



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD**  
**CARRERA DE FISIOTERAPIA**

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN FISIOTERAPIA

**TEMA:**

“CAPACIDAD AERÓBICA Y PULMONAR EN PERSONAS EXPUESTAS A HUMO  
DE BIOMASA, EN LA COMUNIDAD ILTAQUÍ, COTACACHI 2022-2023”.

**AUTOR:** Díaz Erazo Juan Francisco

**DOCENTE:** Lic. Cristian Santiago Torres Andrade MSc.

Ibarra, 2023

### **Constancia de Aprobación del Tutor de Tesis**

Yo, Lic. Cristian Santiago Torres Andrade MSc en calidad de tutor de tesis titulada **“CAPACIDAD AERÓBICA Y PULMONAR EN PERSONAS EXPUESTAS A HUMO DE BIOMASA, EN LA COMUNIDAD ILTAQUÍ, COTACACHI 2022-2023.”**, de autoría de **Díaz Erazo Juan Francisco**.

Una vez revisada y hechas las correcciones solicitadas certifico que está apta para su defensa y para que sea sometida a evaluación de tribunales.

En la ciudad de Ibarra, a los 24 días del mes de abril de 2023

Lo certifico



Lic. Cristian Santiago Torres Andrade MSc.

CI: 100364968-6

**DIRECTOR DE TESIS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**Autorización de Uso y Publicación a Favor de la Universidad Técnica Del Norte**

**1. Identificación De La Obra**

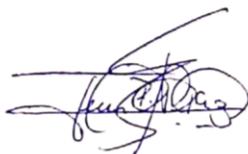
En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100419879-0		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	DÍAZ ERAZO JUAN FRANCISCO		
<b>DIRECCIÓN:</b>	ATUNTAQUI- ANTONIO ANTE - IMBABURA		
<b>E-MAIL:</b>	<a href="mailto:jfdiaze@utn.edu.ec">jfdiaze@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	908-911	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0991500897
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO</b>	“CAPACIDAD AERÓBICA Y PULMONAR EN PERSONAS EXPUESTAS A HUMO DE BIOMASA, EN LA COMUNIDAD ILTAQUÍ, COTACACHI 2022-2023”.		
<b>AUTOR (ES):</b>	DÍAZ ERAZO JUAN FRANCISCO		
<b>FECHA:</b>	24 de abril del 2023		
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>			
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>		
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Licenciatura en Fisioterapia		
<b>ASESOR/DIRECTOR:</b>	Lic. Cristian Santiago Torres Andrade MSc.		

## 2. Constancia

El autor (a) manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

En la ciudad de Ibarra, a los 17 días del mes de mayo del 2023.



AUTOR(A)

Díaz Erazo Juan Francisco.

C.I: 100419879-0

## Registro Bibliográfico

**Guía:** FCS -UTN

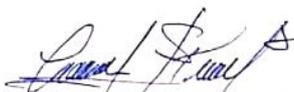
**Fecha:** Ibarra, 24 de abril del 2023

Díaz Erazo Juan Francisco "CAPACIDAD AERÓBICA Y PULMONAR EN PERSONAS EXPUESTAS A HUMO DE BIOMASA, EN LA COMUNIDAD ILTAQUÍ, COTACACHI 2022-2023". Trabajo de Grado. Licenciatura en Fisioterapia Universidad Técnica del Norte.

**DIRECTOR:** Lic. Cristian Santiago Torres Andrade MSc.

El objetivo general de la presente investigación fue evaluar la capacidad aeróbica y pulmonar en personas expuestas a humo de biomasa, en la comunidad Iltaquí, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura 2022-2023, dentro de los objetivos específicos se encuentran: caracterizar a los sujetos de estudio según edad, género, IMC y los años de exposición al humo de biomasa, establecer el nivel de capacidad aeróbica de los sujetos de estudio, según género e identificar la capacidad pulmonar de los sujetos de estudio y su nivel de gravedad, según género.

Fecha: Ibarra, 24 de abril del 2023



Lic. Cristian Santiago Torres Andrade MSc.

**DIRECTOR DE TESIS**



Díaz Erazo Juan Francisco

**AUTOR**

## **Agradecimiento**

Agradecer principalmente a Dios por acompañarme y ser mi guía, mi luz y mi camino en el transcurso de mi etapa universitaria, por brindarme fortaleza en los momentos en los que más lo necesité y por permitirme culminar este trabajo de grado de manera satisfactoria.

Un agradecimiento especial a mi tutor de tesis, MSc. Cristian Torres quien a lo largo de este proceso me ha brindado todo su apoyo y soporte para concretar este trabajo de investigación, asesorándome y enseñándome con suma paciencia y generosidad.

Agradecer también a la comunidad de Ittaquí y a sus respectivas autoridades, quienes muy amablemente me dieron apertura a su localidad, me ofrecieron su hospitalidad y accedieron con muy buena predisposición ser partícipes de este estudio.

Agradezco inmensamente a la Universidad Técnica del Norte quien hace poco más de 4 años me abrió las puertas de sus aulas, dándome la oportunidad de estudiar la carrera que amo y permitiéndome crecer personal, académica y profesionalmente.

Un agradecimiento infinito a mi padre, Juan, por apoyarme siempre, inculcarme el valor del trabajo y ser pilar fundamental en mi vida. De la misma manera a mi tan preciada familia por siempre estar presente en los momentos más difíciles y por ofrecerme su mano desinteresadamente.

Finalmente, agradezco a mis amigos/as y compañeros/as de aula, con quienes compartí muchas risas, llantos, alegrías y tristezas, gracias por brindándome su amistad, su ayuda, sus consejos y su cariño, en especial a mis amigas y compañeras incondicionales, Rashell y Clara.

*Juan Francisco Díaz Erazo*

## Dedicatoria

Este trabajo de investigación es dedicado en primer lugar a Dios por bendecirme con la vida, la salud y el bienestar en cada uno de mis días, llenándome de fortaleza y perseverancia para perseguir mis objetivos y mis metas.

A mi madre, Martha, quien desde el cielo ha sido mi mayor inspiración y motivación para no desertar y seguir adelante pues durante la elaboración de esta tesis se me presentaron varias dificultades y ella ha sabido guiarme con amor, fuerza y sabiduría en cada uno de esos momentos.

A mi padre, Juan, quien con su soporte, cariño, esfuerzo y paciencia del día a día me ha permitido alcanzar una de las más grandes metas a las que uno aspira en la vida, sin duda, nada de esto habría sido posible sin él.

Por último, pero no menos importante, a mi familia por haber confiado en mí y por de una u otra manera haberme apoyado desde el principio, aconsejándome y guiándome en este largo camino universitario.

*Juan Francisco Díaz Erazo*

## Índice de Contenidos

Constancia de Aprobación del Tutor de Tesis .....	2
Autorización De Uso Y Publicación A Favor De La Universidad Técnica Del Norte..	3
Registro Bibliográfico.....	5
Agradecimiento.....	5
Dedicatoria.....	7
Índice de Contenidos.....	8
Índice de Tablas .....	11
Resumen.....	12
Abstract.....	13
Tema: .....	14
Capítulo I .....	15
Problema de Investigación .....	15
Planteamiento del Problema .....	15
Formulación del Problema.....	18
Justificación .....	19
Objetivos .....	20
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos .....	20
Preguntas de Investigación.....	21
Capítulo II.....	22
Marco Teórico .....	22

Sistema Respiratorio.....	22
Anatomía del Sistema Respiratorio .....	22
Fisiología del Sistema Respiratorio.....	27
Fisiopatología .....	32
Trastornos Pulmonares .....	33
Capacidad Aeróbica.....	35
Biomasa .....	37
Pruebas de Función Pulmonar .....	40
Espirómetros.....	40
Test de Marcha Estacionaria de 2 Minutos. ....	46
Marco Legal y Ético. ....	48
Capítulo III.....	52
Metodología de la Investigación .....	52
Diseño de Investigación.....	52
Tipo de Investigación .....	52
Localización y Ubicación del Estudio .....	53
Población .....	53
Operacionalización de Variables .....	55
Variables Específicas de Interés. ....	57
Métodos de Recolección de Información .....	60
Técnicas e Instrumentos de Investigación .....	60

	10
Capítulo IV.....	62
Análisis e Interpretación de Datos .....	62
Respuestas a las Preguntas de Investigación .....	70
Capítulo V.....	72
Conclusiones y Recomendaciones .....	72
Conclusiones.....	72
Recomendaciones .....	73
Bibliografía .....	74
Anexos .....	82
Anexo 1. Aprobación de Anteproyecto.....	82
Anexo 2. Permiso por Parte de la Comuna Iltaquí para Realizar el Estudio.....	84
Anexo 3. Consentimiento Informado .....	85
Anexo 4. Ficha de Datos Generales .....	87
Anexo 5. Certificado CAI- Abstract .....	89
Anexo 6. Turnitin .....	90
Anexo 7. Evidencia Fotográfica.....	91

### Índice de Tablas

Tabla 1. Variables de caracterización .....	55
Tabla 2. Variables específicas de interés .....	57
Tabla 3. Caracterización de la muestra según su edad.....	62
Tabla 4. Caracterización de la población según sexo. ....	63
Tabla 5. Caracterización de la muestra según su índice de masa corporal. ....	64
Tabla 6. Caracterización de la muestra según el tiempo de exposición al humo de biomasa. .....	65
Tabla 7. Nivel de capacidad aeróbica de los sujetos de estudio, según sexo.....	66
Tabla 8. Capacidad pulmonar de los sujetos de estudio, según sexo.....	67
Tabla 9. Nivel de gravedad de los patrones espirométricos de los sujetos de estudio, sexo femenino. ....	68
Tabla 10. Nivel de gravedad de los patrones espirométricos de los sujetos de estudio, sexo masculino .....	69

## “CAPACIDAD AERÓBICA Y PULMONAR EN PERSONAS EXPUESTAS A HUMO DE BIOMASA, EN LA COMUNIDAD ILTAQUÍ, COTACACHI 2022-2023”

Autor: Juan francisco Díaz Erazo

Correo: [jfdiaze@utn.edu.ec](mailto:jfdiaze@utn.edu.ec)

### Resumen

La capacidad aeróbica es el mayor consumo de oxígeno durante un esfuerzo físico y la capacidad pulmonar es el volumen máximo de aire que pueden albergar los pulmones y que al exponerse al humo de biomasa pueden verse afectadas, por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad aeróbica y pulmonar en personas expuestas a humo de biomasa, en la comunidad Iltaquí, Cotacachi, 2022-2023. El diseño de la investigación es no experimental, de corte transversal, de tipo cuantitativo, descriptivo y de campo. Los datos se recolectaron mediante una ficha de datos generales, el espirómetro y el test de marcha estacionaria de dos minutos, en una muestra de treinta personas mayores a 65 años. Los resultados revelaron que la media de edad es de 73 años, con predominio del sexo femenino, con un IMC normal en la mayoría de los individuos, y con un tiempo de exposición al humo de biomasa, de entre sesenta a setenta años. Por otro lado, la mayor parte de personas pertenecientes al sexo femenino posee una capacidad aeróbica en zona de riesgo, mientras que para el masculino la capacidad aeróbica en zona de riesgo y normal están equiparadas. Respecto a la capacidad pulmonar, tanto varones como mujeres en su mayoría presentaron un patrón espirométrico obstructivo, con predominio del nivel de gravedad leve.

