

**Galileo**  
UNIVERSIDAD  
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL  
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES  
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



## Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA ACERCA DEL IMPACTO DE LOS EJERCICIOS AERÓBICOS DE INTENSIDAD MODERADA SOBRE LA CAPACIDAD PULMONAR EN PACIENTES MASCULINOS DE 30 A 60 AÑOS CON SÍNDROME POST-COVID-19

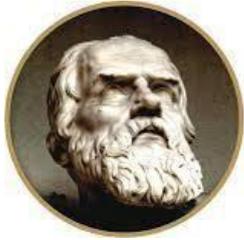


Que Presenta

**ANDREA ESTHER AZUCENA CARDONÁ LEMUS**

Ponente

Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2023.



**Galileo**  
UNIVERSIDAD  
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL  
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES  
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



## **Instituto Profesional en Terapias y Humanidades**

# **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA ACERCA DEL IMPACTO DE LOS EJERCICIOS AERÓBICOS DE INTENSIDAD MODERADA SOBRE LA CAPACIDAD PULMONAR EN PACIENTES MASCULINOS DE 30 A 60 AÑOS CON SÍNDROME POST-COVID-19**



Que Presenta

**Andrea Esther Azucena Cardona Lémus**

Ponente

**LFT. Laura Marcela Fonseca Martínez**

Director de Tesis

**Licda. María Isabel Díaz Sabán**

Asesor Metodológico

Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2023.

## INVESTIGADORES RESPONSABLES

Ponente	Andrea Esther Azucena Cardona Le´mus
Director de Tesis	LFT. Laura Marcela Fonseca Mart´inez
Asesor Metodol´ogico	Licda. Mar´ia Isabel D´iaz Sab´an



**Galileo**  
UNIVERSIDAD  
La Revolución en la Educación

Guatemala, 21 de octubre 2023

Estimada alumna:

**Andrea Esther Azucena Cardona Lémus**

Presente.

Respetable:

La comisión designada para evaluar el proyecto **“Revisión bibliográfica acerca del impacto de los ejercicios aeróbicos de intensidad moderada sobre la capacidad pulmonar en pacientes masculinos de 30 a 60 años con síndrome post-covid-19”** correspondiente al Examen General Privado de la Carrera de Licenciatura en Fisioterapia realizado por usted, ha dictaminado dar por APROBADO el mismo.

**Aprovecho la oportunidad para felicitarla y desearle éxito en el desempeño de su profesión.**

Atentamente,

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Lic. Emanuel Alexander  
Vásquez Monzón  
Secretario

Lic. Diego Estuardo  
Jimenez Rosales  
Presidente

Lic. Laura Marcela  
Fonseca Martínez  
Examinador



*Galileo*  
UNIVERSIDAD  
La Revolución en la Educación

Guatemala, 11 de mayo 2022

Doctora  
Vilma Chávez de Pop  
Decana  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Universidad Galileo  
Respetable Doctora Chávez:

**Tengo el gusto de informarle que he realizado la revisión de trabajo de tesis titulado: “Revisión bibliográfica acerca del impacto de los ejercicios aeróbicos de intensidad moderada sobre la capacidad pulmonar en pacientes masculinos de 30 a 60 años con síndrome post-covid-19” de la alumna Andrea Esther Azucena Cardona Lémus.**

Después de realizar la revisión del trabajo he considerado que cumple con todos los requisitos técnicos solicitados, por lo tanto, la autora y el asesor se hacen responsables del contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente

Lic. Laura Marcela Fonseca Martínez  
Asesor de tesis  
IPETH – Guatemala



**Galileo**  
UNIVERSIDAD  
La Revolución en la Educación

Guatemala, 13 de mayo 2022

Doctora  
Vilma Chávez de Pop  
Decana  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Universidad Galileo

Respetable Doctora Chávez:

De manera atenta me dirijo a usted para manifestarle que la alumna **Andrea Esther Azucena Cardona Lémus** de la Licenciatura en Fisioterapia, culminó su informe final de tesis titulado: **“Revisión bibliográfica acerca del impacto de los ejercicios aeróbicos de intensidad moderada sobre la capacidad pulmonar en pacientes masculinos de 30 a 60 años con síndrome post-covid-19”** Ha sido objeto de revisión gramatical y estilística, por lo que puede continuar con el trámite de graduación. Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente

Lic. Emanuel Alexander Vásquez Monzón  
Revisor Lingüístico  
IPETH- Guatemala

**INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA COTEJO DE TESINA  
DIRECTOR DE TESINA**

<b>Nombre del Director:</b> Lft. Laura Marcela Fonseca Martinez
<b>Nombre del Estudiante:</b> Andrea Esther Azucena Cardona Lemus
<b>Nombre de la Tesina/sis:</b> Revisión bibliográfica acerca del impacto de los ejercicios aeróbicos de intensidad moderada sobre la capacidad pulmonar en pacientes masculinos de 30 a 60 años con síndrome post-COVID-19.
<b>Fecha de realización:</b> Primavera 2022

**Instrucciones:** Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesina del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

**ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESINA**

No.	Aspecto a Evaluar	Registro de Cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
1.	El tema es adecuado a sus Estudios de Licenciatura.	✓		
2.	El título es claro, preciso y evidencia claramente la problemática referida.	✓		
3.	La identificación del problema de investigación plasma la importancia de la investigación.	✓		
4.	El problema tiene relevancia y pertinencia social y ha sido adecuadamente explicado junto con sus interrogantes.	✓		
5.	El resumen es pertinente al proceso de investigación.	✓		
6.	Los objetivos tanto generales como específicos han sido expuestos en forma correcta, en base al proceso de investigación realizado.	✓		
7.	Justifica consistentemente su propuesta de estudio.	✓		
8.	El planteamiento es claro y preciso. claramente en qué consiste su problema.	✓		
9.	La pregunta es pertinente a la investigación realizada.	✓		
10.	Los objetivos tanto generales como específicos, evidencia lo que se persigue realizar con la investigación.	✓		
11.	Sus objetivos fueron verificados.	✓		
12.	Los aportes han sido manifestados en forma correcta.	✓		

13.	Los resultados evidencian el proceso de investigación realizado.	✓		
14.	Las perspectivas de investigación son fácilmente verificables.	✓		
15.	Las conclusiones directamente derivan del proceso de investigación realizado	✓		
16.	El capítulo I se encuentra adecuadamente estructurado en base a los antecedentes que debe contener.	✓		
17.	En el capítulo II se explica y evidencia de forma correcta el problema de investigación.	✓		
18.	El capítulo III plasma el proceso metodológico realizado en la investigación.	✓		
19.	El capítulo IV proyecta los resultados, discusión, conclusiones y perspectivas pertinentes en base a la investigación realizada.	✓		
20.	El señalamiento a fuentes de información documentales y empíricas es el correcto.	✓		
21.	Permite al estudiante una proyección a nivel investigativo.	✓		

**Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución**

*Laura M. Fonseca M.*

LFT. Laura Marcela Fonseca Martínez



**IPETH INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES A.C.  
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA  
COORDINACIÓN DE TITULACIÓN**

**INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA DE COTEJO TESINA ASESOR METODOLÓGICO**

<b>Nombre del Asesor:</b> Licencia da María Isabel Díaz Sabán
<b>Nombre del Estudiante:</b> Andrea Esther Azucena Cardona Lemus
<b>Nombre de la Tesina/sis:</b> Revisión bibliográfica acerca del impacto de los ejercicios aeróbicos de intensidad moderada sobre la capacidad pulmonar en pacientes masculinos de 30 a 60 años con síndrome post-COVID-19
<b>Fecha de realización:</b> Primavera 2022

**Instrucciones:** Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesina del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

**ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESINA**

<i>No.</i>	<i>Aspecto a evaluar</i>	<i>Registro de cumplimiento</i>		<i>Observaciones</i>
		<i>Si</i>	<i>No</i>	
<b>1</b>	<b><i>Formato de Página</i></b>	<i>Si</i>	<i>No</i>	
a.	Hoja tamaño carta.	X		
b.	Margen superior, inferior y derecho a 2.5 cm.	X		
c.	Margen izquierdo a 3.0 cm.	X		
d.	Orientación vertical excepto gráficos.	X		
e.	Paginación correcta.	X		
f.	Números romanos en minúsculas.	X		
g.	Página de cada capítulo sin paginación.	X		
h.	Todos los títulos se encuentran escritos de forma	X		
i.	Times New Roman (Tamaño 12).	X		
j.	Color fuente negro.	X		
k.	Estilo fuente normal.	X		
l.	Cursivas: Solo en extranjerismos o en locuciones.	X		
m.	Texto alineado a la izquierda.	X		
n.	Sangría de 5 cm. Al iniciar cada párrafo.	X		
o.	Interlineado a 2.0	X		
p.	Resumen sin sangrías.	X		
<b>2.</b>	<b><i>Formato Redacción</i></b>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Observaciones</i>
a.	Sin faltas ortográficas.	X		
b.	Sin uso de pronombres y adjetivos personales.	X		
c.	Extensión de oraciones y párrafos variado y medurado.	X		
d.	Continuidad en los párrafos.	X		
e.	Párrafos con estructura correcta.	X		
f.	Sin uso de gerundios (ando, iendo)	x		

g.	Correcta escritura numérica.	X		
h.	Oraciones completas.	X		
i.	Adecuado uso de oraciones de enlace.	X		
j.	Uso correcto de signos de puntuación.	X		
k.	Uso correcto de tildes.	X		
l.	Empleo mínimo de paréntesis.	X		
m.	Uso del pasado verbal para la descripción del	X		
n.	Uso del tiempo presente en la discusión de resultados y	X		
<b>3.</b>	<b><i>Formato de Cita</i></b>	<b><i>Si</i></b>	<b><i>No</i></b>	<b><i>Observaciones</i></b>
a.	Empleo mínimo de citas.	X		
b.	Citas textuales o directas: menores a 40 palabras.	X		
c.	Citas textuales o directas: de 40 palabras o más, en	X		
d.	Uso de tres puntos suspensivos dentro de la cita para	X		
<b>4.</b>	<b><i>Formato referencias</i></b>	<b><i>Si</i></b>	<b><i>No</i></b>	<b><i>Observaciones</i></b>
a.	Correcto orden de contenido con referencias.	X		
b.	Referencias ordenadas alfabéticamente.	X		
c.	Correcta aplicación del formato APA 2016.	X		
<b>5.</b>	<b><i>Marco Metodológico</i></b>	<b><i>Si</i></b>	<b><i>No</i></b>	<b><i>Observaciones</i></b>
a.	Agrupó, organizó y comunicó adecuadamente sus ideas	X		
b.	Las fuentes consultadas fueron las correctas y de	X		
c.	Seleccionó solamente la información que respondiese a	X		
d.	Pensó acerca de la actualidad de la información.	X		
e.	Tomó en cuenta la diferencia entre hecho y opinión.	X		
f.	Tuvo cuidado con la información sesgada.	X		
g.	Comparó adecuadamente la información que recopiló	X		
h.	Utilizó organizadores gráficos para ayudar al lector a	X		
i.	El método utilizado es el pertinente para el proceso de	X		
j.	Los materiales utilizados fueron los correctos.	X		
k.	El estudiante conoce la metodología aplicada en su	X		

### Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución



Licenciada María Isabel Díaz Sabán

## DICTAMEN DE TESINA

Siendo el día 13 del mes de mayo del año 2022.

Acepto la entrega de mi Título Profesional, tal y como aparece en el presente formato.

Los C.C.

**Director de Tesina**  
Función

LFT. Laura Marcela Fonseca Martínez



**Asesor Metodológico**  
Función

Licda. María Isabel Díaz Sabán



**Coordinador de Titulación**  
Función

LFT. Diego Estuardo Jiménez Rosales



Autorizan la tesina con el nombre de:

Revisión bibliográfica acerca del impacto de los ejercicios aeróbicos de intensidad moderada sobre la capacidad pulmonar en pacientes masculinos de 30 a 60 años con síndrome post-COVID-19

Realizada por el estudiante:

**Andrea Esther Azucena Cardona Lemus**

Para que pueda realizar la segunda fase de su Examen Privado y de esta forma poder obtener el Título y Cédula Profesional como Licenciado en Fisioterapia.

 **IPETH®**  
Titulación Campus Guatemala  
Firmá y Sello de Coordinación de Titulación

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de investigación a Dios, quien me brindó sabiduría a lo largo de mi carrera, escuchó cada una de mis oraciones y me seguirá guiando a lo largo de mi formación profesional, a mi abuelita (abue) quien me guió y cuidó en toda mi formación estudiantil, a quien veo en todas las flores que encuentro, sobre todo en las margaritas y a mis padres por brindarme la oportunidad de superarme cada día.

Andrea Cardona

## **Agradecimientos**

Agradezco a mis Licenciados que compartieron sus conocimientos conmigo en todo momento, que resolvieron la más mínima duda que tenía y jamás dudaron de mí. A mis padres que me apoyaron en todo momento, que se preocuparon por mí y que siempre estuvieron para abrazarme y amarme, agradezco a mis hermanos y amigos que me dieron palabras de apoyo y fueron mis primeros pacientes. Un agradecimiento en especial a mi compañero Bill Gabriel quien se esforzó y me apoyo en cada etapa de este trabajo y a su hijo Deneb quien es su mayor motivación. Agradezco a los lectores de este trabajo de investigación esperando que sea de mucha ayuda para futuras investigaciones y motivar a cada profesional a seguir creciendo.

Andrea Cardona

## **Palabras clave**

COVID-19

Síndrome post-COVID-19

SARS-CoV-2

Coronavirus

Ejercicio aeróbico

Ejercicio aeróbico de intensidad moderada

COVID-19 pacientes masculinos

Rehabilitación Post-COVID-19

Rehabilitación pulmonar

Dosificación ejercicio aeróbico moderado.

# Índice

Portadilla	i
Investigador responsable	ii
Carta Galileo aprobación de examen privado	iii
Carta Galileo aprobación asesor de tesis	iv
Carta Galileo aprobación revisor lingüístico	v
Lista de cotejo	vi
Hoja de dictamen de tesis	x
Dedicatoria	x
Agradecimientos	xii
Palabras clave	xiii
Resumen	1
Capítulo I	2
Marco teórico	2
1.1 Antecedentes generales	2
1.1.1 Descripción de la problemática.	2
1.1.2 Anatomía de vías aéreas superiores.	2
1.1.3 Anatomía de vías aéreas inferiores.	6
1.1.4 Fisiología del sistema respiratorio.	14
1.1.5 Definición.	21
1.1.6 Cuadro clínico del síndrome post-covid-19.	23
1.1.7 Etiología.	26
1.1.8 Fisiopatología.	27
1.1.9 Epidemiología.	30
1.1.10 Tratamiento convencional.	31
1.2 Antecedentes específicos	33
1.2.1 Definición de ejercicio aeróbico.	33
1.2.2 Ejercicio aeróbico de intensidad moderada.	34
1.2.3 Efectos del ejercicio aeróbico de intensidad moderada sobre la capacidad pulmonar	41
1.2.4 Ejercicio aeróbico de intensidad moderada en síndrome post-COVID-19	42

Capítulo II	44
Planteamiento del problema	44
2.1 Planteamiento del problema.	44
2.2 Justificación	46
2.3 Objetivos	49
2.3.1 Objetivo general.	49
2.3.2 Objetivos específicos.	49
Capítulo III	50
Marco Metodológico	50
3.1 Materiales	50
3.2 Métodos utilizados	51
3.2.1 Enfoque de investigación	51
3.2.2 Tipo de estudio	52
3.2.3 Método de estudio	53
3.2.4 Diseño de investigación	53
3.2.5 Criterios de investigación	54
3.3 Variables	55
3.3.1 Variable independiente	55
3.3.2 Variable dependiente	55
3.3.3 Operacionalización de las variables	55
Capítulo IV	57
Resultados	57
4.1 Resultados	57
4.2 Discusión	68
4.3 Conclusión	70
4.4 Perspectiva y/o prácticas	71
Referencias	

## Índice de figuras

Figura 1 División de las vías respiratorias.	3
Figura 2 Ubicación de las estructuras respiratorias.	4
Figura 3 Corte sagital media del cuello y cabeza, que expone las partes faríngeas.	5
Figura 4 Corte sagital mediano de la laringe.	6
Figura 5 Anatomía del pulmón.	10
Figura 6 Músculos primarios de la respiración.	11
Figura 7 Sinergia muscular en la inspiración y espiración.	14
Figura 8 Mecánica de la ventilación pulmonar.	16
Figura 9 Diagrama que describe todas las capacidades y volúmenes pulmonares.	18
Figura 10 Estructura de la membrana respiratoria alveolar, corte transverso.	19
Figura 11 Transporte de oxígeno.	20
Figura 12 Transporte de dióxido de carbono.	21
Figura 13 Prevalencia de síntomas durante la infección y en el seguimiento	26
Figura 14 Respuesta de la ventilación pulmonar (VE).	42
Figura 15 Gráfica de barra de base de datos utilizadas.	51

## Índice de tablas

Tabla 1 Escala de esfuerzo percibido de Borg	38
Tabla 2 Clasificación de la intensidad del ejercicio	40
Tabla 3 Criterios de selección	54
Tabla 4 Operacionalización de las variables.	56

## **Resumen**

El síndrome post-COVID-19 tiene por definición la subsistencia de signos y síntomas clínicos después de padecer la COVID-19, que se manifiestan por más de 12 semanas y no se explican por un diagnóstico alternativo, siendo los síntomas respiratorios más persistentes y comunes son la disnea, tos y dolor torácico la interacción con los ejercicios de régimen aeróbico, estos ejercen efectos protectores sobre un buen grupo de enfermedades, las cuales se asocian a mayor morbilidad en pacientes con COVID-19.

El ejercicio aeróbico de intensidad moderada genera un cambio a nivel fisiológico y terapéutico a nivel pulmonar, donde los ejercicios que más resaltan son la caminata rápida, natación, cicloergómetro o bailar, estas actividades realizadas entre 150 minutos y 300 minutos por semana generarán un impacto positivo en los pacientes con síndrome post-COVID-19, resaltando así la mejora en la capacidad pulmonar.

Se realizó una búsqueda sistemática en libros, páginas web de fuentes oficiales y bases de datos oficiales donde se recolectó información sobre la fisiopatología, etiología y cuadro clínico sobre el síndrome post-COVID-19, y sobre los ejercicios aeróbicos de intensidad moderada en interacción con el síndrome post-COVID-19. En los cuales se utilizaron palabras claves para facilitar el proceso de búsqueda y recolección de información.

Los resultados demostraron que hay múltiples cambios que alteran las capacidades pulmonares dentro de los cuales se mencionan, el daño epitelial y endotelial pulmonar, fibrosis pulmonar y alteración en la difusión de gases, así también se resaltaron los efectos tanto fisiológicos y terapéuticos que la evidencia demuestra desde los factores micro y macroscópicos.

# Capítulo I

## Marco teórico

Con el marco teórico lo que se busca es dar a comprender la anatomía y fisiología del sistema respiratorio que es el sistema más afectado por la COVID-19 y como dicha patología puede afectar a largo plazo dando inicio al síndrome post-COVID-19, se pretende resaltar cual es el impacto fisiológico de dicho síndrome para así abordar cuál es la mejor técnica fisioterapéutica que permitirá generar un mejor abordaje para el tratamiento de los pacientes con síndrome post-COVID-19.

### 1.1 Antecedentes generales

**1.1.1 Descripción de la problemática.** La Enfermedad de COVID-19 afecto a todos a nivel mundial, generando un cambio drástico en el área de salud, sin embargo, esta patología no se limitó a solo tener una fase aguda, si no que generó secuelas conocidas como síndrome post-COVID-19, síntomas como fatiga, disnea, mareos o pérdida de la concentración son las principales que se pueden encontrar en pacientes de entre 30 a 60 años, que tengan algún tipo de patología crónica o que hayan sufrido de manera grave la enfermedad en su estadio agudo.

**1.1.2 Anatomía de vías aéreas superiores.** Existen diversas características anatómicas de la vía aérea alta, la nariz es característicamente particular, en conjunto con las demás estructuras de las vías aéreas superiores (VAS) cumplen el objetivo de protección. Debido a que el eje de la vía nasal se sitúa perpendicularmente a la tráquea permite atrapar las partículas (figura 1). Los cornetes, estructuras altamente vascularizadas y con una gran área de exposición, concentran el aire en una corriente pequeña, logrando calentar, humidificar y

filtrar el aire que ingresa por la nariz. El aporte de la vía aérea superior a la resistencia total de la vía aérea es fundamental. La resistencia total de las vías aéreas producida por las vías aéreas superiores es elemental. En promedio, el 50% de la resistencia de la vía aérea está en la nariz, siendo mayor la resistencia en un recién nacido, de 80% (Sánchez y Concha, 2018).

