *et al.*<sup>55</sup>, se indica que la obesidad representa uno de los factores de riesgo más importantes en las personas con enfermedad causada por coronavirus y no solo en este, si no en muchas más patologías de origen cardiovascular, como se ha analizado ampliamente en otros estudios. Estos autores refieren que la obesidad ha marcado un papel protagónico en la enfermedad por coronavirus, haciendo hincapié en aquellos pacientes que presentan algún grado de obesidad en edades más jóvenes. En su estudio logran recopilar que la obesidad constituye un factor de riesgo para la hospitalización, el ingreso de los pacientes a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) así como, para el desarrollo de otras consecuencias que eventualmente pueden llevar a estos pacientes a la muerte.

La obesidad se ha relacionado con un mayor riesgo de complicaciones y una mayor gravedad en pacientes con COVID-19. La obesidad puede aumentar la inflamación y el estrés oxidativo en el cuerpo, lo que podría contribuir a la progresión de la enfermedad. Además,

la obesidad está asociada con una mayor prevalencia de enfermedades cardiovasculares, diabetes y otras comorbilidades que también aumentan el riesgo de complicaciones de COVID-19. Las personas obesas también pueden tener dificultades para respirar debido a una disminución en la capacidad pulmonar, lo que puede empeorar los síntomas respiratorios de COVID-19.<sup>55</sup>

Seguidamente, Petrova *et al.*<sup>55</sup> proponen cuales son los mecanismos biológicos que explican que la enfermedad por COVID-19 afecte más a los pacientes con obesidad, entre estos factores se encuentran: en primera instancia, la condición de inflamación crónica que presentan estos individuos porque tienen gran cantidad de tejido adiposo y esto consecuentemente producirá una función metabólica anormal, la cual puede provocar otras afecciones cardiovasculares; el siguiente mecanismo consiste en los niveles bajos de vitamina D que presentan las personas con obesidad, esta deficiencia aumenta la probabilidad de adquirir infecciones de tipo sistémico perjudicando la capacidad de respuesta inmune; además de los mecanismos anteriormente mencionados que también cita el factor de disbiosis intestinal.

La obesidad es un factor de riesgo conocido para la enfermedad COVID-19, y se ha demostrado que las personas obesas tienen un mayor riesgo de hospitalización, ingreso en cuidados intensivos y muerte por COVID-19. Se cree que esto se debe a varios mecanismos biológicos que están presentes en la obesidad y que pueden aumentar la gravedad de la enfermedad. Uno de los mecanismos es la inflamación crónica de bajo grado, que se encuentra comúnmente en la obesidad y puede afectar la respuesta inmunológica del cuerpo. Esto puede hacer que las personas obesas sean más susceptibles a las infecciones y pueden tener una respuesta inflamatoria exagerada a la infección por COVID-19, lo que puede contribuir a una enfermedad más grave.<sup>55</sup>

Además, la obesidad se asocia con un mayor riesgo de enfermedad cardiovascular y diabetes, que son factores de riesgo conocidos para la enfermedad COVID-19. Las personas con diabetes también pueden tener una respuesta inmunológica comprometida, lo que puede hacer que sean más susceptibles a la infección y pueden tener una enfermedad de mayor gravedad. Se mencionan así los mecanismos biológicos por los cuales la enfermedad por COVID-19 puede afectar de manera significativa a las personas con obesidad:

- Inflamación crónica.
- Deficiencia de vitamina D.
- Disbiosis intestinal.<sup>55</sup>

Respecto al factor de riesgo relacionado con la deficiencia de vitamina D, se obtiene información en la cual se menciona el papel que tiene, ya que, esta actúa en la regulación de sustancias tales como calcio y fósforo, además, contiene propiedades antiinflamatorias, antitumorales y proporciona apoyo al sistema inmune. Explica además los tres mecanismos por los cuales la vitamina D potencia el sistema inmune a saber: en primer lugar, menciona que la vitamina D mantiene las uniones celulares estrechas; segundo, elimina los virus envueltos mediante la inducción de defensinas y tercero, reduce la producción de citoquinas proinflamatorias, de esta manera modera la respuesta inmunitaria responsable de neumonías graves.<sup>55</sup>

De acuerdo con Steinberg *et al.*<sup>56</sup>, en su estudio de cohorte retrospectivo estudiaron un total de 210 pacientes adultos jóvenes con obesidad los cuales presentaban prueba de hisopado nasofaríngeo positivo para COVID-19 y que no estaban embarazadas. Utilizaron como referencia de obesidad un Índice de masa corporal mayor a 30. Teniendo como resultado que en dos pacientes con IMC mayor a 30 se requirió de ventilación mecánica y traslado a la Unidad de Cuidados Intensivos.

De los pacientes que fueron elegidos en su estudio, 18 fallecieron durante la hospitalización representando un 9%, 35 (17%) pacientes requirieron de ventilación mecánica y 94 (45%) requirieron de ingreso hospitalario.<sup>56</sup>

Por su parte, Plasencia *et al.*<sup>57</sup>, a través de su estudio de revisión sistemática y metaanálisis lograron asociar la gravedad de la presentación de COVID-19 y las comorbilidades. Estudiaron un total de 13 estudios, documentan que las manifestaciones clínicas más comúnmente reportadas son: fiebre, tos seca, mialgia, fatiga y disnea.

Además, los autores mencionan al esclarecer el vínculo existente entre las comorbilidades y la gravedad tiene trascendencia para la caracterización del comportamiento fisiopatológico de COVID-19 y consecuentemente para desarrollar alternativas terapéuticas efectivas. Siguiendo esta idea se documenta en el metaanálisis que las comorbilidades de mayor presentación son: Enfermedad renal crónica, enfermedad cardiovascular, hipertensión y diabetes. Estas condiciones incrementan 3.5 veces el riesgo de desarrollar una presentación clínica grave.<sup>57</sup>

En una siguiente presentación de resultados, se define que las inmunodeficiencias, el hábito de fumar, enfermedad respiratoria y hepática se asocian a un incremento 2 veces mayor para el riesgo de una presentación clínica grave.<sup>57</sup>

Es así como Plasencia *et al.*<sup>57</sup> afirman:

La enfermedad renal crónica, la enfermedad cardiovascular, la hipertensión arterial y la Diabetes Mellitus están entre las comorbilidades que mayor riesgo implican para una presentación clínica grave en pacientes con la COVID-19, seguidas en importancia por las inmunodeficiencias, hábito de fumar, enfermedad respiratoria crónica y enfermedad hepática crónica. Estos hallazgos son de importancia para el adecuado abordaje terapéutico de los pacientes afectados y para el desarrollo de estrategias de salud orientadas a la prevención y tratamiento de complicaciones médicas en el contexto de esta enfermedad.

Mafort *et al.*<sup>58</sup> En su estudio lograron obtener los siguientes datos: Respecto a las manifestaciones clínicas, los 409 pacientes estudiados presentaban síntomas clínicos al momento de su ingreso 84% de las personas presentaron tos, 69.7% fiebre y 36,2% disnea. Es importante recalcar que a estos pacientes se les realizó prueba PCR y ultrasonido pulmonar. En la evaluación del ultrasonido pulmonar hubo un dato interesante ya que el 49.9% presentó lesiones unilaterales, frente a un disputado 50.1% de los pacientes que presentaron lesiones bilaterales.

A partir de la información recopilada a través de la evidencia científica, se logra estructurar una lista de los principales factores de riesgo o comorbilidades asociadas a la enfermedad por COVID-19 en adultos jóvenes. Como ya se ha mencionado, las manifestaciones clínicas de los pacientes varían de persona a persona y tendrán estrecha correlación con los factores de riesgo concomitantes que se mencionan a continuación:

1. Obesidad: las personas con un índice de masa corporal (IMC) alto tienen un mayor riesgo de enfermedad grave.

2. Enfermedades crónicas: las personas con enfermedades crónicas como diabetes, enfermedades cardíacas, enfermedades pulmonares y enfermedades renales tienen un mayor riesgo de enfermedad grave.
3. Tabaquismo: los fumadores tienen un mayor riesgo de enfermedad grave debido a que el tabaco daña los pulmones y reduce la capacidad del cuerpo para combatir infecciones.
4. Sistema inmunológico comprometido: las personas con sistemas inmunológicos comprometidos, como aquellas que reciben tratamientos de quimioterapia, pueden tener un mayor riesgo de enfermedad grave.
5. Edad: aunque los adultos jóvenes tienen un menor riesgo de enfermedad grave que los adultos mayores, aún existe un riesgo para aquellos mayores de 18 años.
6. Exposición al virus: aquellos que tienen más probabilidades de estar expuestos al virus debido a su trabajo, como los trabajadores de la salud o de los servicios esenciales, pueden tener un mayor riesgo de contraer la enfermedad.<sup>55, 56, 57</sup>

## **4.2. Uso de ultrasonido pulmonar como método diagnóstico en manifestaciones clínicas pulmonares derivadas de COVID-19**

A lo largo del desarrollo de este proyecto, se encontró una cantidad de información sumamente amplia y con diferentes connotaciones. Aplicando las variables específicas para que en el presente tema de estudio se lograran recopilar aquellas fuentes de información que contienen las características más relevantes, prueba de ello a continuación se presentan los autores más relevantes que permiten dar sustento al tema estudiado.

La ecografía pulmonar se puede considerar como una herramienta útil que se puede implementar para ayudar en la confirmación del diagnóstico y en el seguimiento de aquellos pacientes que presenten infección activa por COVID-19. Cabe destacar que, para la finalidad del presente documento se toman en cuenta aquellos pacientes que se encuentren hospitalizados, debido a que, la idea del estudio es el seguimiento de la enfermedad activa, esto ocurre dentro del ambiente hospitalario, para así comprender mejor la evolución de la enfermedad y consecuentemente, brindar un tratamiento y manejo integral para lograr una evolución satisfactoria.

Resulta fundamental presentar imágenes ilustrativas que ejemplifiquen la teoría planteada. Desde luego es importante en la rama de la radiología entrenar la vista para poder identificar con mayor facilidad las diferentes estructuras que pueden ser visualizadas en las imágenes digitales, en este caso de la ecografía pulmonar. Por lo tanto, se presentarán diferentes ilustraciones que permitan cumplir ese objetivo de facilitar el reconocimiento de las estructuras en las imágenes, si bien es cierto con la práctica constante se reconocerán más rápido las imágenes, sin embargo, siempre es importante reconocer los principios básicos de estos estudios de imagen, de manera que, se realizará una recopilación de las principales imágenes que sustenten la información documentada en este proyecto de revisión bibliográfica.

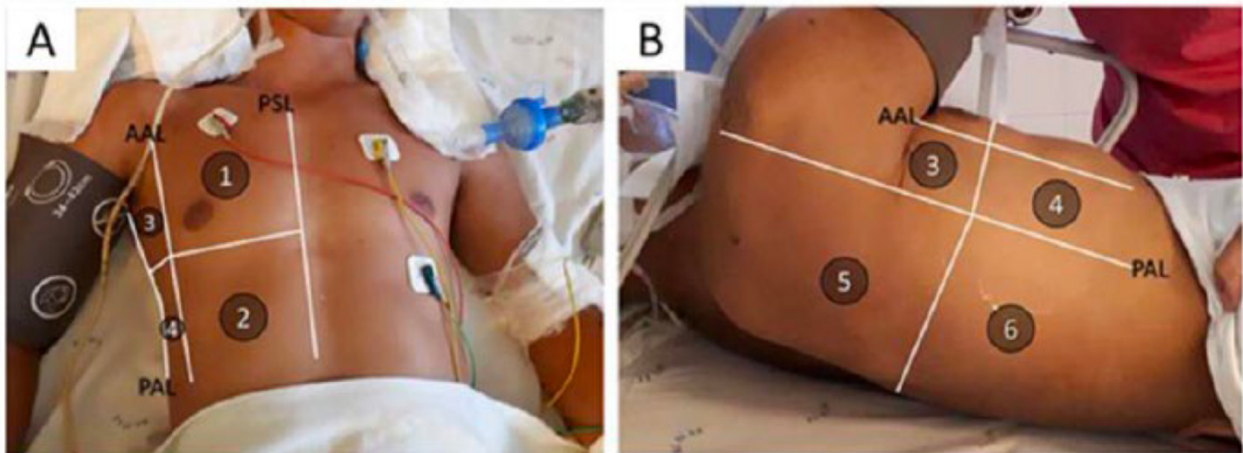
Tal como se mencionó en un apartado anterior y de acuerdo con la información documentada por Jackson *et al.*<sup>44</sup> en la enfermedad causada por COVID-19, la prueba considerada como el estándar de oro para obtener el diagnóstico es el resultado positivo de una prueba de hisopado por medio de PCR de transcripción inversa (RT-PCR). Un resultado negativo inicial en esta prueba requiere seguidamente de una evaluación de riesgo para así poder categorizar si el paciente debe ser considerado como de alto índice de sospecha clínica de COVID-19 o cualquiera de sus otras categorías. Es en este tipo de circunstancias en las cuales los estudios de imágenes pueden ayudar a discernir la estratificación del riesgo de cada paciente.