**Palabras claves:** capacidad aeróbica, capacidad pulmonar, humo, biomasa, espirometría.

## Abstract

Author: Juan francisco Díaz Erazo

Mail: [jfdiaze@utn.edu.ec](mailto:jfdiaze@utn.edu.ec)

Aerobic capacity is the highest oxygen consumption during physical effort and lung capacity is the maximum volume of air that the lungs can hold and that can be affected when exposed to biomass smoke. The objective of this study was to evaluate aerobic and lung capacity in people exposed to biomass smoke, in Iltaquí Community, Cotacachi Canton, 2022-2023. The research design was experimental, cross-sectional, quantitative, descriptive and field. The data was collected through a general data sheet, the spirometer and the two-minute stationary walk test. Thirty 65-year-old people. were part of the sample. The results showed that the age mean is 73 years old, with a predominance of females, with a normal BMI in most individuals, and with a time of exposure to biomass smoke of between sixty and seventy years. On the other hand, most of the females have an aerobic capacity in the risk zone, while for the male, the aerobic capacity is in the risk zone and they are normally equipped. Regarding lung capacity, both males and females mostly presented an obstructive spirometric pattern, with a predominance of mild severity level.

**Keywords:** aerobic capacity, lung capacity, smoke, biomass, spirometry.

**Tema:**

“CAPACIDAD AERÓBICA Y PULMONAR EN PERSONAS EXPUESTAS A HUMO DE BIOMASA, EN LA COMUNIDAD ILTAQUÍ, COTACACHI 2022-2023”.

## Capítulo I

### Problema de Investigación

#### *Planteamiento del Problema*

La capacidad aeróbica es la capacidad que tienen los individuos de realizar esfuerzos físicos por largos periodos de duración, sin que se llegue de manera prematura a la fatiga. Por otro lado, la capacidad pulmonar, es la cantidad de aire que contienen los pulmones tras una inspiración máxima. La biomasa, es toda materia orgánica procedente de animales o vegetales que puede ser usada como combustible (Silva et al., 2015 & González Yarza, 2007).

Según la OMS, en 2012, casi 3000 millones de personas, la mayoría en países de ingresos bajos y medios, no tenían acceso a servicios energéticos no contaminantes para cocinar, lo cual causó unos 4,3 millones de defunciones prematuras a nivel mundial (Organización Mundial de la Salud, 2014). En Ecuador, según datos de la INEC, 5267 personas desarrollaron EPOC en el año 2013 (Lugmaña Gabriela & Yunga Julio, 2013).

Capistrano et al, en el año 2017, en su revisión “Evidencia de la exposición al humo de biomasa como factor causante del desarrollo de la EPOC” hecho en Australia, indica que existe evidencia sustancial que vincula la exposición crónica a cantidades excesivas de humo de biomasa con efectos adversos para la salud, en particular la EPOC (Capistrano et al., 2017).

Vishweswaraiah et al, en el año 2018, en su artículo “Biomarcadores sistémicos putativos de la EPOC inducida por humo de biomasa en mujeres de una población rural del sur de la India” señalan que la exposición al BMS se considera un factor de riesgo de EPOC y que en la India rural, por razones culturales, las mujeres son las principales cocineras de la familia y por ende la EPOC es predominante en ellas (Vishweswaraiah et al., 2018).

Cavalheri et al, en su artículo “Modificación de la actividad física y el comportamiento sedentario en personas con EPOC” hecho en Australia, del año 2016, menciona que las consecuencias pulmonares y sistémicas de la EPOC sirven para limitar y deteriorar la capacidad aeróbica. (Cavalheri et al., 2016).

Raju et al, en el año 2018, en su estudio “La residencia rural y la pobreza son factores de riesgo independientes para la enfermedad pulmonar obstructiva crónica en los Estados Unidos” revelan que, la residencia rural, la pobreza y el uso de carbón para calefacción fue un factor de riesgo de EPOC incluso entre los no fumadores (Raju et al., 2019).

Polanía et al, en el año 2022, en su artículo “Caracterización de los pacientes con EPOC clínico en algunos municipios del departamento de Boyacá, Colombia” menciona que la población está expuesta a diferentes factores de riesgo asociados a la EPOC, especialmente la contaminación ambiental y biomasa, por su hogar y por las actividades laborales (Polanía-Robayo et al., 2022).

Vinaccia, en el año 2011, en su estudio “Calidad de Vida Relacionada con la Salud y Factores Psicológicos: Un Estudio desde la EPOC” menciona que, los síntomas de la EPOC son por lo general tos crónica, aumento de la expectoración, la disnea de esfuerzo, las sibilancias o la opresión torácica (Vinaccia Stefano, 2021).

Respecto al problema ambiental que representa el humo de biomasa, Caicedo et al, en el 2019, en su artículo “La pobreza como determinante del consumo doméstico de leña y su efecto en los bosques del Ecuador” señalan que el volumen de leña consumido incide sobre los bosques en un 1 %; es decir que anualmente se deforestan 430,6 hectáreas de bosque por consumo de leña para subsistencia (Caicedo et al., 2019).

Asimismo, respecto al impacto de la EPOC en la capacidad aeróbica, Yamasawa et al, en su artículo “Correlación de una disminución de la capacidad aeróbica con el desarrollo de enfisema en pacientes con EPOC” hecho en Japón, del año 2015, confirma que la extensión del enfisema, la destrucción y/o remodelación del lecho vascular pulmonar se asoció con el deterioro de la capacidad aeróbica y la producción de CO<sub>2</sub> en pacientes con EPOC (Yamasawa et al., 2015).

Respecto a el impacto económico, Betolaza et al, en el año 2022, en su artículo “Impacto socioeconómico de pacientes asistidos en la policlínica de EPOC del Hospital Pasteur en 2018” hecho en Uruguay, indican que los costos directos derivados de la atención sanitaria en 49 pacientes fueron: total USD 190.552,46, entre medicamentos, exacerbaciones, estudios paraclínicos y salario médico (de Betolaza Sofía et al., 2022).

De esta manera, la ocupación hospitalaria en el año 2016, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) se pudieron observar alrededor de 22850 egresos hospitalarios por EPOC, el promedio de días de estadía es de 7; de los cuales, 91,5% correspondían a pacientes en edades comprendidas entre 45 a 65 años y más (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, 2016).

Referente a morbilidad y mortalidad, según la OMS la EPOC es la tercera causa de muerte en el mundo y se estima que en 2019 ocasionó 3,23 millones de defunciones a nivel mundial. Además de acuerdo con el Estudio de la Carga Mundial de Morbilidad, la prevalencia de la EPOC en 2016 fue de 251 millones de casos (Organización Mundial de la Salud, 2023; Pincay Cañarte, 2020).

Por último, la escases de información y falta de investigaciones en el lugar de estudio acerca de la exposición al humo de biomasa y sus efectos en la capacidad aeróbica y pulmonar también representa una gran problemática.

***Formulación del Problema***

¿Cuál es la capacidad aeróbica y pulmonar en personas expuestas a humo de biomasa, comunidad Iltaquí, Cotacachi 2022-2023?

### ***Justificación***

El motivo de la presente investigación fue evaluar la capacidad aeróbica y pulmonar en personas expuestas a humo de biomasa, en la comunidad de Iltaquí, Imbabura, pues existe evidencia a nivel global de que el humo producto de biomasa puede generar un amplio espectro de contaminantes gaseosos perjudiciales para la salud y el ambiente.

La investigación fue viable, ya que contamos con la autorización del presidente de la comunidad, también existió la participación de los sujetos de estudio a través de la firma del consentimiento informado, así como la participación del investigador quien está altamente capacitado. Del mismo modo, el proceso investigativo fue factible, pues se dispuso de todos los recursos humanos, económicos, bibliográficos, e instrumentales.

Este estudio tuvo un impacto en la salud y en la sociedad, ya que estuvo enfocado en demostrar que la exposición al humo de biomasa tiene consecuencias perjudiciales para la salud. Así pues, toda la información recolectada es de mucha utilidad para que las autoridades pertinentes puedan desarrollar planes estratégicos enfocados en la prevención y disminución del uso de biomasa como combustible, buscando mejorar la salud de las personas.

Los beneficiarios directos de la investigación fueron los habitantes de la comunidad de Iltaquí pues al conocer las secuelas de la exposición al humo biomasa podrían disminuir el uso de esta, buscar asistencia médica y con esto mejorar su condición de salud. Asimismo, el investigador fue un beneficiario, pues desarrolló su capacidad para indagar y obtuvo experiencia en el campo investigativo. Los beneficiarios indirectos fueron la Universidad Técnica del Norte y la Carrera de Fisioterapia, pues al ser partícipes del proyecto, desarrollaron y potenciaron la investigación científica, mejorando la calidad de la educación y aumentando su prestigio institucional.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Evaluar la capacidad aeróbica y pulmonar en personas expuestas a humo de biomasa, en la comunidad Iltaquí, Cotacachi, 2022-2023.

### ***Objetivos Específicos***

- Caracterizar a los sujetos de estudio según edad, sexo, IMC y los años de exposición al humo de biomasa.
- Establecer el nivel de capacidad aeróbica de los sujetos de estudio, según sexo.
- Identificar la capacidad pulmonar de los sujetos de estudio y su nivel de gravedad, según sexo.

## **Preguntas de Investigación**

- ¿Cuáles son las características de los sujetos de estudio según edad, sexo, IMC y años de exposición al humo de biomasa?
- ¿Cuál es el nivel de capacidad aeróbica de los sujetos de estudio, según sexo?
- ¿Cuál es la capacidad pulmonar de los sujetos de estudio y su nivel de gravedad, según sexo?

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### *Sistema Respiratorio*

El aparato respiratorio es un sistema de órganos que hace que el aire entre y salga del cuerpo de manera rítmica, por lo cual proporciona al cuerpo oxígeno y expelle el dióxido de carbono que genera (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

#### *Anatomía del Sistema Respiratorio*

Los principales órganos del aparato respiratorio son nariz, faringe, laringe, tráquea, bronquios y pulmones. Dentro de los pulmones, el aire circula a lo largo de una ruta sin salida, que consta de bronquios, bronquiolos y alveolos (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

La parte del aparato respiratorio que va de la nariz hasta la laringe se le denomina vías respiratorias superiores y las regiones que van de la tráquea a los pulmones integran las vías respiratorias inferiores (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

**Nariz.** La nariz tiene varias funciones: calienta, limpia y humedece el aire inhalado; detecta olores; y sirve como una cámara de resonancia que amplifica la voz. La parte facial de la nariz está formada por hueso y cartílago hialino. Su mitad superior es soportada por un par de pequeños huesos nasales en sentido medial y el maxilar superior, en sentido lateral. La mitad inferior recibe soporte de los cartílagos lateral y alar (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

La cámara interna de la nariz, la cavidad nasal, está dividida en las mitades derecha e izquierda, a las que se les denomina fosas nasales. Los huesos etmoides y esfenoides integran la raíz de la cavidad nasal, y la bóveda del paladar (paladar duro) forma su piso. Los senos

paranasales y los conductos nasolagrimales de las órbitas drenan en la cavidad nasal (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

La cavidad nasal empieza con una pequeña cámara dilatada a la que se le denomina vestíbulo. En sentido posterior al vestíbulo, la cavidad nasal se expande en una cámara mucho más grande, pero no tiene mucho espacio abierto. La mayor parte está ocupada por tres pliegues de tejido: los cornetes nasales superior, medio e inferior (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

**Faringe.** La faringe es un embudo muscular que se extiende por casi 13 cm a la laringe. Tiene tres regiones principales: nasofaringe, orofaringe y laringofaringe (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