Las VAS están conformadas por varias estructuras siendo estas:

- Narices y fosas nasales
- Cavidad oral
- Lengua
- Faringe
- Laringe

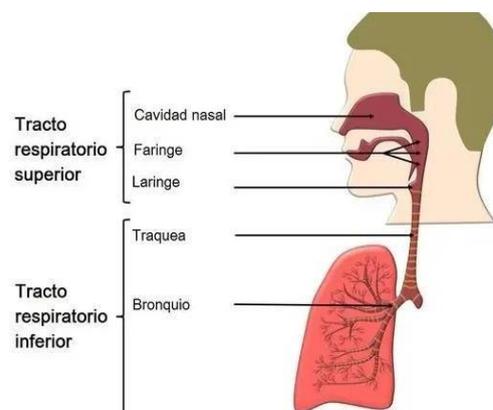


Figura 1 División de las vías respiratorias.

Recuperado: <https://tinyurl.com/ykezvdkm>

**1.1.2.1 Nariz y fosas nasales.** La nariz se encuentra ubicada en el medio de la cara, inferior a la frente, encima del labio superior, intermedio a las mejillas, tiene la forma de una pirámide triangular, principalmente el eje va en dirección de cefálico a caudal y de posterior hacia anterior (figura 2). Los huesos correspondientes a la estructura de la nariz son los huesos nasales, el proceso frontal del maxilar, la cara anterior de la lámina perpendicular del etmoides, la espina nasal del frontal y bordes anteriores del proceso palatino maxilar. En cuanto a las fosas nasales son dos, una derecha y otra izquierda. Se encuentran excavadas en

el viscerocráneo y divididas por un tabique vertical mediano y por la mucosa que contiene los receptores olfatorios. Su abertura anterior está formada por las narinas y su abertura posterior, por las coanas. Estas últimas comunican las cavidades nasales con la nasofaringe (Latarjet y Ruiz, 2019).

**1.1.2.2 Cavity Oral y lengua.** Su forma está dada por un vestíbulo, una cavidad oral y el istmo de las fauces (figura 2). Se sabe que los pilares faríngeos (glosopalatino y faringopalatinos) también son parte de la estructura de la cavidad oral, incluidos el paladar blando y duro, y la primera parte del esófago. Forma parte de las estructuras óseas del maxilar superior e inferior. La lengua es una estructura muscular sostenido por uniones con los huesos hioides, maxilar inferior y etmoides, así como del paladar blando y paredes de la faringe (Asenjo y Pinto, 2017).

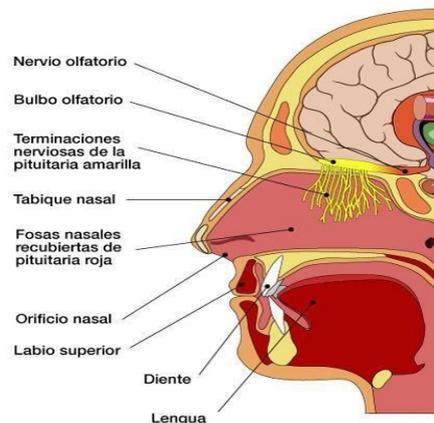


Figura 2 Ubicación de las estructuras respiratorias.

Recuperado: <https://tinyurl.com/5xj5nds5>

**1.1.2.3 Faringe.** En el sistema digestivo es la porción expandida y superior, por detrás de las cavidades nasal y bucal, y se extiende inferiormente más allá de la laringe. La faringe se expande desde la base del cráneo hasta el borde inferior del cartílago cricoides, anteriormente, y hasta el borde inferior de la vértebra C6 posteriormente (figura 3). La faringe es más ancha (unos 5 cm) con respecto al hioides y más estrecha (unos 1,5 cm) en su extremo inferior, donde se comunica con el esófago. La pared posterior plana de la faringe

está contigua a la lámina prevertebral de la fascia cervical profunda (Moore, Agur y Dalley, 2017).

La faringe se divide en tres porciones:

- Nasofaringe, posterior a la nariz y superior al paladar blando.
- Bucofaríngea, posterior a la boca.
- Laringofaringe, posterior a la laringe.

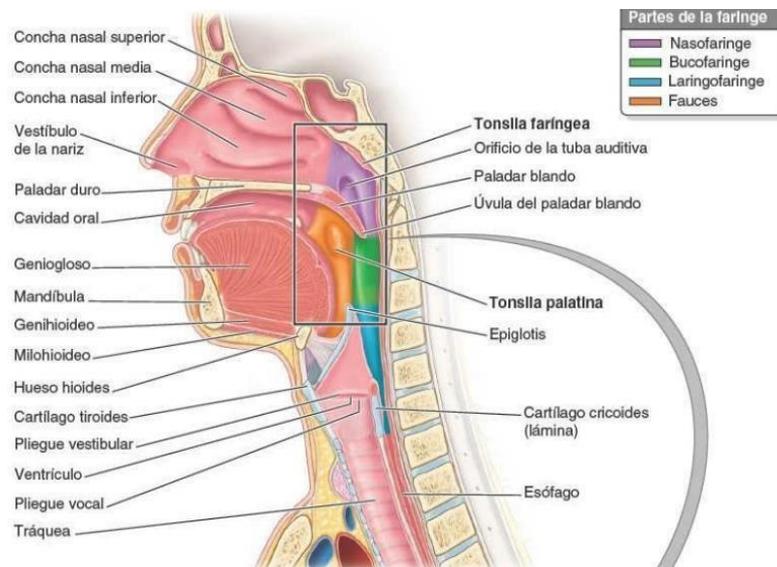


Figura 3 Corte sagital media del cuello y cabeza, que expone las partes faríngeas.

Fuente: Moore, Agur y Dalley, 2017.

**1.1.2.4 Laringe.** Esta estructura es parte sustancial y diferenciada del tracto aéreo, en el sistema ventilatorio. Por su estructura anatómica de cartílagos unidos entre sí a través de un sistema de articulaciones, ligamentos y de membranas, es un órgano complejo (figura 4). Son músculos específicos los que movilizan uno en relación a otro. Por la disposición de algunos de ellos alrededor del conducto aéreo, forman las cuerdas vocales. Estos demarcan un espacio, la hendidura glótica, que puede cerrarse totalmente y producir el bloqueo de la ventilación. Cuando los pliegues vocales (cuerdas vocales) vibran al pasaje del aire inspirado, emiten el sonido laríngeo: la laringe es, además, el órgano por excelencia de la fonación, que es la emisión de sonidos con objetivos de comunicación intencionada para expresar ideas o sentimientos (Latarjet y Ruiz, 2019).

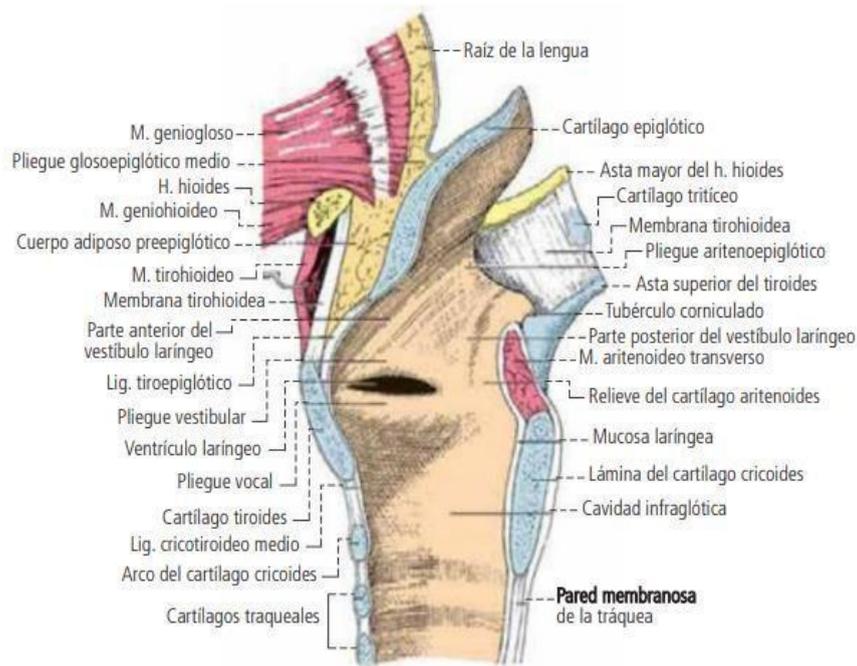


Figura 4 Corte sagital mediano de la laringe. Segmento derecho del corte, visto por su cara medial.

Fuente: Latarjet y Ruiz, 2019.

**1.1.3 Anatomía de vías aéreas inferiores.** En nuestro cuerpo existen billones de células que necesitan constantemente un suministro de oxígeno para llevar a cabo de manera adecuada los procesos vitales que nuestro cuerpo necesita. Es por esto que es de suma importancia el cuidar el funcionamiento adecuado del sistema respiratorio y el sistema cardiovascular, que cabe resaltar son los dos sistemas encargados de suministrar oxígeno a cada célula y eliminar el dióxido de carbono que cada célula produce.

**1.1.3.1 Bronquios y árbol bronquial.** Dentro de ambos pulmones podemos encontrar los bronquios que se extienden a partir de la tráquea y ayudan a la conducción del aire, los bronquiolos son las últimas vías que conducen el aire y por último se encuentran los alvéolos que son sacos microscópicos que contienen la red capilar donde ocurre el intercambio gaseoso que está estrechamente conectado con el corazón.

Cada pulmón tiene un sistema de ramificación de tubos que permiten el paso y distribución del aire, a esta ramificación se le conoce como árbol bronquial, dicho árbol se

extiende desde el bronquio principal hasta casi 65 mil bronquiolos terminales. (Saladin, 2012)

Continuando con su anatomía Marisé (2003) describe cómo se dividen estos bronquios:

- Bronquio principal derecho, este se presenta en una dirección casi vertical, su tamaño es de alrededor de 2 cm, pero de mayor calibre que el izquierdo. Este bronquio está cabalgado por el arco de la gran vena ácigos y es cruzado por el nervio vago derecho.
- Bronquio principal izquierdo, este se ubica en una dirección menos vertical que el bronquio derecho, sin embargo, tiene un tamaño de 5 cm, siendo más largo que el derecho, pero de menor calibre y este se encuentra rodeado por el arco de la aorta y es cruzado por su tramo descendente y por el nervio vago izquierdo.

Los bronquios son canales membranosos, cilíndricos y semirrígidos que constan de tres capas: una externa que está formada por tejido fibroso y cartílago, una capa media formada por fibras musculares lisas y la más interna que está formada por fibras elásticas, tejido linfóide y una membrana mucosa cubierta de cilios (Mercado, 2010).

Los bronquiolos terminales se subdividen en ramas más pequeñas, llegando al punto de ser microscópicas llamadas bronquiolos respiratorios, estos bronquiolos respiratorios se subdividen entre dos u once atrios alveolares. Alrededor de los conductos alveolares se encuentran millones de alvéolos y sacos alveolares. Un alveolo tiene forma de una copa recubierta de un epitelio y es sostenido por una membrana basal que es delgada y elástica. Así mismo el saco alveolar sin dos o más alvéolos que comparten una misma abertura (Rizzo, 2010).

**1.1.3.2 Pulmones.** Los pulmones son dos estructuras ubicadas uno a cada lado del corazón, a pesar de ser diferentes hacen un trabajo en conjunto con el corazón que permite que cada una de las células de nuestro cuerpo trabajen de manera óptima. Dentro de los pulmones existen estructuras y células especializadas que permiten el funcionamiento

adecuadas, estructuras como los bronquios, bronquiolos y más de 400 millones de alvéolos distribuidos en cada pulmón, de una manera más microscópica se encuentra la red capilar, que es donde sucede el intercambio gaseoso entre Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y Oxígeno (O<sub>2</sub>).

**1.1.3.3 Localización de los pulmones.** Cada pulmón tiene una base, un vértice, dos caras, un costal, una mediastínica y tres bordes, uno anterior, uno posterior y uno inferior. La base de los pulmones se encuentra en el diafragma el cual es uno de los principales músculos respiratorios, mientras que el vértice se extiende a través de la apertura superior del tórax (Serrano, 2021).

De manera más amplia los pulmones tienen una forma cónica con una base ancha y cóncava que descansa sobre el diafragma y contrario a la base se encuentra el vértice que se proyecta sutilmente hacia arriba de la clavícula. La superficie costal es ancha y está presionada contra la caja torácica como lo indica su nombre. La superficie mediastínica es cóncava y se encuentra en la posición medial, esta superficie presenta una hendidura llamada hilio; por donde el pulmón recibe al bronquio principal, a los vasos sanguíneos, los vasos linfáticos y a los nervios. Dichas estructuras constituyen a la bien conocida raíz del pulmón (Saladin, 2012).

**1.1.3.4 Anatomía de los pulmones.** La forma de los pulmones tiene tres caras, una convexa costal, cóncava diafragmática y mediastínica. Ambos pulmones están envueltos en una cavidad pleural propia y están separados por el mediastino, que es donde se ubica el corazón. Los pulmones son blandos y esponjosos, tienen elasticidad para retraerse hasta un tercio de su volumen, pero su movimiento está ligado a la función de diferentes músculos como el diafragma, los intercostales, los abdominales y los músculos accesorios como los escalenos y el esternocleidomastoideo (Sánchez y Concha, 2018).

**1.1.3.5 Membrana pleural.** Ambos pulmones tienen una pleura, que es una membrana serosa que tiene origen mesodérmico el cual recubre el parénquima pulmonar, el mediastino, el diafragma y la superficie interna de la pared torácica. dicha pleura está constituida por dos capas.

La pleura parietal es la capa más externa, es la que une al pulmón con la pared de la cavidad torácica, esta se subdivide en una pleura costal, una pleura diafragmática y una mediastínica y la pleura visceral es la pleura más interna. El espacio que existe entre cada pleura se denomina espacio o cavidad pleural, que contiene líquido lubricante secretado por las membranas. Dicho líquido evita la fricción entre las dos membranas y también permite el deslizamiento adecuado de las pleuras durante la respiración, mientras que los pulmones y el tórax cambian de forma (Rizzo, 2010).

**1.1.3.6 Lóbulos.** A pesar de que los pulmones tienen estructuras similares están divididos por lóbulos que hace que no serán iguales, pudiendo evidenciar que el pulmón derecho está dividido en 3 lóbulos (figura 5), el lóbulo superior, medio y el lóbulo inferior, y el pulmón izquierdo está dividido en dos lóbulos, uno superior y otro inferior.

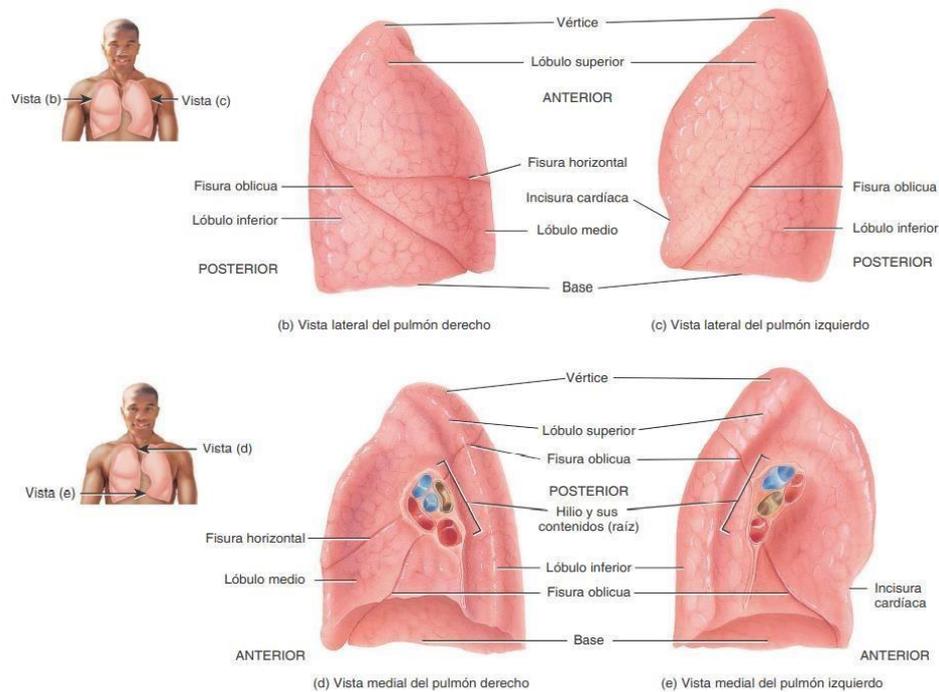


Figura 5 Anatomía del pulmón.

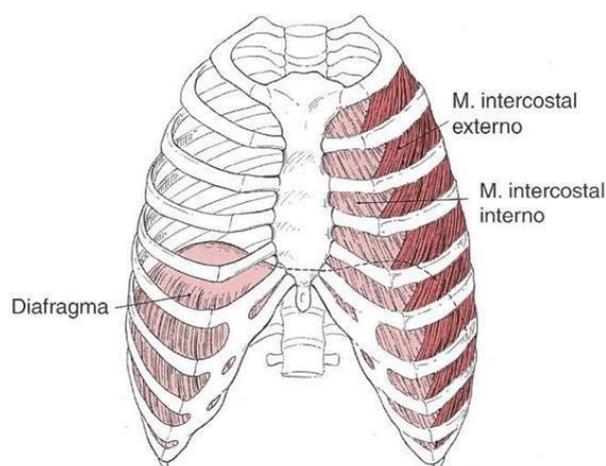
Fuente: Tortora y Derrickson, 2018.

**1.1.3.7 Músculos respiratorios.** Como ya se ha mencionado existen músculos primordiales en la respiración, Kendall's (2007) describe de la mejor manera cual es el origen, inserción, acción y la inervación de cada uno de estos músculos (figura 6).

#### 1.1.3.7.1 Músculos primarios de la respiración.

- Diafragma:
- Origen: el origen esternal son dos bandas carnosas desde el dorso del apéndice xifoides, el origen costal que es la superficie interna de los 6 cartílagos costales inferiores y el origen lumbar que es mediante dos haces desde los cuerpos de las vértebras lumbares superiores y mediando dos arcos fibrosos en cada lado

- Inserción: En el tendón central, que es una aponeurosis delgada y fuerte sin fijación ósea.
- Acción: Con su perfil en cúpula, separa las cavidades abdominales y torácicas, es el principal músculo de la respiración
- Inervación: Frénico, C3-C5
- Intercostales externos:
- Origen: intercostales externos: Bordes inferiores de las costillas
- Inserción: intercostales externos: se fijan en los bordes superiores de las costillas por debajo.
- Origen: intercostales internos: superficie interna de las costillas y los cartílagos costales
- Inserción de intercostales internos: Bordes superiores de las costillas adyacentes por debajo.
- Acción: Actúan como músculos inspiratorios, elevando las costillas y expandiendo el tórax
- Inervación: Nervios intercostales.



*Figura 6 Músculos primarios de la respiración.*

*Fuente: Kendall's, 2007.*

### *1.1.3.7.2 Músculos accesorios de la respiración.*

- Escalenos
  - Origen Anterior: Apófisis transversas de las vértebras cervicales C3 a C6.
  - Inserción anterior: En la primera costilla.
  - Origen Medio: Apófisis transversas de las vértebras cervicales C2 a C7.
  - Inserción medio: en la cara posterosuperior de la primera costilla.
  - Origen Posterior: Apófisis transversas de las vértebras cervicales C4 a C6
  - Inserción Posterior: Superficie externa de la segunda costilla.
  - Acción: Contribuyen a la inspiración al elevar y fijar firmemente la primera y segunda costilla.
  - Inervación: Ramo ventral de nervios espinales cervicales.
  
- Esternocleidomastoideo
  - Origen cabeza esternal: Cara anterior del manubrio interno
  - Origen cabeza clavicular: Tercio interno de la clavícula.
  - Inserción: Cara lateral de la apófisis mastoide, línea nuczal del hueso occipital.
  - Acción: Tracciona desde su inserción en el cráneo y eleva el esternón, aumentando así el diámetro anteroposterior del tórax. Se contrae durante la inspiración moderada y profunda.
  - Inervación: Nervio accesorio y espinales
  
- Serrato anterior
  - Origen: superficie externa de los bordes superiores de la octava a la novena primeras costillas.
  - Inserción: Superficie costal del borde medial de la escápula.
  - Acción: Abducción y rotación de la escápula y mantener el borde medial firmemente contra la caja torácica, interviniendo así en la inspiración forzada.