Los autores Palma *et al.*<sup>53</sup> en su estudio transversal, descriptivo y analítico logran evalúan un total de 144 pacientes, indican los autores que para un adecuado abordaje de los pacientes con enfermedad por COVID-19 se requiere de una serie de estudios y desde luego incluyendo estudios de imágenes, recalcan que si bien es cierto se recomiendan estudios de imágenes tales como radiografía y tomografía de tórax, estos estudios presentan menor sensibilidad y especificidad respectivamente. Por lo tanto, sugieren que el ultrasonido pulmonar en el contexto de COVID-19 representa una herramienta que ofrece varias ventajas respecto a los estudios antes mencionados, además de que su grado de sensibilidad y especificidad es aceptable.

En este estudio de Palma *et al.*<sup>53</sup> utilizan un protocolo de revisión de 12 áreas del tórax, (a diferencia de otros autores que proponen que el área de exploración sea delimitada en 14 zonas del tórax) cumpliendo con las siguientes características que consideran de relevancia a saber: revisión durante al menos cinco minutos, que el paciente sea examinado en posición semisentado a 30 grados de inclinación. Estos autores sugieren la utilidad del LUS en los entornos del servicio de emergencias y en cuidados intensivos.

Se ejemplifica a continuación las 12 áreas de exploración del tórax propuestas por Palma *et al.*<sup>53</sup>

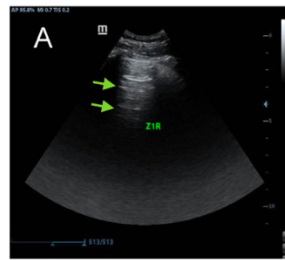
**Figura 8. Protocolo de 12 áreas de exploración del tórax**



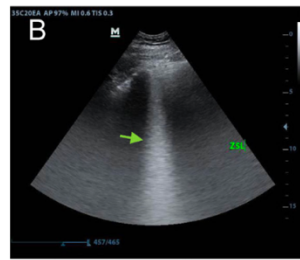
Fuente: A partir de la referencia<sup>53</sup>

Una vez estableciendo anatómicamente las área de exploración del tórax, se presentan los hallazgos más relevantes de acuerdo a cada zona de exploración y el puntaje asignado de acuerdo al grado de severidad expuestas por el autor Palma *et al.*<sup>53</sup>. Es importante mencionar que las áreas mostradas en la siguiente imagen corresponden a las zonas enumeradas de 1 a 6 en la imagen presentada anteriormente.

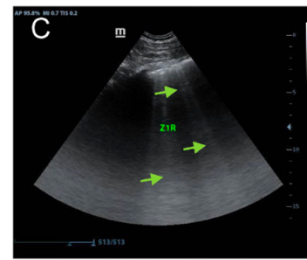
**Figura 9. Imágenes de ultrasonido pulmonar y puntaje de severidad.**



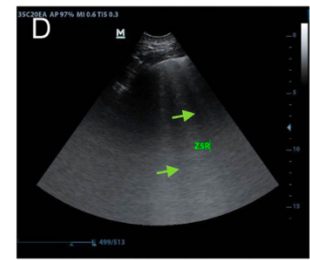
**Panel A:** Zona 1 Derecha. Líneas A (flechas) y línea pleural regular. **Puntaje: 0**



**Panel B:** Zona 5 izquierda. Línea B aislada (flecha). **Puntaje 0**



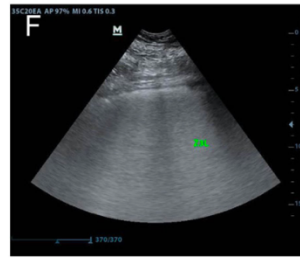
**Panel C:** Zona 1 Derecha. Múltiples líneas B no coalescentes (flechas) con línea pleural irregular. **Puntaje 1**



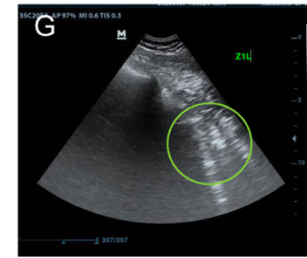
**Panel D:** Zona 5 Derecha. Múltiples líneas B no coalescentes (flecha) y línea pleural regular. **Puntaje 1**



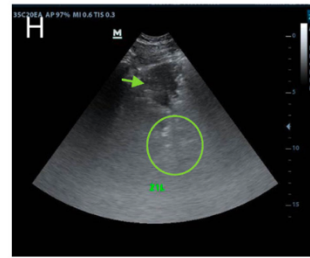
**Panel E:** Zona 3 Derecha. Líneas B coalescentes (pulmón blanco) y línea pleural irregular. **Puntaje 2**



**Panel F:** Zona 3 izquierda. Líneas B coalescentes (pulmón blanco) y línea pleural regular. **Puntaje 2**



**Panel G:** Zona 1 izquierda. Múltiples imágenes hiper-ecoicas de bordes aserrados, compatible con consolidaciones subpleurales (círculo). **Puntaje 3**



**Panel H:** Zona 1 izquierda. Imágenes hiper-ecoicas de bordes aserrados, compatible con consolidaciones subpleurales (círculo) y zona de hepatización (flecha). **Puntaje 3**

Fuente: A partir de la referencia<sup>53</sup>

Es importante definir las zonas de exploración del tórax para realizar un ultrasonido pulmonar porque permite una evaluación sistemática y exhaustiva de todo el tejido pulmonar, aumentando la sensibilidad del método. Además, el conocimiento de las diferentes zonas permite al médico evaluar diferentes áreas del pulmón, lo que puede ser útil para determinar la presencia de patologías en diferentes segmentos pulmonares. También permite una mejor interpretación y comparación de los hallazgos ecográficos en diferentes pacientes y en diferentes momentos del seguimiento.<sup>53, 59</sup>

Dando continuidad a las zonas de exploración torácica al realizar ecografía pulmonar, Manzur *et al.*<sup>59</sup> al igual que el autor Palma *et al.*<sup>53</sup> hacen una división de las diferentes áreas a evaluar y las delimita de la siguiente manera:

- Anterosuperior: Segundo espacio intercostal, línea medioclavicular.

- Anteroinferior: Quinto espacio intercostal, línea medioclavicular.
- Laterosuperior: Segundo espacio intercostal, línea axilar anterior.
- Lateroinferior: Quinto espacio intercostal, línea axilar anterior.
- Posterosuperior: Segundo espacio intercostal, línea axilar media a posterior.
- Posteroinferior: Quinto espacio intercostal, línea axilar media a posterior.<sup>59</sup>

Manzur *et al.*<sup>59</sup> aplicaron un sistema de puntuación en el cual evalúan las 12 zonas de exploración del tórax, esta puntuación comprende 4 categorías o perfiles de acuerdo a la presentación de líneas A o B, seguidamente se expone la escala de puntaje propuesta por estos autores:

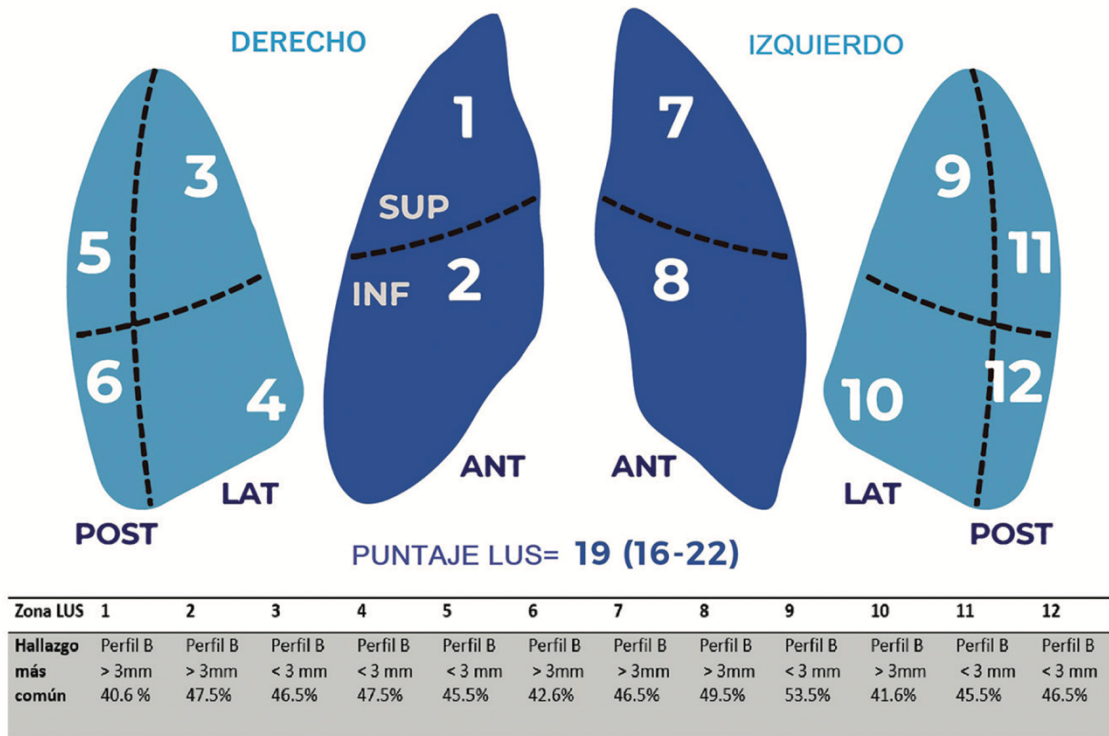
**Tabla 6. Perfiles de acuerdo a los hallazgos ecográficos.**

Perfil	Puntuación	Hallazgos
Perfil A	0	Presencia de líneas A con menos de tres líneas B
Perfil B	1	Presencia de tres o más líneas B con separación de >3 mm
Perfil B	2	Presencia de tres o más líneas B con separación ≤ 3 mm
Perfil C	3	Consolidación, señal de trituración o perfil A/B

Fuente: A partir de la referencia<sup>59</sup>

Correlacionando las áreas de exploración con la Tabla 6. Acerca de los hallazgos ecográficos y su categorización de perfil, se presenta una imagen en la cual se puede demostrar de manera gráfica estas zonas anatómicas y los resultados más relevantes en la ecografía pulmonar de acuerdo con cada zona torácica específica.

**Figura 10. Puntos de exploración y los hallazgos más comunes en cada región**



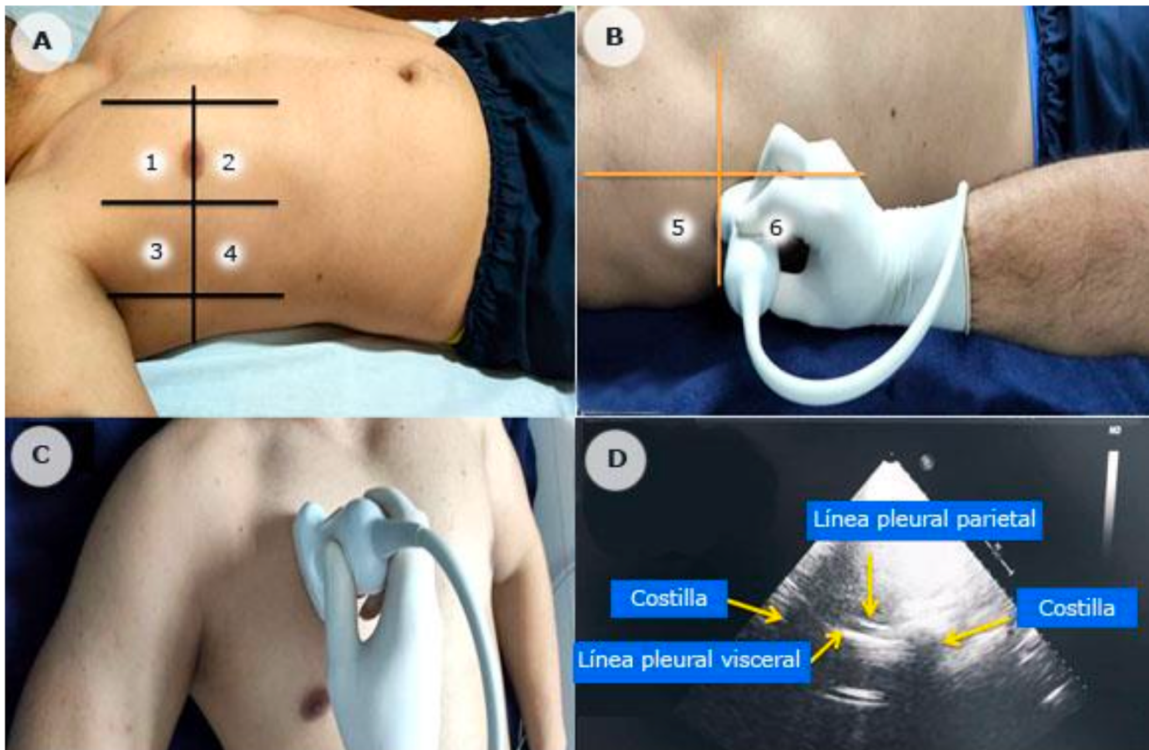
Fuente: A partir de la referencia<sup>59</sup>

Al analizar con detenimiento la imagen anterior, se determina que dentro de su investigación los autores concluyen que: independientemente de la región anatómica del tórax el hallazgo ecográfico más común está representado por el Perfil B (ya mencionado anteriormente), como puede observarse en la parte inferior de la imagen representada con un recuadro en color gris, se mantiene una tendencia porcentual similar y significativa en cada una de las regiones de exploración del tórax coincidiendo cada una de ellas en la presencia de Perfil B.<sup>59</sup>

En su estudio de revisión académica, Cuba *et al.*<sup>60</sup> mencionan los aspectos técnicos para una adecuada evaluación ecográfica de los pacientes:

Para obtener las imágenes por este medio, se pueden colocar los transductores de manera perpendicular a la pared torácica, o bien si se quiere obtener imágenes más nítidas de la pleura, se puede colocar de manera paralela a las costillas. Es esencial seguir un orden de exploración estándar para la consistencia del reporte entre operadores. Los transductores recomendados para este método son los de 3,5 a 5,0 mHz, ya que permiten tener una buena definición de las estructuras y alteraciones que se pueden encontrar. Se pueden utilizar transductores lineales ( $\geq 5,0$  mHz), para tener una adecuada definición de la pleura y estructuras más superficiales, o sectoriales, para visualización más profunda.