La nasofaringe es posterior a las coanas y se encuentra arriba del velo del paladar. Recibe el conducto auditivo (trompa de Eustaquio) de los oídos medios, y alberga a la amígdala faríngea. El aire inhalado da un giro de 90° hacia abajo mientras pasa por la nasofaringe. Por lo general, las partículas grandes no pueden seguir este camino debido a la inercia. Chocan con la pared posterior de la nasofaringe y se pegan al moco cerca de las amígdalas, que están bien ubicadas para responder a patógenos transportados en el aire. La orofaringe (o bucofaringe) es un espacio entre el margen posterior del velo del paladar y la epiglotis. La laringofaringe se encuentra en sentido posterior inmediato a la laringe, extendiéndose del margen superior de la epiglotis al margen inferior del cartílago cricoides (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

**Laringe.** La laringe es una cámara cartilaginosa y su función primaria consiste en alejar la comida y la bebida de las vías respiratorias. La apertura superior de la laringe está protegida por la epiglotis. La lengua empuja a ésta hacia abajo para unirla a la laringe, lo que cierra las vías respiratorias y dirige la comida y la bebida hacia el esófago (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

La estructura de la laringe consta de nueve cartílagos. El superior, el cartílago epiglótico, el más grande, el cartílago tiroideos, debajo de este, el cartílago cricoides, que conecta a la laringe con la tráquea. Los cartílagos tiroideos y cricoides constituyen, en esencia, el armazón de las cuerdas vocales. Los cartílagos restantes son más pequeños y se presentan en tres pares. Posterior al cartílago tiroideos se encuentran dos cartílagos aritenoides, y adjuntos a sus extremos posteriores se halla un par de pequeños huesos, los cartílagos corniculados (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

Un grupo de ligamentos fibrosos une los cartílagos de la laringe entre sí y a las estructuras adyacentes del cuello. En sentido superior, una hoja amplia, el ligamento tirohioideo, une el cartílago tiroideos con el hioides y, en sentido inferior, el ligamento cricotraqueal une al cartílago cricoides con la tráquea. Las cuerdas vocales falsas, no tienen ninguna función en el habla, sino que cierran la laringe durante la deglución. Las cuerdas vocales verdaderas producen sonido cuando el aire pasa entre ellas (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

Los músculos extrínsecos superficiales conectan a la laringe con el hioides y la elevan durante la deglución, estos son: esternohioideo, omohioideo, esternotiroideo y tirohioideo. Los músculos intrínsecos, más profundos, controlan las cuerdas vocales (Fox, 2014; Saladin & Pineda Rojas, 2013).

**Tráquea.** La tráquea es un tubo rígido de casi 12 cm de largo y 2.5 cm de diámetro, anterior al esófago. Recibe soporte de 16 a 20 anillos con forma de “C” de cartílago hialino. En el nivel del ángulo esternal, la tráquea se bifurca en los bronquios principales derecho e izquierdo. El cartílago traqueal inferior tiene un borde medio interno, la carina, que dirige el flujo de aire a la izquierda o la derecha (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

**Pulmones.** Cada pulmón es un órgano casi cónico con una base ancha y cóncava que descansa sobre el diafragma y un pico llamado vértice. La superficie costal ancha está presionada contra la caja torácica (parrilla costal), y la superficie mediastinal cóncava más pequeña está en posición medial. La superficie mediastinal muestra una hendidura llamada hilio; a través de ésta, el pulmón recibe al bronquio principal, a los vasos sanguíneos y linfáticos y a los nervios. En la superficie medial, el pulmón izquierdo tiene una muesca denominada impresión cardiaca (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

El pulmón derecho tiene tres lóbulos: superior, medio e inferior. Una muesca profunda, a la que se le denomina surco horizontal, separa al lóbulo superior y medio, y un surco oblicuo similar separa a los lóbulos inferior y medio. El pulmón izquierdo sólo tiene un lóbulo superior, uno inferior y un solo surco oblicuo (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

**Árbol Bronquial.** Cada pulmón tiene un sistema ramificado de tubos que permiten el paso del aire, al que se le denomina árbol bronquial, se extiende desde el bronquio principal hasta casi 65. 000 bronquiolos terminales (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

A partir de la bifurcación de la tráquea, el bronquio principal derecho (primario), es un poco más ancho y vertical que el izquierdo; por tanto, los objetos externos aspirados se alojan con más frecuencia en el bronquio derecho que en el izquierdo. El bronquio principal cede tres ramas: bronquio lobular superior, medio e inferior (secundarios); una a cada lóbulo del pulmón derecho. El bronquio principal izquierdo cede un bronquio lobular superior y uno inferior a los dos lóbulos del pulmón izquierdo. En ambos pulmones, los bronquios lobulares se ramifican en bronquios segmentarios (terciarios) (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

Los bronquiolos son continuaciones de las vías respiratorias y ventilan al lobulillo pulmonar. Cada bronquiolo se divide en 50 a 80 bronquiolos terminales, las ramas finales de la división conductora. Cada bronquiolo terminal cede dos o más pequeños bronquiolos respiratorios, que tienen alveolos brotando de sus paredes (Fox, 2014; Saladin & Pineda Rojas, 2013).

**Alveolos.** Un alveolo es una bolsa de 0.2 a 0.5 mm de diámetro. Las células alveolares grandes tienen dos funciones: 1) reparan el epitelio alveolar cuando las células pavimentosas están dañadas, y 2) secretan surfactante pulmonar, una mezcla de fosfolípidos y proteínas que cubren los alveolos y los bronquiolos más pequeños y evitan que se colapsen cuando se exhala (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

Las células más abundantes en los pulmones son los macrófagos alveolares, que mantienen a los alveolos libres de restos al fagocitar partículas de polvo que no son atrapadas por el moco en las partes altas de las vías respiratorias (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

**Pleuras.** La superficie del pulmón consta de una membrana serosa, la pleura visceral, la cual se extiende en el surco. En el hilio, la pleura visceral se voltea sobre sí misma y forma la pleura parietal, que se adhiere al mediastino, la superficie interna de la caja torácica y la superficie superior del diafragma. El espacio entre la pleura parietal y visceral recibe el nombre de cavidad pleural, la cual contiene sólo el líquido pleural resbaladizo que reduce la fricción, crea un gradiente de presión y dividen en compartimientos los órganos torácicos (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

**Músculos Respiratorios.** Los principales músculos de la respiración son el diafragma y los intercostales (Saladin & Pineda Rojas, 2013). Se los puede clasificar de la siguiente manera:

- **Músculos de la inspiración normal:** diafragma, escalenos e intercostales externos.

- Músculos de la inspiración forzada: esternocleidomastoideo, pectorales (mayor y menor) elevador de las costillas, serrato mayor y menor, espinales, trapecio, romboides.
- Músculos de la espiración normal: los inspiratorios al relajarse (se da por retracción elástica de los pulmones).
- Músculos de la espiración forzada: intercostales internos, rectos del abdomen, oblicuos (interno y externo), serrato menor, transverso abdominal, cuadrado lumbar (Rus Marisé Mercado, 2003).

La acción de los músculos respiratorios, en un momento aumenta el volumen y reduce la presión en la cavidad torácica, de modo que, entre el aire, y en el momento siguiente reduce el volumen torácico y eleva la presión, de modo que el aire fluya hacia fuera (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

### ***Fisiología del Sistema Respiratorio.***

**Ventilación Pulmonar.** La respiración, o ventilación pulmonar, consta de un ciclo repetitivo de inspiración (inhalación) y espiración (exhalación). Una respiración completa representa un ciclo respiratorio. La ventilación es el proceso mecánico que mueve aire hacia adentro y hacia afuera de los pulmones (Fox, 2014).

El término respiración incluye tres funciones separadas, pero relacionadas: 1) ventilación (respiración); 2) intercambio de gases, que ocurre entre el aire y la sangre en los pulmones, y entre la sangre y otros tejidos del cuerpo, y 3) utilización de oxígeno por los tejidos en las reacciones liberadoras de energía de la respiración celular (Fox, 2014).

**Inspiración y Espiración.** La inspiración tranquila, normal, se produce por contracción muscular, y la espiración normal, por relajación muscular y retroceso elástico (Fox, 2014).

Una inspiración no forzada, o tranquila, se produce principalmente por contracción del diafragma, que desciende y se aplana cuando se contrae. La inspiración es auxiliada por la contracción de los músculos intercostales paraesternales y externos, que elevan las costillas cuando se contraen, y aumentan el volumen torácico lateralmente. Otros músculos torácicos quedan involucrados en la inspiración forzada (profunda). Los más importantes de éstos son los escalenos, seguidos por el pectoral menor y, en algunos casos, los músculos esternocleidomastoideos. La contracción de estos músculos eleva las costillas en una dirección anteroposterior; al mismo tiempo, la parte superior de la caja torácica se estabiliza de modo que los músculos intercostales se hacen más eficaces. El aumento del volumen torácico producido por estas contracciones musculares disminuye la presión intrapulmonar (intraalveolar); por eso, hace que fluya aire hacia los pulmones (Fox, 2014).

La espiración tranquila es un proceso pasivo, el tórax y los pulmones retroceden como resultado de su tensión elástica cuando los músculos respiratorios se relajan. El decremento del volumen pulmonar aumenta la presión dentro de los alvéolos por arriba de la presión atmosférica y empuja el aire hacia afuera. Durante la espiración forzada, los músculos intercostales internos se contraen y deprimen la caja torácica. Los músculos abdominales también ayudan a la espiración porque, cuando se contraen, fuerzan los órganos abdominales hacia arriba contra el diafragma, y disminuyen más el volumen del tórax (Fox, 2014).

**Circulación Pulmonar.** La función del circuito pulmonar consiste, sobre todo, en intercambiar CO<sub>2</sub> por O<sub>2</sub>. Este empieza con el tronco pulmonar, un vaso grande que asciende en diagonal desde el ventrículo derecho y se ramifica en las arterias pulmonares derecha e izquierda. A medida que se aproxima al pulmón, la arteria pulmonar derecha se ramifica en dos, y ambas ramas entran en el pulmón en una hendidura medial a la que se denomina hilio. La rama superior

es la arteria lobular superior, que irriga el lóbulo superior del pulmón. La rama inferior se divide de nuevo dentro del pulmón para formar las arterias lobular media e inferior, que irrigan los dos lóbulos inferiores de ese órgano (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

En ambos pulmones, estas arterias llevan al final a pequeños lechos capilares parecidos a cestos que rodean los alveolos pulmonares. Aquí es donde la sangre descarga CO<sub>2</sub> y recoge O<sub>2</sub>. Después de dejar los alveolos capilares, la sangre pulmonar fluye en las vénulas y las venas, lo que lleva al final a las venas pulmonares principales que salen del pulmón en el hilio. La auricular izquierda del corazón recibe dos venas pulmonares a cada lado (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

**Intercambio de Gas y Ventilación Alveolar.** Las vías de aire del sistema respiratorio se dividen en dos zonas funcionales. La zona respiratoria es la región donde ocurre el intercambio de gases y, por ende, incluye los bronquiólos respiratorios y los sacos alveolares terminales y la zona de conducción que incluye todas las estructuras anatómicas a través de las cuales pasa el aire antes de llegar a la zona respiratoria y consta de la boca, la nariz, la faringe, la laringe, la tráquea, los bronquios primarios, e incluso, los bronquiólos terminales (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

El intercambio de gases entre el aire alveolar y los capilares pulmonares da por resultado aumento de la concentración de oxígeno y disminución de la de dióxido de carbono en la sangre que sale de los pulmones. El intercambio de gases entre el aire y la sangre ocurre por completo mediante difusión a través de un estimado de 300 millones de sacos aéreos pequeños, los alvéolos (Fox, 2014).