- Inervación: Torácico Largo
- Pectoral mayor y menor
  - Origen pectoral mayor: fibras superiores: Cara anterior del tercio medial de la clavícula, Fibras Inferiores: Cara anterior del esternón, cartílagos costales de la 6 a 7 costilla
  - Origen pectoral menor: bordes superiores y externos de los cartílagos de la tercera a quinta costilla.
  - Inserción pectoral mayor: Cresta del trocánter mayor del húmero
  - Inserción pectoral menor: Borde medial, cara superior de la apófisis coracoides de la escápula.
  - Acción pectoral mayor: Participa en la inspiración profunda y forzada, sin embargo, no en la espiración.
  - Acción pectoral menor: Ayuda en la inspiración forzada elevando las costillas, moviendo de ese modo el origen hacia la inserción.
  - Inervación: Mayor: Pectoral lateral y medial; Menor: Pectoral medial.
- Trapecio fibras superiores
  - Origen: Protuberancia del occipital, línea nuchal superior, apófisis espinosa de C7.
  - Inserción: Tercio lateral de la clavícula y acromion de la escápula
  - Acción: ayudar a la inspiración forzada contribuyendo a la elevación de la caja torácica.
  - Inervación: Porción espinal del nervio craneal XI y rama ventral.

El correcto funcionamiento de los músculos principales como accesorios involucrados en la respiración hacen que el sistema respiratorio pueda funcionar de una manera óptima y sin presentar complicaciones (Figura 7).

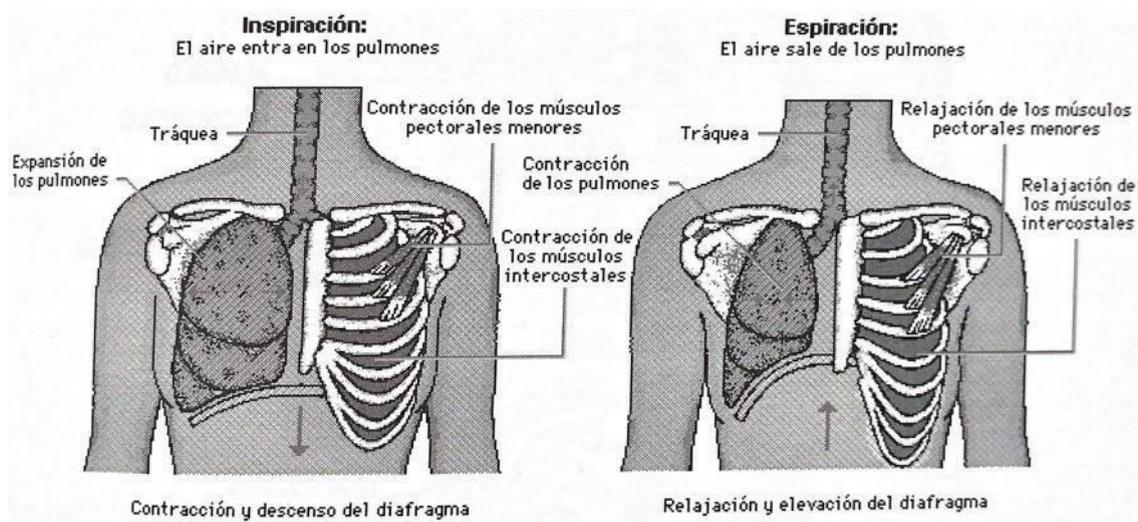


Figura 7 Sinergia muscular en la inspiración y espiración.

Fuente: Mendoza, 2009.

**1.1.4 Fisiología del sistema respiratorio.** El objetivo principal de los pulmones es el de realizar la respiración, absorción de oxígeno y eliminación del CO<sub>2</sub>, dentro de un todo en el cuerpo. En cada respiración hay un movimiento de 500 ml de aire, haciendo un aproximado de entre 6 y 8 litros por cada minuto debido a una respiración de 12 a 18 por minuto. En el instante que el aire llega a las profundidades en la unidad funcional de los pulmones, los alvéolos, se produce un intercambio de gases en proporción que entra el O<sub>2</sub> a los capilares pulmonares y hay una salida de CO<sub>2</sub> hacia los alvéolos para su eliminación del cuerpo. Otra cualidad de suma importancia del sistema respiratorio es la eliminación de las partículas extrañas que suelen ingresar a las vías respiratorias, debido a que, si estas mismas no son eliminadas, podrían proliferar o acumularse limitando la entrada del aire, por ende, la difusión de los gases en el cuerpo. Esta limitada información se ampliará en las próximas páginas (Barret et al., 2020).

**1.1.4.1 Mecánica de la respiración.** Lo que sucede en una respiración natural, la espiración es un evento pasivo y la retracción de los pulmones por su elasticidad es el

resultado del mismo. Existe una facultad elástica tanto en la caja torácica como en los pulmones, es decir, que después de que se distienden, estos regresan a la posición antes de la deformación, de manera pasiva, conocida también como presión de retracción elástica. El diafragma cuando se contrae y sus cúpulas descienden, el espacio interior del tórax se ensancha y disminuye la presión alveolar, lo que sugiere una demanda de aire en el espacio alveolar. Durante una ventilación activa, en actividades que requieren un consumo de oxígeno mayor, los músculos intercostales se activan en el proceso de inspiración, y al contraerse elevan las costillas y expanden el tórax.

**1.1.4.2 Inspiración y espiración.** Tanto la espiración como la inspiración se producen en la respiración y en esta última sucede de manera que se expande la caja torácica y el diafragma desciende, una presión negativa se produce dentro de los pulmones. En un estado de reposo la presión pleural es más negativa, ya que la caja torácica produce una mayor presión hacia fuera. El aire ingresa a los pulmones hasta que la presión alveolar se equipara a la atmosférica. Cuando finaliza la inspiración, la presión de retracción elástica de la caja torácica aún es negativa, pero la presión de retracción de todo el aparato respiratorio es positiva debido a la retracción elástica de los pulmones maximizada. En lo que respecta a la capacidad pulmonar total (CPT), tanto la presión de retracción elástica de la pared como la de los pulmones son positivas (Mulrone y Myers, 2016).

Durante la espiración, músculos inspiratorios se relajan, la presión de retracción elástica del sistema respiratorio produce una elevación de la presión alveolar que supera la presión atmosférica, lo que ocasiona que el aire se dirija hacia la boca para su salida, hasta que la presión alveolar es menor que de la atmosférica. El sistema vuelve a capacidad residual funcional (CRF), excepto que el aire no sea espirado de manera activa más allá de este nivel (Figura 8); la espiración se ve restringida finalmente por la gran presión de retracción elástica

de la caja torácica a medida que se alcanza el volumen residual (VR) (Mulrone y Myers, 2016).

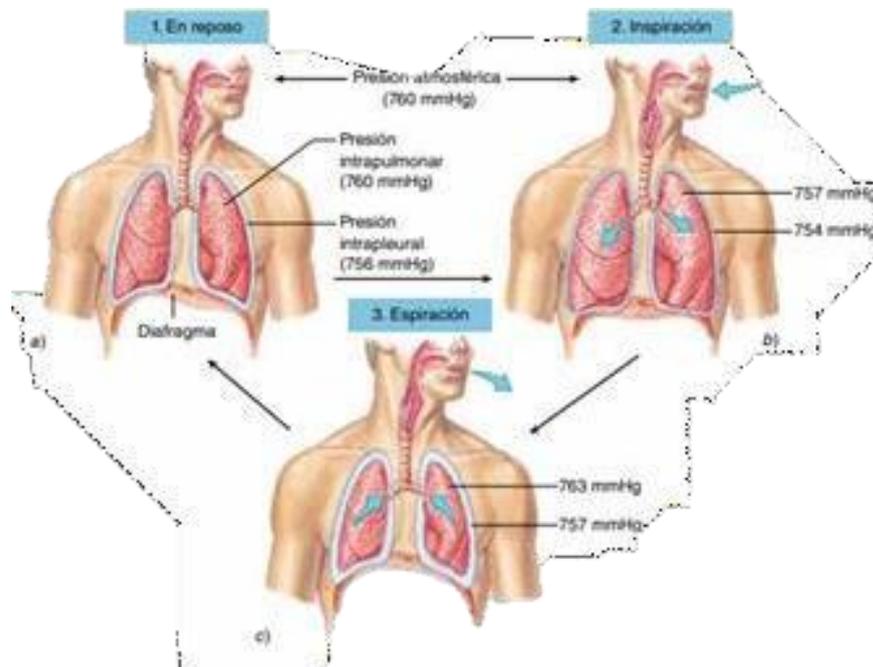


Figura 8 Mecánica de la ventilación pulmonar.

Fuente: Fox, 2016.

**1.1.4.3 Tensión superficial del líquido alveolar.** Es de vital importancia mencionar este fenómeno que se produce en una capa delgada de líquido alveolar que recubre la luz de los alvéolos, esta misma ejerce una fuerza llamada “tensión superficial”, dicha tensión debe ser superada durante la respiración para poder expandirse y así poder producir la inhalación. Se expresan varias interfases aire-agua en las que existe la tensión superficial, puesto que las moléculas de agua polares generan una fuerza de atracción mucho mayor que hacia las moléculas de gas del aire. Cuando una esfera de aire es formada por un líquido, como ocurre en los alvéolos, es generada una fuerza para adentro por la tensión superficial por ende los alvéolos obtienen el menor diámetro posible (Tortora y Derrickson, 2018).

**1.1.4.3.1 El surfactante.** En el líquido alveolar existe la presencia de una mezcla de fosfolípidos y lipoproteínas, llamada “surfactante”, de importancia para que la tensión

superficial sea inferior a la tensión superficial del agua pura. Así también el surfactante es fundamental para evitar el colapso alveolar, el edema y la inestabilidad de fuerzas internas. El líquido alveolar y la tensión superficial deben estar en perfecto equilibrio para preservar la homeostasis, por ende, es crucial describir estos componentes en la fisiología.

**1.1.4.4 Volúmenes pulmonares.** El volumen máximo se expresa al sumar los cuatro volúmenes presentes en los pulmones durante el proceso de respiración al que se pueden expandir los pulmones. Los volúmenes que se describirán tienen una importante variación dependiendo de la edad, el sexo, la condición física, la altura a la que vive una persona entre otras consideraciones. Cada volumen pulmonar se describe en adultos sanos y tienen una descripción distinta:

- a) El “volumen corriente” es el que se espira o inspira en cada respiración producida; es aproximadamente 500 ml.
- b) El “volumen de reserva inspiratoria” es el que se produce desde y sobre el volumen corriente normal, cuando una persona inspira de manera vigorosa; usualmente es alrededor de 3 000 ml.
- c) El “volumen de reserva espiratorio” es el máximo volumen añadido que se puede espirar mediante una espiración voluntaria forzada después del volumen corriente; por lo general es aproximadamente 1 100 ml.
- d) El “volumen residual” es el aire que siempre está presente posterior a una espiración forzada; en promedio este volumen es de 1 200 ml (Hall y Hall, 2016).

**1.1.4.5 Capacidades pulmonares.** De las combinaciones específicas de algunos volúmenes pulmonares surgen las capacidades. Iniciando con la “capacidad inspiratoria” es la unión del volumen corriente y el volumen de reserva inspiratorio ( $500 \text{ ml} + 3\,100 \text{ ml} = 3\,600 \text{ ml}$  en hombres y  $500 \text{ ml} + 1\,900 \text{ ml} = 2\,400 \text{ ml}$  en mujeres). La “capacidad residual funcional

(CRF)” es la suma del volumen residual más el volumen de reserva espiratorio (1 200 ml + 1 200 ml = 2 400 ml en hombres y 1 100 ml + 700 ml = 1 800 ml en mujeres). La “capacidad vital” es la agregación del volumen de reserva inspiratoria, el volumen corriente y el volumen de reserva espiratoria (4 800 ml en hombres y 3 100 ml en mujeres). Por último, la “capacidad pulmonar total” siendo la suma de la capacidad vital más el volumen residual (4 800 ml + 1 200 ml = 6 000 ml en hombres y de 3 100 ml + 1 100 ml en mujeres), [Figura 9] (Tortora. y Derrickson., 2018).

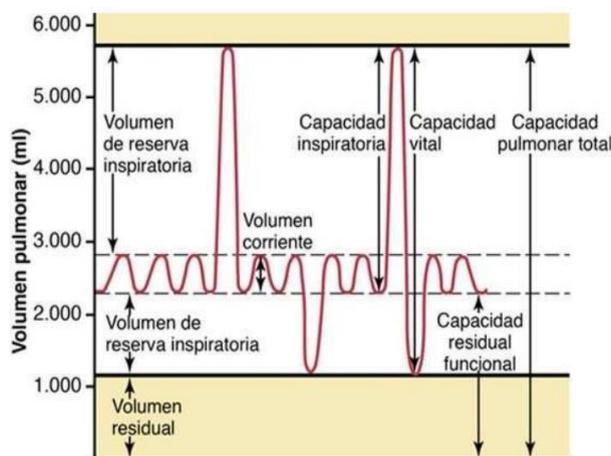


Figura 9 Diagrama que describe todas las capacidades y volúmenes pulmonares.

Fuente: Hall, 2016.

**1.1.5.1 Difusión a través de la membrana alveolocapilar.** La propagación de los gases se realiza de los alvéolos a la sangre o, en sentido contrario en los capilares pulmonares, por medio de la membrana alveolocapilar que se conforma del epitelio pulmonar, el endotelio capilar, y por sus membranas basales fusionadas (Figura 10). De la reacción con las sustancias en la sangre depende el hecho que los sustratos que pasan de los alvéolos a la sangre capilar lleguen al equilibrio en los 0.75 s que la sangre ocupa en traspasar los capilares pulmonares en reposo. La limitación de absorción de la cantidad de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) no es por la difusión, sino por el flujo de sangre a través de los capilares pulmonares. Por otro lado, la propagación de monóxido de carbono (CO) no está restringida por la perfusión en

reposo, aunque sí está limitada por la difusión. El oxígeno (O<sub>2</sub>) está en un sitio medio entre N<sub>2</sub>O y CO; el O<sub>2</sub> es absorbido por la hemoglobina, pero mucho menos que el CO, y aproximadamente en 0.3 s se alcanza el equilibrio con la sangre capilar. Por lo cual, su obtención está limitada por la perfusión. La capacidad de difusión de los pulmones para un gas es directamente proporcional al área de superficie de la membrana alveolocapilar, e inversamente proporcional a su espesor (Barret et. al, 2020).

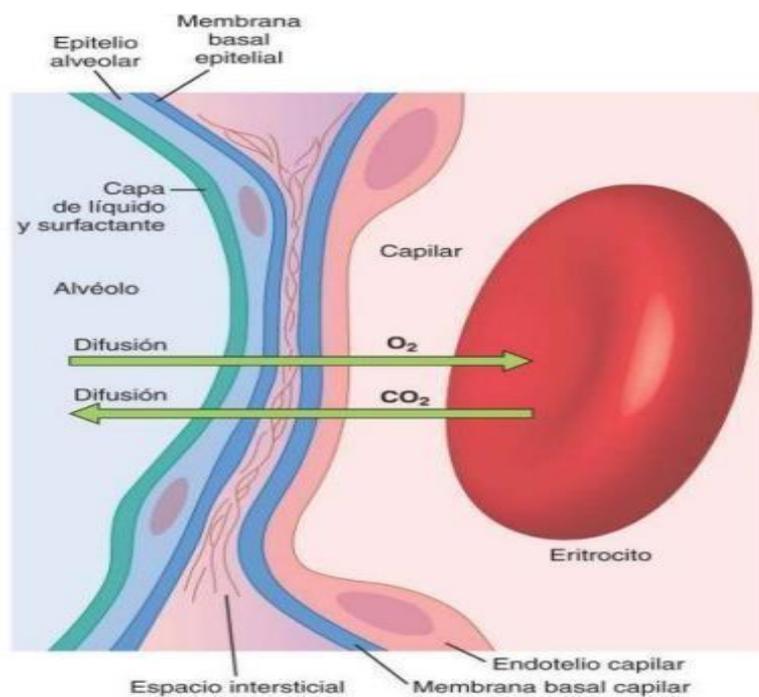


Figura 10 Estructura de la membrana respiratoria alveolar, con vista de un corte transverso.

Fuente: Hall y Hall, 2021.

**1.1.5.2 Transporte de oxígeno en la sangre.** El oxígeno se une a la desoxihemoglobina para formar así la oxihemoglobina en los pulmones, cierto porcentaje de la oxihemoglobina deposita oxígeno en los capilares de la circulación sistémica (figura 11). Al medio de cada unidad hemo hay presencia de un átomo de hierro, predispuesto a la combinación con una molécula de oxígeno. De esta manera, una molécula de hemoglobina puede unirse con cuatro moléculas de oxígeno, ya que existen aproximadamente 280 millones de moléculas de hemoglobina por cada eritrocito, estos pueden llegar a transportar superior a 100 millones de

moléculas de oxígeno. Cuando la oxihemoglobina se disocia para soltar el oxígeno en dirección a los tejidos, el hierro hemo aún está presente como  $Fe^{2+}$ , pasa la hemoglobina a ser desoxihemoglobina o hemoglobina reducida (Fox, 2016).

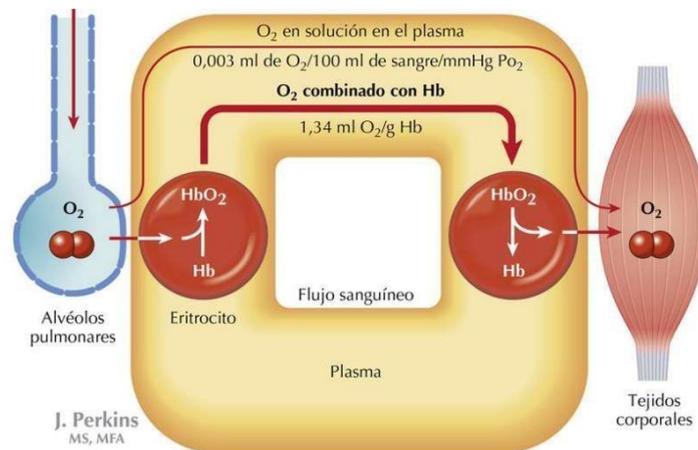


Figura 11 Transporte de oxígeno.

Fuente: Mulroney y Myers, 2016

**1.1.5.2 Transporte de dióxido de carbono en la sangre.** Además de reaccionar con el agua, el  $CO_2$  reacciona directamente con los radicales ácidos de la molécula de hemoglobina para formar el compuesto carbaminohemoglobina ( $HbCO_2$ ). Esta combinación de  $CO_2$  y hemoglobina es una reacción reversible que se produce con un enlace laxo, de modo que el  $CO_2$  se libera fácilmente hacia los alvéolos, en los que la  $P_{CO_2}$  es menor que en los capilares pulmonares. Una pequeña cantidad de  $CO_2$  también reacciona de la misma forma con las proteínas plasmáticas en los capilares tisulares. Esta reacción es mucho menos importante para el transporte del  $CO_2$  porque la cantidad de estas proteínas en la sangre es solo la cuarta parte de la cantidad de la hemoglobina (figura 12). La cantidad de  $CO_2$  que se puede transportar desde los tejidos periféricos hasta los pulmones mediante la combinación de carbamino con la hemoglobina y con las proteínas plasmáticas es aproximadamente el 30% de la cantidad total que transporta, es decir, normalmente cerca de 1,5 ml de  $CO_2$  por cada 100 ml de sangre. Sin embargo, como esta reacción es mucho más lenta que la reacción del

CO<sub>2</sub> con el agua en el interior de los eritrocitos, es dudoso que en condiciones normales este mecanismo carbamino transporte más del 20% del CO<sub>2</sub> total (Hall y Hall, 2016).

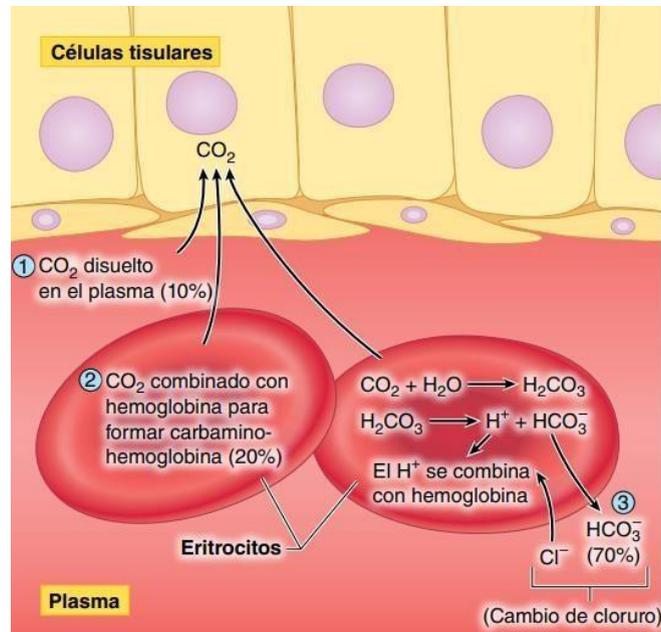


Figura 12 Transporte de dióxido de carbono.

Fuente: Fox, 2016.