**Figura 11. Posición del transductor para la evaluación ecográfica adecuada**



Fuente: A partir de la referencia<sup>60</sup>

Metodológicamente Cuba *et al.*<sup>60</sup> mencionan que hay dos escenarios de evaluación ecográfica que son: Aquellos pacientes que permiten la sedestación y en los que no es posible debido a su condición clínica, se menciona además que en estos pacientes que no es posible la sedestación por lo general no se exploran las regiones anatómicas posteriores, por lo que es sumamente importante que la evaluación de las zonas laterales sea minuciosa y detallada, ya que estas áreas están afectadas hasta en un 80% de los pacientes con enfermedad por COVID-19.

Dentro de este orden de ideas, Cuba *et al.*<sup>60</sup> comentan:

La EP de cabecera en emergencia llamada: *Bedside Lung Ultrasound in Emergency* (BLUE), es uno de los protocolos más difundidos y consolidados. Diseñado por *Lichtenstein DA*, quien es considerado el padre de la EP.

Se analizan 6 áreas en cada hemitórax delimitadas por 3 líneas longitudinales (eje largo de clavícula a diafragma), esternal, axilar anterior y axilar posterior, como referencias anatómicas que delimitan 3 áreas diferentes: anterior (1 y 2), lateral (3 y 4) y posterior (5 y 6). Al trazar una línea transversal desde la mamila estas áreas se dividen en superior e inferior. De esta forma se establecen 6 zonas de exploración, para analizar las mismas regiones cuando se realiza de forma evolutiva (Ver Figura 11)

El protocolo BLUE es una técnica de exploración ecográfica pulmonar que se utiliza para el diagnóstico y la monitorización de enfermedades respiratorias, incluyendo la neumonía y el síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA). Este protocolo implica la exploración de diversas zonas del tórax en busca de líneas B, que son líneas hiperecoicas en el pulmón. El protocolo BLUE es una herramienta útil y no invasiva para la evaluación de

pacientes con enfermedades respiratorias agudas, y puede ayudar a guiar el tratamiento y la monitorización de estos pacientes.<sup>60</sup>

A su vez, Cuba et al.<sup>60</sup> recopilan los hallazgos ecográficos más determinantes de acuerdo a los estadios cronológicos de la enfermedad por COVID-19; agrupa estas categorías de la siguiente manera: Etapa temprana, progresiva, máxima y de resolución respectivamente.

**Tabla 7. Estadios cronológicos de la enfermedad COVID-19**

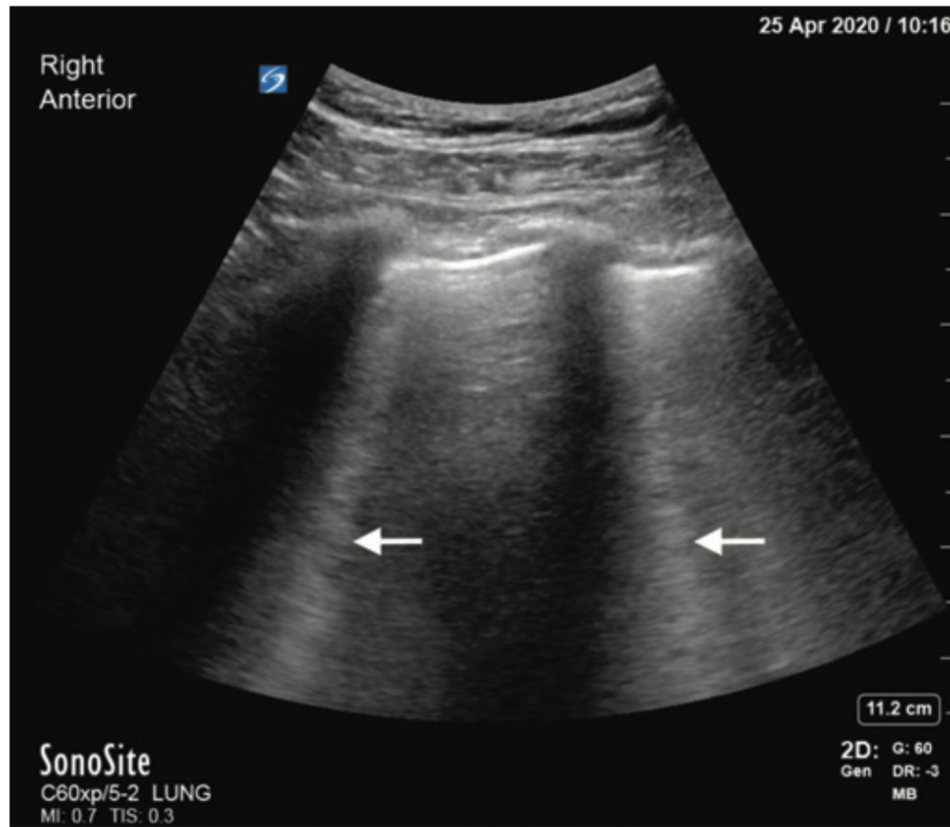
Hallazgos ecográficos en zonas patológicas	Etapa temprana	Etapa progresiva	Etapa máxima	Etapa de resolución
Líneas A	Escasas, en los lóbulos pulmonares superiores	No	No	Reaparición progresiva
Líneas B	Predominan las líneas B focales	Aumento de líneas B	Líneas B se fusionan difusamente	Resolución gradual
Condensación parenquimatosa	No	Subpleurales	Aumentan	Resolución gradual
Línea Pleural	Engrosamiento difuso	Engrosamiento difuso o nodular, discontinua	Engrosamiento difuso o nodular, discontinuo	Resolución gradual

Derrame pleural	Raro	Raro	Raro	Raro
-----------------	------	------	------	------

Fuente: Elaboración propia a partir de la referencia<sup>60</sup>

En función de la aplicación de ultrasonido pulmonar en la enfermedad por COVID-19 Jackson *et al.*<sup>44</sup> documentan que los patrones ultrasonográficos son claros, típicos y los describen de la siguiente manera: líneas B que se visualizan ampliamente y que pueden ser separadas de forma coalescente (entiéndase como patrones de haz de luz), esta característica puede hacer que el pulmón tenga una apariencia blanco brillante. Estos autores plantean también que se observan irregularidades de la línea pleural con presencia de consolidaciones pulmonares subpleurales y flujo sanguíneo deficiente, los cuales ocurren en presentación bilateral, además, los autores describen que se visualizan racimos parcheados también bilaterales y que éstas imágenes son predominantemente observables en las áreas posteriores e inferiores.

**Figura 12. Imagen ecográfica que muestra presencia de líneas B**

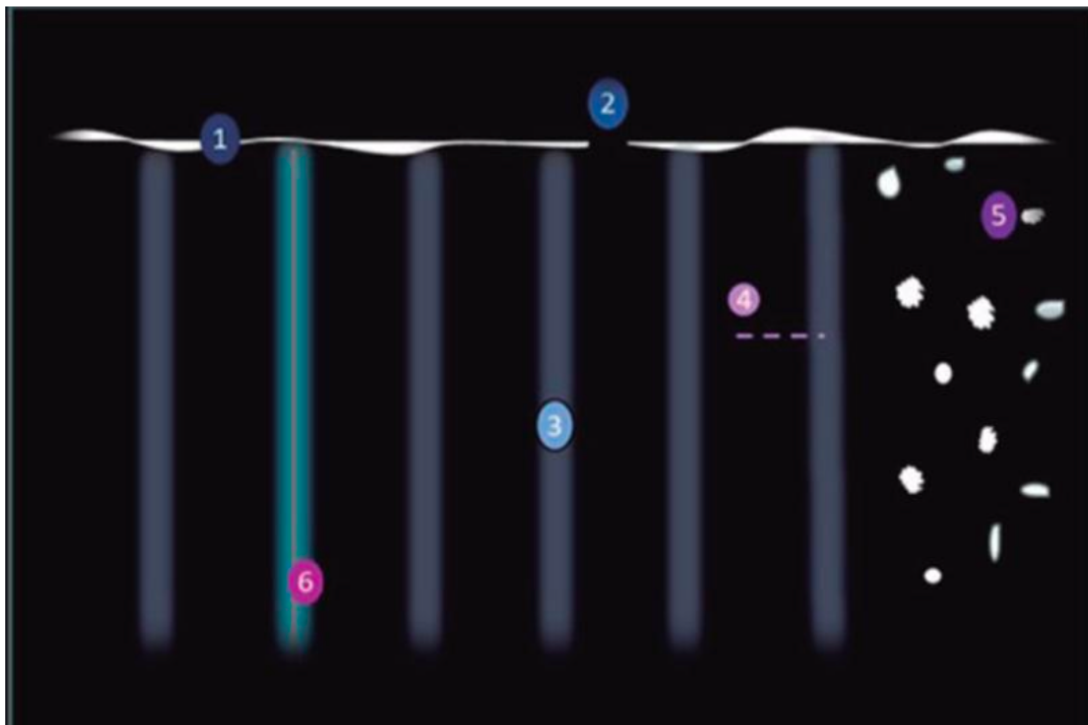


Fuente: A partir de la referencia<sup>44</sup>

La imagen presentada anterior a este párrafo representa las líneas B que se visualizan en la imagen digital de la ecografía, estas se encuentran señaladas con las flechas de color blanco. Los autores exponen que estas líneas B suelen aparecer como tres o más líneas en la imagen digital y alcanzan el campo lejano de la imagen del ultrasonido que para efectos prácticos sería la parte más inferior de la imagen. Es importante mencionar que, los autores también aseveran que estas líneas se mueven con el deslizamiento del pulmón. Además, la presencia de las líneas B permiten descartar las enfermedades pulmonares de tipo obstructivo, así como el neumotórax, esto hace que se disminuya la probabilidad de que el paciente presente embolismo pulmonar, consecuentemente esto va a permitir que el equipo tratante maneje con mayor precisión a cada paciente.

Saura *et al.*<sup>61</sup> presentan una imagen sencilla y gráfica de los hallazgos en ultrasonido pulmonar de personas con enfermedad por COVID-19, esta imagen es de utilidad para pasar a analizar ecografías reales, los enumera de la siguiente manera: 1) Engrosamiento pleural, 2) Irregularidad pleural, 3) líneas B (focal, multifocal o confluentes), 4) pérdida de líneas A, 5) consolidaciones y 6) haz de luz.