Hay 2 tipos de células alveolares; pavimentosas (tipo I) cubren casi 95% del área de la superficie alveolar. Su delgadez permite una rápida difusión de gases entre el aire y la sangre. El otro 5% está cubierto por células alveolares grandes (tipo II) que secretan surfactante pulmonar y

que resorben  $\text{Na}^+$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , lo que evita la acumulación de líquido dentro de los alvéolos (Fox, 2014; Saladin & Pineda Rojas, 2013).

El aire de los alveolos está en contacto con la película de agua que cubre el epitelio alveolar. Para que el oxígeno entre en la sangre, debe disolverse en esta agua y atravesar la membrana respiratoria que separa al aire de la circulación sanguínea. Para que el dióxido de carbono deje la sangre, debe pasar en el otro sentido y difundirse hacia fuera de la película de agua en el aire alveolar. Este tráfico de ida y vuelta del  $\text{O}_2$  y el  $\text{CO}_2$  a través de la membrana respiratoria recibe el nombre de intercambio gaseoso alveolar (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

Diversas variables afectan la eficiencia del intercambio gaseoso alveolar:

**Gradientes de presión de los gases:** La  $\text{PO}_2$  es de casi 104 mmHg en el aire alveolar y 40 mmHg en la sangre que llega al alveolo. Por tanto, el oxígeno se difunde del aire a la sangre, donde alcanza una  $\text{PO}_2$  de 104 mmHg. Sin embargo, antes de que la sangre deje el pulmón, ésta disminuye a casi 95 mmHg. La  $\text{PCO}_2$  es de casi 46 mmHg en la sangre que llega a los alveolos y de 40 mmHg en el aire alveolar. Por tanto, el dióxido de carbono se difunde de la sangre a los alveolos. Estos gradientes difieren bajo circunstancias especiales, como una mayor altitud y el tratamiento de oxígeno hiperbárico. A mayores altitudes, las presiones parciales de todos los gases atmosféricos son menores (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

**Grosor de la membrana:** La membrana respiratoria entre la sangre y el aire alveolar tiene sólo 0.5  $\mu\text{m}$  de grosor en casi todos los lugares (mucho menos que los 7 a 8  $\mu\text{m}$  de diámetro de un solo eritrocito). Por tanto, presenta pocos obstáculos para su difusión (figura 22.22a). Sin embargo, en trastornos cardíacos como a insuficiencia ventricular izquierda, aumenta la presión arterial en los pulmones y promueve la filtración capilar en los tejidos conjuntivos, lo que causa

que las membranas respiratorias se vuelvan edematosas y se engrosen (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

Acoplamiento ventilación-perfusión: El intercambio gaseoso no sólo requiere buena ventilación de los alveolos, sino también buena perfusión de sus capilares. Acoplamiento ventilación-perfusión alude a las respuestas fisiológicas que equiparan el flujo de aire con el flujo sanguíneo, y viceversa. Una mala ventilación lleva a una baja PO<sub>2</sub> en la región del pulmón. Esto estimula la vasoconstricción local, lo que cambia la ruta de la sangre para que pase por áreas mejor ventiladas de los pulmones, donde puede recoger más oxígeno. En contraste, la mayor ventilación eleva la PO<sub>2</sub> de la sangre local, y esto estimula la vasodilatación, lo que aumenta el flujo sanguíneo a esa región para aprovechar la disponibilidad de oxígeno (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

**Intercambio Gaseoso Sistémico.** El intercambio gaseoso sistémico es la descarga de O<sub>2</sub> y la carga de CO<sub>2</sub> en los capilares sistémicos. La respiración aeróbica produce una molécula de CO<sub>2</sub> por cada una de O<sub>2</sub> que consume. Por lo tanto, el líquido tisular contiene una PCO<sub>2</sub> elevada y, por lo general, hay un gradiente de CO<sub>2</sub> de 46 → 40 mmHg del líquido tisular a la sangre. Por tanto, el CO<sub>2</sub> se difunde en la circulación sanguínea, donde se le transporta en las tres formas (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

**Volúmenes y Capacidades Pulmonares.** El volumen corriente (TV) es la cantidad de aire inhalada y exhalada en un ciclo de respiración tranquila; suele ser de casi 500 ml. Más allá de la cantidad inhalada de manera normal, por lo general es posible inhalar otros 3 000 ml con el máximo esfuerzo; éste es el volumen de reserva inspiratoria (IRV). De manera similar, con el máximo esfuerzo se pueden exhalar otros 1 200 ml, adicionales al volumen normal; se trata del volumen de reserva espiratoria (ERV). Aun después de una espiración máxima voluntaria, permanece un volumen residual de casi 1 300 ml (Saladin & Pineda Rojas, 2013).

Las capacidades respiratorias, se obtienen al sumar dos o más volúmenes respiratorios: capacidad vital ( $ERV + TV + IRV$ ) es la cantidad máxima de gas que puede espirarse luego de una inspiración máxima; capacidad inspiratoria ( $TV + IRV$ ) es la cantidad máxima de gas que puede inspirarse después de una espiración del volumen de ventilación pulmonar normal; capacidad residual funcional ( $RV + ERV$ ) es la cantidad de gas que permanece en los pulmones luego de una espiración del volumen de ventilación pulmonar normal y la capacidad pulmonar total ( $RV + VC$ ) es la cantidad total de gas en los pulmones después de una inspiración máxima (Fox, 2014; Saladin & Pineda Rojas, 2013).

Multiplicar el volumen de ventilación pulmonar en reposo por el número de respiraciones por minuto da un volumen total por minuto de alrededor de 6 L por minuto. Además, cabe hacer notar que no todo el volumen inspirado llega a los alvéolos con cada respiración. A medida que se inhala aire fresco, se mezcla con aire en el espacio muerto anatómico, el cual comprende la zona de conducción del sistema respiratorio: nariz, boca, laringe, tráquea, bronquios y bronquiólos, donde no ocurre intercambio de gases (Fox, 2014).

### ***Fisiopatología***

La obstrucción del flujo aéreo surge por los grados de estrechamiento, la hipertrofia del músculo liso, la fibrosis en los bronquiolos respiratorios, y la pérdida de la presión elástica de retroceso debido al enfisema pulmonar. El proceso inflamatorio de la EPOC se inicia por la inhalación de gases nocivos, y se caracteriza por el aumento del número de macrófagos alveolares, neutrófilos, linfocitos T (predominantemente  $Tc1$ ,  $TH1$  y  $TH12$ ), y células linfoides innatas que secretan una variedad de mediadores proinflamatorios, citocinas, quimiocinas, factores de crecimiento y mediadores lipídicos (Martínez et al., 2020).

Con la presencia de irritantes en el tracto respiratorio, se activan los macrófagos que se ubican sobre la superficie de las células epiteliales de las vías respiratorias que liberan múltiples mediadores quimiotácticos. Todas las vías respiratorias, incluidas las vías aéreas centrales, se inflaman, lo que provoca hiperplasia de las glándulas mucosas e hipersecreción. Las células epiteliales que recubren las vías respiratorias cumplen funciones de protección. El epitelio produce mucinas que se hidratan y forman un gel viscoelástico que se extiende sobre la superficie epitelial. Los materiales extraños que se inhalan quedan atrapados en el moco y se eliminan mediante el transporte mucociliar y la tos (Martínez et al., 2020).

Cuando la inflamación se vuelve crónica debido a la exposición persistente al antígeno o a la lesión tisular, los linfocitos activados que expresan linfotóxina $\alpha$ - $\beta$ -heterotrímero interactúan con el receptor de linfotóxina- $\beta$  en las células estromales vecinas. La estimulación de las células estromales induce la expresión de quimiocinas linfoides y moléculas de adhesión que promueven el reclutamiento adicional de linfocitos B y T (Martínez et al., 2020).

Al activar a las células B, lleva a un aumento en el número de éstas en el pulmón y una expansión en folículos linfoides pulmonares. Las células B activadas liberan interleucina 10, que activa a los macrófagos para liberar las metaloproteinasas 9 y 12 de la matriz, que degradan las proteínas de la matriz extracelular pulmonar, lo que lleva al desarrollo de enfisema y a la generación de fragmentos de matriz que reclutan neutrófilos polimorfonucleares (PMN) en los pulmones. Las PMN liberan la elastasa de neutrófilos, que contribuyen a la pérdida de las paredes alveolares (Martínez et al., 2020).

### ***Trastornos Pulmonares***

**Trastornos Restrictivos Y Obstructivos.** En los trastornos restrictivos, como la fibrosis pulmonar, la capacidad vital está reducida por debajo de lo normal. No obstante, el índice al cual la capacidad vital puede exhalarse de manera forzada es normal. En contraste, en trastornos exclusivamente obstructivos, la capacidad vital es normal porque el tejido pulmonar no está dañado. Los trastornos obstructivos se diagnostican mediante pruebas que miden el índice de espiración. Una de esas pruebas es el volumen espiratorio forzado (FEV), en el cual se mide el porcentaje de la capacidad vital que puede exhalarse durante el primer segundo (FEV1). Un FEV1 que es significativamente de menos de 80% sugiere la presencia de enfermedad pulmonar obstructiva (Fox, 2014).

**Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC).** Por enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) se alude a cualquier trastorno en que hay una obstrucción a largo plazo del flujo de aire y una reducción importante en la ventilación pulmonar y se caracteriza por inflamación crónica con estrechamiento de las vías respiratorias y destrucción de las paredes alveolares (Fox, 2014; Saladin & Pineda Rojas, 2013).

Clínicamente se caracteriza por enfisema y bronquitis crónica que conducen al desarrollo de la obstrucción de las vías respiratorias. La limitación crónica del flujo aéreo característica de la EPOC es producida por una combinación de enfermedad de vías aéreas pequeñas y destrucción de parénquima, que varían de un individuo a otro (Martínez et al., 2020).

**Síntomas de la EPOC.** Los principales síntomas de la EPOC son: disnea, tos, producción de esputo, opresión torácica, sibilancias y congestión del pecho. Además, tienen variabilidad a lo largo del día: hay alteraciones nocturnas en el control de la ventilación y los pacientes pueden tener dificultad para dormir, lo que afecta el sueño (Martínez et al., 2020).

**Enfisema.** El tejido alveolar queda destruido en la enfermedad crónica y progresiva llamada enfisema, que da por resultado menos alvéolos, esto reduce el área de superficie para el intercambio de gases. Dado que los alvéolos ejercen una tensión lateral sobre las paredes bronquiales para mantenerlas abiertas, la pérdida de alvéolos en el enfisema reduce la capacidad de los bronquiólos para permanecer abiertos durante la espiración. El colapso de los bronquiólos como resultado de la compresión de los pulmones durante la espiración produce atrapamiento de aire, que disminuye más la eficiencia del intercambio de gases en los alvéolos (Fox, 2014).

**Fibrosis pulmonar.** En ciertas circunstancias, el daño de los pulmones lleva a fibrosis pulmonar en lugar de enfisema. En esta afección, la estructura normal de los pulmones se altera por la acumulación de proteínas de tejido conjuntivo fibroso. Por ejemplo, la fibrosis puede sobrevenir por la inhalación de partículas de menos de 6  $\mu\text{m}$  de tamaño, que pueden acumularse en la zona respiratoria de los pulmones. Esta categoría incluye la antracosis, o pulmón negro, producida por la inhalación de partículas de carbono provenientes del polvo de hulla (Fox, 2014).

**Asma.** La disnea, las sibilancias y otros síntomas de asma se producen por una obstrucción del flujo de aire a través de los bronquiólos, que ocurre en episodios, o “ataques”. Esta obstrucción se origina por inflamación, secreción de moco y broncoconstricción. La inflamación de las vías respiratorias es característica del asma y, en sí, contribuiría a incremento de la capacidad de respuesta de las vías respiratorias a agentes que promueven la constricción bronquiolar. La broncoconstricción incrementa más la resistencia en las vías respiratorias, y dificulta la respiración (Fox, 2014).