### 1.1.5 Definición.

**1.1.5.1 Enfermedad COVID-19.** En diciembre del año 2019 se abrieron las puertas a una patología conocida como COVID-19 que generó una pandemia a nivel mundial que actualmente aún está activa, afectando a millones de personas sin discriminación de edad, sexo, género o etnia. Es por eso que aún se sigue investigando cada aspecto de esta patología, donde cada descubrimiento, estudio e investigación cuenta.

El COVID-19 viene de la familia Coronaviridae, es una enfermedad respiratoria aguda causada por el virus SARS-CoV-2, la Organización mundial de la salud (OMS) menciona que dicho virus puede contagiarse por medio de la boca, tos, o por secreciones nasales de las personas infectada en pequeñas partículas líquidas. Estas partículas van desde las gotículas

respiratorias más grandes hasta las más pequeñas que miden alrededor de 80 a 120 nanómetros (nm) de diámetro.

El nuevo coronavirus (COVID-19) en su secuencia genética se observa similitud a el virus predecesor conocido como SARS-CoV, y se ha podido observar a lo largo de la pandemia, muta de manera constante (Maguiña, Gastelo y Tequen, 2020).

Alrededor del 80% de personas que sufren la enfermedad se logran recuperar sin necesidad de recibir un tratamiento especializado del área hospitalaria, un 15% desarrollan la enfermedad hasta llegar a un estado grave, estos pacientes si requieren asistencia hospitalaria con oxígeno y por último solo el 5% llega a estar en un estado crítico y necesitar de cuidados intensivos, dichos pacientes si no reciben una asistencia médica inmediata pueden llegar a tener complicaciones como la insuficiencia respiratoria, tromboembolia o insuficiencia multiorgánica, si el caso no es controlado podría llevar a la muerte (OMS, 2021).

**1.1.5.2 Síndrome Post-COVID-19.** Un elevado número de pacientes que han pasado por la enfermedad de COVID-19 refieren que tras la recuperación de la fase aguda de la enfermedad han surgido manifestaciones clínicas tanto subjetivas como objetivas que pueden prolongarse hasta 3 meses luego de haber cursado la enfermedad. No existe una nomenclatura que lo defina como tal, sin embargo, se ha adoptado el término síndrome post-COVID-19 como el más adecuado (Bouza, et al., 2021).

La OMS (2021) especifica que algunas personas que han pasado tras la enfermedad de COVID-19 sin importar si han tenido asistencia hospitalaria o no, siguen experimentando síntomas como fatiga, tos, síntomas respiratorios y en algunos casos neurológicos.

En artículos relacionados con el síndrome post-COVID-19 se habla de una clasificación de las manifestaciones del síndrome post-COVID-19, donde Amenta et al. (2020) habla de tres categorías

- Síntomas residuales: son los síntomas que persisten luego de la recuperación de la infección aguda por COVID-19.
- Síntomas derivados de la disfunción de uno o más órganos que se vieron afectados en la infección aguda.
- Síntomas nuevos que surgieron tras la infección en estado leve o asintomática.

Los síntomas prevalentes más comunes son la fatiga y la disnea (dificultad respiratoria) a medio y largo plazo en el síndrome post-COVID-19, ambos síntomas son abordados como prioridad en el área de fisioterapia (Arvillaga, et. al, 2022).

**1.1.6 Cuadro clínico del síndrome post-covid-19.** El cuadro clínico de este síndrome es de amplia presentación en la que se resalta que puede depender de comorbilidades, de la severidad de la enfermedad en la etapa convaleciente, así también en aspectos socioculturales, patrones variados del psique y biología.

Los síntomas y afecciones que se han identificado por Trujillo (2021) son:

- Sistema Respiratorio:
  - Disnea y tos con espirometría después de 6 meses casi normal en los sobrevivientes y TAC pulmonar con cambios fibróticos mínimos.
- Cardiovasculares:
  - Dolor torácico y dolor torácico opresivo
  - Taquicardia y palpitaciones

- Trombosis y alteraciones endoteliales en pulmones, corazón, cerebro, miembros inferiores, riñones e hígado.
- Miocarditis
- Arritmias
- Insuficiencia Cardíaca
- Neurológicos: El virus SARS-CoV-2, afecta tanto a las neuronas como a las células gliales por neurotropismo y neurovirulencia bajo la hipótesis de mecanismos de plausibilidad biológica por otros virus respiratorios. Las afectaciones neurológicas que han sido referidas en otros coronavirus como el SARS-CoV-1 y que pueden verse con el virus SARS-CoV-2 son:
  - Deterioro cognitivo (desorientación y confusión, falta de concentración y memoria, *delirium*)
  - Cefalea
  - Alteraciones del sueño
  - Neuropatías
  - Mareos
  - Disosmia
  - Convulsiones
  - Hipogeusia
  - Hiposmia
  - Encefalitis y encefalopatía necrotizante
  - Síndrome de Guillain-Barré
  - Polineuropatías con frecuencias entre un 25% y 46% de los pacientes post UCI

- Gastrointestinales:
  - Dolor abdominal
  - Náusea
  - Diarrea
  - Anorexia
- Osteomioarticulares:
  - Miopatías con frecuencias entre el 48% y el 96% de los pacientes post UCI por infección por SARS-CoV-2/COVID-19
  - Contracturas de tipo miogénico, neurogénico y artrogénico
- Psiquiátricos:
  - Depresión, se informa hasta en un 29% de prevalencia post UCI y más si se asocia a una condición respiratoria
  - Ansiedad, se informa hasta en un 34% de prevalencia post UCI en general
  - Síndrome de estrés postraumático
  - Delirium, se presenta hasta en un 80% de los pacientes post UCI por infección por SARS-CoV-2/COVID-19, es más frecuente en los adultos mayores y con múltiples comorbilidades, con infección agregada que no solo aumenta la discapacidad sino la mortalidad.
- Dermatológicos:
  - Erupción cutánea
  - Urticaria
  - Efluvio telógeno
- Otros Síntomas
  - Fatiga, fiebre y dolor mioarticular
  - Tinnitus

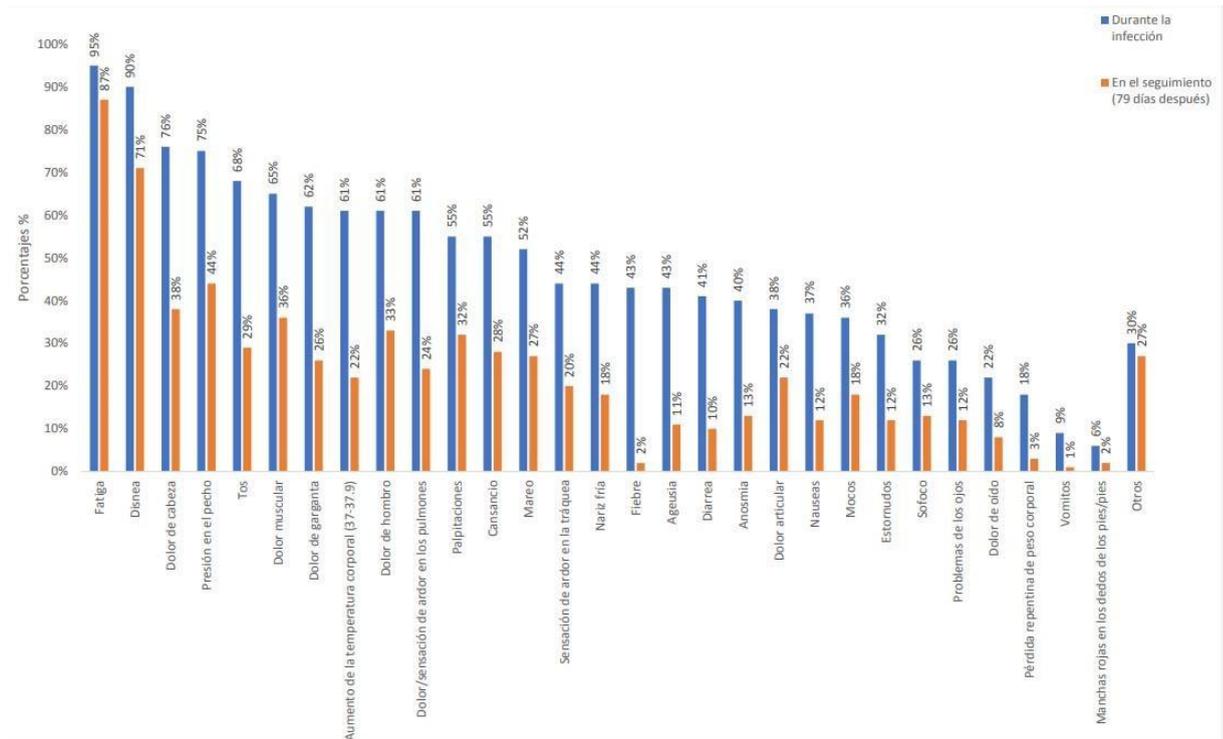


Figura 13 Prevalencia de síntomas durante la infección y en el seguimiento (79 días después).

Fuente: Traducción propia extraída de Goërtz et al., 2020

**1.1.7 Etiología.** Los mecanismos detrás de la persistencia deberán explicarse. El efecto del daño orgánico puede ser el que produce la persistencia de los síntomas que se traduce a secuelas, la prolongación variable de la lesión (daño orgánico) y la variación del tiempo requerido para la recuperación de cada sistema orgánico, la subsistencia de la inflamación crónica (fase de convalecencia) o la respuesta inmunitaria/ generación de auto anticuerpos, rara persistencia del virus en el cuerpo, impacto inespecífico de la hospitalización, secuelas de enfermedades críticas, síndrome posterior a cuidados intensivos, complicaciones relacionadas con la infección por COVID-19 o complicaciones relacionadas con comorbilidades o efectos adversos de la ingesta de medicamentos. La persistencia de la infección puede deberse a viremia persistente en personas con inmunidad alterada, reinfección o recaída.

El desacondicionamiento, los problemas psicológicos como el estrés postraumático también contribuyen a los síntomas. El impacto social y financiero de COVID-19 también contribuye

a los problemas posteriores, incluidos los problemas psicológicos. La elevación insistente de marcadores inflamatorios apunta hacia que la inflamación sea crónica (Ravendran, 2021).

**1.1.8 Fisiopatología.** La fisiopatología está estrechamente relacionada con la fisiología, permite realizar un análisis de las enfermedades que tienen lugar en el cuerpo de los seres vivos mientras ellos realizan sus funciones vitales, es la rama de la medicina que permite explicar el porqué de las enfermedades, cómo se produce y cuáles son los síntomas, se podría decir que describe la historia de la enfermedad (Luján, 2015).

López, Ramírez y Torres (2020) mencionan que la infección por COVID-19 comienza cuando la glicoproteína S del virus SARS-CoV-2 se une al receptor de una célula huésped (enzima convertidora de angiotensina 2 [ACE2]). Se ha demostrado que el virus SARS-CoV-2 tiene una similitud genética de 79% con el ya estudiado SARS-CoV y una similitud del 98% con el coronavirus de murciélago RaTG13 y también a la secuencia genética del coronavirus de un pangolín.

El virus cuando está en el nivel pulmonar activa la inmunidad innata, que genera una cascada inflamatoria liberando citocinas, interleucina-6 (IL-6), interleucina-1 (IL-1) y el factor de necrosis tumoral alfa, estas elevaciones de citoquinas se relacionan con el desarrollo de fibrosis pulmonar, lesiones a nivel cardíaco y también a nivel neurológico. También se ha evidenciado un daño en la integridad de la barrera hematoencefálica que aumenta la permeabilidad de sustancias neurotóxicas. Abonado a eso, los niveles elevados de IL-6 podrían interrumpir la homeostasis metabólica muscular y agravar la pérdida de masa muscular (López, Bernal y Gómez, 2021).

Como se ha mencionado la enzima convertidora de ACE2 es la principal involucrada cuando el virus SARS-CoV-2 entra al organismo, la ACE2 se expresa principalmente en los

pulmones, es por eso que existe una alta incidencia de neumonía y bronquitis en aquellos pacientes con condición grave. Se ha demostrado en estudios recientes que la ACE2 también se expresa en gran medida en la mucosa de la boca, lo que hace que el virus tenga un acceso fácil (Urrea, 2020).

**1.1.8.1 Mecanismos fisiopatológicos.** Mirofsky y Salomón (2021) hacen énfasis en la existencia de teorías que demuestran como es el mecanismo fisiopatológico del síndrome post-COVID-19, donde se resaltan los cambios inflamatorios e inmunometabólicos como:

- Tormenta de citocinas: Cuando el virus se encuentra en el cuerpo en su fase aguda se genera una tormenta de citocinas, que es una de las principales características inmunohematológica del COVID-19. Esta tormenta se asocia estrechamente con la gravedad de la enfermedad.
- Activación de células inmunes: Una de las principales características de la cadena de eventos inmunológicos es la evolución de la inmunidad adaptativa, a veces los pacientes logran llegar a esta adaptación, dando así paso a los efectos a largo plazo.
- Autoanticuerpos: Estos auto anticuerpos perturban la función inmune normal y también estropean el control virológico ya que inhiben la señalización de los neurorreceptores y modifican la composición de las células inmunes periféricas. lo que podría dar lugar a los síntomas a largo plazo.
- Entorno hemostático y problemas tromboembólicos: El aumento de los niveles de factores de coagulación, factor de activación de plasminógeno I y el factor de Von Willebrand son los responsables de modificar el entorno hemostático y de predisponer problemas tromboembólicos. Así mismo se ha demostrado que el alto nivel de otras citoquinas proinflamatorias da a lugar a la activación de las células inmunes en

respuesta a cambios en el entorno vascular, generando procesos inflamatorios crónicos, pérdida de función y en casos extremos la muerte de diferentes mecanismos.

- Rol de los receptores tipo Toll: Los receptores tipo Toll son sensores propios de la inmunidad innata, estos reconocen cualidades presentes en una superficie de patógenos o elementos propios del cuerpo. (Durán, Álvarez-Mon y Valero, 2014).
- Niveles de angiotensina 2: La producción excesiva del receptor ACE2 humano (hA-CE2-R) en vasos sanguíneos, permite que el virus se propague, dando así lugar al constante estímulo de la ACE2 generando un aumento de la vasoconstricción, la inflamación y la fibrosis.

La invasión inicial del virus pasa de las glándulas salivales y membranas de la mucosa, especialmente la nasal y la de la laringe, luego pasa a los pulmones y a órganos que también tengan los receptores ACE2, como por ejemplo el corazón, el hígado e incluso en el sistema nervioso central.

**1.1.8.2 Factores de riesgo.** Los factores de riesgo pretenden resaltar cualquier característica que una persona o grupo de personas tengan relacionada con un aumento de probabilidad de padecer o desarrollar algunos procesos patológicos.

Aunque se desconoce por el momento cuales son los factores específicos, se puede decir que factores que predisponen a los pacientes a padecer el síndrome post-COVID-19 incluyen la gravedad de la enfermedad, si necesitaron asistencia hospitalaria, si necesitaron estar en la Unidad de Cuidados Intensivos o si tuvieron la necesidad de utilizar un soporte ventilatorio, la edad, el sexo (afectados mayormente hombres), el tipo de infección aguda por COVID-19 y enfermedades crónicas previas a padecer COVID-19 (Mirofsky, Salomón, 2021).

Cabe resaltar que la enfermedad de COVID-19 ataca a todas las personas sin discriminar, incluso los jóvenes y personas que han sido asintomáticos pueden sentir los síntomas del síndrome Post-COVID-19 (Mayo, 2021).

**1.1.9 Epidemiología.** Hay factores tanto biológicos (sexo) como socioculturales (género), sumados con factores socioeconómicos y étnicos, que generan un impacto en las secuelas de lo que ha ocurrido en el tiempo que lleva la COVID19 sobre el mundo.

En un estudio de Borst et al. (2020) se incluyeron 124 pacientes ( $59 \pm 14$  años, 60% varones): 27 con enfermedad leve, 51 moderada, 26 grave y 20 crítica. Donde la capacidad de difusión pulmonar de los pacientes dados de alta se demostró afectada por debajo del límite inferior de la normalidad en el 42%. El 99 % de los pacientes dados de alta tenían una opacificación en vidrio deslustrado reducida en las imágenes de TC, y en pacientes con enfermedad leve se encontraron radiografías de tórax normales en el 93 %. Las anomalías residuales del parénquima pulmonar estuvieron presentes en el 91% de los pacientes dados de alta y la capacidad de difusión pulmonar disminuida se asocia a estas anomalías. 22% tenía baja capacidad de ejercicio, 19% presentó bajo índice de masa libre de grasa y se encontró un 36% de problemas en la función mental y/o cognitiva. En general, el estado de salud se vio afectado negativamente, particularmente en los dominios deterioro funcional (64 %), fatiga (69 %) y calidad de vida afectada (72 %).

En una revisión bibliográfica los intervalos de seguimiento oscilaron entre nueve días y tres meses después del alta hospitalaria. Se demostraron hallazgos anormales en la TC en 39 a 83 % de los participantes del estudio. Cinco estudios describieron la fibrosis pulmonar como un hallazgo radiológico, mientras que en un estudio se encontró un volumen pulmonar hipoperfundido. Se observó deterioro de la función pulmonar en el 19-75% de la población del estudio (Willi, et al., 2021, p.2).

**1.1.10 Tratamiento convencional.** La fisioterapia respiratoria tiene una de las bases más importantes al momento de rehabilitar a un paciente con COVID-19 o síndrome post-COVID-19.

Arbillaga et al. (2020) explica que existen cuatro fases necesarias para lograr una recuperación óptima discriminando las 4 fases características de la enfermedad:

Confinamiento, Ingreso hospitalario, Periodo crítico y Recuperación o alta hospitalaria.

- Fase de confinamiento: En esta etapa ya que los síntomas sobrepasan lo que se podría abordar en la fisioterapia respiratoria lo recomendable será en primera instancia el control de los síntomas, existen artículos que mencionan el drenaje de secreciones y el control de los flujos respiratorios, sin embargo, por ser una técnica que expone al fisioterapeuta a los flujos infectados y contaminantes se recomienda limitar su aplicación para así disminuir el riesgo de transmisión.

Sin embargo, al controlar los síntomas las recomendaciones generales podrían ser: evitar largos periodos de sedestación, realizar ejercicio físico de intensidad baja y ejercicios de respiración.

Se recomienda mantener un buen manejo de la limpieza, higiene y desinfección de superficies que estén en contacto con el paciente.

- Ingreso hospitalario: A los pacientes que necesitan un ingreso hospitalario es recomendable realizar una evaluación exhaustiva, individualizada y si es candidato para recibir fisioterapia respiratoria. Las técnicas más recomendadas son: Técnica de incremento de flujo espiratorio activa (tos) o asistida, dispositivos de espiración positiva, entrenamiento de la musculatura respiratoria, insufladores e insufladores mecánicos, dispositivos oscilantes de alta frecuencia, nebulización, posicionamiento

favorecedor para la secreción de sustancias, movilizaciones, maniobras y terapias que provoquen expectoraciones.

En todas las técnicas el fisioterapeuta deberá utilizar equipo de protección personal completo.

- Periodo crítico: Se debe actuar en todo momento con prudencia y precaución. Los procedimientos recomendados para reducir el riesgo de transmisión son: aspiración mediante sistemas cerrados, ventilación mecánica no invasiva, ventilación manual con mascarilla y bolsa autoinflable y ventilación mecánica invasiva.
- Fase de recuperación: En esta fase los pacientes hospitalizados son dados de alta, la principal intervención fisioterapéutica será la reeducación del paciente, ejercicios aeróbicos, ejercicios de fuerza, técnicas de drenaje de secreciones y ventilatorias.

El tratamiento convencional ha sido y será útil en todo momento cuando los pacientes lo necesiten, es por eso que se debe tener un conocimiento de él para poder así abordar de mejor manera a los pacientes, teniendo en cuenta que siempre la mejor solución es la prevención.

## 1.2 Antecedentes específicos

**1.2.1 Definición de ejercicio aeróbico.** Son ejercicios que aumentan un tipo específico de resistencia, es una actividad de baja intensidad y extensa duración. Entrenan los sistemas cardiovascular y respiratorio haciendo competente el intercambio de oxígeno en los músculos que están siendo activados. Las normas básicas que debe cumplir cualquier tipo de ejercicio para ser aeróbico son las siguientes:

- El ejercicio debe ser continuo y debe trabajar fundamentalmente los grandes grupos musculares que forman las piernas y los glúteos.
- La duración mínima estará entre 12 y 20 minutos.
- El corazón debe estar en una exigencia del 60% y el 80% de su capacidad máxima mientras dure el ejercicio (Torres, 2011).

**1.2.1.1 Ejercicio en enfermedades respiratorias.** Las enfermedades respiratorias alteran la musculatura esquelética, la cardíaca y modifican la mecánica ventilatoria generando una menor tolerancia al esfuerzo físico que se realiza al hacer un ejercicio, en dichas circunstancias el ejercicio permite mejorar la capacidad de realizar el ejercicio, siempre y cuando se sigan los principios del entrenamiento, para así reducir síntomas, optimizar el estado funcional e independencia (Zagolín, 2012).