**Figura 13. Representación de hallazgos ecográficos pulmonares en COVID-19**

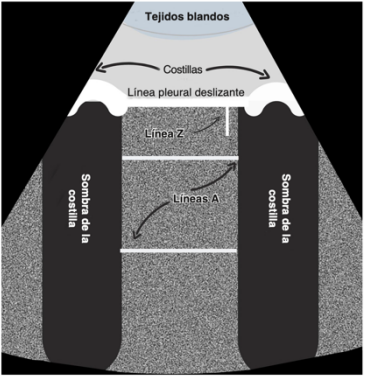
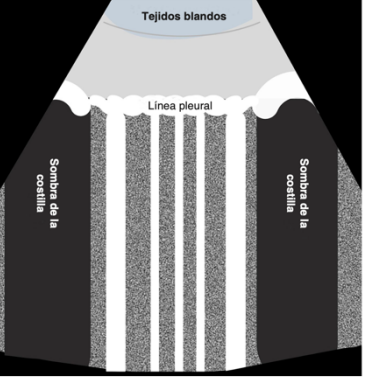


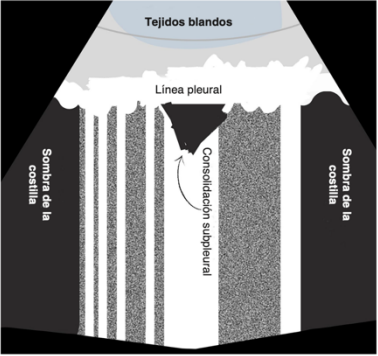
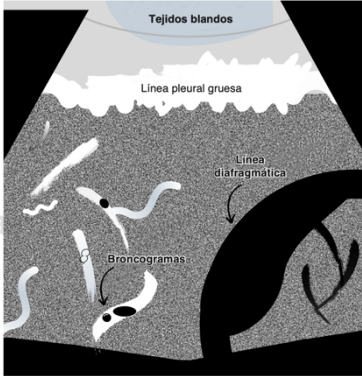
Fuente: A partir de la referencia<sup>60</sup>

Dando continuidad a la presentación de imágenes que ejemplifiquen de manera adecuada los hallazgos en el presente tema de estudio, a continuación, se recopila información valiosa que tiene la particularidad de que presenta figuras gráficas de fácil comprensión en las que se explica acerca de los diferentes hallazgos ecográficos. Retomando lo expresado, Godínez *et al.*<sup>47</sup> clasifican la enfermedad por COVID-19 en cuatro etapas

enumeradas de cero a tres, siendo la etapa cero aquella en la que presente una adecuada ventilación y las siguientes etapas con un compromiso ventilatorio mayor, dichas fases al ser evaluadas e interpretadas ecográficamente presentan características distintivas en cada una de ellas y se mencionan a continuación.

**Tabla 8. Principales características ecográficas con su respectivo ejemplo gráfico**

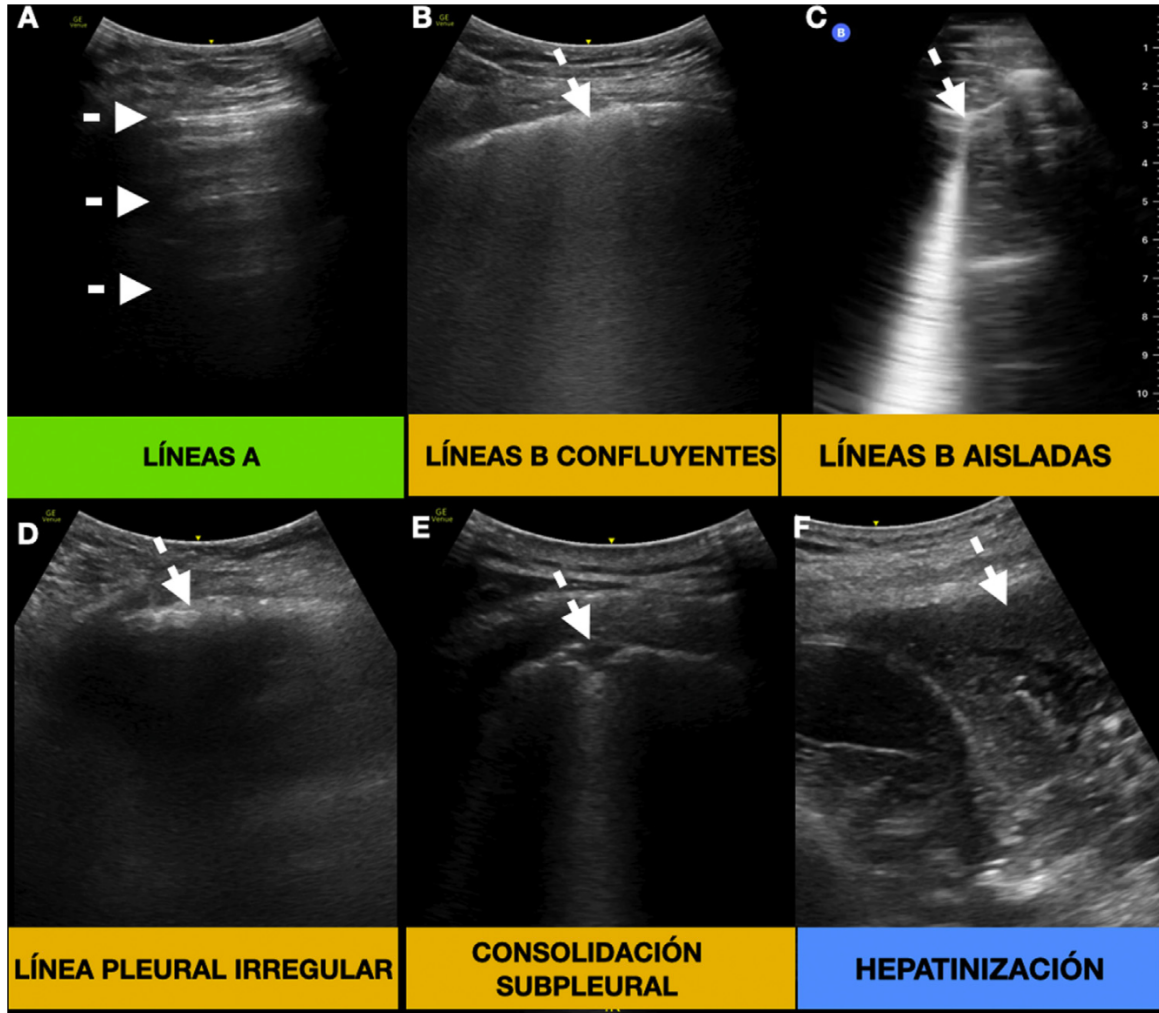
Etapa	Características	Ejemplo de imagen ecográfica
Etapa 0	<p>Adecuada ventilación, ausencia de síntomas o en fase de recuperación.</p> <p>Presencia de líneas A repetidas como artefactos de reverberación a causa de alta reflectancia de la línea pleural.</p> <p>Presencia de deslizamiento pleural del pulmón.</p> <p>Artefactos verticales de corta proyección “en cola de cometa” llamadas Líneas Z.</p>	 <p>Diagrama de una ecografía pulmonar en Etapa 0. Muestra tejidos blandos en la parte superior, costillas y una línea pleural deslizante. Se observan líneas A repetidas y líneas Z (artefactos en cola de cometa). Hay sombras de la costilla a ambos lados.</p>
Etapa 1 (Temprana)	<p>Inicia la pérdida de la ventilación.</p> <p>Patrón que corresponde con un síndrome intersticial.</p> <p>Presencia de más de tres líneas B no homogéneas con áreas libres que se pueden observar frecuentemente en zonas laterales, posteriores e inferiores.</p> <p>Deslizamiento pulmonar conservado.</p> <p>Edema pulmonar con patrón B bilateral en zonas posteroinferiores.</p>	 <p>Diagrama de una ecografía pulmonar en Etapa 1. Muestra tejidos blandos en la parte superior, costillas y una línea pleural. Se observan múltiples líneas B verticales y sombras de la costilla a ambos lados.</p>

<p>Etapa 2 (Intermedia)</p>	<p>Mínimamente aireado.</p> <p>Más áreas con patrón B y líneas B con densidad que se vuelven confluentes en algunas áreas (pulmón blanco).</p> <p>Línea pleural con engrosamiento progresivo e irregularidades marcadas.</p> <p>Aparecen consolidaciones subpleurales.</p>	
<p>Etapa 3 (Avanzada)</p>	<p>Completa pérdida de aireación, etapa de consolidación pulmonar.</p> <p>La consolidación se visualiza como una imagen similar a un tejido por lo que es llamada con el concepto de “hepatización”.</p>	

Fuente: Elaboración propia a partir de la referencia<sup>47</sup>

En su estudio prospectivo al analizar 40 pacientes, Tung *et al.*<sup>62</sup> evalúan a los individuos con un ecógrafo equipado con una sonda o transductor convexo tal como lo documentan otros autores al ser el transductor recomendado para la zona anatómica del tórax. Otro dato importante fue que evaluaron a los pacientes en decúbito a 60 grados de inclinación y lateral siguiendo el protocolo de exploración de 12 zonas con una examinación rigurosa en el área de los espacios intercostales de las zonas superiores e inferiores de la región anterior, lateral y posterior bilateral.

**Figura 14. Hallazgos ecográficos pulmonares en COVID-19**



Fuente: A partir de la referencia<sup>62</sup>

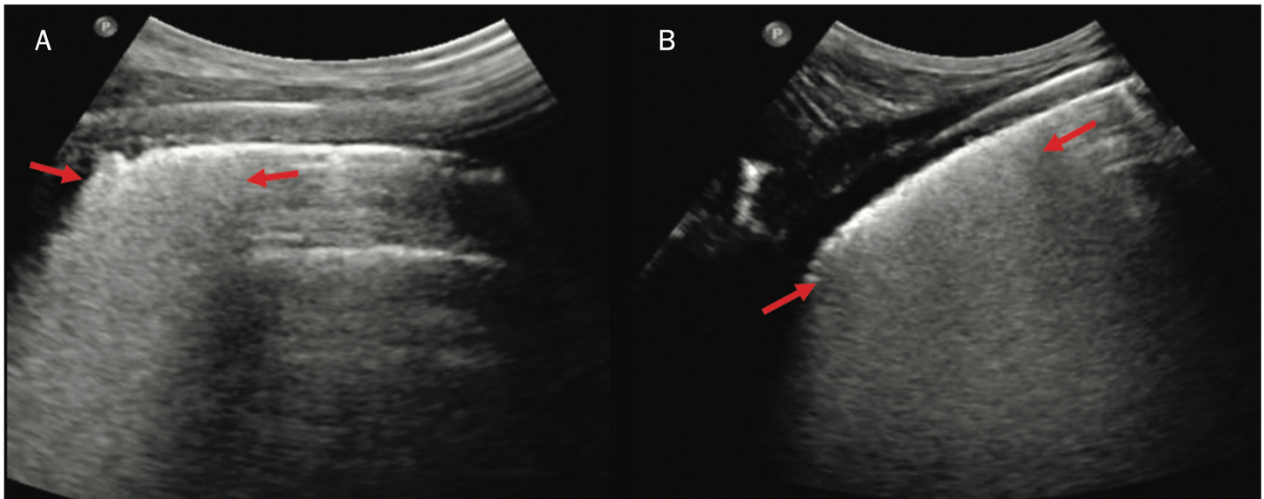
La imagen anterior presenta en el recuadro con la letra A la presencia de líneas A las cuales se consideran que son parte de la condición normal del pulmón; en el recuadro representado con la letra B se muestran las líneas B confluyentes; el recuadro con la línea C presenta las líneas B aisladas; seguidamente en la parte inferior con la letra D se visualiza una línea pleural con patrón irregular, con la letra E se representa la consolidación subpleural y finalmente con la letra F puede observarse la condición de hepatización la cual es importante reconocer ya que aplica su conocimiento para pensar en diagnósticos diferenciales.<sup>62</sup>

Dando continuidad a la presentación los hallazgos en pacientes con COVID-19, Oliveira *et al.*<sup>63</sup> expone acerca del hallazgo de líneas B patológicas:

La presencia de tres o más líneas B por espacio intercostal representa el engrosamiento de los septos interlobulillares o intralobulillares subpleurales, que se puede ver en condiciones que afectan las estructuras que cruzan dichos septos, como el intersticio pulmonar, que contiene venas, vasos linfáticos y tejido conectivo. Las líneas B más gruesas (por encima de 3,0 mm) se denominan líneas B coalescentes, que corresponden a la opacificación en vidrio esmerilado en la periferia pulmonar, evidente en la TC. En el contexto de COVID-19, múltiples líneas B coalescentes en ultrasonido configuran un patrón de pulmón blanco y se correlacionan con opacidades en vidrio esmerilado identificadas en TC.

De acuerdo con la literatura, lo anteriormente expuesto se representa digitalmente en la ecografía de la siguiente manera:

**Figura 15. Presencia de líneas B patológicas en ultrasonido pulmonar de paciente con COVID-19**



Fuente: A partir de la referencia<sup>58</sup>

Gargani *et al.*<sup>9</sup> exponen acerca de los usos del ultrasonido pulmonar en dependencia del nivel de atención en el que se encuentre el paciente. Estos autores mencionan el valor creciente que ha tomado el uso de ultrasonido pulmonar en los pacientes con COVID-19, a grandes rasgos los enlista de la siguiente manera: primeramente, constituye una modalidad de imagen, la cual es portátil, rápida, el técnico en imagen puede repetirla en ese momento de atención al paciente, se considera además que resulta una técnica relativamente fácil de aprender comprando con otras técnicas radiológicas que requieren de un capital humano más especializado.