### ***Capacidad Aeróbica***

El American College of Sports Medicine considera a la capacidad aeróbica como la capacidad para realizar un ejercicio dinámico que involucre principales grupos musculares, de intensidad alta o moderada durante periodos prolongados de tiempo. La ejecución del ejercicio depende principalmente del estado funcional de los sistemas respiratorio, locomotor y cardiovascular (Aguilar Bolivar et al., 2020).

Existen 2 tipos de resistencia aeróbica, la local hace referencia a la capacidad de un músculo o un grupo muscular de aguantar durante un periodo prolongado de tiempo un ejercicio, de tal modo que la fatiga se producirá en la musculatura implicada, mientras que la general hace referencia a los esfuerzos que implican a una gran masa o varios grupos musculares (González Valero et al., 2018).

Se vale de diferentes instrumentos para valorarla, entre ellos el más utilizado: el test de Course Navette aplicado generalmente en niños, adolescentes y adultos que presenten una salud óptima y bajo consentimiento informado la aplicación de estos. En caso de los adultos mayores y personas sedentarias los test más utilizados están el uso de la batería Senior Fitness Test mediante el test de marcha de 6 minutos para valorar la capacidad aeróbica y el test de Rockport los cuales indicaban ser los óptimos debido a seguridad, gastos, validez y confiabilidad (Aguilar Bolivar et al., 2020).

### **VO<sub>2</sub>máx.**

Se define VO<sub>2</sub>máx como la cantidad máxima de O<sub>2</sub> que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo. Se expresa en cantidades absolutas (ml. min<sup>-1</sup>) o en cantidades relativas al peso corporal del sujeto (ml . kg<sup>-1</sup>. min<sup>-1</sup>). El VO<sub>2</sub>máx es un parámetro

indicador de la capacidad funcional de los individuos o de su potencia aeróbica (Chicharro & Fernández, 2006).

La potencia aeróbica máxima se halla en fisiología midiendo el consumo máximo de oxígeno por minuto (VO<sub>2</sub> máx.). El VO<sub>2</sub> Max es el ritmo máximo de producción de energía del sistema aeróbico. El oxígeno ligado a la hemoglobina de la célula roja debe ser transportado por el sistema circulatorio hasta el musculo. El VO<sub>2</sub> máx es también el mejor índice del funcionamiento del sistema cardiopulmonar del individuo. Por eso, los test de esfuerzo se utilizan para detectar cardiopatías o para conocer la funcionalidad del sistema cardiovascular a medida que envejecemos o crecemos (Mora et al., 2020).

### ***Biomasa***

La biomasa se puede definir como energía solar acumulada en diferentes formas, es decir, materiales vegetales y animales, tales como maderas de bosques, cultivos, algas, materiales sobrantes de origen agroindustrial, procesos forestales y desechos animales y humanos (Barrera et al., 2018).

Se denomina biomasa a la materia orgánica no fosilizada, ya sea originada en un proceso biológico espontáneo o provocado. En términos generales, esta materia tiene múltiples usos y utilidades para los hombres, pues constituye la base de nuestra alimentación y es materia prima para gran número de industrias, tal como la farmacéutica, cosmética, textil, maderera, papelera o ciertos elementos de la construcción. Asimismo, la biomasa puede suponer una fuente de energía, pues se puede transformar en sustancias combustibles denominadas biocombustibles. Los biocombustibles son productos finales comercializables en el mercado energético obtenidos de la transformación física, química o microbiológica de la biomasa, que es su materia prima. Es decir,

los biocombustibles son directamente utilizables en procesos de combustión obteniendo calor libre (Borja, 2018).

### **Fuentes de Origen de la Biomasa.**

Cultivos energéticos:

- Herbáceos: Cardo, sorgo, miscanto, girasol, soja, maíz, trigo, cebada remolacha, especies C4 agrícolas.
- Leñosos Chopos, sauces, eucaliptos, robinas, acacias, y especies C4 forestales (Borja, 2018).

Restos y residuos:

- Restos de cultivos agrícolas: herbáceos Paja, restos de cereales, restos de cultivos hortícolas; leñosos Poda o eliminación de plantaciones de frutales de hueso y pepita, olivo, vid, cítricos, etc.
- Restos de operaciones silvícolas: Cortas finales, podas, claras, clareos, apertura de vías y pistas forestales, limpieza de monte para prevención de incendios, catástrofes forestales (incendios)
- Restos de las industrias agroalimentarias: Piel de frutos (cítricos), cáscaras (almendra, cacahuete...), huesos (aceituna), pulpa en industrias de zumo, etc.
- Restos de industrias forestales: Serrines y virutas, polvo de lijado, corteza, tacos y recortes
- Restos de las explotaciones ganaderas: Purines, cama animal, animales fallecidos  
Productos o restos marinos Algas, conchas, etc.

- Actividades humanas: Residuos alimenticios, papel, otros residuos industriales (Borja, 2018).

**Humo de Biomasa.** El método de conversión más antiguo y común usado para el aprovechamiento de la energía fija en la biomasa es por medio del proceso de combustión, el cual se define como una reacción química en la que se oxida un combustible y se libera una gran cantidad de energía (Barrera et al., 2018).

Con frecuencia se ha comunicado en la literatura que el humo de biomasa es la sustancia inhalada más habitual después del tabaco en los países en vías de desarrollo. La combustión de productos orgánicos produce humos que pueden ser inhalados, lo que en los sujetos sensibles provoca un cuadro de inflamación bronquial, con una obstrucción bronquial secundaria que en muchos aspectos es indistinguible de la EPOC (López-Campos et al., 2017).

Como resultado del proceso de combustión de biomasa diferentes tipos de contaminantes pueden ser liberados. Dentro de estos, vale la pena mencionar los contaminantes quemados como el monóxido de carbono (CO), los compuestos orgánicos volátiles, los hidrocarburos aromáticos policíclicos, los compuestos orgánicos condensables, el hollín, el carbón, el hidrógeno, entre otros (Barrera et al., 2018).

La exposición a partículas del humo de biocombustibles (PHBC) y contaminantes ambientales (CA) es causa directa de problemas a la salud. Predisponen a infecciones respiratorias agudas como, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), asma, cáncer y tuberculosis (TB) pulmonar, entre otras. Se estima que cerca de 3 mil millones de personas en el mundo utilizan madera y otros compuestos orgánicos (hojas de árboles, papel, materia fecal de animales, restos alimenticios) como fuente de energía para cocinar (Sada-Ovalle et al., 2015).

Se estima que el 50% de la población mundial aún utiliza algún tipo de biocombustible y cerca del 90% de los usuarios viven en un país en desarrollo; lo anterior es debido principalmente a su fácil accesibilidad y bajo costo en comparación con los combustibles «limpios» que producen un número menor de partículas suspendidas.<sup>6</sup> En países como la India, China y Turquía, la combustión de la biomasa (madera, carbón, estiércol y residuos agrícolas) en zonas rurales representa más de un 80% de la energía doméstica utilizada (Sada-Ovalle et al., 2015).

### ***Pruebas de Función Pulmonar***

La función pulmonar puede evaluarse en clínica por medio de una técnica conocida como espirometría. En este procedimiento, permite el cribado, diagnóstico y monitorización de las enfermedades respiratorias. Esta prueba es sencilla, fácil de realizar y no invasiva. Mediante la cuantificación de los volúmenes y los flujos respiratorios como la capacidad vital forzada (CVF) o volumen espiratorio forzado en seis segundos (VEF6), el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1) y la relación entre estos parámetros (índice VEF1 /CVF o VEF1 /VEF6) se detecta obstrucción, con alta sensibilidad y especificidad; asimismo, es posible clasificar la gravedad y la respuesta al broncodilatador (Rivero-Yeverino, 2019; Rus Marisé Mercado, 2003).

### ***Espirómetros***

**Espirómetros de Volumen.** También llamados de circuito cerrado, registran la cantidad de aire que se desplaza a través de la vía aérea en una inhalación o exhalación en un tiempo determinado, obteniendo el volumen directamente y el flujo por diferenciación, lo que permite el registro de la curva de volumen/tiempo al instante. Se puede añadir un circuito electrónico o digital para obtener también la curva de flujo/volumen. Su limpieza debe ser cuidadosa y adecuada, dado que existe el riesgo de colonización por microorganismos. Su calibración tiene mayor exactitud y

es sencilla. Debido a su peso y tamaño, su uso en atención primaria es limitado (Rivero-Yeverino, 2019).

**Espirómetros de Flujo.** Son los más utilizados actualmente, llamados también de circuito abierto. Pueden ser bidireccionales, es decir, registrar flujo espiratorio e inspiratorio. Miden directamente la velocidad del flujo ventilatorio y por integración el volumen a través de un sensor mediante digitalización. Algunos disponen de una pantalla donde se observa el trazo de las curvas en tiempo real, otros se pueden conectar a un ordenador para poder visualizarlas y los esfuerzos pueden grabarse y utilizarse posteriormente. Son livianos y fáciles de transportar, el riesgo de contaminación disminuye al tener boquillas, filtros y, en algunos casos, sensores de flujo desechables (Rivero-Yeverino, 2019).

**Parámetros Espirométricos.** Capacidad vital forzada (FVC): cantidad máxima de aire exhalado forzadamente partiendo de una inhalación total; recibe también el nombre de volumen espiratorio forzado. Se compone por la suma del volumen corriente, volumen de reserva inspiratorio y volumen de reserva espiratorio. El valor normal es  $\geq 80\%$  (Rivero-Yeverino, 2019).

- Pico espiratorio flujo (PEF): es el flujo instantáneo máximo de la maniobra CVF; se expresa en litros (Rivero-Yeverino, 2019).
- Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1): cantidad del aire exhalado abruptamente en el primer segundo después de una inhalación máxima. El valor normal es  $\geq 80\%$  (Rivero-Yeverino, 2019).
- Índice VEF1 /CVF: es la fracción de aire que exhala un individuo en un segundo respecto a su capacidad vital forzada. Este indicador es determinante para detectar

obstrucción, mas no para dar seguimiento a la progresión de la enfermedad, ya que VEF1 tiende a disminuir proporcionalmente con el deterioro del CVF. El valor normal es  $\geq 70\%$  o de acuerdo con el límite inferior de normalidad (Rivero-Yeverino, 2019).

- Volumen espiratorio forzado en seis segundos (VEF6): este parámetro ha sido utilizado como sustituto de CVF, ya que implica menos esfuerzo por parte el paciente, es más repetible que CVF en pacientes con obstrucción y tiene menor posibilidad de que exista fatiga u otras complicaciones como síncope, sin embargo, existe poca información acerca de los predichos de este volumen (Rivero-Yeverino, 2019).
- Índice VEF6 /CVF: puede utilizarse en sustitución del índice VEF1 /CVF (Rivero-Yeverino, 2019).
- Volumen extrapolado: cantidad de aire liberado accidentalmente antes de iniciar la exhalación abruptamente; se relaciona con espirómetros de circuito abierto o inseguridad del paciente al realizar la maniobra (Rivero-Yeverino, 2019).

**Indicaciones y Contraindicaciones.** Entre las indicaciones para la realización de la espirometría se encuentran sospecha de enfermedad pulmonar con síntomas como tos, disnea, sibilancias, estertores, estridor, deformidad torácica; estimación de la gravedad, pronóstico y seguimiento de las enfermedades respiratorias; evaluación del riesgo para procedimientos quirúrgicos, tamizaje de sujetos con probabilidad de presentar enfermedad pulmonar por exposición a factores laborales, ocupaciones, medicamentos o toxicomanías (Rivero-Yeverino, 2019).