El entrenamiento muscular de los miembros inferiores es parte primordial para la rehabilitación pulmonar, dicha rehabilitación se ha propuesto fundamentalmente para el EPOC, asma y tras un trasplante pulmonar pero los fundamentos que se emplean son compatibles con otras enfermedades crónicas pulmonares. Dicha rehabilitación se divide generalmente en actividades aeróbicas (entrenamiento de resistencia) y ejercicios de fuerza,

cuando se trabajan grandes grupos musculares no sólo se obtiene un efecto sobre la fuerza sino también sobre la resistencia aeróbica.

Así, cuando se realiza un entrenamiento enfocado mayoritariamente en resistencia aeróbica, se generan otros efectos tales como un aumento más rápido del gasto cardíaco al inicio, e incluso cambios en el patrón respiratorio que disminuye la hiperinsuflación dinámica, tales efectos sumados se convierten en un aumento del consumo máximo de oxígeno como de la capacidad aeróbica y disminuyen los síntomas tanto de la disnea como de la fatiga de los miembros inferiores (López y Fernández, 2006).

**1.2.2 Ejercicio aeróbico de intensidad moderada.** La OMS (2020) recomienda realizar actividad aeróbica de intensidad moderada entre 150 y 300 minutos a la semana. dando énfasis en que los adultos deben ejercitarse mínimo de 75 a 150 minutos de ejercicios a la semana y así mismo limitar el estado de sedestación prolongada.

Cuando se realizan actividades de intensidad moderada los latidos cardíacos son rápidos y el número de respiraciones por minuto aumentan para lograr un cambio a nivel fisiológico utilizando dicho método, las actividades recomendadas a realizar podrían ser: caminata energizante, andar en bicicleta a una velocidad rápida, bailar y nadar, entre otras (Llorens, 2020).

La manera en la que el cuerpo reacciona a los ejercicios es diferente de persona a persona, las características más resaltantes son la respiración rápida y el aumento del número de latidos, dichas características trabajando en conjunto aumentan el oxígeno en sangre y aumenta el flujo sanguíneo que se dirige hacia los músculos con la circulación mayor y luego regresa a el corazón y los pulmones.

Los ejercicios aeróbicos de intensidad moderada deben tener una retroalimentación por parte de los pacientes sometidos a esta técnica:

- El incremento del ritmo respiratorio no obstaculiza la capacidad de hablar.
- El incremento del ritmo cardiaco debe de sentirse fácilmente en el pulso radial o cubital, en el carotídeo y por consiguiente en el pecho.
- El aumento de la temperatura corporal, acompañado de termorregulación por medio del sudor.

Dichas sensaciones se pueden mantener incluso luego de haber concluido la actividad durante unos minutos sin provocar fatiga o agotamiento (Aznar y Webster, 2006).

**1.2.3.1 Indicaciones.** Tener en claro cuál es el paso a paso del entrenamiento adecuado permite tener un abordaje fisioterapéutico con mejores resultados y prevenir posibles accidentes.

- Paciente ubicado en sus 3 esferas.
- Signos vitales basales en rangos normales, presión arterial: 90/60 mmHg hasta 120/80 mmHg, respiración de 12 a 18 respiraciones por minuto y pulso 60 a 100 latidos por minuto. (Ball et, al. 2021)
- Prueba de detección de COVID-19 negativa.
- Calentar adecuadamente siguiendo criterios de flexibilidad, lubricación de las articulaciones y elevación de la temperatura.
- Pacientes que deseen incrementar su resistencia aeróbica.
- Pacientes con desacondicionamiento físico.
- Pacientes que requieran mejorar el sistema cardiorrespiratorio.

**1.2.3.2 Precauciones.** Las precauciones deben ser tomadas en cuenta, sin embargo estas no restringen a los pacientes a realizar el ejercicio aeróbico, simplemente son signos a los cuales se les debe prestar atención.

- Pacientes con enfermedades crónicas en el sistema cardiaco y/o respiratorio previas a sufrir COVID-19.
- Pacientes con índice de fumador mayor a 10.
- Pacientes con cáncer
- Enfermedad cerebrovascular
- Pacientes medicados
- Pacientes con enfermedades cardiacas no controladas

**1.2.3.3 Contraindicaciones.** Condición o patología que hace que el paciente en vez de tener un efecto positivo al realizar la técnica tendrá un efecto perjudicial

- Pacientes con signos vitales superiores a los rangos normales presión arterial: 160 o superior mmHg, respiración de mayor a 20 respiraciones por minuto y pulso mayor a 100 latidos por minuto.
- Pacientes sin un control de sus patologías.
- Pacientes no ubicados en sus 3 esferas cognitivas
- Paciente que estuvo encamado y no toma anticoagulantes.

**1.2.3.4 Dosificación.** Existen diferentes principios y lineamientos que los fisioterapeutas deben seguir para dosificar un ejercicio de manera adecuada, para así lograr la máxima efectividad y seguridad en el tratamiento del paciente.

Mendoza (2009) menciona que los criterios más importantes al momento de dosificar son la frecuencia, duración e intensidad.

- Frecuencia: Se refiere al número de entrenamientos por semana. Lo recomendable es realizar ejercicio de 3 a 5 veces por semana con un descanso aproximado de 24 a 48 horas entre cada sesión de entrenamiento con el objetivo de prevenir lesiones y mejorar la recuperación.
- Duración: Este hace referencia al tiempo que el paciente invierte al momento de realizar el ejercicio. Se recomienda que el ejercicio de intensidad moderada se realice con un tiempo estimado de 2 a 10 minutos. Cabe resaltar que cuando se quiere progresar se necesita aumentar gradualmente la duración antes de incrementar la intensidad.
- Intensidad: La manera más eficaz de medir la intensidad del paciente es tomar el pulso mientras se ejercita a los 5 minutos y posteriormente antes de concluirlo. La intensidad para un ejercicio aeróbico moderado adecuado tiene que alcanzar del 60% al 80% de la frecuencia cardiaca máxima (FCM).

**1.2.3.5 Métodos utilizados para medir la intensidad.** Estas pruebas ayudarán a puntuar el esfuerzo percibido por el paciente al momento de realizar ejercicio.

**1.2.3.5.1 Escala de Borg.** La escala de Borg de esfuerzo percibido se diseñó para que todas las personas la apliquen al momento de entrenar, es altamente recomendada para definir cuándo es apropiado realizar una pausa o concluir el ejercicio aplicado. El paciente debe de declarar de manera honesta y objetiva la cantidad total de esfuerzo y de fatiga en una escala numérica del 0 al 20, siendo 6 el menor esfuerzo referido y el 20 como el mayor, esta escala fue la primera en ser aplicada en pacientes en 1973 por Gunnar Borg (visualizar Tabla 1). Existe una escala de Borg modificada que se diseñó en 1982, significando en esta 0 como reposo total y 10 muy, muy duro. sin embargo, tiene la misma función que su escala predecesora (Burkhalter, 1996).

Tabla 1 Escala de esfuerzo percibido de Borg

<b>Puntuación</b>	<b>Escala de esfuerzo percibido</b>	<b>Equivalente aproximado de pulsaciones por minuto</b>
6		60-80
7	Muy, muy suave	70-90
8		80-100
9	Muy suave	90-110
10		100-120
11	Bastante suave	110-130
12		120-140
13	Algo duro	130-150
14		140-160
15	duro	150-170
16		160-180
17	Muy duro	170-190
18		180-200
19	Muy, muy duro	190-2010
20		200-220

*Fuente: Borg (1973)*

Como se ha mencionado esta escala es un buen *feedback* con el que el paciente se puede comunicar con el fisioterapeuta, se recomienda realizarla al principio y al final de cada ejercicio o en cada descanso que el paciente tome. Se recomienda que dicha escala sea acompañada con un monitoreo de la frecuencia cardiaca y frecuencia respiratoria (Síclo, 2021).

Borg (1973) afirma que “*No es una escala perfecta y se debe utilizar acompañada del sentido común y de otros datos pertinentes de tipo clínico, psicológico y fisiológico*” por ende es recomendable que el paciente se mantenga en una puntuación de entre 13 y 15 en escala de Borg para mantener un rendimiento óptimo y por ende una mejor ejecución del ejercicio.

*1.2.3.5.2 Test del habla.* Conocido también como *Talk test*, consiste en poder mantener una conversación mientras se realiza algún tipo de ejercicio. Puede variar dependiendo del tipo de ejercicio que se esté realizando, si es aeróbico o si es de fuerza, por ejemplo. Aunque parezca simple este test da respuesta al tipo de intensidad en el cual se está entrenando. a mayor esfuerzo la conversación no se podrá mantener, lo cual es un indicador de que el ejercicio está más orientado al umbral anaeróbico, por el contrario, si el esfuerzo es menor este indica que el aporte de oxígeno en cuerpo es el necesario y por ende se está abordando un ejercicio a una intensidad suave (Petritz, 2017)

En la manera de aplicarlo Petritz (2017) menciona que es aplicable a cualquier tipo de ejercicio, sin embargo, es recomendable aplicarlo en ejercicios aeróbicos identificando siempre el ritmo al que se trabaja.

- Ritmo suave: el paciente mantiene una conversación continuada durante un periodo de tiempo prolongado. En este punto el paciente tendrá una frecuencia cardiaca baja, lo que indica que se está trabajando a un 50% FCM.

- Ritmo medio: El paciente no puede mantener una conversación fluida y continúa, necesita tomar bocanadas de aire para lograrlo. eso es un indicativo de que se está trabajando a un 70% FCM aproximadamente.
- Ritmo alto: El paciente no puede hablar, solo emite pequeñas palabras o se comunica por gestos. señales como rojez en el rostro y sudor comienzan a hacerse notorias.

#### 1.2.3.5.3 Clasificación de la intensidad del ejercicio. Gerber & Blissmer (2011)

mencionan en una tabla la clasificación de la intensidad del ejercicio (visualizar tabla 2) cuál es el porcentaje de la FCM, el porcentaje de consumo de oxígeno de reserva (VO<sub>2</sub>R) y la tasa de ejercicio percibido según la escala de Borg que se utiliza para medir los diferentes tipos de intensidad al que el ejercicio puede moldearse.

Tabla 2 Clasificación de la intensidad del ejercicio

<b>Clasificación de la intensidad</b>	<b>%FCM</b>	<b>%VO<sub>2</sub>R</b>	<b>Ejercicio percibido según Borg</b>
<b>Muy ligera</b>	<57	<30	<9
<b>Ligera</b>	57-63	30-39	9-11
<b>Moderada</b>	64-76	40-59	12-13
<b>Fuerte/ Alta</b>	77-95	60/89	14-17
<b>Cerca a la máxima</b>	≥96	≥ 90	≥ 18
<b>Máxima</b>	100	100	20

Fuente: Elaboración propia con información de Gerber & Blissmer (2011)

### **1.2.3 Efectos del ejercicio aeróbico de intensidad moderada sobre la capacidad pulmonar.**

**1.2.3.1 Respuesta del sistema pulmonar ante ejercicios aeróbicos.** Principalmente debido a una activación por actividad física se genera una mayor demanda de oxígeno, esto debido a que, por reacciones metabólicas en el cuerpo tanto en sus eventos metabólicos como catabólicos, será evidente un aumento en la frecuencia respiratoria, una mayor actividad de la musculatura inspiratoria para satisfacer las necesidades. En cuanto la demanda de oxígeno aumenta y es identificada por los centros regulatorios, estos envían impulsos a los músculos inspiradores para así suplir estas demandas, en el momento de una mayor frecuencia respiratoria se describen también períodos más cortos para las 2 fases de la ventilación.

**1.2.3.2 Adaptaciones a largo plazo.** La ventilación pulmonar para un consumo de oxígeno determinado se reduce con un entrenamiento continuo, disminuyendo por consecuencia la fracción de VO<sub>2</sub> necesaria para mantener la ventilación mecánica pulmonar. Se explican 2 razones por las cuales la situación mencionada genera una mejora en el rendimiento (López y Fernández, 2006):

- Porque se reduce la fatiga que por sí mismo genera el ejercicio debido a que los músculos implicados en la ventilación mecánica están entrenados al llegar a estas adaptaciones.
- Por mayor cantidad de oxígeno disponible adicional para poder así ser utilizado por los mismos músculos

Aunque el Vo<sub>2</sub> (volumen de oxígeno) máximo más alto alcanzable se obtiene por lo general antes de 18 meses, de intenso acondicionamiento de resistencia, la capacidad de resistencia sigue mejorando si se da seguimiento al entrenamiento durante un periodo de tiempo más prolongado. Cuando las resistencias aumentan sin aparentes mejoras en el VO<sub>2</sub>

máximo durante periodos largos, es el resultado de un aumento en el umbral del lactato, puesto que el ritmo del ejercicio es proporcionalmente directo al valor de VO<sub>2</sub> en el umbral del lactato (Willmore y Costill, 2007).

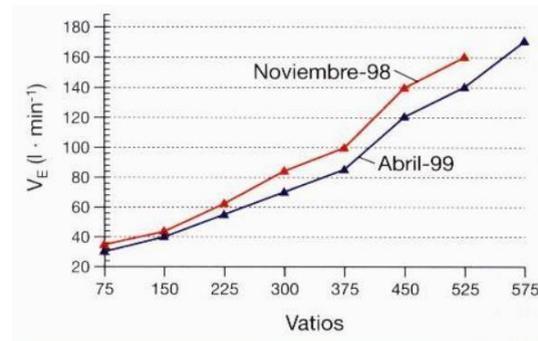


Figura 14 Respuesta de la ventilación pulmonar (VE).

*Nota.* Después de un periodo de tiempo aeróbico de 5 meses, se demuestra que la VE suele ser ligeramente menor durante ejercicios de intensidad ligera-moderada.

*Fuente:* López y Fernández, 2006

**1.2.4 Ejercicio aeróbico de intensidad moderada en pacientes con síndrome post-COVID-19.** En los últimos años la rehabilitación ha evolucionado, así como el área de salud lo ha necesitado con la enfermedad de la COVID-19 y abonado a eso el tratamiento adecuado para los supervivientes de la COVID-19, estos tratamientos deben ser rígidos hacia la recuperación física óptima de los pacientes.

Hernández, Gutiérrez y Jiménez (2022) realizó un estudio en el que se evaluaron a 134 pacientes que necesitaron tratamiento rehabilitador durante su ingreso por la COVID-19 al área hospitalaria, donde 122 pacientes fueron valorados a los dos meses de su alta y presentada sintomatología como disnea y cansancio. Tras realizarles una prueba se seleccionaron a 26 pacientes con la peor capacidad funcional y se les sometió a un entrenamiento de 8 semanas de intensidad moderada en cicloergómetro o caminata manteniendo una puntuación de 3-4 en la escala de Borg modificada. Al concluir el programa

de entrenamiento se evidencio que el ejercicio aeróbico en pacientes con síndrome post-COVID-19 mejora la sintomatología, cansancio, disnea y capacidades funcionales.

En el proceso de rehabilitación es importante contar con un equipo multidisciplinario, ya que el manejo de pacientes con síndrome post-COVID-19 sobrepasa el conocimiento de un solo profesional de la salud (Agostini, et al., 2021).

Soto-Rodríguez (2021) sugiere que la rehabilitación con ejercicios aeróbicos de intensidad moderada sea de 3 a 5 veces por semana, con intensidad de 60% FCM. durante 10 a 15 minutos por sesión con el objetivo de generar resistencia respiratoria, disminuir disfunciones respiratorias y recomendar realizar dicha actividad en casa para comenzar a incluir al paciente con síndrome post-COVID-19 a sus funciones diarias sin que las secuelas dejadas por la COVID-19 límite estas.

Al momento de comenzar con la rehabilitación del paciente se debe tener en cuenta la salud actual del paciente y consultar a los médicos de cabecera con el objetivo de poder realizar la intervención de manera segura. Algunos autores recomiendan comenzar con esta etapa luego de 7 días de no presentar síntomas por parte de la COVID-19, sin embargo, es importante diferenciar que cada paciente tiene un proceso de recuperación diferente, teniendo esto en cuenta el mejor método para aplicar el método de ejercicio aeróbico es saber que cada entrenamiento es individualizado y se basa en la tolerancia subjetiva a las actividades (Poveda, Rodríguez, Ruiz y Sánchez, 2021)

Poveda et, al. (2021) habla de la intensidad recomendada dentro del entrenamiento, dicha intensidad es de baja o moderada, puesto a que estas intensidades son las más indicadas cuando existe un desacondicionamiento previo debido a el reposo prolongado normal el proceso de recuperación luego de haber cursado la COVID-19 y es allí donde da inicio el síndrome post-COVID-19.

## **Capítulo II**

### **Planteamiento del problema**

Con el planteamiento del problema se busca dar a entender la manera en la que la COVID-19 afectó a todos a nivel mundial y como esta pandemia ha dejado y dejará secuelas en cada uno de los pacientes que crucen por la enfermedad. Resaltando así el impacto del ejercicio aeróbico de intensidad moderada en los pacientes que padecen del síndrome post-COVID-19.

#### **2.1 Planteamiento del problema.**

Para comprender el síndrome post-COVID-19 se debe exponer la definición de la COVID-19 el cual tiene predilección por el árbol respiratorio, donde se genera una respuesta inmune anormal cuando este patógeno ingresa al ser de tipo inflamatorio con aumento de citoquinas, agrava al paciente y causa daño multiorgánico (Maguiña, Gastelo, y Tequen, 2020).

Posterior a contraer la COVID-19, cierto porcentaje de la población que lo ha superado, presenta el síndrome post-COVID-19 teniendo por definición la subsistencia de signos y síntomas clínicos que surgen durante o después de padecer la COVID-19, se manifiestan por más de 12 semanas y no se explican por un diagnóstico alternativo. Los síntomas pueden fluctuar o causar brotes. Es una entidad heterogénea que incluye el síndrome de fatiga crónica

posbélica, la secuela multiorgánica y los efectos de la hospitalización grave/síndrome post-cuidados intensivos (Carod-Artal, 2021).

Varios pacientes contagiados por el síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2 (SARS - CoV - 2) o COVID- 19, tendrán pocos síntomas o sintomatología nula, pero otras desarrollarán una enfermedad grave, en datos de la OMS (2020), al 23 de septiembre de 2020, el número total de casos de COVID-19 en todo el mundo alcanzó los 31,664,104. Después de restar el número de muertes, una cuenta conservadora demuestra que un 33.33% de los sobrevivientes que han adquirido la COVID-19 desarrollarán una fibrosis pulmonar significativa, y la cantidad que demuestra evolución de secuelas crónicas de fibrosis pulmonar llegará a un estimado de 10,230,628. Ya que la pandemia continúa, la cantidad de sobrevivientes se verá en una creciente con fibrosis pulmonar crónica.

Las manifestaciones respiratorias post-COVID son evidentes a lo largo del tiempo, donde podemos encontrar síntomas como la astenia o la sensación de fatiga ya que son las manifestaciones respiratorias más frecuentes. Cabe destacar que la neumonía grave y el ingreso a la unidad de cuidados intensivos previas son los que más presentan dichas alteraciones. Los síntomas respiratorios más persistentes y comunes son la disnea, tos y dolor torácico (Bouza et. al. 2021).

La evidencia científica demuestra que los ejercicios de régimen aeróbico aumentan más los niveles plasmáticos, los cuales ejercen efectos protectores sobre un buen grupo de enfermedades, de las cuales podemos encontrar psiquiátricas, neurológicas, metabólicas, cardiovasculares, pulmonares y cáncer, dichas enfermedades se asocian a mayor morbilidad en pacientes con COVID-19 por lo que el ejercicio aeróbico puede ayudar a disminuir la incidencia de comorbilidad (Ortiz y Villamil, 2020).

La intensidad del ejercicio se define por el grado de esfuerzo que exige un ejercicio. Los principales moderadores de la intensidad son la frecuencia cardiaca (FC) y el gasto de oxígeno (VO<sub>2</sub>). Se consideran actividades de intensidad moderada las que requieren un gasto energético de 3.5 a 8 MET (equivalente metabólico), un MET es la cantidad de oxígeno necesaria para sostener, durante 1 minuto, las funciones metabólicas del organismo (Bayego, Vila y Martínez, 2013).

Por lo tanto, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el impacto de los ejercicios aeróbicos de intensidad moderada sobre la capacidad pulmonar en pacientes masculinos con síndrome post-COVID-19 de 30 a 60 años?

## **2.2 Justificación**

La pandemia a nivel mundial provocada por la COVID-19 generó un impacto en cada uno de los aspectos sociales, económicos y con más notoriedad a nivel de la salud. Es bien sabido que luego de haber pasado por el virus quedan secuelas que varían de paciente a paciente, es por eso que la investigación da prioridad a el estudio de un método no invasivo para mejorar la capacidad pulmonar en pacientes masculinos de 30 a 60 años con la ayuda de los ejercicios aeróbicos de intensidad moderada visto desde una intervención fisioterapéutica.