En el aspecto propiamente relacionado con el paciente, se documenta que gracias al ultrasonido pulmonar existe una reducción de la exposición de los pacientes a la radiación ionizante. Por otra parte, se contribuye a incrementar la seguridad del personal de atención en salud, esto al minimizar la necesidad de movilización y traslados de los pacientes a otras áreas médicas, por tanto, se logra aminorar la incidencia de la contaminación cruzada, así como la cantidad de profesionales en salud expuestos al paciente.<sup>64</sup>

Se menciona también que, actualmente algunos centros asistenciales hacen uso cada vez mayor de dispositivos ecográficos de mano de tamaños más pequeños y portátiles, lo cual permite una integración más vasta de la ecografía en el punto de atención en la práctica clínica diaria como un elemento de ayuda al examen clínico junto a la cama del paciente. Algunas características como son la alta sensibilidad del ultrasonido pulmonar para el diagnóstico y la detección de la afectación pulmonar son propiedades que permiten que este examen radiológico sea una herramienta de seguimiento segura para la evaluación periódica de los pacientes con afectación por COVID-19.<sup>65</sup>

Por otra parte, se menciona la utilidad de la ecografía clínica en que la exploración se puede realizar a la cabecera del paciente, de manera que se limita el traslado de este a otras unidades hospitalarias, esto en ventaja para aquellos pacientes que se encuentren en una condición inestable. Tal como mencionan los autores, este examen puede realizarse las veces que sean necesarias, permitiendo así una monitorización de la evolución de los pacientes.<sup>65</sup>

Si se contextualiza el ambiente hospitalario en que un paciente es atendido, la precisión en el manejo del mismo será mayor, visto de esta forma Gargani *et al.*<sup>9</sup> menciona acerca de ese manejo que se puede ofrecer en el área de emergencias de un centro asistencial, alude a que el ultrasonido pulmonar puede ser utilizado en la detección temprana en aquellos pacientes que presenten sintomatología y con sospecha de COVID-19 y en los cuales la prueba de hisopado aún se encuentre pendiente de entrega de resultado. En este escenario, el autor afirma que el ultrasonido pulmonar tiene mayor sensibilidad que la radiografía de tórax, mientras que la tomografía computarizada debe ser reservada para confirmar casos en los que haya duda y para una mejor definición de la afectación pulmonar, cuando sea necesario, en dependencia del estado de gravedad de los pacientes.

En aquellos entornos de pacientes que se encuentren en sala de medicina interna, el autor expone que en los pacientes con diagnóstico de COVID-19, el ultrasonido pulmonar es

de gran utilidad para detectar el nivel de afectación pulmonar y así darle una puntuación de acuerdo con las escalas que sean aplicadas. Si bien es cierto, el autor menciona que para la fecha de su estudio no se cuenta con sistemas de puntuación validados para diferenciar claramente un grado leve de uno moderado o severo sin embargo, asevera que como regla general, el hallazgo de unas cuantas líneas B separadas en un número limitado de áreas del tórax indicarían un grado leve, y la presencia de las líneas B compactadas, se consideran como consolidaciones de tipo periféricas que se distribuyen de manera difusa por todo el tórax, lo cual sugiere un nivel de afectación más grave en el paciente.<sup>66</sup>

Además, afirma que en los pacientes en estas salas de medicina interna, la aplicación del ultrasonido pulmonar también puede funcionar como un método complementario para controlar los efectos del tratamiento; en los pacientes que se manifiesten con un patrón inicial leve a la observación del ultrasonido pulmonar y el cuadro clínico también leve, una monitorización periódica de ultrasonido pulmonar puede anticipar el deterioro clínico, ya que, siempre se debe estar alerta y pensar que eventualmente puede ocurrir este deterioro de los pacientes.<sup>66</sup>

Por otra parte, se mencionan aquellos pacientes que se encuentren recibiendo atención médica en la unidad de cuidados intensivos (UCI), estos pacientes se consideran de un manejo más complejo, sin embargo, se afirma que el ultrasonido pulmonar es una herramienta útil para dar seguimiento a la progresión de la enfermedad, así como las consecuencias de la ventilación mecánica.<sup>66</sup>

En su estudio de revisión, Vargas<sup>66</sup> expone los hallazgos diagnósticos vinculados a COVID-19 que se reflejan en el ultrasonido pulmonar y estos son directamente proporcionales al nivel de gravedad que presente el paciente al momento de realizar el ultrasonido, por ende, las manifestaciones clínicas de estos hacen que la evidencia radiológica pueda agruparse de la siguiente manera:

En su estudio de cohorte prospectivo, Campoverde *et al.*<sup>67</sup> evalúan la asociación que existe entre la puntuación de gravedad que obtuvieron a través de la aplicación de ultrasonido pulmonar y la necesidad de terapia intensiva en los pacientes. Al igual que la información documentada por otros autores estos coinciden en sus hallazgos que la presencia de líneas B confluentes fue encontrado en la mayoría de los casos, siendo para estos autores el 78.4% de pacientes que presentaron líneas B en sus evaluaciones de ecografía pulmonar.

Seguidamente, documentan que el segundo hallazgo de mayor relevancia porcentual en su muestra de 115 pacientes fue la visualización de líneas pleurales con presentación irregular y engrosamiento de compromiso bilateral. En el caso de este hallazgo reportan que se presentó en un 68.8% de los pacientes, es decir 80 personas.<sup>67</sup>

Cabe destacar que para la obtención de los resultados por parte de Campoverde *et al.*<sup>67</sup> se siguió una secuencia ordenada incluso haciendo hincapié en la sonda ecográfica utilizada la cual es la de mayor recomendación y que también coincide con la expuesta por otros autores y lo expresan de la siguiente manera:

Todas las ecografías fueron realizadas por el mismo médico especialista en imágenes de tórax. Se utilizó un ecógrafo Chison Eco 1 con transductor convexo de 2.5-5 MHz. La exploración ultrasonográfica se realizó en modo B, con el foco situado en la línea pleural. Se exploraron 12 regiones de interés (2 anteriores, 2 laterales y 2 posterior en cada hemitórax).

**Tabla 9. Patrón ecográfico comúnmente encontrado de acuerdo con la gravedad del paciente**

Nivel de gravedad del paciente	Patrón ecográfico encontrado
Pacientes con enfermedad asintomática	Patrón A
Enfermedad leve a moderada	Patrón B1

Enfermedad severa y crítica	Patrones B2 y C
-----------------------------	-----------------

Fuente: Elaboración propia a partir de la referencia<sup>63</sup>, 2022

Por su parte, Guarracino *et al.*<sup>68</sup> hace la acotación que la ecografía pulmonar cuando está siendo llevada a cabo en manos de expertos, constituye una herramienta de gran utilidad que puede ser realizada al lado de aquellos pacientes que estén bajo cuidados por presentar enfermedad por COVID-19, recalca la importancia del ultrasonido en su capacidad para descartar un mayor impacto negativo del sistema respiratorio le da un valor agregado. Actualmente, los expertos en LU se pueden dividir en dos categorías, los que creen en un patrón de LU "específico" en COVID-19 frente a los que son escépticos. Por lo tanto, el ultrasonido pulmonar constituye un área de interés en constante evolución y estudio. En aquellos pacientes que se encuentren ventilados, el autor sugiere que siempre deben ser valorados en conjunto con los parámetros cardíaco, vascular y ultrasonido pulmonar con la finalidad de obtener una comprensión más amplia y detallada de la relación entre el pulmón y las posibles anomalías cardíacas y vasculares concomitantes que puedan presentar los pacientes.

Si bien es cierto, la ecografía pulmonar es una técnica en evolución que aún no se utiliza tan ampliamente como otras formas de imagen torácica, como la tomografía computarizada, los rayos X o la ecocardiografía. Sin embargo, su uso para evaluar la afectación pulmonar en la COVID-19 está en aumento. Recientemente, se han publicado revisiones sistemáticas para tratar de resumir la información disponible y establecer pruebas más sólidas en este campo. Sin embargo, estas revisiones solo han descrito parcialmente los hallazgos ecográficos pulmonares, centrándose en los hallazgos más comunes y sin explorar la frecuencia de aparición de otros fenómenos. Queda por describir la asociación de cada uno de estos hallazgos con el perfil clínico del paciente y la ubicación de adquisición de la imagen<sup>2, 58, 63</sup>

Los datos obtenidos indican que en COVID-19 existe una predominancia de líneas B, alteraciones pleurales y distribución bilateral, en concordancia con investigaciones previas que describen la neumonía por SARS-CoV-2 como una afectación pulmonar bilateral, periférica y parcheada con predominio en la parte inferior y posterior. Se encontró que los pacientes en UCI presentan más frecuentemente líneas B confluentes, irregularidad y engrosamiento pleural, lo cual se corresponde con una puntuación LUS más alta. Por otro lado, las consolidaciones subpleurales y pleurales son más comunes en pacientes en la sala.<sup>2</sup>

Aunque la consolidación subpleural puede estar representada en la sala, ya que, indica una infección moderada-grave, es posible que la mayor proporción de consolidación pulmonar en relación con la UCI sea un sesgo en los estudios seleccionados debido a una descripción variable de este hallazgo. Es probable que el pulmón blanco se encuentre sobrerrepresentado en el servicio de urgencias debido a la baja muestra de pacientes analizados. El derrame pleural es poco común, pero más frecuente en pacientes de sala y UCI, lo que sugiere que su presencia puede estar asociada con una enfermedad más grave o complicaciones de la enfermedad y su manejo. Sin embargo, este hallazgo no está incluido en la puntuación LUS.<sup>2</sup>

**Tabla 10. Resultados de LUS de acuerdo con el área de hospitalización**

Área de hospitalización	Hallazgos más comunes
UCI	Líneas B confluentes, irregularidad y engrosamiento pleural con puntuaciones de LUS más altas. Derrame pleural en menor presentación.
Sala	Consolidaciones subpleurales y pleurales.
Servicio de urgencias	Presencia de “pulmón blanco”.

Fuente: a partir de la referencia<sup>2</sup>, 2022

De acuerdo con la literatura documentada por Gil et al<sup>2</sup>, estudian un total de 16 artículos, de los cuales logra determinar que:

Los datos recopilados muestran un predominio de líneas B, alteraciones pleurales y distribución bilateral en COVID-19, en consonancia con estudios previos que describen la neumonía por SARS-CoV-2 como afectación pulmonar bilateral, periférica y parcheada con predominio posterior e inferior. Los hallazgos de líneas B confluentes, irregularidad y engrosamiento pleural son más frecuentes en pacientes de UCI, lo que corresponde a puntajes LUS más altos.

En cuanto a los escenarios en los cuales es recomendado el uso de ultrasonido pulmonar en pacientes con COVID-19, Jackson et al.<sup>44</sup> proponen de manera concisa tres situaciones concretas, tomando en cuenta que el ultrasonido se considera como una prueba complementaria al diagnóstico, las situaciones de uso se describen a continuación.

**Tabla 11. Usos del ultrasonido pulmonar en pacientes con COVID-19**

Usos del ultrasonido pulmonar
1. En el triaje de aquellos pacientes que presentan insuficiencia respiratoria aguda que requieran clasificación y aislamiento rápido.
2. Pacientes con prueba de hisopado PCR con resultado negativo y una radiografía de tórax que se considere como indeterminada o la calidad radiológica no se la óptima.
3. En el caso de determinar los planeamientos de ventilación y aquellos procedimientos posteriores en individuos sometidos a ventilación mecánica

Fuente: Elaboración propia a partir de la referencia<sup>44</sup>

Ahora bien, recopilando la información de los diferentes autores se puede categorizar los hallazgos ecográficos más sobresalientes de acuerdo a la condición clínica de estos la cual

puede considerarse que es directamente proporcional al nivel de aireación pulmonar que presenten, a continuación se recopila esta información y se expone en la siguiente tabla:

**Tabla 12. Correlación de los hallazgos ecográficos con el nivel de gravedad de los pacientes con enfermedad por COVID-19**

Nivel de gravedad	Hallazgos más relevantes
Leve	No se visualizan líneas B Línea pleural delgada y con forma regular No presencia de consolidaciones ni derrames.
Moderado	Se visualizan líneas B multifocales La línea pleural se presenta con irregularidades y con poco deslizamiento
Severo	Se observan líneas B coalescentes, además se pueden visualizar consolidaciones subpleurales de pequeño tamaño. Afectación en áreas anteriores y superiores de ambos pulmones.
Crítico	Visualización de consolidaciones de gran tamaño, broncogramas aéreos y en algunos casos derrame pleural.