Las contraindicaciones absolutas son: inestabilidad hemodinámica, aneurisma en la aorta torácica de gran tamaño ( $> 6$  cm), tromboembolismo pulmonar masivo, hipertensión intracraneal, hemoptisis, desprendimiento agudo de retina, infecciones respiratorias activas, síndrome coronario

agudo, infarto de miocardio reciente: menos de siete días, preeclampsia, angina inestable, hipertensión severa, entre otras (Rivero-Yeverino, 2019).

**Curvas Espirométricas.** Son representaciones gráficas del tiempo, los flujos y los volúmenes exhalados:

- Flujo-volumen: se grafica PEF expresado en litros por segundo y CVF en litros.
- Volumen-tiempo: se grafica la duración de la maniobra en segundos, VEF1 y CVF se representan en litros (Rivero-Yeverino, 2019).

### **Técnica.**

#### ***Consideraciones Sobre Higiene y Control de Infecciones.***

Operador:

- Lavarse las manos antes y después de atender a cada paciente.
- Secado de manos (Gutiérrez C. et al., 2018).

Material:

- Cambiar la boquilla al terminar el examen de cada paciente.
- Desinfectar, esterilizar o descartar después de cada uso: boquillas, pinzas nasales, cualquier instrumento que se ponga en contacto con la mucosa de la nariz o la boca.
- Usar un filtro desechable en todos los pacientes para evitar riesgos no detectados previamente. Si no se cuenta con filtro hacer solo la maniobra espiratoria en la boquilla (Gutiérrez C. et al., 2018).

***Preparación del Paciente.*** El paciente debe estar sentado y relajado, al menos 5 a 10 min antes de la prueba. Realizar una breve historia clínica, indagar sobre diagnóstico, motivo del

estudio, medicamentos usados, enfermedades infecciosas (TBC, VIH, hepatitis), evaluando la posibilidad de contraindicaciones. Explicar y demostrar al paciente la técnica adecuada del procedimiento y cómo deberá colaborar (Gutiérrez C. et al., 2018).

### ***Ejecución del Examen.***

- El paciente debe estar bien sentado en una silla cómoda con brazos y respaldo vertical, con la espalda erguida y sin cruzar las piernas.
- En el caso de niños mayores de 6 años puede realizarse indistintamente de pie o sentado lo que sea más cómodo para los niños y utilizar pinza nasal.
- En niños preescolares menores de 6 años se recomienda realizar la espirometría de pie y sin pinza nasal (Gutiérrez C. et al., 2018).

***Procedimientos.*** Capacidad vital forzada (CVF): La maniobra de espiración forzada tiene 3 fases: Inspiración máxima, exhalación a máxima fuerza y velocidad y exhalación continuada, completa, hasta el final del examen (Gutiérrez C. et al., 2018).

Si se requiere una Curva Flujo/Volumen (F/V) volver a hacer una inspiración máxima forzada, ya que se imprime la curva inspiratoria realizada después de la espiratoria para obtener la capacidad vital inspiratoria (CVI), ya que la inspiración anterior es desde CRF. Esta maniobra permite medir volúmenes en el tiempo. Se informará:

- Capacidad vital forzada (CVF).
- Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1).
- Relación VEF1/CVF.
- En niños preescolares o menores de 6 años se informa además el volumen espiratorio forzado a los 0,5 s (VEF0,5) y/o a los 0,75 s (VEF0,75) y la relación VEF0,75/CVF. Solo

se registra VEF1 si la maniobra tiene un tiempo espiratorio forzado mayor a 1 s (Gutiérrez C. et al., 2018).

La exhalación forzada debe ser realizada inmediatamente después de la inspiración máxima sin pausa y si la hay no debe superar los 2 s. Debe ser realizada con la máxima rapidez hasta que no se pueda exhalar más aire. Se realizará un mínimo de 3 maniobras y nunca más de 8 maniobras (Gutiérrez C. et al., 2018).

Procedimiento en equipos de circuito abierto sin filtro:

- Oclusión de la nariz con una pinza nasal.
- Respiración a volumen corriente, 3 a 5 ciclos.
- Inhalación rápida y completa hasta capacidad pulmonar total (CPT).
- Inmediatamente sin pausa y si la hay que sea menor de 2 s, debe colocarse la boquilla del espirómetro.
- Exhalación forzada, con la máxima rapidez hasta que no pueda exhalar más aire, cumpliendo los criterios de aceptabilidad de fin de espiración.
- Se realizará un mínimo de 3 maniobras aceptables separadas por un minuto, no deben realizarse más de 8 maniobras (Gutiérrez C. et al., 2018).

**Patrones Espirométricos e Interpretación.** Los parámetros fundamentales para la interpretación de la espirometría son VEF1, CVF y el índice FVC/ VEF1, que se comparan con los valores de referencia. El patrón obstructivo se caracteriza por un valor del índice VEF1 /CVF o menor al valor fijo de 70 %. El VEF1 gradúa la severidad de la obstrucción en:

- >70 %, leve
- 60-69 %, moderada

- 50-59 %, moderadamente grave
- 35-49 %, grave.
- < 35 %, muy grave (Rivero-Yeverino, 2019).

Se valora la CVF de no existir obstrucción; si se encuentra por debajo de 80 %, la relación VEF1/CVF es normal y con el VEF1 proporcionalmente bajo, es sugerente de restricción, en caso contrario se considera una espirometría normal (Gutiérrez C. et al., 2018; Rivero-Yeverino, 2019).

En el patrón espirométrico mixto la relación VEF1/CVF está baja, al igual que la CVF y el VEF1, siendo la caída de este último mayor que la de la CVF. Se debe tener presente que el Broncodilatador no debe mejorar la CVF, pero puede haber cambios significativos. Para confirmar una alteración restrictiva se deben medir volúmenes pulmonares (Gutiérrez C. et al., 2018).

**Respuesta a Broncodilatadores.** La prueba con aplicación de broncodilatador se realiza con un beta2-agonista de corta acción, en este caso salbutamol, con una dosis de 400 µg en adultos y 200 µg en niños, con intervalo de 30 segundos entre disparos; se administran a través de una cámara espaciadora adecuada para el paciente y se deja que actúe durante 20 minutos en reposo antes de reiniciar la prueba. En maniobras con obstrucción se considera respuesta al broncodilatador un incremento de 12 % o 200 mL respecto a VEF1, lo que se llama reversibilidad (Rivero-Yeverino, 2019).

#### ***Test de Marcha Estacionaria de 2 Minutos.***

La prueba de pasos de 2 minutos (TMST) es una de las muchas alternativas para medir la capacidad de ejercicio aeróbico. Presentado por primera vez en 1999 como parte de la Prueba de condición física para adultos mayores, el TMST tiene la ventaja de que requiere un

espacio limitado, solo unos minutos de tiempo y ningún equipo costoso (Bohannon & Crouch, 2019).

La prueba, conocida como prueba de pasos de 2 minutos (TMST), simplemente requiere que los individuos evaluados marchan en el lugar lo más rápido posible durante 2 minutos mientras levantan las rodillas a una altura a mitad de camino entre la rótula y la cresta ilíaca cuando están de pie. El rendimiento en la prueba se define como el número de pasos del lado derecho de la altura del criterio completados en 2 minutos (Bohannon & Crouch, 2019).

La puntuación es el número de veces que la rodilla derecha llega a la altura requerida y se define como normal cuando existen 65 o más pasos y como Zona de riesgo cuando existen menos de 65 pasos para hombres y mujeres (Jones & Rikli, 2002).

## **Marco Legal y Ético.**

### **Constitución de la República Del Ecuador.**

#### *Sección segunda - Ambiente sano*

*Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Constitución de La República Del Ecuador, 2008).*

#### *Sección séptima - Salud*

*Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir. El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva. La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, con enfoque de género y generacional (Constitución de La República Del Ecuador, 2008).*

#### *Régimen Del Buen Vivir - Sección segunda Salud*

*Art. 359.- El sistema nacional de salud comprenderá las instituciones, programas, políticas, recursos, acciones y actores en salud; abarcará todas las dimensiones del derecho a la salud; garantizará la promoción, prevención, recuperación y rehabilitación en todos los niveles;*

y propiciará la participación ciudadana y el control social (Constitución de La República Del Ecuador, 2008).

*Art. 360.- El sistema garantizará, a través de las instituciones que lo conforman, la promoción de la salud, prevención y atención integral, familiar y comunitaria, con base en la atención primaria de salud; articulará los diferentes niveles de atención; y promoverá la complementariedad con las medicinas ancestrales y alternativas. La red pública integral de salud será parte del sistema nacional de salud y estará conformada por el conjunto articulado de establecimientos estatales, de la seguridad social y con otros proveedores que pertenecen al Estado, con vínculos jurídicos, operativos y de complementariedad (Constitución de La República Del Ecuador, 2008).*

### **Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025.**

*Apegado a los principios de libertad, democracia, Estado de derecho, igualdad de oportunidades, solidaridad, sostenibilidad y prosperidad, en cumplimiento de lo que determina el COPLAFIP, el Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 se organiza en cinco ejes programáticos: Económico, Social, Seguridad Integral, Transición Ecológica e Institucional. En ese marco, este instrumento busca implementar soluciones reales a los problemas de las personas, enmarcados en estos principios, como un paso para transformar al Ecuador en una nación próspera y con oportunidades para todos (Plan Nacional De Desarrollo 2021, 2025, 2021)*

*Dentro de los objetivos del Eje Social:*

*Objetivo 6. Garantizar el derecho a la salud integral, gratuita y de calidad La OMS define a la salud como "un estado de completo bienestar físico, mental y social, no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades" y "el goce del grado máximo de salud que se pueda lograr es uno de los derechos fundamentales de todo ser humano sin distinción de raza, religión, ideología*

*política o condición económica o social". El abordaje de la salud en el Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 se basa en una visión de salud integral, inclusiva y de calidad, a través de políticas públicas concernientes a: hábitos de vida saludable, salud sexual y reproductiva, DCI, superación de adicciones y acceso universal a las vacunas. Adicionalmente, en los próximos cuatro años se impulsarán como prioridades gubernamentales acciones como la Estrategia Nacional de Primera Infancia para la Prevención y Reducción de la Desnutrición Crónica Infantil: Ecuador Crece sin Desnutrición Infantil, que tiene como finalidad disminuir de manera sostenible la desnutrición y/o malnutrición infantil que afecta a 1 de 4 menores de 5 años en el país (Plan Nacional De Desarrollo 2021, 2025, 2021).*

*Como nación existe la necesidad de concebir a la salud como un derecho humano y abordarlo de manera integral enfatizando los vínculos entre lo físico y lo psicosocial, lo urbano con lo rural, en definitiva, el derecho a vivir en un ambiente sano que promueva el goce de las todas las capacidades del individuo (Plan Nacional De Desarrollo 2021, 2025, 2021).*

### **Ley Orgánica De Salud.**

*Art. 1.- La presente Ley tiene como finalidad regular las acciones que permitan efectivizar el derecho universal a la salud consagrado en la Constitución Política de la República y la ley. Se rige por los principios de equidad, integralidad, solidaridad, universalidad, irrenunciabilidad, indivisibilidad, participación, pluralidad, calidad y eficiencia; con enfoque de derechos, intercultural, de género, generacional y bioético (Ley Orgánica de Salud, 2006).*

*Art. 3.- La salud es el completo estado de bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades. Es un derecho humano inalienable, indivisible, irrenunciable e intransigible, cuya protección y garantía es responsabilidad primordial del*

*Estado; y, el resultado de un proceso colectivo de interacción donde Estado, sociedad, familia e individuos convergen para la construcción de ambientes, entornos y estilos de vida saludables (Ley Orgánica de Salud, 2006).*

*Art. 95.- La autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio de Ambiente, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias (Ley Orgánica de Salud, 2006).*

*El Estado a través de los organismos competentes y el sector privado está obligado a proporcionar a la población, información adecuada y veraz respecto del impacto ambiental y sus consecuencias para la salud individual y colectiva (Ley Orgánica de Salud, 2006).*

*Art. 111.- La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con la autoridad ambiental nacional y otros organismos competentes, dictará las normas técnicas para prevenir y controlar todo tipo de emanaciones que afecten a los sistemas respiratorio, auditivo y visual (Ley Orgánica de Salud, 2006).*

### **Consentimiento informado.**

*La presente investigación se realizó considerando la firma del consentimiento informado para la participación de los sujetos de estudio, documento en el cual se detalla los objetivos de la investigación y el procedimiento de evaluación a realizarse a cada uno de los pacientes. Además, se tomó en cuenta todos los parámetros referentes a asepsia y bioseguridad procurando siempre la plena integridad de la persona a evaluar.*

## Capítulo III

### Metodología de la Investigación

#### *Diseño de Investigación*

**No experimental:** la investigación fue no experimental ya que se realizó sin manipular deliberadamente variables, es decir, se trata de un estudio en el que no hicimos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. (Sampieri et al., 2014). Lo que se hizo fue simplemente observar y analizar el grado de afectación de la capacidad aeróbica y pulmonar a consecuencia de la exposición al humo de biomasa en su contexto natural.