El signo pulmonar más común del síndrome post-COVID-19 es la disnea, con prevalencia del 30-72% a los tres meses. La frecuencia de secuelas pulmonares al alta analizadas mediante técnica de difusión de monóxido de carbono en una cantidad de 110 pacientes fue del 47,2%. El 50% de los 349 supervivientes de COVID-19 de una serie china tenía un patrón radiológico anormal con opacidad en vidrio esmerilado en la tomografía de tórax a los seis meses. Se hicieron presentes bronquiectasias y cambios fibróticos pulmonares en el 25 y en el 65% de los pacientes ingresados por COVID-19 leve-moderada y grave a los tres meses del

alta. Se presentó dolor torácico en el 20% de los supervivientes de COVID-19 a los 60 días del seguimiento, y taquicardia y dolor torácico en el 9% y el 5% de los casos a los seis meses. La prevalencia de anomalías en la resonancia cardíaca en una serie de 100 pacientes estudiados a los 71 días del alta fue del 78%; además, un 60% presentaba hallazgos sugestivos de inflamación en el miocardio. (Carod-Artal, 2021)

La pandemia ha provocado la infección de más de 16 millones de personas y más de 650 mil muertes, cifras que van en aumento con el paso del tiempo. Estudios demuestran que hay factores biológicos como el sexo que predisponen infectarse de la COVID-19, siendo el género masculino ya que tienen el doble de riesgo de desarrollar la forma grave de la enfermedad y la mortalidad (White, 2020). Las estructuras más implicadas en la infección del SARS-CoV-2 son las vías respiratorias superiores e inferiores cuando se filtra el virus, y la gravedad del daño pulmonar está relacionada de manera íntima con la gravedad de la infección. “El síndrome Post-COVID-19” o “COVID crónico” y la pérdida gradual de la función pulmonar debido a la fibrosis intersticial pulmonar pueden tener efectos ligados a la calidad de vida diaria de las personas que superaron la enfermedad de COVID-19, sin embargo, aún padecen secuelas dando entrada al síndrome post-COVID-19. (Tian et al., 2020, como se citó en Wang et al., 2020)

La abrupta irrupción de la pandemia provocada por la COVID-19 ha supuesto un reto para los servicios sanitarios y los ha sometido a una situación de máxima exigencia y cambios inesperados para la gestión de la demanda de servicios. (Pérez-Milena et al. 2022)

El síndrome post-COVID-19 además de los síntomas físicos o cognitivos, afecta a la calidad de vida de los pacientes, generando una discapacidad importante y afectaciones en el ámbito financiero y laboral (Carod-Artal, 2021). Es por eso que la intervención del ejercicio

aeróbico es una opción fiable para el tratamiento de los pacientes. Siendo económico y no necesariamente se necesitan los servicios hospitalarios.

El programa de ejercicio físico basado en principios de rehabilitación cardiovascular y pulmonar tuvo un impacto positivo en una serie de casos, mostrando una mejor capacidad funcional a pesar de la variabilidad en la gravedad de estos pacientes post-COVID-19. (Tozato et al., 2021)

Por lo anterior expuesto, este trabajo pretende demostrar de manera bibliográfica el impacto de los ejercicios aeróbicos de intensidad moderada sobre la capacidad pulmonar en pacientes masculinos de 30 a 60 años con síndrome post-COVID-19.

Por consiguiente, esta revisión bibliográfica dará lugar a nuevos conocimientos sobre el tratamiento basado en la ejecución de ejercicios aeróbicos de intensidad moderada en pacientes post-COVID-19, los cuales tendrán que ser supervisados por un profesional en el área de fisioterapia, sin embargo, estarán al alcance de todas las personas que deseen tener una mejor recuperación para así mejorar su condición de vida. Sumado a esto la información es accesible para los profesionales de la salud y personas beneficiadas en su mayor porcentaje hombres, quienes son los más afectados por la problemática, ya que es una técnica económica y que no requiere de mucho equipo, solo de una buena dosificación que nos ayudará a tener una buena adaptación del ejercicio hacia cada uno de los pacientes los cuales tendrán características únicas y diferentes, para así lograr un rendimiento óptimo y beneficios fisiológicos y terapéuticos adecuados. Los datos de los artículos utilizados en este trabajo se extrajeron en buscadores académicos accesibles al público en general.

## **2.3 Objetivos**

### **2.3.1 Objetivo general.**

Demostrar por medio de una revisión bibliográfica el impacto de los ejercicios aeróbicos de intensidad moderada sobre la capacidad pulmonar en pacientes masculinos de 30 a 60 años con síndrome post-COVID-19.

### **2.3.2 Objetivos específicos.**

- Identificar los cambios de los tejidos pulmonares que alteran la capacidad pulmonar en pacientes con síndrome post-COVID-19 en base a una búsqueda bibliográfica.
- Destacar los efectos fisiológicos y terapéuticos del ejercicio aeróbico en el sistema respiratorio para así determinar su impacto.
- Definir la dosis adecuada del ejercicio aeróbico de impacto moderado mediante recopilación bibliográfica en el tratamiento de pacientes con la capacidad pulmonar alterada con síndrome post-COVID-19.

## **Capítulo III**

### **Marco Metodológico**

El capítulo actual muestra las distintas técnicas y métodos que se emplearon para la extracción de información de las múltiples bases de datos, así mismo, se informará el enfoque de investigación empleada en la presente revisión bibliográfica. Además, se enumeran los criterios tomados en cuenta para la selección específica de información y así sustentar los objetivos planteados en el capítulo II.

#### **3.1 Materiales**

Se realizó una búsqueda sistemática de libros, páginas web de fuentes oficiales y bases de datos, siendo estas últimas las siguientes: PubMed, Scielo, Elsevier, Cochrane, Google académico y Dialnet. Esta revisión de datos nos proporcionó información sobre la fisiopatología, etiología y cuadro clínico sobre el síndrome post-COVID-19, y sobre los ejercicios aeróbicos en interacción con el síndrome post-COVID-19.

Los recursos bibliográficos que se tomaron en consideración para desempeñar este trabajo incluyen libros sobre fisiología, anatomía del sistema pulmonar y ejercicios y sus efectos.

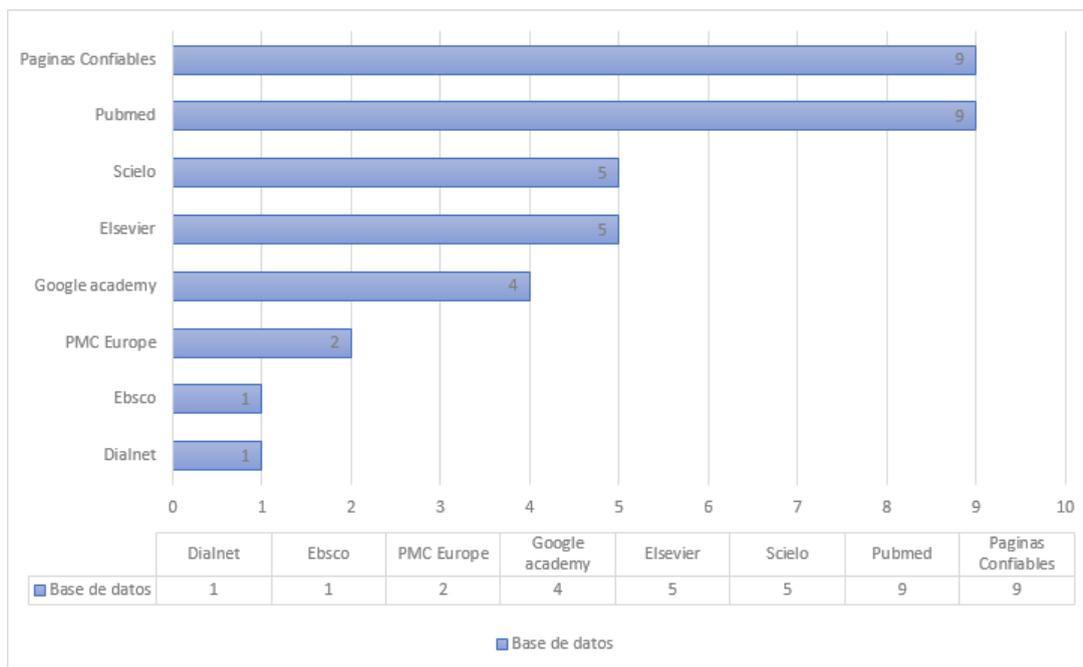


Figura 15 Gráfica de barra de base de datos utilizadas.

Fuente: Elaboración propia

Los términos de búsqueda se seleccionaron para encontrar artículos sobre secuelas de una infección por covid-19 y ejercicios aeróbicos de intensidad moderada de manera autónoma tanto en correlación e incluyeron los términos “Síndrome post-Covid”, “Long Covid OR post- Covid”, “Post Covid AND moderate-intensity of aerobic exercise”, “secuelas OR consequence”, “moderate-intensity aerobic exercise AND benefits in post-Covid syndrome”. Los términos “niño\*” y “embarazada” sirvieron como calificador negativo.

### 3.2 Métodos utilizados

**3.2.1 Enfoque de investigación.** Los investigadores de este estudio indican que posee un enfoque cualitativo. Hernández-Sampieri (2018) describe que: “Con el enfoque cualitativo también se estudian fenómenos de manera sistemática. Sin embargo, en lugar de comenzar con una teoría y luego "volar" al mundo empírico para confirmar si esta es apoyada por los datos y resultados, el investigador comienza el proceso examinando los hechos en sí y

revisado los estudios previos, ambas acciones de manera simultánea, a fin de generar una teoría que sea consistente con lo que está observando qué ocurre” (p.7).

El estudio es de enfoque cualitativo debido a que la investigación para recopilación de información sobre las variables, se extrajo de fuentes primarias en función de la técnica de recolección de información de palabras claves, con intención de realizar una descripción en el contexto; así mismo correlacionar las variables, para poder proceder con un análisis interpretativo de las mismas, siendo los ejercicios aeróbicos de intensidad moderada la variable independiente, y la variable dependiente, la capacidad pulmonar en pacientes masculinos de 30 a 60 años con síndrome post-covid-19.

**3.2.2 Tipo de estudio.** La presente investigación se considera de tipo descriptiva. Este tipo de investigación hace énfasis en buscar las propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier fenómeno que se pretenda analizar, es decir, trabaja sobre realidades y su característica principal es la de presentar una interpretación correcta. Pretende medir o recolectar información de manera independiente o conjunta sobre diferentes conceptos o variables (Hernández-Sampieri et, al. 2010).

Esta investigación es de tipo descriptivo ya que se demuestra por medio de una revisión bibliográfica todo lo relacionado con la anatomía, fisiología, fisiopatología y temas predominantes que demostrarán cual es el efecto del síndrome post-COVID-19 sobre el sistema respiratorio específicamente en la capacidad pulmonar y se resalta cuál es el impacto del ejercicio aeróbico de intensidad moderada como tratamiento.

**3.2.3 Método de estudio.** La presente investigación se desarrolla con base en el método análisis y síntesis. Quezada (2021), define que: “el método que emplea el análisis y la síntesis consiste en separar el objeto de estudio en dos partes y, una vez comprendida su esencia, construir un todo”.

Tomando esta premisa por su definición, el presente estudio se realiza por medio del método análisis-síntesis puesto que se comprende cada definición, resultado y artículo en relación de la variable dependiente como la variable dependiente de manera independiente y en correlación de ambas entre sí y su entorno pasado y actual, para así llegar a la unificación del contenido expresado en el texto.

**3.2.4 Diseño de investigación.** La presente investigación se desarrolla con base al diseño de investigación no experimental y de corte transversal. La investigación no experimental es en la cual no existe manipulación intencional ni asignación al azar. Se puede resumir que en este tipo de investigación el investigador no construye ninguna situación, sino que solamente observa situaciones ya existentes para posteriormente analizarlas (Hernández-Sampieri et, al. 2010).

Abonado a lo anterior Hernández-Sampieri et, al. (2010) habla sobre el diseño de investigación transversal, donde solo se recolectan datos en un solo momento, en un tipo único, con el propósito de describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

Tomando en cuenta las descripciones anteriormente mencionadas, el tema de investigación de este estudio encaja en el perfil de no experimental y de corte transversal ya que se basa en datos ya existentes del síndrome post-COVID-19 debido a que no se pueden manipular y a los ejercicios aeróbicos de intensidad moderada, los cuales son aplicados en

pacientes de 30 a 60 años en el momento específico de rehabilitación luego de cursar por la enfermedad de COVID-19.

**3.2.5 Criterios de investigación.** Para realizar esta investigación se tomaron en cuenta criterios de selección, los cuales se presentan a continuación:

*Tabla 3 Criterios de selección*

<b>Criterios de inclusión</b>	<b>Criterios de exclusión</b>
Artículos indexados y no indexados, provenientes de fuentes de respaldo científico.	Información que no provenga de fuentes con un respaldo científico.
Artículos menores de 10 años.	Artículos mayores a 10 años.
Artículos que mencionan de la COVID-19.	Artículos que no mencionen la COVID-19.
Artículos que mencionan del síndrome post-COVID-19.	Artículos que no mencionen el síndrome post-COVID-19.
Artículos en idiomas español, portugués e inglés.	Artículos que no sean de idioma español, portugués o inglés.
Artículos que mencionan el ejercicio aeróbico.	Artículos sin autor o año.
Libros con ediciones más recientes.	Libros que no hablen de anatomía y fisiología pulmonar.
Libros que mencionan la anatomía y fisiología pulmonar.	Libros que no mencionan temas sobre ejercicio aeróbico.
Libros hablen de ejercicio aeróbico.	Libros y artículos que no mencionan ejercicio aeróbico de intensidad moderada

Libros y artículos que mencionan ejercicio de intensidad moderada.

---

*Fuente: Elaboración propia.*

### **3.3 Variables**

Una variable es un factor que puede cambiar y cuya variación es susceptible de medir u observar. Dicho concepto se puede aplicar en personas, seres vivos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren diferentes cualidades dependiendo de la variable referida (Hernández-Sampieri et, al. 2010).

**3.3.1 Variable independiente.** La variable independiente se debe entender como un elemento que explica, condiciona o determina la presencia de otro elemento (Rojas, 1983). Es por eso que en este trabajo de investigación se considera como variable independiente la técnica de ejercicio aeróbico de intensidad moderada.

**3.3.2 Variable dependiente.** Continuando con el concepto de Rojas (1983) la variable dependiente se define como el elemento explicado o que está siendo afectado por la función de otro. Es por eso que en este trabajo de investigación se considera como variable dependiente el síndrome post-COVID-19.

**3.3.3 Operacionalización de las variables.** La operacionalización de variables se define como un proceso lógico de desagregación de elementos abstractos, hasta llevarlos a un nivel más concreto. (Álvarez y Martínez-Olmo, 2014) Otra definición según Hernández-Sampieri et, al. (2010) describe que es un proceso que permite describir las actividades que un espectador debe realizar para así recibir las impresiones sensoriales que refieren la existencia de un concepto teórico en mayor o menor grado.

Tabla 4 Operacionalización de las variables.

<b>Tipo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición personal</b>	<b>Fuente</b>
<b>Independiente</b>	Ejercicio aeróbico de intensidad moderada	El ejercicio aeróbico es todo aquel que mejore la función cardiorrespiratoria, cuando se habla de intensidad moderada se incluye actividades que alcancen el 60% de la FCM.	El ejercicio aeróbico de intensidad moderada puede incluir actividades como trote ligero, andar en bicicleta o bailar aumentando así la FCM.	Mendoza (2009)
<b>Dependiente</b>	Síndrome post-COVID-19	Son los signos y síntomas que se desarrollan durante o después de la infección aguda por COVID-19 y que continúan hasta 12 semanas después de la infección.	Síndrome emergente de la enfermedad COVID-19. Dicho síndrome genera síntomas persistentes como la disnea o la disminución de la capacidad pulmonar a nivel fisiológico.	Mirofsky & Salomón (2021)

*Fuente: Elaboración propia*

## Capítulo IV

### Resultados

En este capítulo se muestran los artículos que respaldan los objetivos propuestos para este trabajo de investigación, así mismo se evidencia que autores están a favor y quienes consideran mejor otra alternativa sobre el ejercicio aeróbico, su dosis y su aplicación. llevando así a las conclusiones relacionadas con lo aprendido en el transcurso de la realización de este trabajo. También se pretende realizar propuestas para estudios futuros en base a este trabajo de investigación.

#### 4.1 Resultados

Con los resultados se busca defender los objetivos propuestos basados en evidencia terapéutica de diferentes artículos con respaldo científico para así respaldar lo descrito en el transcurso de esta investigación y dar a respuesta cada uno de ellos.

<b>Primer objetivo:</b> Cambios de los tejidos pulmonares que alteran la capacidad pulmonar en pacientes con síndrome post-COVID-19 en base a una búsqueda bibliográfica.			
Datos	Metodología	Metodología fisioterapéutica o médico	Resultados
Sibila et al. (2022) <i>Elevated plasma levels of epithelial and endothelial cell</i>	Estudio prospectivo, observacional. Pacientes síndrome post-COVID-19	A todos los pacientes ingresados en el estudio se les sometieron a estudios de	Los pacientes con edad aproximada de 60 años que requirieron ventilación mecánica

<p><i>markers in COVID-19 survivors with reduced lung diffusing capacity six months after hospital discharge.</i></p>	<p>posterior a los 6 meses del alta hospitalaria</p> <p>≥ 60 años</p> <p>Masculinos</p> <p>Se realizó con 215 pacientes</p> <p>En la escala de gravedad de la enfermedad aguda se evaluó en 7 categorías por recomendación de la OMS, siendo puntuación 4: requerimiento de oxígeno por mascarilla; puntuación 5: ventilación no invasiva; puntuación 6: intubación o ventilación mecánica; y puntuación 7: ventilación más soporte orgánico.</p>	<p>espirometría a los 6 meses del alta hospitalaria y se tomaron muestras sanguíneas mediante venopunción periférica para luego ser centrifugada para así obtener el plasma.</p>	<p>demuestran la elevación de marcadores circulares en</p> <p>a.) Epitelio pulmonar.</p> <p>b.) Daño endotelial.</p> <p>Es por eso que este estudio demuestra que el daño epitelial y endotelial persiste por al menos 6 meses después del alta hospitalaria.</p>
<p>Mumoli et al., (2021)</p> <p><i>Lung Function and Symptoms in Post-COVID-19 Patients: A Single-Center Experience</i></p>	<p>Estudio retrospectivo</p> <p>Pacientes con COVID-19 previamente hospitalizados que asistían a la consulta externa para pacientes post-COVID-19</p> <p>Se incluyeron en este estudio 88 pacientes, con una gran prevalencia del sexo masculino n=65,</p>	<p>Se evaluó el impacto a corto plazo (3 meses) de COVID-19 en pacientes hospitalizados</p> <p>Se les extrajo sangre para hemograma completo, proteína C reactiva, ferritina, dímero D y análisis de gases en sangre arterial y tomografía computarizada de alta resolución (HRCT, por sus</p>	<p>Después de 3 meses, un tercio de los pacientes mostró una tomografía computarizada normal sin anomalías. Los síntomas descritos a los 3 meses son</p> <p>a.) Compromiso intersticial.</p> <p>b.) Opacidades en vidrio deslustrado (GGO).</p> <p>c.) Fibrosis.</p>

	<p>73,9% y femenino n=23, 26,1% Edad de 62,7 ± 9,5 años</p>	<p>siglas en inglés) del tórax. Con el objetivo de evaluación de los intercambios de gases en sangre después de 3 meses</p> <p>La duración del estudio fue de 3 meses Los estudios anteriormente descritos se realizaron 2 veces, los cuales fueron al ingreso hospitalario y posteriormente a los 3 meses.</p>	<p>d.) Hipocapnia persistente. e.) Disminución drástica de los niveles de PCR, ferritina y dímero D. f.) Disnea de reposo. g.) Fatiga. h.) Disnea de esfuerzo (DOE).</p>
<p>Barisone y Brusasco, (2021)</p> <p><i>Lung diffusing capacity for nitric oxide and carbon monoxide following mild-to-severe COVID-19</i></p>	<p>Estudio de cohorte prospectivo</p> <p>En 125 sujetos, de los cuales 94 sujetos se recuperaban de una neumonía por COVID-19 de leve a grave y 31 sujetos sanos Según el sexo, masculino n=87, 69,6% y femenino n=38, 30,4% Se subdividieron en grupos según la gravedad de la enfermedad, iniciando con el grupo control (sujetos sanos) n= 31 sujetos, sujetos con grado leve n=34, sujetos con grado moderado n=34 y sujetos con grado grave n=26</p>	<p>Se realizó una medición de la capacidad de difusión pulmonar del óxido nítrico y monóxido de carbono. Se realizó una medición de la función pulmonar mediante espirometría y se llevaron a cabo tomografías computarizadas (TC) de tórax. Con el objetivo de brindar información sobre la presencia y los mecanismos de las anomalías en el transporte de gas.</p> <p>El estudio se llevó a cabo aproximadamente durante 9 meses. Las pruebas de función pulmonar y</p>	<p>Por lo general en sujetos que se recuperan de neumonía por COVID-19, a.) La capacidad de difusión pulmonar del óxido nítrico (DL<sub>NO</sub>) se altera con más frecuencia y de forma más persistente b.) Capacidad de difusión pulmonar del monóxido de carbono (DL<sub>CO</sub>) estándar c.) Alteración de la conductancia difusiva de la membrana alveolar (DM) debido al daño alveolar-capilar y a la pérdida de unidades alveolares con volumen de sangre capilar pulmonar (VC) relativamente</p>

		las TC se obtuvieron entre 10 y 266 días después del alta hospitalaria, lo que ocurrió sólo después de que cada paciente diera negativo para SARS-CoV-2.	conservada. d.) La DL <sub>NO</sub> fue anormal con más frecuencia que la DL <sub>CO</sub> estándar. e.) Daño alveolar persistente. Se necesitan más estudios a largo plazo para investigar si estos cambios a mediano plazo pueden convertirse en anomalías morfológicas y funcionales crónicas.
--	--	--	--

En base a lo investigado Sibila et al. (2022) indica que se genera un daño en el epitelio y endotelio pulmonar. Así mismo Mumoli et al., (2021) refiere que se genera un compromiso intersticial, fibrosis, hipocapnia persistente y una disminución drástica de los niveles de PCR, ferritina y dímero D. Barisone y Brusasco, (2021) complementan la investigación evidenciando que la capacidad de difusión pulmonar de óxido nítrico se altera con más frecuencia, al igual que la capacidad de difusión pulmonar de monóxido de carbono estándar. Reuniendo esta evidencia se puede decir que existe un evidente cambio en el tejido pulmonar tras haber cursado la enfermedad de COVID-19 siendo la fibrosis la más común entre todos estos cambios.