Fuente: Elaboración propia a partir de las referencias <sup>47, 58, 68</sup>

Englobando los cocimientos adquiridos a través de esta investigación, se logran determinar las principales ventajas y desventajas en la aplicación del ultrasonido pulmonar en pacientes con enfermedad por COVID-19, son más las ventajas en su implementación y de acuerdo con la recopilación obtenida se establece lo siguiente:

Ventajas:

- Se obtienen imágenes a la cabecera del paciente, estas imágenes son recopiladas por un mismo personal de salud, minimizando la exposición de más personas y disminuyendo además los riesgos de traslado.
- Se logra discernir entre los pacientes de acuerdo con su clasificación de riesgo ya sea menor o que requiera un nivel de atención más especializado.
- Ayuda en la determinación de diagnósticos diferenciales respecto a otros estudios radiológicos como es la radiografía de tórax.
- Es de gran utilidad para diferenciar los variados patrones de líneas B y así poder distinguir la enfermedad COVID-19 con otras patologías respiratorias.
- Si se utilizan equipos portátiles estos generalmente son más fáciles de ser esterilizados.
- Evita exposición a radiación ionizante y este estudio puede ser realizado de manera seriada con monitoreo frecuente de los pacientes.<sup>60, 63, 67, 68</sup>

#### Desventajas

- Tiene dependencia con la experiencia del evaluador.
- Al ser una técnica de imagen superficial, si no hay alcance pleural es probable que no se visualice con claridad.
- Si no se sigue de manera estricta las medidas adecuadas de limpieza del equipo, este podría representar una fuente de contaminación.<sup>60, 63, 67, 68</sup>

La ecografía pulmonar representa un método de diagnóstico utilizado generalmente en ambientes de emergencias para tratar aquellos pacientes que se encuentren en estado grave. Al proporcionar una representación visual del pulmón y de sus alteraciones

relacionadas con el aire y el líquido, permite distinguir entre lesiones sólidas y líquidas. La elección de la sonda, la configuración de la máquina y los protocolos de adquisición de imágenes influyen en la interpretación de las imágenes, por lo que se recomienda un protocolo metódico en la evaluación de los pacientes. Como se mencionó anteriormente en el caso de COVID-19 las sondas convexas son las más comúnmente utilizadas, ya que la sonda convexa tiene mayor capacidad de penetración, ideal para el estudio de la estructuras parenquimatosas.<sup>65, 67, 68</sup>

### **4.3. Recomendaciones de la línea de abordaje médico integral, mediante el uso de ultrasonido pulmonar en población adulta con comorbilidades en Costa Rica**

El abordaje integral en salud es un enfoque que considera al individuo como un todo, teniendo en cuenta sus aspectos físicos, psicológicos, sociales y culturales, así como su entorno y contexto. Esto implica una atención que no se limita a la enfermedad, sino que se enfoca en el bienestar del paciente en todas las áreas de su vida. El objetivo principal del abordaje integral en salud es mejorar la calidad de vida del paciente, promoviendo su autonomía y participación activa en el cuidado de su salud. Para ello, se emplea un equipo interdisciplinario que se encarga de brindar una atención personalizada, adaptada a las necesidades de cada paciente y considerando su contexto y entorno. Este enfoque se considera esencial en el manejo de enfermedades crónicas y complejas, así como en situaciones de pandemia, donde se requiere una respuesta coordinada y adaptada a las necesidades de la población.<sup>64, 65</sup>

El abordaje integral de los pacientes con enfermedad por COVID-19 es fundamental para su atención médica efectiva. Dado que el COVID-19 puede afectar a diferentes sistemas del cuerpo y puede tener presentaciones clínicas variadas, se requiere una evaluación completa y multidisciplinaria para su manejo adecuado. Además, se ha demostrado que ciertos grupos de población como aquellos con enfermedades preexistentes, tienen un mayor riesgo de complicaciones graves, lo que destaca la necesidad de un abordaje integral y personalizado para cada paciente. Un enfoque holístico también permite la consideración de factores psicológicos, sociales y económicos que pueden afectar la recuperación del paciente y mejorar su calidad de vida en el futuro. Por lo tanto, un abordaje integral es esencial para garantizar una atención médica de alta calidad y un mejor resultado para los pacientes con COVID-19.<sup>63, 64</sup>

El proceso diagnóstico en medicina, comienza con la recopilación de información sobre el paciente a través de la anamnesis y la exploración física. En función de esta

recopilación de datos, se establece un diagnóstico diferencial con una probabilidad de certeza pretest para cada posible causa. En el segundo paso, se eligen las pruebas complementarias necesarias para confirmar o descartar las sospechas diagnósticas y entre estas tenemos la ecografía a estudiar en este documento. La rentabilidad de estas pruebas está directamente relacionada con la probabilidad diagnóstica antes de su realización, por lo que es crucial recopilar la información del paciente de manera exhaustiva en el primer paso. Después de obtener los resultados de las pruebas, se interpretan todos los datos para establecer un diagnóstico definitivo y planificar el tratamiento adecuado, seguido de la monitorización y seguimiento del paciente. En resumen, los autores explican la importancia del proceso sistemático y ordenado de diagnóstico y tratamiento médico basado en la información obtenida del paciente y las pruebas complementarias realizadas.<sup>64</sup>

García *et al.*<sup>64</sup> ejemplifican la teoría planteada acerca del actuar del médico adecuado y como puede incorporarse la ecografía dentro de este proceso, a continuación se presenta la figura que expone este desarrollo de actividades y decisiones en la atención de los pacientes. Cabe destacar que idealmente, debería seguirse este esquema de manera estricta con el fin de evitar errores, omisión y sesgos en los diagnósticos, este tipo de errores los autores los consideran potencialmente evitables si se sigue un adecuado orden.

**Figura 16. Toma de decisiones en el actuar del médico**



Fuente: A partir de la referencia<sup>62</sup>, 2023

En el transcurso de la toma de decisiones por parte del médico el eslabón más importante está constituido por la recopilación de toda aquella información que debe ser documentada en la historia clínica por medio de la anamnesis y la exploración física correcta. Una vez obtenida esta información se debe precisar si van a ser solicitadas pruebas complementarias que permitan la confirmación de la sospecha clínica que se tenga; en caso de que estas pruebas se realicen, se procederá a valorar los resultados de éstas para ofrecer un adecuado tratamiento. En el caso de la ecografía, ofrece fundamentos al personal de salud que puede proporcionar un complemento para el monitoreo y seguimiento de los pacientes.<sup>46</sup>

Respecto a la utilidad de ultrasonido pulmonar como recurso complementario Pillai *et al.*<sup>69</sup> mencionan lo siguiente:

Dado que el LUS puede identificar adecuadamente los cambios patológicos en el parénquima pulmonar que pueden no ser evidentes en la radiografía de tórax, existe

un papel para complementar la atención clínica de los pacientes con COVID-19 con el LUS.

De acuerdo con Tapia *et al.*<sup>65</sup> la ecografía pulmonar puede ser útil para detectar enfermedades respiratorias agudas, especialmente el síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA). Si es realizada por un médico con la capacitación adecuada, puede ayudar a priorizar y brindar atención a pacientes con COVID-19 tanto en emergencias como en la unidad de terapia intensiva. Por lo tanto, se ha incorporado como una herramienta diagnóstica complementaria y de seguimiento en pacientes con COVID-19.

Tomando en cuenta la premisa previamente expuesta resulta conveniente acotar que la implementación del ultrasonido pulmonar como parte del abordaje médico integral a los pacientes constituye una herramienta de gran importancia, la cual permite que la atención a los pacientes sea más detallada de manera que el uso del LUS forme parte de ese abordaje multidisciplinario que constituye un pilar fundamental en la adecuada recuperación de las personas que presenten afectación de la salud.

El ultrasonido pulmonar se ha convertido en una herramienta importante para el abordaje médico integral de pacientes con COVID-19. Debido a que, la neumonía asociada a COVID-19 puede tener una presentación clínica variable, la utilización de ultrasonido pulmonar puede ayudar a identificar la afectación pulmonar y a monitorizar la progresión de la enfermedad. Además, el ultrasonido pulmonar puede ser una herramienta valiosa para el triaje de pacientes y para la toma de decisiones clínicas en tiempo real, especialmente en situaciones de emergencia. También, es menos costoso y más accesible que otras modalidades de imagen, lo que lo hace particularmente útil en países y áreas con recursos limitados. En resumen, el ultrasonido pulmonar es una herramienta importante y cada vez más utilizada en el abordaje médico integral de pacientes con COVID-19<sup>2, 52, 56, 57</sup>.

De acuerdo con la información recopilada a través de la evidencia científica acerca de las ventajas demostradas de utilizar el ultrasonido pulmonar, resulta interesante demostrar que puede formar parte importante del abordaje médico integral de los pacientes con enfermedad por COVID-19. A continuación, se enlistan las principales ventajas que han sido documentadas: Portátil, de rápida realización, repetible, sin radiación ionizante, práctica sanitización, menor movilidad del paciente, se reduce el riesgo de contaminación cruzada, herramienta fiable para la evaluación periódica del paciente.

Otra ventaja encontrada en este estudio documentado por Palma *et al.*<sup>53</sup> radica en la utilidad del LUS para establecer diagnósticos diferenciales tales como edema pulmonar cardiogénico y no cardiogénico, embolismo pulmonar y neumonía bacteriana).

En el estudio de tipo revisión expuesto por Navarro *et al.*<sup>70</sup> recopilan información de diferentes autores agrupando dicha información de acuerdo con los hallazgos ecográficos, la técnica implementada para la realización de dicha prueba radiológica y el estado de la enfermedad, finalmente determinan las principales virtudes en la evaluación ecográfica en los pacientes con enfermedad por COVID-19.

Tal como expone Navarro *et al.*<sup>68</sup>

La ultrasonografía pulmonar a la cabecera del paciente sigue demostrando su utilidad en la aproximación diagnóstica al paciente con neumonía por COVID-19 en todos sus estadios clínicos, porque discrimina otras causas de falla ventilatoria, es de bajo costo y es de fácil reproducibilidad. Además, la propuesta de una clasificación ultrasonográfica de severidad permite asumir conductas tempranas.

La pandemia ha puesto en primer plano la importancia de la salud en nuestra vida cotidiana. La propagación del virus COVID-19 ha afectado a millones de personas en todo el mundo, lo que ha aumentado la necesidad de enfocarse en la prevención de enfermedades y el fortalecimiento del sistema de atención médica. La pandemia también ha puesto de

relieve la importancia de la colaboración global en la lucha contra las enfermedades transmisibles. La salud, tanto individual como colectiva, es esencial para enfrentar y superar la pandemia actual. Esto requiere una mayor conciencia de los factores de riesgo y la adopción de medidas preventivas, como el distanciamiento físico, el lavado de manos y el uso de máscaras faciales. Además, la pandemia ha enfatizado la necesidad de invertir en recursos de salud adecuados y en la formación y educación continua de los profesionales de la salud, para estar mejor preparados para enfrentar futuras pandemias y crisis de salud pública.<sup>60, 65, 67</sup>

Un contexto que resulta fundamental para ser abordado dentro de cualquier investigación médica es el de los principios bioéticos, como se ha estudiado desde las bases de la medicina, estos son: Beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia. En el ámbito del uso de ultrasonido pulmonar en pacientes con COVID-19 se puede mencionar la correlación de estos principios con el tema en estudio.<sup>30</sup>

En términos de beneficencia, el uso de ultrasonido pulmonar puede proporcionar información valiosa sobre la gravedad de la enfermedad y ayudar a los médicos a tomar decisiones informadas sobre el tratamiento del paciente. Además, el uso de ultrasonido pulmonar puede ser una alternativa más segura que la radiografía de tórax, ya que no expone al paciente a radiación ionizante.<sup>30</sup>

En cuanto al principio de no maleficencia, el uso de ultrasonido pulmonar no implica efectos secundarios graves y puede ser menos invasivo que otras técnicas diagnósticas. Además, al proporcionar información más precisa y detallada, el ultrasonido pulmonar puede ayudar a evitar el uso innecesario de otros procedimientos invasivos que pueden tener mayores riesgos para el paciente.<sup>30</sup>

En cuanto al principio de autonomía, los pacientes tienen derecho a recibir información precisa y completa sobre su condición de salud y a tomar decisiones informadas sobre su tratamiento. El uso de ultrasonido pulmonar puede ayudar a los pacientes a comprender mejor su condición y a tomar decisiones informadas sobre su tratamiento.

Finalmente, en términos de justicia, el acceso al ultrasonido pulmonar debe ser equitativo y justo para todos los pacientes, independientemente de su género, edad, raza o condición socioeconómica. Además, los médicos deben utilizar el ultrasonido pulmonar de manera responsable y justa, evitando la sobrediagnóstico o la sobretratamiento que podrían conducir a la asignación inadecuada de recursos médicos.<sup>30</sup>

En conclusión, el uso de ultrasonido pulmonar en pacientes con COVID-19 está relacionado con los principios bioéticos de beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia, y debe ser utilizado de manera responsable y equitativa para beneficio de los pacientes.

Finalmente, a partir del uso del ultrasonido pulmonar en pacientes con COVID-19, se pueden generar algunos aspectos puntuales desde el abordaje médico integral los cuales serán abordados a manera de recomendaciones en el siguiente apartado.<sup>30, 51, 52, 67, 70</sup>

- El uso del ultrasonido pulmonar debe ser considerado como una herramienta complementaria para el diagnóstico y seguimiento de pacientes con COVID-19, especialmente en aquellos con síntomas respiratorios.
- Los médicos deben ser capacitados adecuadamente en el uso del ultrasonido pulmonar para garantizar una interpretación precisa y una toma de decisiones clínicas adecuada.
- Es importante tener en cuenta que el ultrasonido pulmonar no debe reemplazar la evaluación clínica completa del paciente, que incluye la revisión de los antecedentes médicos y la realización de un examen físico completo.
- El ultrasonido pulmonar puede ser utilizado en combinación con otras técnicas de diagnóstico, como la tomografía computarizada y la radiografía de tórax, para obtener una evaluación completa del estado pulmonar del paciente.