**Transversal:** es transversal ya que se recolectaron datos como la edad, sexo, capacidad pulmonar y aeróbica en un solo momento, en un tiempo único. Se tuvo el propósito de describir estas variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (Sampieri et al., 2014).

#### *Tipo de Investigación*

**Enfoque cuantitativo:** es de tipo cuantitativa ya que se hizo uso de la recolección de datos numéricos como los resultados de la evaluación espirométrica o del test de capacidad aeróbica para probar una hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías (Sampieri et al., 2014).

**Descriptivos:** es de tipo descriptivo pues se investigó la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables, en este caso, la capacidad aeróbica y pulmonar en una población expuesta al humo de biomasa. El procedimiento consistió en ubicar en una o diversas variables a un grupo de personas u otros seres vivos, objetos, situaciones, contextos, fenómenos, comunidades, etc., y proporcionar su descripción. (Sampieri et al., 2014).

**De campo:** ya que se realizó fuera de un lugar acondicionado, es decir en el lugar natural donde ocurren los hechos; así pues, la investigación se llevó a cabo en la comunidad rural de Iltaquí (Parreño, 2016).

### ***Localización y Ubicación del Estudio***

La presente investigación fue ejecutada en la comunidad “Iltaquí”, la cual está ubicada en la parroquia El Sagrario, al occidente del cantón Cotacachi, a 6 kilómetros de la ciudad y a 4 kilómetros de la parroquia de Quiroga.

### ***Población***

La población para la presente investigación contó con 45 personas mayores de 65 años, expuestos al humo de biomasa.

#### **Criterios de Selección.**

##### ***Criterios de Inclusión.***

- Sujetos que acepten ser partícipes de la investigación a través de la firma del consentimiento informado

##### ***Criterios de Exclusión.***

- Sujetos de estudio que no estén expuestos al humo de biomasa.
- Sujetos que no pertenezcan o residan en la comunidad Iltaquí.
- Sujetos con saturación de oxígeno (SO<sub>2</sub>) menor al 80%.
- Sujetos que no acepten ser partícipes de la investigación a través de la firma del consentimiento informado.

- Sujetos con algún tipo de discapacidad física que le impida la ejecución de los diferentes test evaluativos.
- Sujetos que sean fumadores crónicos.

**Muestra.** La muestra se obtuvo de manera no probabilística, a conveniencia del investigador mediante los criterios de selección, estando así conformada por 30 personas expuestas al humo de biomasa, pertenecientes a la comunidad de Itaquí, Cotacachi.

*Operacionalización de Variables*

**Variables de Caracterización.**

**Tabla 1.**

*Variables de caracterización*

<b>Variables</b>	<b>Tipo de Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Definición</b>
Edad	Cuantitativa Discreta	Grupo etario	Media de edad	>65 años	Ficha de datos generales del paciente.	Tiempo que ha vivido una persona o ciertos animales o vegetales (Diccionario de la lengua española, 2014a).
Sexo	Cualitativa Nominal Dicotómica	Sexo	Sexo	Femenino Masculino	Ficha de datos generales del paciente.	Conjunto de seres pertenecientes a un mismo sexo. Sexo masculino, femenino. (Diccionario de la lengua española, 2014b).

IMC	Cualitativa	Peso y talla	Bajo peso	< 18,5 kg/m <sup>2</sup>	Ficha de datos generales del paciente.	Es un indicador de la relación entre el peso y la talla, se utiliza para identificar el sobrepeso y la obesidad. Se obtiene dividiendo el peso en kilogramos por su talla en metros al cuadrado (kg/m <sup>2</sup> ) (Rodríguez Valdés et al., 2019).
	Ordinal		Peso normal	18,5–24,9 kg/m <sup>2</sup>		
	Politómica		Sobrepeso	25,0–29,9 kg/m <sup>2</sup>		
			Obesidad clase I	30,0–34,9 kg/m <sup>2</sup>		
			Obesidad clase II	35,0–39,9 kg/m <sup>2</sup>		
			Obesidad clase III	> 40 kg/m <sup>2</sup>		
Exposición al humo de biomasa	Cuantitativa Discreta	Tiempo de exposición	Número de años	5-10 años	Ficha de datos generales del paciente.	La combustión de productos orgánicos produce humos que pueden ser inhalados, lo que en los sujetos sensibles provoca un cuadro de inflamación bronquial, con una obstrucción bronquial secundaria que en
				10-20 años		
				20-30 años		
				30-40 años		
				40-50 años		
				50-60 años		
				60-70 años		
				70-80 años		
				80-90 años		
	>90 años					

muchos aspectos es indistinguible de la EPOC (López-Campos et al., 2017).

Se indica las variables de caracterización; edad, sexo, IMC, exposición al humo de biomasa con su respectiva dimensión, indicador, escala, instrumento y definición.

### *Variables Específicas de Interés.*

**Tabla 2.**

#### *Variables específicas de interés*

<b>Variables</b>	<b>Tipos de Variables</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Definición</b>
Capacidad pulmonar	Cualitativa	Patrón espirométrico (SEPAR)	Normal	FVC normal (> 80 %)	Espirómetro	La capacidad pulmonar o capacidad pulmonar total (TLC) es el volumen de aire en los pulmones al realizar el máximo esfuerzo de inspiración
				FEV1 normal (> 80 %)		
				FEV1 / FVC normal (> 70 %)		
	Nominal	Obstructivo		FVC normal (> 80 %)		
				FEV1 disminuido (< 80 %).		
				FEV1 / FVC disminuido (< 70%)		
Politómica	Restrictivo		FVC disminuido (< 80 %):			
			FEV1 normal o disminuido (<80 %)			



Cualitativa ordinal dicotómica	Zona de riesgo	<65 steps		estacionaria de 2 minutos	de O2 que puede obtenerse durante el trabajo físico (Velásquez, 2015).	
		60-64	75-107 steps			87-115 steps
		65-69	73-107 steps			86-116 steps
		70-74	68-101 steps			80-110 steps
	Rango normal	75-79	68-100 steps			73-109 steps
		80-84	60-91 steps			71-103 steps
		85-89	55-85 steps			59-91 steps
		90-94	44-72 steps			52-86 steps

Se indica las variables específicas de interés; capacidad pulmonar y capacidad aeróbica con su respectiva dimensión, indicador, escala, instrumento y definición.

## *Métodos de Recolección de Información*

### **Métodos de Recolección de Datos.**

- **Revisión bibliográfica:** Es aquella que permite hacer una amplia investigación de diferentes textos, libros (Parreño, 2016). Así pues, se realizó una exhausta revisión bibliográfica a través de una búsqueda sistemática en bases de datos como: Pubmed, ScieDirect, Scopus, Web of Science, Physiotherapy Evidence Database, Elsevier, etc.
- **Inductivo:** Es un método basado en el razonamiento, el cual permite pasar de hechos particulares a los principios generales. Fundamentalmente consiste en estudiar u observar hechos o experiencias particulares con el fin de llegar a conclusiones que puedan inducir, o permitir derivar de ello los fundamentos de una teoría (Prieto Castellanos, 2018). En este caso se observó los resultados de los test de capacidad aeróbica y pulmonar aplicados para al final inducir que esto fue a causa de la exposición al humo de biomasa.
- **Analítico:** Estos estudios se realizan para dar secuencia lógica a un problema explicativo o causal y se orientan a demostrar la hipótesis explicativas o causales (Parreño, 2016). En este caso, demostrar que la exposición al humo de biomasa trae consecuencias en la salud de las personas.

## *Técnicas e Instrumentos de Investigación*

### **Técnicas.**

**Encuestas.** Es una técnica para recopilar información; se relaciona íntimamente con la entrevista y el cuestionario. Se caracteriza básicamente por recoger información por escrito; por

lo tanto, el investigador debe preparar y planificar el cuestionario por escrito y el informante deberá contestar también por escrito (Parreño, 2016).

### **Instrumentos.**

*Ficha de datos generales del paciente.* Consistió en un documento que solicitaba datos generales como el nombre, edad, sexo, peso, talla, IMC, y el cual fue de utilidad para la caracterización a los sujetos de estudio.

*Espirómetro digital.* Instrumento usado para la evaluación de la capacidad pulmonar.

Respecto a la validación de esta herramienta; Quadrelli indica en un estudio de 520 pacientes se definió que la sensibilidad y especificidad fueron 42.2% y 94.3% respectivamente en los sujetos que no tenían patrones obstructivos, en cambio en los pacientes con patrones obstructivos la sensibilidad aumentó al 75.8% con una especificidad de 65.9. Es aceptable realizar esta prueba para detectar afecciones pulmonares (Quadrelli et al., 2007).

*Test de marcha estacionaria de 2 minutos.* Instrumento usado para la evaluación de la capacidad aeróbica.

Respecto a la validación de esta herramienta; Rikli y Jones, en su estudio “Desarrollo y validación de una prueba de aptitud funcional para adultos mayores residentes en la comunidad” de 1999, encontró que la prueba de pasos de 2 minutos (TMST) demostró una buena fiabilidad entre días test -retest (coeficiente de correlación intraclase = 0,90) (Bohannon & Crouch, 2019; Rikli & Jones, 1999).

**Análisis de datos.** Una vez recolectados los datos a través de los instrumentos de evaluación se elaboró una base de datos en Excel con cada uno de los objetivos planteados, la cual permitió que los distintos datos sean analizados y tabulados en IBM SPSS statistics.

## Capítulo IV

### Análisis e Interpretación de Datos

**Tabla 3.**

*Caracterización de la muestra según su edad*

<b>Edad</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Media</b>
Mayor a 65 años	86 años	65 años	73 años

La caracterización de los sujetos de estudio según su edad indica que, la media de edad corresponde a 73 años, la edad mínima es de 65 años y la edad máxima es de 86 años.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) del año 2010, Cotacachi (conformada por las actuales parroquias de San Francisco y el Sagrario) en su zona rural cuenta con 8291 personas, de las cuales el 90% tiene menos de 60 años, de ahí que, el 2,73% son sujetos de 60 a 64 años, el 2,87 % de 65 a 69 años, el 1,83% de 70 a 74 años, el 1,13% de 75 a 79 años, el 0,85% de 80 a 84 años, el 0,34% de 85 a 89 años y finalmente el 0,15% son personas mayores a 90 años (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010). Estos datos difieren con los de nuestro estudio.