<b>Segundo objetivo:</b> Efectos fisiológicos y terapéuticos del ejercicio aeróbico en el sistema respiratorio para determinar su impacto.			
Datos	Metodología	Metodología fisioterapéutica	Resultados
Mohamed & Alawna (2020) <i>Role of increasing the aerobic capacity</i>	Revisión  Se tomaron muestras de pacientes con	Se realizó una revisión con el objetivo de demostrar los efectos a corto y largo plazo	Se menciona que realizar ejercicios aeróbicos alrededor de 10 a 30 minutos durante solo 5

<p><i>on improving the function of immune and respiratory systems in patients with coronavirus (COVID-19): A review</i></p>	<p>COVID-19, en Wuhan-China, los pacientes inicialmente presentaban síntomas comunes, como fiebre, tos y neumonía. En las etapas posteriores, hubo cambios intra y extra respiratorios</p> <p>Debido a que no es un estudio experimental no se presenta edad o cantidad de pacientes sometidos a la evaluación sin embargo los estudios seleccionados demuestran de manera proyectiva los efectos terapéuticos y fisiológicos del ejercicio aeróbico sobre la capacidad pulmonar.</p>	<p>del aumento de la capacidad aeróbica en el aumento de la función y la fuerza de los sistemas inmunitario y respiratorio, en particular los esenciales para superar las infecciones por COVID-19 y los trastornos asociados.</p>	<p>semanas produce un efecto a nivel fisiológico de:</p> <p>a.) Mejorar las funciones inmunitarias generando un aumento de la función de los linfocitos T, neutrófilos, macrófagos y monocitos.</p> <p>b.) Aumentar el nivel de Inmunoglobulinas.</p> <p>c.) Regular el nivel de proteínas C reactivas.</p> <p>A nivel terapéutico puede llegar a:</p> <p>a.) Mejorar las funciones pulmonares.</p> <p>b.) Restaurar la elasticidad normal de los pulmones.</p> <p>c.) Aumentar la fuerza y resistencia de los músculos respiratorios.</p> <p>d.) Aumentar la ventilación mecánica pulmonar</p> <p>e.) Disminuir el daño pulmonar.</p> <p>f.) Ayuda significativamente a prevenir y tratar infecciones pulmonares y afecciones patológicas.</p>
<p>Wootton (2020)</p> <p><i>COVID-19 rehabilitation delivered via a</i></p>	<p>Estudio experimental</p> <p>Se estudiaron los signos y síntomas de 3 pacientes siendo</p>	<p>Se basó en una ecuación de rehabilitación integral medida por un fisioterapeuta</p>	<p>Se demostró que la fatiga según la puntuación en el FSS empeoró en el caso 2 a las 6 semanas de</p>

<p><i>telehealth pulmonary rehabilitation model: a case series</i></p>	<p>así un experimento de 3 casos clínicos, siendo el caso 2 un paciente masculino de 59 años de edad quien se recuperó de la fase aguda de COVID-19 y tenía acceso a un dispositivo de videoconferencia.</p> <p>Se evaluaron factores como Fatiga con la Escala de severidad de la fatiga (FSS), disnea con la escala de disnea modificada del consejo de investigación médica y capacidad de ejercicio mediante la prueba de cinco repeticiones de sentarse y ponerse de pie y la prueba de 1 minuto sentado y 1 minuto de pie. A los pacientes se les entregó un oxímetro de pulso para que lo usaran en sus hogares.</p>	<p>para identificar los síntomas y deficiencias físicas que se consideran tratables por medio de un programa de rehabilitación física.</p> <p>A los pacientes se les indico que hicieran ejercicio 4 días a la semana inicialmente y luego aumentarían a 6 días a la semana, comenzando con entrenamiento de ejercicios aeróbicos con caminata en el suelo a una intensidad moderada con una puntuación de fatiga &lt;3 en la escala modificada de proporción de categorías 0-10 de Borg. La duración del entrenamiento para caminar se inició entre 5 y 10 min y regresó a 30 min.</p>	<p>tratamiento, El paciente refirió sentir la carga de volver a las tareas diarias normales y al trabajo.</p> <p>a.) Aumento de los signos basales de disnea</p> <p>Luego de 11 semanas después del inicio de los síntomas de COVID-19 el paciente del caso 2 informó tener una disnea persistente.</p> <p>Esto dio inicio a una evaluación médica donde por medio de una tomografía computarizada se demostró una opacidad en vidrio esmerilado de manera bilateral y una embolia pulmonar que afectó segmentaria en el lóbulo medio derecho.</p> <p>luego de abordar esto con tratamiento farmacológico mejoró la disnea y la capacidad de ejercicio.</p>
<p>Mohamed y Alawna (2021)</p> <p><i>The effect of aerobic exercise on immune biomarkers and symptoms severity and progression in patients with COVID-19: A</i></p>	<p>Un estudio controlado aleatorizado.</p> <p>Se realizó en pacientes que se les diagnosticó COVID-19, hubo 15 participantes masculinos y 15</p>	<p>Todos los participantes realizaron 2 semanas de ejercicio aeróbico de intensidad moderada.</p> <p>Con el objetivo de investigar el efecto del ejercicio aeróbico sobre los</p>	<p>En el grupo de ejercicio se realizó ejercicio aeróbico de intensidad moderada durante 40 min/sesión, 3 sesiones/semana, Cada sesión se compone de un calentamiento de 5</p>

<p><i>randomized control trial</i></p>	<p>femeninos con edades entre 24 y 45 años.          Los pacientes se dividieron en dos subgrupos: El subgrupo control, contiene 15 participantes (7 hombres y 8 mujeres), mientras que 15 participantes formaron parte del grupo de intervención (8 pacientes masculinos y 7 femeninos).</p>	<p>biomarcadores inmunitarios, la gravedad de la enfermedad y la progresión en pacientes con COVID-19.          Para evaluar el efecto se realizó por medio de recolección de sangre, saliva y encuesta de síntomas de las vías respiratorias superiores de Wisconsin, las mediciones se realizaron al inicio y después de 2 semanas.          Todos los participantes en ambos grupos siguieron las pautas de cuarentena de la OMS y usó medicamentos estandarizados, el grupo de ejercicio realizó ejercicio aeróbico de intensidad moderada durante 6 sesiones, realizadas en 2 semanas.</p>	<p>min de caminata lenta o bicicleta.          Luego, la intervención principal consistió en 30 min de ejercicio aeróbico de intensidad moderada (caminar/correr o andar en bicicleta).          Por último, un ejercicio de enfriamiento de 5 minutos. La intensidad del ejercicio fue del 60% al 75% del MHR previsto (calculado como <math>MHR = 210 - \text{edad}</math>).          Los ejercicios empleados fueron caminar/correr o andar en bicicleta.          Efectos fisiológicos y terapéuticos;          a) aumenta significativamente la actividad de las células asesinas neutras <i>Natural Killer</i> (NK)          b) aumenta la cantidad y la actividad de los macrófagos          c) aumenta la concentración de inmunoglobulina (Ig)          d) mejorar las funciones inmunológicas          e) disminuyen la gravedad y la progresión de los trastornos asociados con COVID-19          f) mejoran la calidad</p>
--	---	---	--

			de vida g) La sintomatología (medida por medio de la escala WURSS) de la enfermedad se ve disminuida por lo cual la salud en general aumenta
--	--	--	---

Teniendo en cuenta los efectos fisiológicos y terapéuticos Mohamed & Alawna (2020) donde se evidencia una mejora de las funciones inmunitarias, aumento del nivel de inmunoglobulinas, mejora de las funciones pulmonares, restaurar la elasticidad normal de los pulmones y el aumento de la resistencia y fuerza de los músculos respiratorios. De la misma manera Wootton (2020) comenta que en algunos pacientes con patologías crónicas no controladas puede generar un aumento de los signos basales de disnea, sin embargo, con el tratamiento adecuado se pueden generar efectos terapéuticos notables. En otro estudio Mohamed y Alawna (2021) hablan sobre el aumento de las células Natural killers, la mejora de producción de macrófagos. Con dicha evidencia se puede resaltar que los efectos fisiológicos y terapéuticos generan una mejoría sobre el sistema respiratorio desde los factores microscópicos hasta los macroscópicos.

<b>Tercer objetivo:</b> Dosis adecuada del ejercicio aeróbico de impacto moderado mediante recopilación bibliográfica en el tratamiento de pacientes con la capacidad pulmonar alterada con síndrome post-COVID-19.			
Datos	Metodología	Metodología fisioterapéutica	Resultados
Hernandez et al. (2022)  <i>Concurrent aerobic and strength training program in post-COVID adult</i>	Estudio Cuasi experimental  De 134 pacientes que precisaron tratamiento	El objetivo de este estudio es analizar los cambios en la sintomatología y la funcionalidad en pacientes con síndrome post-	Se realizó un programa de 8 semanas de ejercicio aeróbico de 30 minutos de duración cada 3 días a la semana utilizando

<p><i>patients</i></p>	<p>rehabilitador durante el ingreso por la COVID-19, se obtuvo una muestra de 16 pacientes masculinos de 59 años de edad con un índice de masa corporal de 32,09, siendo 24 pacientes diestros. Ingresaron 35,88 días de media y 18 pacientes precisaron estancia media en unidad de cuidados intensivos de 14 días.</p>	<p>COVID-19.</p> <p>122 pacientes fueron valorados a los 2 meses de alta mediante la sintomatología, 6 minute test, sit to stand test en 30 segundos, quick disabilities of arm, shoulder and hand, dinamometría de ambas manos y Hospital Anxiety and Depression Scale.</p> <p>Se seleccionaron 26 pacientes con peor capacidad funcional respaldados por los test mencionados y sin deterioro cognitivo ni funcional.</p> <p>El estudio se realizó entre septiembre del 2020 a septiembre de 2021.</p>	<p>cicloergómetro o caminata a intensidad moderada refiriendo 3-4 según la escala de Borg modificada. Junto a la potenciación de la musculatura respiratoria.</p> <p>Como efectos terapéuticos se evidenció la mejoría de sintomatología como disminución de cansancio y disnea, así como una mejora en la capacidad funcional medida por 6 minute test, sit to stand test en 30 segundos y la fuerza de presión en dinamometría de ambas manos.</p>
<p>Ahmed et al. (2021)</p> <p><i>Effectiveness of aerobic exercise training program on cardio-respiratory fitness and quality of life in patients recovered from COVID-19</i></p>	<p>Estudio de intervención prospectivo</p> <p>Llevada a cabo en pacientes sintomáticos posterior a la recuperación por COVID-19 que ingresaron en unidades de hospitalización durante su enfermedad activa. Hubo trece participantes masculinos y siete</p>	<p>Todos los participantes realizaron cinco semanas de entrenamiento aeróbico y entrenamiento de ejercicios respiratorios. Con el objetivo de determinar el efecto del ejercicio aeróbico y de respiración de intensidad moderada a alta sobre la aptitud cardiorrespiratoria y</p>	<p>El ejercicio aeróbico se dosificó entre 50–70% de la frecuencia cardíaca máxima según la edad de las personas e índice de esfuerzo percibido entre 4 y 6. La duración del entrenamiento aeróbico el primer día de la sesión fue de 20 min (5 min de calentamiento, 10 min de entrenamiento y 5</p>

	<p>femeninos con una edad media de 39,6 y una media de 26,1 días posteriores a la COVID-19. De acuerdo con el soporte ventilatorio para pacientes hospitalizados utilizado en la enfermedad activa, los pacientes se dividieron en dos subgrupos: El subgrupo 1 contiene 10 participantes (6 hombres y 4 mujeres), que no usaron soporte ventilatorio durante el curso activo de la enfermedad, con edades entre 23 y 52 y una media de 23,5 días posteriores a la COVID-19, mientras que 10 participantes (7 pacientes masculinos y tres femeninos), que usaron soporte ventilatorio durante su curso activo de la enfermedad, con una edad promedio que oscila entre 24 y 57 años y tienen un promedio de 28.7 días posteriores a COVID-19, se incluyeron en el subgrupo 2.</p>	<p>la calidad de vida en pacientes después del alta de COVID-19. Para determinar el efecto se midió con escala de disnea de Borg modificada de calidad de vida relacionada con la salud SF-36 y las mediciones de la prueba de caminata de 6 minutos se recopilaron al inicio y al final de la intervención, la muestra emparejada, se aplicó la prueba para determinar la mejoría después de 5 semanas de intervención.</p> <p>Con una duración de 5 semanas en la cual se realizaron 15 sesiones Se llevó a cabo en centro de rehabilitación Bin Inam en el departamento de pacientes ambulatorios</p>	<p>min de vuelta a la calma) Para el entrenamiento cardiorrespiratorio, se pidió a todos los participantes que realizaran el ejercicio aeróbico tales como ergometría de miembros superiores o inferiores, elíptica o cinta rodante, durante tres días a la semana bajo la supervisión de un fisioterapeuta.</p> <p>Combinación con otra terapia Los ejercicios aeróbicos mencionados anteriormente se combinaron con la técnica de respiración Buteyko durante 10 minutos por sesión.</p> <p>Efectos terapéuticos a.) La aptitud cardiorrespiratoria se ha incrementado significativamente en un 17,1 % en pacientes que no recibieron ventilación durante el curso activo de la enfermedad y 9,3% en pacientes que recibieron soporte ventilatorio durante el curso activo de la enfermedad.</p>
--	---	--	--

<p>Bakar, Azam, Clegg &amp; Rasker (2020).</p> <p><i>Pulmonary Rehabilitation in COVID-19 patients: A scoping review of current practice and its application during the pandemic.</i></p>	<p>Revisión bibliográfica</p> <p>Pacientes adultos dados de alta hospitalaria que pasaron o por la Unidad de cuidados intensivos.</p> <p>Se realizó del 8 de abril de 2020 al 10 de agosto de 2020.</p>	<p>Se realizó un estudio en base a una revisión bibliográfica donde se incluyeron 39 artículos sobre COVID-19 que sirvieron como directrices, perspectivas y análisis.</p> <p>El estudio se llevó a cabo en un lapso de tiempo de 5 meses y dos días.</p>	<p>Ejercicios aeróbicos como caminar individualizada, caminata rápida, trote lento y natación.</p> <p>3-5 sesiones a la semana, con un tiempo estimado de entre 20-30 minutos.</p> <p>Los ejercicios aeróbicos anteriores se sugiere combinarlos con entrenamientos de fuerza muscular, realizando una carga reducida</p> <p>Por cada grupo muscular repetir de 8 - 12 veces el movimiento, 1-3 series con 2 minutos de descanso entre series, 2-3 sesiones por semana durante 6 semanas.</p>
---	---	---	---

La dosificación adecuada del ejercicio aeróbico es importante, donde Hernández et al. indica que un programa de ejercicios de 8 semanas de duración realizando ejercicio durante 30 minutos cada 3 días, refiriendo una escala de Borg modificada de 3-4 es necesaria para generar efectos terapéuticos. Ahmed et al. (2021) sugiere que la dosificación sea con una frecuencia cardiaca máxima de 50-70%, con un índice de Borg modificada de entre 4-6 con una duración de 20 minutos siendo 5 minutos de calentamiento, 10 minutos de entrenamiento y 5 minutos de enfriamiento para generar un efecto terapéutico en el sistema cardiorrespiratorio. Y Bakar, Azam, Clegg & Rasker (2020) mencionan que el ejercicio aeróbico debe ser realizado con una frecuencia de 3-5 sesiones a la semana con un tiempo

aproximado de 20 a 30 minutos. Recopilando estos datos se puede decir que el ejercicio aeróbico de intensidad moderada realizado de 3-5 sesiones por semana con un tiempo estimado de 25 minutos manteniendo una percepción del esfuerzo de entre 3 a 5 en escala de Borg modificada, es ideal para generar un efecto fisiológico y terapéutico para el adecuado tratamiento del paciente.

En la condensación de datos se citan varias fuentes en la que los parámetros del ejercicio varían y podría realizarse una clasificación de subgrupos de ejercicio aeróbico de intensidad moderada dependiendo de las características de los pacientes en la que se toma como referencia alguna prueba de esfuerzo y partir con dosificaciones personalizadas.

## **4.2 Discusión**

Se ha demostrado que el ejercicio aeróbico de intensidad moderada con una frecuencia máxima de 50-70% manteniendo una percepción de esfuerzo de 4 a 6 escala de Borg modificada durante 20 minutos realizando 3 veces a la semana por 5 semanas es la manera más eficaz de abordar el tratamiento para los pacientes con síndrome post-COVID-19 según Ahmed et al. (2021). Sin embargo, Soto-Rodriguez (2021) demuestra que el ejercicio aeróbico de intensidad moderada debe de tener una frecuencia de 5 a 7 días con un porcentaje de intensidad de 60% de la frecuencia cardíaca máxima con un tiempo de entrenamiento de 30 minutos durante 6-8 semanas tiene una mayor eficacia para el tratamiento de los pacientes con síndrome post-COVID-19.

Mohamed y Alawna (2020) menciona que realizar ejercicios aeróbicos alrededor de 10 a 30 minutos durante solo 5 semanas produce un efecto a nivel fisiológico y terapéutico mejorando las funciones pulmonares, restaura la elasticidad normal de los pulmones, aumentar la fuerza y resistencia de los músculos respiratorios, aumentar la ventilación mecánica pulmonar, disminuye el daño pulmonar, mientras que Jiménez, Echeverría y

Cabrera (2021) mediante una revisión demuestra que la reeducación de la mecánica ventilatoria con el uso del espirómetro consigue activar la “*compliance*” dinámica, que aumenta las capacidades ventilatorias potenciando la ventilación colateral de esta manera disminuye los efectos adversos tras la extubación y reducir las secuelas a largo plazo provocadas por el COVID-19, mediante la realización de una inspiración y una espiración forzadas se mantiene por 5 segundos, se realizaran 5 ciclos con pausa de 1 minuto.

Hernández et al. (2022) evidencia que el ejercicio aeróbico realizado en un lapso de 8 semanas con una frecuencia de cada 3 días con duración de 30 minutos manteniendo el esfuerzo percibido entre 3-4 según la escala de Borg modificada ha demostrado una mejoría sobre la capacidad pulmonar en los pacientes con síndrome post-COVID-19. Así mismo Mohamed et al., (2021) demuestra que el ejercicio aeróbico realizado en un cicloergómetro durante 40 minutos con un calentamiento previo de ejercicio aeróbico de baja intensidad durante 10 minutos y de 5 a 10 minutos de enfriamiento durante 6 semanas realizando 3 veces por semana con un esfuerzo de 65-75% de frecuencia cardiaca máxima, demuestra ser más efectivo para disminuir la frecuencia cardiaca y la frecuencia respiratoria en pacientes post-COVID-19.