- Los médicos deben considerar los principios bioéticos al utilizar el ultrasonido pulmonar en pacientes con COVID-19, incluyendo la autonomía, la beneficencia, la no maleficencia y la justicia.
- Es importante tener en cuenta que el uso del ultrasonido pulmonar en pacientes con COVID-19 puede ser limitado por la disponibilidad de equipos y la capacitación de los profesionales de la salud, especialmente en áreas con recursos limitados.

En resumen, el uso del ultrasonido pulmonar puede ser una herramienta valiosa en el diagnóstico y seguimiento de pacientes con COVID-19, siempre y cuando sea utilizado de manera complementaria a la evaluación clínica completa del paciente y en concordancia con los principios bioéticos. Es importante que los médicos estén capacitados adecuadamente en su uso y que se tenga en cuenta la disponibilidad de recursos en cada contexto clínico.

## **CAPÍTULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

- La llegada de la enfermedad por COVID-19 tuvo impacto significativo en nuestro estilo de vida y aun hoy en día ha llevado a cambios en la forma en que se vive y trabaja, a pesar de estar en la normalidad. Es un hecho que esta enfermedad viral ha llegado para quedarse y con ello viene la responsabilidad de replantearnos varios aspectos como la higiene constante tanto personal como de diferentes entornos, además, de la práctica del distanciamiento social que puede ayudar a prevenir la propagación de enfermedades a futuro.
- Puntos importantes por concluir: detección temprana, rastreo de los casos, tratamiento y seguimiento adecuado de los casos para frenar la propagación del COVID-19. Una disminución de casos no representa ausencia de la enfermedad.
- De acuerdo con la cantidad de información disponible queda manifiesta la capacidad de respuesta de los diferentes países y el compromiso con la investigación clínica para el beneficio de la población y un adecuado actuar del médico.
- Una buena anamnesis y una exploración física meticulosa constituyen elementos que son fundamentales en la evaluación de cualquier paciente, permitiendo guiar las pruebas diagnósticas y con ello llegar a un diagnóstico acertado y consecuentemente una atención de calidad a todos los pacientes.
- Se concluye que las principales manifestaciones clínicas de la enfermedad corresponden a síntomas respiratorios, los cuales pueden enmascarar otras patologías de tipo respiratorio.
- Se ha demostrado que el uso de ultrasonido pulmonar es una herramienta útil para el abordaje de diferentes enfermedades respiratorias agudas, incluyendo el síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) asociado a la COVID-19. Al ser realizado por un

médico capacitado, puede optimizar el triage y la atención de pacientes con COVID-19, tanto en el departamento de emergencias como en la unidad de terapia intensiva (UTI), lo que permite una identificación temprana de complicaciones pulmonares y una adecuada monitorización de la evolución del paciente.

- El uso de ultrasonido pulmonar se ha implementado como estudio complementario de diagnóstico y seguimiento en pacientes con COVID-19. Es decir, el uso de ultrasonido pulmonar puede ser una herramienta valiosa para mejorar el manejo y la atención de pacientes con COVID-19.
- La educación en salud respecto al tema de vacunación debe ser constante, la aplicación de las inmunizaciones desarrolladas a nivel mundial y aprobadas por las principales organizaciones en salud permiten minimizar el riesgo de contagios.

## 5.2. Recomendaciones

A continuación, se exponen algunas recomendaciones que a partir de la información recolectada y analizada permiten que puedan ser metas alcanzables para aplicar a nivel nacional.

- Se recomienda que los hallazgos de la ecografía pulmonar sean integrados con otros datos clínicos para una gestión integral de los pacientes.
- Se recomienda el uso del ultrasonido pulmonar como un recurso complementario para el diagnóstico y seguimiento de la enfermedad por COVID-19 en aquellos pacientes hospitalizados de acuerdo con el nivel de severidad de la enfermedad.
- Se recomienda dentro de lo posible, que de considerarse el uso de ultrasonido pulmonar este sea realizado con equipos portátiles con el fin de reducir la movilización de los pacientes y disminuir el riesgo de transmisión de la enfermedad.
- Se recomienda tomar en cuenta las precauciones en cuenta al momento de realizar el estudio ecográfico, a pesar que la ecografía pulmonar es considerada una prueba de bajo riesgo infeccioso no está de más mencionar las adecuadas medidas de bioseguridad, con el propósito de brindar la mayor seguridad tanto al paciente como al personal encargado de participar en la atención médica, asimismo, la literatura menciona tres contextos de precauciones a saber: antes, durante y después de la realización del examen, esto incluye una adecuada higiene de manos, limpieza del equipo y área de trabajo, así como el uso de mascarilla en el ambiente hospitalario.
- Se recomienda además la constante capacitación del personal y el estudio individual para poder desarrollar mejores habilidades en el abordaje de los pacientes.

- Finalmente, se recomienda el constante recordatorio de continuar las investigaciones siempre preservando la dignidad humana sin dejar de lado las aplicaciones bioéticas en el ejercicio de la medicina y la investigación de nuevos padecimientos, en este caso la enfermedad por COVID 19 y las futuras eventualidades que lleguen a presentarse.

## **CAPÍTULO VI – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Narro K, Vásquez G. Características clínico-epidemiológicas en pacientes con diagnóstico covid-19. Red de salud Virú, marzo-mayo 2020. Rev. Cuerpo Med. HNAAA [Internet] 2020 [citado 27 de setiembre de 2022]; 13(4):372-7. Disponible en <https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2020.134.772>
2. Gil J, Pérez J, Aranda P, Benavente A, Martos M, Peregrina J et al. Ultrasound findings of lung ultrasonography in COVID-19: A systematic review. Eur J Radiol [Internet]. 2022 [Citado el 08 de octubre de 2022]; 148(2022):110156. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2022.110156>
3. Peixoto A, Costa R, Uzun R, Fraga A, Ribeiro J, Marson F. Applicability of lung ultrasound in COVID-19 diagnosis and evaluation of the disease progression: A systematic review. Pulmonology [Internet] 2021 [Citado el 08 de octubre de 2022] 27 (2021) 529-562. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2021.02.004>
4. Jari R, Alfuraih A, McLaughlan J. The diagnosis performance of lung ultrasound for detecting COVID-19 in emergency department: A systematic review and meta-analysis. J Clin Ultrasound. [Internet]. 2022 [Citado el 20 de octubre de 2022] 2022;50:618–627. Disponible en: DOI: 10.1002/jcu.23184
5. Hernández.R, Fernández.C, Baptista.P. Metodología de la investigación. 6ta ed. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA; 2014.
6. Organización Panamericana de la Salud [Internet] Washington DC: OPS; 2022 [Citado el 27 de setiembre de 2022]. Coronavirus. [1 pantalla aprox.]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/coronavirus>
7. Rodríguez A, Montelongo E, Martínez A, Puente A, Reyes R. La deficiencia de vitamina D es un factor de riesgo de mortalidad en pacientes con COVID-19. Rev Sanid Milit Mex. [Internet] 2020 [Citado el 09 de octubre de 2022]; 74(1):106-113. Disponible en: <https://doi.org/10.56443/rsm.v74i1.1>
8. Lichter Y, Topilsky Y, Taieb P, Banai A, Hochstadt A, Merdler I, et al. Lung ultrasound predicts clinical course and outcomes in COVID-19 patients. Intensive Care Med [Internet]. 2020 [Citado el 30 de setiembre de 2022], 46:1873-1883. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06212-1>

9. Gargani L, Soliman H, Volpicelli G, Corradi F, Concetta M, Cameli M. Why, when, and how to use lung ultrasound during the COVID-19 pandemic: enthusiasm and caution. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* [Internet] 2020 [citado el 1 de noviembre de 2022]; 21(941-948). Disponible en: doi:10.1093/ehjci/jeaa163
10. Ramos C, Botana M, Pazos L, Núñez M, Pérez S, Rubianes M, et al. Predicción de evolución desfavorable en pacientes hospitalizados por COVID-19 mediante ecografía pulmonar. *Arch. de Bronconeumol.* [Internet]. 2021 [citado el 27 de setiembre de 2022]; 57(1):47-54. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2020.07.043>
11. Li G, Fan Y, Yanni L, Tiantian H, Zonghui L, Peiwen Z, et al. Coronavirus infections and immune responses. *J. Med Virol.* [Internet]. 2021 [citado el 28 de setiembre de 2022]; 92(4):424-32. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jmv.25685>
12. Bohuemad B, Mongodi S, Via G, Rouquette I. Ultrasound for “Lung Monitoring” of ventilated patients. *Anesthesiology.* [Internet] 2015 [citado el 29 de setiembre de 2022]; 122(2):437-447. doi:10.1097/ALN.0000000000000558
13. Ruiz A, Jiménez M. SARS-CoV-2 y pandemia de síndrome respiratorio agudo (COVID-19). *Ars Pharm* [Internet] 2020 [citado el 1 de abril de 2023]; 61(2):63-79. DOI: <http://dx.doi.org/10.30827/ars.v61i2.15177>
14. Moore S, Gardiner E. Points of care and intensive care lung ultrasound: A reference guide for practitioners during COVID-19. *Radiography* [Internet] 2020 [Citado el 27 de setiembre de 2022]; 26(2020):297-302. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.radi.2020.04.005>
15. Guerra J, Villao C, Santos S. Diagnóstico y clasificación de COVID-19 basado en imágenes. *RECIAMUC.* [Internet] 2021 [Citado el 29 de setiembre de 2022]; 5(4):181-195. Disponible en: DOI: 10.26820/reciamuc/5.(4).noviembre.2021.181-195
16. Lê M, Jozwiak M, Laghnam D. Current Advances in Lung Ultrasound in COVID-19 Critically patients: A Narrative review. *J. Clin Med* [Internet] 2022 [citado el 30 de setiembre de 2022]; 11:5001. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jcm11175001>

17. Camargo R. Visión holística de la bioética en la pandemia COVID-19. *Acta Colomb. de Cuid. Intensivo* [Internet] 2022 [citado el 1 de abril de 2023]; 79-92. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.2021.03.003>
18. Evans-Meza R. Epidemia del COVID-19 en Costa Rica. *Rev Hisp Cienc Salud* [Internet]. 2020 [citado 30 de setiembre de 2022]; 6(3):85-8. Disponible en: <https://doi.org/10.56239/rhcs.2020.63.431>
19. Solano A, Solano A, Gamboa C. SARS-CoV-2: la nueva pandemia. *Rev. méd. sinerg* [Internet] 2020 [citado el 1 de noviembre de 2022]; 5(7):538. Disponible en: <https://revistamedicasinergia.com/index.php/rms/article/view/538>
20. Madrigal J, Quesada M, García M, Solano A. SARS CoV-2, manifestaciones clínicas y consideraciones en el abordaje diagnóstico de COVID-19. *Rev Med Cos Cen.* [Internet] 2020 [citado el 1 de noviembre de 2022]; (629):13-21. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=101548&id2=>
21. Gopar R, Rivas M, Moya A, García E, Manzur D, Arias A et al. Uso de ultrasonido pulmonar para la detección de neumonía intersticial en COVID-19. *Arch Card Mex* [Internet] 2020;9015-9 [Citado el 01 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.24875/ACM.M20000071>
22. Castillo D. Bioética en tiempos de pandemia del COVID-19. *Crónicas Científicas* [Internet] 2021 [citado el 27 de setiembre de 2022]; 12-18. Disponible en: <https://www.cronicascientificas.com/index.php/ediciones/edicion-xix-setiembre-diciembre-2021/26-ediciones/301-bioetica-en-tiempos-de-pandemia-del-covid-19>
23. Mora D, Rivera P. Evolución de la sindemia por “COVID-19” en Costa Rica al 10/12/2021. *TM* [Internet]. 2022 [citado 9 de julio de 2022]; 35(5):150-163. Disponible en: <https://doi.org/10.18845/tm.v35i5.6064>
24. García A, García R. COVID-19 en Costa Rica: análisis longitudinal de las tasas de contagio y de fallecimiento desde el enfoque de la desigualdad social. *Población y Salud en Mesoamérica*, [Internet] 2022 [citado el 2 de noviembre de 2022]; 20(1). Disponible en: Doi: 10.15517/psm.v20i.50200

25. Hernández W. Epidemiología del COVID-19 en Costa Rica. *Rev. cient. cienc. salud*, [Internet] 2022 [citado el 13 de enero de 2023] 4:50-55. Disponible en: Doi: 10.53732/rccsalud/04.02.2022.50
26. Rojas G, Romero R. Gestión e impacto de las medidas de intervención para la reducción de casos por COVID-19 en Costa Rica. *Rev Panam Salud Publica*. [Internet] 2022 [citado el 13 de enero de 2023] 46:23. Disponible en: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2022.23>
27. Organización Mundial de la Salud [Internet]. Washington DC: OMS; 2022 [Consultado el 04 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es>
28. Ontano M, Mejía A, Avilés M. Principios bioéticos y su aplicación en las investigaciones médico científicas. *Rev Cien Ec*. [Internet] 2021 [citado el 1 de abril de 2023]; 3(3). Disponible en: <https://doi.org/10.23936/rce.v3i3.27>
29. Roselli D. Epidemiología de las pandemias. *Med*. [Internet] 2020 [citado 23 de marzo de 2023]; 42(2):168-74. Disponible en: <https://revistamedicina.net/index.php/Medicina/article/view/1511>
30. Echemendía B. Definiciones acerca del riesgo y sus implicaciones. *Rev Cubana Hig Epidemiol*. [Internet] 2011 [citado el 26 de setiembre de 2022]; 49(3):470-481. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032011000300014&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032011000300014&lng=es).
31. Alvarado I, Bandera J, Carreto L, Pavón G, Alejandre A. Etiología y fisiopatología del SARS-CoV-2. *Rev Latin Pediatr*. [Internet] 2020 [citado el 30 de setiembre de 2022]; 33(1):5-9. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.35366/96667>
32. Shereen A, Khan S, Kazmi A, Bashir N, Siddique R. COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses. *J. Adv. Res*. [Internet] 2020 [Citado el 28 de setiembre de 2022]; 24(2020)91-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2020.03.005>
33. Sánchez J, Miranda C, Castillo C, Arellano N, Tixe T. Covid-19: fisiopatología, historia natural y diagnóstico. *Rev Eug Esp* [Internet]. 2021; [citado 28 de setiembre de 2022]; 15( 2 ): 98-114. Disponible en: <https://doi.org/10.37135/ee.04.11.13>.

34. Cyranoski D. Profile of a Killer Virus. *Nature*. [Internet] 2020 [Citado el 27 de setiembre de 2022]; (2020)581:22-6. Disponible en: DOI: 10.1038/d41586-020-01315-7
35. Ministerio de Salud. San José Costa Rica: MS; 2022 [Citado el 27 de setiembre de 2022]. Coronavirus. [1 pantalla aprox.]. Disponible en: <https://www.ministeriodesalud.go.cr>
36. Palacios M, Santos E, Velázquez M, León M. COVID-19, una emergencia de salud pública mundial. *Rev Clin Esp* [internet] 2021 [citado el 2 de abril de 2023]; 221(1):55-61. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rce.2020.03.001>
37. Pérez M, Gómez J, Dieguez J. Características clínico-epidemiológicas de la COVID-19. *Rev haban cienc méd*. [Internet] 2020 [citado el 23 de setiembre de 2022]; 19(2):3254. Disponible en: <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/3254/2505>
38. Capurro D, Rada G. El proceso diagnóstico. *Rev Méd Chile*. [Internet] 2007 [citado el 23 de setiembre de 2022]; 135:534-538. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872007000400018>.
39. Velásquez C, Almanza R, Silva Y. Hallazgos clínicos, epidemiológicos y virológicos del primer brote de COVID-19 en Medellín, Antioquia, Colombia. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*. [internet] 2021 [citado el 23 de setiembre de 2022]; 40(1):344675. Disponible en: doi: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e344675>
40. Mendoza R, Silva R. Afectación respiratoria por coronavirus (COVID-19). *Rev. méd. Maule*. [Internet] 2020 [citado el 27 de setiembre de 2022]; 35(1):25-46. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1366390?lang=es>
41. Bonilla R, Evans R, Salvatierra R. Desarrollo Humano y mortalidad por COVID-19: Un estudio ecológico en Costa Rica. *Rev Hisp Cienc Salud*. [Internet] 2022 [citado el 20 de setiembre de 2022]; 8(1):19-26. Disponible en: DOI <https://doi.org/1056239/rhcs.2022.81.534>
42. Jackson K, Butler R, Aujayeb A. Lung ultrasound in the COVID-19 pandemic. *Postgrad Med J*. [Internet] 2021 [citado el 26 de setiembre de 2022]; 97:34-39. Disponible en: doi:10.1136/postgradmedj-2020-138137

43. Águila M, Esquivel L, Rodríguez C. Historia y desarrollo del ultrasonido en la imagenología. *Acta méd centro*. [Internet] 2019 [citado el 26 de setiembre de 2022]; 13(4):601-615. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2709-79272019000400601&lng=es.z](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2709-79272019000400601&lng=es.z)
44. Pineda C, Macías M, Bernal G. Principios físicos básicos del ultrasonido. *Investigación en discapacidad*. [Internet] 2012 [citado el 25 de setiembre de 2022]; (1):25-34. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=36138>
45. Godínez F, Bravo E, Vega D, González P, Hernández O, Domínguez S. Implementación del ultrasonido pulmonar en la UCI durante la pandemia de COVID-19. *Med Crit*. [Internet] 2020 [citado el 26 de setiembre de 2022]; 34(4):238-244. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.35366/95879>
46. Díaz N, Garrido R, Castellano J. Ecografía: principios ecográficos y lenguaje ecográfico. *SEMERGEN – Medicina de Familia*. [internet] 2008 [citado el 3 de abril de 2023]; 33(7):362-9. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S1138-3593\(07\)73916-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1138-3593(07)73916-3)
47. Manterola C, Asenjo C, Otzen T. Jerarquización de la evidencia: Niveles de evidencia y grados de recomendación de uso actual. *Rev. chil. infectol*. [Internet]. 2014 Dic [Citado el 22 de octubre de 2022]; 31(6): 705-718. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182014000600011>.
48. Avendaño L, Blacio C, Calderón A, Cueva M. Caracterización clínica y de gravedad en adultos con COVID-19 hospitalizados. *Bol. Malariol. salud ambient*. [Internet] 2022 [citado el 23 de octubre de 2022]; 62(2):218-226. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/gim/resource/en,au:%22Martins%20Neto,%20Viviana%22/biblio-1379511>
49. Manta B, Sarkisian A, García B, Pereira V. Fisiopatología de la enfermedad COVID-19. *Odontoestomatología*. [Internet] 2021 [citado el 24 de octubre de 2022]; 24(39):312. Disponible en: DOI: 10.22592/ode2022n39e312
50. Tomaino M, Barletta J, Rolón M. Score clínico simple para el uso racional de ecografía pulmonar en pacientes ambulatorios con COVID-19. *Rev. Argent. salud*

- pública. [Internet] 2022 [citado el 25 de octubre de 2022]; (14):51. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1853-810X2022000200051&lng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-810X2022000200051&lng=es).
51. Palma M, Contreras E, Samayoa J. Ultrasonido Pulmonar, riesgo de intubación y mortalidad en pacientes por COVID-19. *Respirar*. [Internet] 2022 [citado el 13 de enero de 2023]; 14(1):22. Disponible en: DOI: 10.55720/respirar.14.1.4
  52. Ramírez M, Ponce E, Heredia D. Covid19 y los factores de riesgo en pacientes vulnerables. Análisis de casos. *Revista Científica dominio de las ciencias*. [internet] 2022 [citado el 3 de abril de 2023]; 8(1):602-609. DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i41.2511>
  53. Petrova D, Salamanca E, Rodríguez M, Navarro Pilar, Jiménez J, Sánchez M. La obesidad como factor de riesgo en personas con COVID-19: posibles mecanismos e implicaciones. *Aten Primaria*. [Internet] 2020 [Citado el 09 de octubre de 2022]; 2020;52(7):496-500. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2020.05.003>
  54. Steinberg E, Wright E, Kushner B. In Young Adults with COVID-19, Obesity Is Associated with Adverse Outcomes. *W J Emerg Med* [Internet] 2020 [citado el 15 de enero de 2023]; 21(4):752-755. Disponible en: doi:10.5811/westjem.2020.5.47972
  55. Plasencia T, Aguilera R, Almaguer L. Comorbilidades y gravedad clínica de la COVID-19: revisión y metaanálisis. *Rev haban cienc méd* [Internet] 2020 [citado el 15 de enero de 2023]; 19:3389. Disponible en: <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/3389>
  56. Mafort T, Lopes A, Henrique C, Soares M, Carneiro M, Antunes B. et al. Changes in lung ultrasound of symptomatic healthcare professionals with COVID-19 pneumonia and their association with clinical findings. *J Clin Ultrasound*. [Internet] 2020 [citado el 14 de enero de 2023]; 48:515-521. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jcu.22905>
  57. Manzur D, Cruz E, Gopar R, Araiza D, Garza Ar, Ramírez E et al. Uso de ultrasonido pulmonar para predecir mortalidad intrahospitalaria en pacientes con infección por COVID-19. *Gac. Méd. Méx* [Internet]. 2021 [citado el 2 de abril de 2032]; 157(3):261-266. Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0016-38132021000300261&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-38132021000300261&lng=es).Epub13-Sep

58. Cuba A, Sosa A, Cabrales A. Ecografía pulmonar en el diagnóstico de lesiones graves producidas por el virus SARS-CoV-2. Rev. Cuba. de Medicina Mil. [Internet]. 2023 [citado 2 Abr 2023]; 52(1). Disponible en: <https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/2252>
59. Saura M, Borroto Y, Aguila M. Ecografía pulmonar en la evaluación del paciente crítico. Medicentro Electrónica [Internet]. 2023 [citado el 2 de abril de 2023]; 27(1):3796. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1029-30432023000100020&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30432023000100020&lng=es)
60. Tung Y, Giraldo A, Mora A, Dorado L, Gonzáles P, Valencia A, *et al.* Impact of lung ultrasound during the SARS-CoV-2 pandemic: Distinction between viral and bacterial pneumonia. [Internet] 2022 [Citado el 28 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.reuma.2021.09.007>
61. Oliveira R, Potrich T, Savola P, Cavalanti A, Chammas M. Lung ultrasound: an additional tool in COVID-19. Radiol Bras. [Internet] 2020 [citado el 14 de enero de 2023]; 53(4):241-251. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-3984.2020.0051>
62. García G, Casado I, Torres J. Ecografía clínica en el proceso de toma de decisiones en medicina. Rev Clin Esp. [Internet] 2019 [citado el 23 de setiembre de 2022]; 220(1):49-56. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rce.2019.04.004>
63. Tapia M, Melgar R, Carrillo R, Jacinto S, Campa A. Ultrasonografía pulmonar en COVID-19 serie de casos. Cir Cir. [Internet] 2021 [citado el 15 de enero de 2023]; 89(1):46-56. Disponible en: DOI: 10.24875/CIRU.20000634
64. Vargas H. Ultrasonido pulmonar como indicador de gravedad en COVID-19. Revista Diversidad Científica. [Internet] 2022 [citado el 14 de enero de 2023]; 2(1):39-47. Disponible en: <https://doi.org/10.36314/diversidad.v2i1.26>
65. Campoverde M, Fernández M, Donati P, Fassola L. Ecografía pulmonar como predictor de terapia intensiva en neumonía por COVID-19. Medicina (B. Aires)

- [internet] 2022 [citado el 3 de abril de 2023]; 82(2):185-191. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0025-76802022000400185&lng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802022000400185&lng=es).
66. Guarracino F, Vetrugno L, Foforti F, Corradi F, Orso D, Bertini P et al. Lung Heart and diaphragm ultrasound examination COVID-19 patients a comprehensive approach. [Internet] 2021 [citado el 14 de enero de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2020.06.013>
67. Pillai K, Hewage S, Harky A. The role of the Lung Ultrasound in Coronavirus Disease 2019: A Systematic Review. J Med Ultrasound. [Internet] 2020 [citado el 14 de enero de 2023]; 28:207-12. Disponible en: DOI: 10.4103/JMU.JMU\_87\_20
68. Navarro J, Herrera L, Granada J, Montaña D. Uso del ultrasonido a la cabecera del paciente con neumonía por COVID-19: una revisión narrativa de la literatura. Univ. Med. [internet] 2020 [citado el 2 de abril de 2023]; 61(04). Disponible en: <https://doi.org/10/11144/Javeriana.umed61-4.ultr>

## **CAPÍTULO VII – ANEXOS**

### 7.1.Lista de abreviaturas

CoV	Coronavirus
COVID-19	Enfermedad por Coronavirus 19
ECA	Enzima convertidora de angiotensina
HmPV	Metapneumovirus
IL	Interleucina
LUS	Lung Ultrasound
MERS-CoV-2	Coronavirus del síndrome respiratorio de Oriente Medio
MS	Ministerio de Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PCR	Reacción en cadena de la Polimerasa
SARS-CoV-2	Enfermedad por coronavirus 2019
SRA	Sistema Renina Angiotensina
TNF	Factor de necrosis tumoral
UCI	Unidad de Cuidados Intensivos
TAC	Tomografía axial computarizada
Rx	Rayos X