En el ensayo de Mohamed y Alawna (2021) demostró que 2 semanas de ejercicio aeróbico de intensidad moderada disminuyen la gravedad y la progresión de los trastornos asociados con COVID-19, con una intervención que se compone de calentamiento y ejercicio de enfriamiento de 5 minutos mientras la intervención principal consistió en 30 min de ejercicio aeróbico. La intensidad del ejercicio fue del 60% al 75% de la Frecuencia cardiaca máxima y en el nivel de esfuerzo entre 12 y 14 en la escala de Borg. Sin embargo, Campos et al., (2021) menciona en un protocolo de ejercicio aeróbico que se realizó en cinta ergométrica a una intensidad moderada al 60%-75% de la FC de reserva calculada mediante el método de Karvonen y 4-6 en la escala de Borg modificada. Realizaron 5 min de calentamiento y

enfriamiento y 30 min de ejercicio aeróbico que difiere en la duración debido a su se llevó a cabo en 8 semanas consecutivas, 2x/semana, que se acompañó de ejercicios de resistencia, demostrando que el ejercicio físico puede mejorar la capacidad de ejercicio, reducir la fatiga y los síntomas respiratorios y mejorar la calidad de vida.

### **4.3 Conclusión**

- a.) En el proceso de recopilación de datos se observa un patrón de algoritmos de intervención fisioterapéutica en el que se puede obtener una mayor efectividad en la aplicación del método empleado en combinación de otras modalidades terapéuticas, tal es el caso de los ejercicios de respiración, entrenamiento de musculatura inspiratoria, entrenamiento de fuerza, entrenamiento de resistencia y ejercicios de flexibilidad, tomando al sistema respiratorio como parte de un complejo, este proceso debe realizarse de manera interdisciplinaria.
- b.) El sistema respiratorio es uno de los sistemas más importantes del cuerpo humano, está compuesto por órganos vitales que con su anatomía y fisiología permiten un adecuado funcionamiento, es por eso que a estos ser afectados por la enfermedad COVID-19, que da inicio al síndrome post-COVID-19, el cual puede generar cambios en el tejido pulmonar generando fibrosis, daño en el tejido epitelial y endotelial, daño y alteración la membrana alveolar y provocar un compromiso intersticial, es por eso que el estudio adecuado de la anatomía y fisiología pulmonar está estrechamente relacionado con el tratamiento adecuado de los pacientes.
- c.) Es evidente que los pacientes con síndrome post-COVID-19 que realizaron ejercicios aeróbicos de intensidad moderada tuvieron efectos fisiológicos generando un aumento del sistema inmunitario mejorando así la función de los linfocitos T, neutrófilos, macrófagos y monocitos disminuyendo así el riesgo de padecer enfermedades relacionadas por el sistema

respiratorio, a nivel terapéutico se evidencia un aumento de la capacidad pulmonar y disminuyen la gravedad y la progresión de los trastornos asociados con COVID-19.

d.) En la recopilación de datos se encontró un patrón en los componentes de la dosificación en el que se inicia con la práctica del ejercicio aeróbico de intensidad moderada con una duración de 2 a 8 semanas, en cuanto a la percepción se utiliza la escala de Borg modificada de entre 3 a 6 de dificultad, la intensidad puede variar entre 50% y 75% de la frecuencia cardíaca máxima, el volumen es entre 10 a 60 minutos, incluida la fase de calentamiento y enfriamiento cuando el tiempo es mayor a 20 minutos y la frecuencia semanal es 2 a 7 veces, estos parámetros se dosifican para que se produzcan efectos terapéuticos y fisiológicos.

#### **4.4 Perspectiva y/o prácticas**

Se recomienda realizar investigaciones sobre el impacto del ejercicio aeróbico de intensidad moderada en pacientes femeninas con síndrome post-COVID-19 de 30 a 60 años de edad y como este afecta la capacidad pulmonar, para así ampliar el conocimiento para abarcar a más pacientes ya que el síndrome post-COVID-19 no discrimina sexo, raza, etnia o edad.

Debido a que el síndrome post-COVID-19 es reciente en su exploración también se recomienda realizar estudios por un tiempo más prolongado y con exámenes complementarios de difusión alveolar y TC de tórax.

El campo de la investigación sobre el ejercicio aeróbico en pacientes con síndrome post-COVID-19 aun es poco investigado, es por eso que se sugiere aumentar las investigaciones en esta área para generar nuevos conocimientos sobre abordajes adecuados y generar una mejor rehabilitación para los pacientes.

Se sugiere tomar como referencia para futuras investigaciones sobre grupos de intervención con distintas características a las que se describen en este estudio, así como base

para la creación de un protocolo utilizando los componentes de carga que se describen y que demuestran evidencia clínica.

## Referencias

- Agostini F, Mangone M, Ruiu P, et al. Entorno de rehabilitación durante y después de Covid-19: una descripción general de las recomendaciones. *Revista de Medicina de Rehabilitación*. 2021 ene;53(1): jrm00141. doi: 10.2340/16501977-2776. PMID: 33284353; PMCID: PMC8772378.
- Ahmed, I., Inam, A. B., Belli, S., Ahmad, J., Khalil, W., & Jafar, M. M. (2021). Effectiveness of aerobic exercise training program on cardio-respiratory fitness and quality of life in patients recovered from COVID-19. *European Journal of Physiotherapy*, 1-6.
- Álvarez, Salamea, Vélez, Pacheco, Ardila, Guerrero. (2021). Síndrome de COVID -19 post-agudo: ¿Una nueva pandemia? *Archivos venezolanos de farmacología y terapéutica*, 628-632. doi: 10.5281/zenodo.5558792
- Amenta, E. M., Spallone, A., Rodriguez-Barradas, M. C., El Sahly, H. M., Atmar, R. L., & Kulkarni, P. A. (2020). Postacute COVID-19: An Overview and Approach to Classification. *Open forum infectious diseases*, 7(12), ofaa509. doi: <https://doi.org/10.1093/ofid/ofaa509>.
- Arazi, H., Falahati, A., & Suzuki, K. (2021). Moderate Intensity Aerobic Exercise Potential Favorable Effect Against COVID-19: The Role of Renin-Angiotensin System and Immunomodulatory Effects. *Frontiers in physiology*, 12, 747200. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.747200>

Arbillaga, A., Pardàs, M., Escudero, R., Rodríguez, R., Alcaraz, V., Llanes, S.,... & Ríos, A. (2020). Fisioterapia respiratoria en el manejo del paciente con COVID-19: recomendaciones generales. *Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica*.

Arbillaga-Etxarri, A., Lista-Paz, A., Alcaraz-Serrano, V., Escudero-Romero, R., Herrero-Cortina, B., Balañá Corberó, A., Sebio-García, R., Vilaró, J., & Gimeno-Santos, E. (2022). Fisioterapia respiratoria post-COVID-19: algoritmo de decisión terapéutica. *Open Respiratory Archives*, 4(1), 100139.  
<https://doi.org/10.1016/j.opresp.2021.100139>

Asenjo, C. A., & Pinto, R. A. (2017). Características anatómo-funcional del aparato respiratorio durante la infancia. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 28(1), 7-19.  
[doi.org/10.1016/j.rmclc.2017.01.002](https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2017.01.002)

Aznar Laín, S., & Webster, T. (2009). *Actividad física y salud en la infancia y la adolescencia. Guía para todas las personas que participan en su educación*. Ministerio de Educación.

Barisione, G., & Brusasco, V. (2021). Lung diffusing capacity for nitric oxide and carbon monoxide following mild-to-severe COVID-19. *Physiological Reports*, 9(4), e14748.

Barret, K. E., Barman, S. M., Brooks, H. L., & Yuan, J. X.-J. (2020). *Ganong Fisiología médica* (26.ª ed.). Ciudad de México, México: McGraw-Hill.

Bayego, E. S., Vila, G. S., & Martínez, I. S. (2012). Prescripción de ejercicio físico: indicaciones, posología y efectos adversos. *Medicina clínica*, 138(1), 18-24.

Bouza, E., Moreno, R. C., Ramos, P. D. L., García-Botella, A., García-Lledó, A., Gómez-Pavón, J., ... & Sebastián, M. S. (2021). Síndrome post-COVID: Un documento de

reflexión y opinión. *Revista Española de Quimioterapia*, 34(4), 269. doi:  
10.37201/req/023.2021

Burkhalter, N. (1996). Evaluación de la escala Borg de esfuerzo percibido aplicada a la rehabilitación cardiaca. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 4(3), 65-73. doi:  
<https://doi.org/10.1590/S0104-11691996000300006>

Calderón, J. L. P., Gustavo, A. R. M., Castellanos, E. J. R., & Rojas, I. A. S. (2021). Recomendaciones para la realización de ejercicio físico en población con diagnóstico post-COVID-19. *Revista Peruana de ciencia de la actividad física y del deporte*, 1(1), 15-15.

Campos, M. C., Nery, T., de Bem Alves, A. C., Speck, A. E., Vieira, D. S. R., Schneider, I. J. C., ... & Aguiar, A. S. (2021). Rehabilitation in Survivors of COVID-19 (RE2SCUE): a nonrandomized, controlled, and open protocol. *MedRxiv*.

Carod-Artal, F. J. (2021). Post-COVID-19 syndrome: epidemiology, diagnostic criteria and pathogenic mechanisms involved. *Revista de neurología*, 384-396.  
doi:10.33588/rn.7211.2021230

Castro, R. (2020). Coronavirus, una historia en desarrollo. *Revista médica de Chile*, 148(2), 143-144.

Clinic, M. (22 de octubre de 2021). *Mayo clinic*. Obtenido de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/coronavirus/in-depth/coronavirus-long-term-effects/art-20490351> doi: <https://doi.org/10.1016/j.rce.2021.10.003>

Esendağlı, D., Yilmaz, A., Akçay, Ş., & Özlü, T. (2021). Post-COVID syndrome: pulmonary complications. *Turkish journal of medical sciences*, 51(SI-1), 3359–3371.  
<https://doi.org/10.3906/sag-2106-238>

Fereydounnia, S., Shadmehr, A., Tahmasbi, A., & Salehi, R. S. (2022). The Comparison of the Effectiveness of Respiratory Physiotherapy plus Myofascial Release Therapy versus Respiratory Physiotherapy Alone on Cardiorespiratory Parameters in Patients with COVID-19. *International journal of therapeutic massage & bodywork*, 15(1), 4–14. <https://doi.org/10.3822/ijtmb.v14i4.691>

Fox, S. I. (2016). *Fisiología humana* (14.<sup>a</sup> ed.). Ciudad de México, México: McGraw-Hill Education.

Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., ... & Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. doi: 10.1249/MSS.0b013e318213fefb

Goërtz, Y., Van Herck, M., Delbressine, J. M., Vaes, A. W., Meys, R., Machado, F., Houben-Wilke, S., Burtin, C., Posthuma, R., Franssen, F., van Loon, N., Hajian, B., Spies, Y., Vijlbrief, H., Van'T Hul, A. J., Janssen, D., & Spruit, M. A. (2020). Persistent symptoms 3 months after a SARS-CoV-2 infection: the post-COVID-19 syndrome?. *ERJ open research*, 6(4), 00542-2020. <https://doi.org/10.1183/23120541.00542-2020>

Hall, J. E. (2016). *Guyton y Hall: tratado de Fisiología médica* (13 ed.). Barcelona, España: Elsevier.

Hall, J. E., & Hall, M. E. (2021). *Guyton y Hall; Tratado de fisiología médica* (14.<sup>a</sup> ed.). Barcelona, España: Elsevier.

Hernández López M, Puentes Gutiérrez AB, Díaz Jiménez M. Programa de entrenamiento aeróbico y de fuerza concurrente en pacientes adultos post-COVID. *Medicina Clínica*.

2022 enero doi: 10.1016/j.medcli.2021.12.005. PMID: 35063172; PMCID:  
PMCID8767949.

Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4, pp. 310-386). Ciudad de México, México D.F. Editorial McGraw-Hill Interamericana.

J. López Chicharro, A. Fernández Vaquero. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Madrid:  
Editorial Médica Panamericana.

Jiménez, E. G., Echeverría, L. E. & Cabrera, M. (2021). Reeduación de la mecánica ventilatoria con el uso del espirómetro postextubación en pacientes post COVID-19. *Revista de Investigación e Información en Salud*, 16(40), 25-47.

Johan Ortiz, Andry Villamil. (2020). Beneficios de la práctica regular de actividad física y sus efectos sobre la salud para enfrentar la pandemia por Covid-19: una revisión sistemática. *Centro de investigación Universidad la Salle*, 105-132.  
<https://doi.org/10.26457/recein.v14i53.2679>

Latarjet, M., & Ruiz, A. (2019). *Anatomía humana* (5.ª ed., Vol. 2). Buenos Aires, Argentina:  
Editorial Médica Panamericana.

Llorens, D. (23 de diciembre de 2020). *Saber vivir TVE*. Obtenido de  
[https://www.sabervivirtv.com/medicina-general/deporte-como-puedes-medir-intensidad-ejercicio\\_5173](https://www.sabervivirtv.com/medicina-general/deporte-como-puedes-medir-intensidad-ejercicio_5173)

López, M. H., Gutiérrez, A. B. P., & Jiménez, M. D. (2022). Programa de entrenamiento concurrente de ejercicio aeróbico y de fuerza en pacientes adultos post-COVID. *Medicina Clínica*.

López-Sampalo, A., Bernal-López, M. R., & Gómez-Huelgas, R. (2021). Síndrome de COVID-19 persistente. Una revisión narrativa. *Revista clínica española*.

- Luján. (2015, 11 diciembre). *Fisiopatología: todo lo que debes saber*. Fisiopatología: todo lo que debes saber. Recuperado 26 de febrero de 2022, de <https://www.uv.es/uvweb/master-fisiologia/es/master-universitario-fisiologia/fisiopatologia-todo-lo-debes-saber-1285881308000/GasetaRecerca.html?id=1285953135299>
- Maguiña Vargas, C., Gastelo Acosta, R., & Tequen Bernilla, A. (2020). El nuevo Coronavirus y la pandemia del Covid-19. *Revista Médica Herediana*, 31(2), 125-131. doi: <http://dx.doi.org/10.20453/rmh.v31i2.3776>
- Mendoza, J. (2009). *Fundamentos del entrenamiento personalizado*. Miami: International Sports & fitness Association.
- Mercado, M. (2003). *Fisioterapia respiratoria*. Madrid: Ediciones Ergon, S.A.
- Mirofsky, M., & Salomón, S. E. (2021). Síndrome post-COVID. *Revista Médica Universitaria*, 17(1).
- Mohamed, A. A., & Alawna, M. (2020). Role of increasing the aerobic capacity on improving the function of immune and respiratory systems in patients with coronavirus (COVID-19): A review. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 14(4), 489-496.
- Mohamed, A. A., & Alawna, M. (2021). The effect of aerobic exercise on immune biomarkers and symptoms severity and progression in patients with COVID-19: A randomized control trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 28, 425-432.
- Moore, K. L., Dalley, A. F., & Agur, A. M. (2017). *Moore: Anatomía con orientación clínica* (8.ª ed.). Barcelona, España: Wolters Kluwer.

- Mulroney, S. E., & Myers, A. K. (2016). *Neer. Fundamentos de fisiología* (2.<sup>a</sup> ed.).  
Barcelona, España: Elsevier.
- Mumoli, N., Bonaventura, A., Colombo, A., Vecchié, A., Cei, M., Vitale, J., ... & Dentali, F. (2021). Lung Function and Symptoms in Post-COVID-19 Patients: A Single-Center Experience. *Mayo Clinic Proceedings: Innovations, Quality & Outcomes*, 5(5), 907-915.
- Pérez, G. T. L., Sandoval, M. D. L. P. R., & Altamirano, M. S. T. (2020). Fisiopatología del daño multiorgánico en la infección por SARS-Cov2. *Acta Pediátrica de México*, 41(4S1), 27-41. doi:<https://doi.org/10.18233/APM41No4S1ppS27-S412042>
- Pérez-Milena, A., Leyva-Alarcón, A., Barquero-Padilla, R. M., Peña-Arredondo, M., Navarrete-Espinosa, C., & Rosa-Garrido, C. (2022). Valoración y seguimiento de los pacientes con sospecha de COVID-19 en la primera ola pandémica en una zona urbana de Andalucía. *Atención Primaria*, 54(1), 102156.
- Petritz, A. (10 de Mayo de 2017). *Test del Habla: ¿Cómo medir la intensidad del entrenamiento sin pulsómetro?* Obtenido de <https://www.cmdsport.com/running/entrenamiento-running/test-del-habla-como-medir-la-intensidad-del-entrenamiento-sin-pulsometro/>
- Quezada, N. (2021). *Metodología de la investigación* (1.a ed.). Lima, Perú: Empresa Editora Macro.
- Raveendran, A. V., Jayadevan, R., & Sashidharan, S. (2021). Long COVID: An overview. *Diabetes & metabolic syndrome*, 15(3), 869–875.  
<https://doi.org/10.1016/j.dsx.2021.04.007>
- Reguant Álvarez, M., & Martínez Olmo, F. (2014). Operacionalización de conceptos/variables.

- Rizzo, D. C. (2010). *Fundamentos de Anatomía y Fisiología*. Delmar Cengage Learning.
- Saladin, K. (2012). *Anatomía y Fisiología la unidad entre forma y función*. Georgia: McGraw-Hill
- Sánchez, T., & Concha, I. (2018). Estructura y funciones del sistema respiratorio. *Neumología pediátrica*, 13(3), 101-106. <https://doi.org/10.51451/np.v13i3.212>
- Sibila, O., Perea, L., Albarca, N., Moisés, J., Cruz, T., Mendoza, N.,... & Faner, R. (2022). Elevated plasma levels of epithelial and endothelial cell markers in COVID-19 survivors with reduced lung diffusing capacity six months after hospital discharge. *Respiratory Research*, 23(1), 1-10.
- Siddiq, M. A. B., Rathore, F. A., Clegg, D., & Rasker, J. J. (2020). Pulmonary Rehabilitation in COVID-19 patients: A scoping review of current practice and its application during the pandemic. *Turkish journal of physical medicine and rehabilitation*, 66(4), 480.
- Soriano, R. R. (1991). *Guía para realizar investigaciones sociales*. Plaza y Valdés.
- Soto-Rodríguez, S. J. (2021). Rehabilitación kinésica para pacientes con alta hospitalaria por COVID-19. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 37(1), 59-67.
- Soto-Rodríguez, Silvana J. (2021). Rehabilitación kinésica para pacientes con alta hospitalaria por COVID-19. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 37(1), 59-67. doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482021000100059>
- Torres, Y. C. (2011). Aplicación de un conjunto de ejercicios aeróbicos para el control y la disminución de la hipertensión arterial en los adultos mayores. *Lecturas: Educación física y deportes*, (160), 3-9.

- Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2018). *Principios de anatomía y fisiología* (15.ª ed.). Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Tozato, C., Costa, B.F., Pereira, J., Vitelli, C., & Dos Santos, V. L. (2021). Cardiopulmonary rehabilitation in post-COVID-19. *Revista brasileira de terapia intensiva*, 167-171. doi:10.5935/0103-507X.20210018
- Trujillo, C. H. S. (2021). SECCIÓN IX. Síndrome Post COVID-19: complicaciones tardías y rehabilitación. *Infection*, 25(4), 290-344. doi.org/10.22354/in.v25i4.979
- Urrea, S. A. (2020). Fisiopatología de COVID-19: función del receptor ACE2 y su vínculo con el ejercicio físico de moderada intensidad. *Kinesiología*, 26-31.
- Van den Borst, B., Peters, J. B., Brink, M., Schoon, Y., Bleeker-Rovers, C. P., Schers, H., van Hees, H., van Helvoort, H., van den Boogaard, M., van der Hoeven, H., Reijers, M. H., Prokop, M., Vercoulen, J., & van den Heuvel, M. (2021). Comprehensive Health Assessment 3 Months after Recovery from Acute Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Clinical infectious diseases: an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 73(5), e1089–e1098. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa1750>
- Wang, F., Kream, R. M., y Stefano, G. B. (2020). Long-Term Respiratory and Neurological Sequelae of COVID-19. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 26, e928996. <https://doi.org/10.12659/MSM.928996>
- White, A. (2020). Men and COVID-19: the aftermath. *Postgraduate medicine*. Taylor & Francis Group, 18-27. doi:10.1080/00325481.2020.1823760

Willmore, J. H., & Costill, D. L. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte* (6.ª ed.).

Barcelona, España: Editorial Paidotribo.

Wootton, S. L., King, M., Alison, J. A., Mahadev, S., & Chan, A. (2020). COVID-19

rehabilitation delivered via a telehealth pulmonary rehabilitation model: a case series.

*Respirology case reports*, 8(8), e00669. <https://doi.org/10.1002/rcr2.669>