**Tabla 4.***Caracterización de la población según sexo.*

<b>Sexo</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Masculino	8	26,7%
Femenino	22	73,3%
Total	30	100%

La caracterización de los sujetos de estudio según sexo muestra que, de un total de 30 personas de la comunidad de Itaquí que formaron parte de la investigación, existe un mayor predominio del sexo femenino con un 73,3%, frente al 26,7 % del sexo masculino.

Según el censo hecho por el INEC del año 2010, en Cotacachi (San Francisco y el Sagrario) existen un total de 17139 personas de las cuales el 49% (8398) son varones y el 51% (8741) son mujeres (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010). Estos datos coinciden con el predominio del sexo femenino de nuestra muestra.

Por otro lado, la “Guía de bolsillo para el diagnóstico, manejo y prevención de la EPOC” publicada por la Global Initiative For Chronic Obstructive Lung Disease, en el 2022, menciona que la contaminación atmosférica en espacios interiores resultante de la quema de leña y otros combustibles de biomasa utilizados para cocinar y como calefacción en viviendas con ventilación deficiente, es un factor de riesgo que afecta particularmente a las mujeres en los países en desarrollo (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, 2022). Esta información coincide con los datos del sexo predominante de nuestro estudio.

**Tabla 5.**

*Caracterización de la muestra según su índice de masa corporal.*

<b>IMC cualitativo</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Bajo peso	5	16,7%
Peso normal	20	66,7%
Sobrepeso	5	16,7%
Total	30	100%

En cuanto al índice de masa corporal de los sujetos de estudio, de un total de 30 personas de la comunidad de Iltaquí que formaron parte de la investigación, el 66,7 % de ellas se encuentra dentro de los rangos de un peso normal, y por otro lado está el grupo de individuos con sobrepeso y bajo peso con un 16,7% respectivamente.

Estos datos difieren con los mostrados en la investigación realizada por Romero et al, en el 2020, en una población rural de la región Sierra del Ecuador, en donde se realizó un estudio del estado nutricional de la población adulta a partir de la determinación del índice de masa corporal y en donde se trabajó con 115 pacientes (69 mujeres, 46 hombres) en edades comprendidas entre los 38 y los 60 años. Dicho estudio menciona que existe un importante porcentaje de pacientes con bajo peso (82.61 %), con predominio de las mujeres, y que no se encontraron pacientes ni con sobrepeso ni obesos, difiriendo así con los datos de nuestra investigación (Romero Viamonte et al., 2020).

**Tabla 6.**

*Caracterización de la muestra según el tiempo de exposición al humo de biomasa.*

<b>Tiempo de exposición al humo de biomasa</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
30-40 años	3	10%
40-50 años	2	6,7%
50-60 años	4	13,3%
60-70 años	12	40%
70-80 años	8	26,7%
80-90 años	1	3,3%
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>

La caracterización de la muestra según el tiempo de exposición al humo de biomasa, indica que, existe un mayor predominio del grupo de personas que han estado expuestas al humo de biomasa de entre 60 a 70 años con un 40 %, luego está el grupo de personas expuestas de entre 70 a 80 años con el 26,7%; a continuación, el grupo de personas de 50 a 60 años con el 13,3%; seguido por el grupo de personas de 30 a 40 años con el 10 %, el grupo de entre 40 a 50 años con el 6,7% y finalmente en minoría, el grupo de personas de 80 a 90 años con el 3,3 %.

Badway et al, en su estudio del 2016 “Prevalencia de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) en la gobernación de Qena” indica que la tasa de prevalencia de la EPOC entre la población estudiada fue del 6,6% y la mayor prevalencia fue en personas mayores de 60 años (Badway et al., 2016). Estos datos coinciden con los de nuestra investigación.

**Tabla 7.**

*Nivel de capacidad aeróbica de los sujetos de estudio, según sexo.*

Capacidad aeróbica	Sexo				Total	
	Masculino		Femenino			
	F	%	F	%	F	%
Normal	4	13,3%	5	16,7%	9	30%
Zona de riesgo	4	13,3%	17	56,7%	21	70%
<b>Total</b>	8	26,7%	22	73,3%	30	100%

El nivel de capacidad aeróbica de los sujetos de estudio, indica que en el sexo masculino la capacidad aeróbica en zona de riesgo y normal están equiparadas con el 13,3% respectivamente. Por otro lado, la capacidad aeróbica que predomina en el sexo femenino es la que está en zona de riesgo con el 56,7%, seguida de la normal con el 16,7%. Independientemente del sexo, la capacidad aeróbica en zona de riesgo predomina en los sujetos de estudio con un 70% frente al 30% de la capacidad aeróbica normal.

Garita et al, en el año 2015 en su estudio “Tamizaje de indicadores de deterioro cognitivo y físico en adultos mayores costarricenses” en el cual se estudiaron a 46 adultos mayores (38 mujeres y 8 hombres) que eran personas activas e independientes. Este artículo señala que, de las personas pertenecientes al sexo femenino, el 45% se encontraban por debajo de los parámetros del Senior Fitness Test, en la prueba de marcha estacionaria de 2 minutos y por otro lado el grupo de personas pertenecientes al sexo masculino el 38% estaban por debajo de los parámetros de la prueba mencionada (Garita et al., 2018). Estos datos coinciden con los de nuestra investigación.

**Tabla 8.**

*Capacidad pulmonar de los sujetos de estudio, según sexo.*

Patrón espirométrico	Sexo				Total	
	Masculino		Femenino		F	%
	F	%	F	%	F	%
Normal	2	6,7%	2	6,7%	4	13,3%
Obstructivo	5	16,7%	18	60%	23	76,7%
Restrictivo	1	3,3%	-	-	1	3,3%
Mixto	-	-	2	6,7%	2	6,7%
<b>Total</b>	8	26,7%	22	73,3%	30	100,0%

La capacidad pulmonar de los sujetos de estudio, indica que en el sexo masculino existe un mayor predominio de las personas que presentan un patrón espirométrico obstructivo con un 16,7%. Asimismo, en el sexo femenino el patrón espirométrico que predomina también es el obstructivo con el 60%. Independientemente del sexo el patrón espirométrico que estuvo presente en la mayoría de los sujetos de estudio es el obstructivo con el 76,7%; seguido del patrón normal con el 13,3%, a continuación, el patrón mixto con el 6,7% y por último el patrón espirométrico restrictivo con el 3,3%.

Sana et al, en su revisión sistemática y metaanálisis del 2017 “Enfermedad pulmonar obstructiva crónica asociados con el uso de combustible de biomasa en mujeres” confirma que la exposición al humo de biomasa es asociada con EPOC en mujeres. Además, menciona que la prevalencia mundial de la EPOC está creciendo rápidamente más en mujeres que en hombres y que las mujeres suelen estar más expuestas a los contaminantes de interior (Sana et al., 2018). Estos datos coinciden con los de nuestra investigación.

**Tabla 9.**

*Nivel de gravedad de los patrones espirométricos de los sujetos de estudio, sexo femenino.*

<b>Sexo femenino</b>				
<b>Patrón espirométrico</b>	<b>Obstrutivo</b>		<b>Total</b>	
	<b>F</b>	<b>%</b>	<b>F</b>	<b>%</b>
<b>Nivel de Gravedad</b>				
Leve	7	38,9%	7	38,9%
Moderado	5	27,8%	5	27,8%
Grave	5	27,8%	5	27,8%
Muy grave	1	5,6%	1	5,6%
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>100%</b>	<b>6</b>	<b>100%</b>

El nivel de gravedad de los patrones espirométricos de los sujetos de estudio de sexo femenino indica que, del total de 18 mujeres afectadas con patrón espirométrico obstructivo, el nivel de gravedad que predomina es el leve con el 38,9%, seguido por el moderado y grave con el 27,8% respectivamente y por último el muy grave con el 5,6%.

Fang et al, en su estudio del 2018 “Enfermedad pulmonar obstructiva crónica en China: un estudio de prevalencia a nivel nacional” refiere que, entre los adultos con EPOC, el 56,4 % tenía enfermedad leve, el 36,3 % tenía enfermedad moderada, el 6,5% tenían enfermedad grave y el 0,9% tenían enfermedad muy grave (Fang et al., 2018). Los datos de este estudio coinciden con los de nuestra investigación.

**Tabla 10.**

*Nivel de gravedad de los patrones espirométricos de los sujetos de estudio, sexo masculino.*

<b>Sexo masculino</b>				
<b>Patrón espirométrico</b>	<b>Obstrutivo</b>		<b>Total</b>	
	<b>F</b>	<b>%</b>	<b>F</b>	<b>%</b>
<b>Nivel de Gravedad</b>				
Leve	3	60%	3	60%
Moderado	1	20%	1	20%
Grave	1	20%	1	20%
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>100%</b>	<b>5</b>	<b>100%</b>

El nivel de gravedad de los patrones espirométricos de los sujetos de estudio de sexo masculino indica que, del total de 5 varones afectados con patrón espirométrico obstructivo, el nivel de gravedad que predomina es el leve con el 60%, seguido por el moderado y grave con el 20% respectivamente.

Vaz Fragoso et al, en su estudio “Fenotipo de deterioro espirométrico en una población que envejece” del 2015, en el cual se evalúa la espirometría de 10.131 pacientes en un rango de edad, de entre 45–81 años, menciona que, la Global Lung Initiative (GLI) determino EPOC leve en 669 personas (6,6%), EPOC moderada en 865 personas (8,5%), EPOC grave en 2.522 personas (24,9%) y patrón restrictivo en 975 personas (9,6%) (Vaz Fragoso et al., 2016). Estos datos difieren con los de nuestra investigación.

### ***Respuestas a las Preguntas de Investigación***

#### **¿Cuáles son las características de los sujetos de estudio según edad, sexo, IMC y años de exposición al humo de biomasa?**

De acuerdo con el estudio hecho, la caracterización de los sujetos de estudio según su edad indica que, la media de edad corresponde a 73 años, la edad mínima es de 65 años y la edad máxima es de 86 años. Asimismo, respecto al sexo, existe un mayor predominio del sexo femenino con un 73,3%, frente al 26,7 % del sexo masculino. Por otro lado, en cuanto al índice de masa corporal, el 66,7 % se encuentra dentro de los rangos de un peso normal, el 16,7% están dentro de los rangos de bajo peso y finalmente las personas que presentan sobrepeso con un 16,7%. Por último, con relación al tiempo de exposición al humo de biomasa, existe un mayor predominio del grupo de personas que han estado expuestas de entre 60 a 70 años con un 40 %, luego está el grupo de entre 70 a 80 años con el 26,7%; a continuación, el grupo de personas de 50 a 60 años con el 13,3%; seguido por el grupo de individuos de 30 a 40 años con el 10 %, el grupo de entre 40 a 50 años con el 6,7% y finalmente en minoría, el grupo de personas de 80 a 90 años con el 3,3 %.

#### **¿Cuál es el nivel de capacidad aeróbica de los sujetos de estudio, según sexo?**

El nivel de capacidad aeróbica de los sujetos de estudio revela que en el sexo masculino la capacidad aeróbica en zona de riesgo y normal están equiparadas con el 13,3% respectivamente. Por otro lado, la capacidad aeróbica que predomina en el sexo femenino es la que está en zona de riesgo con el 56,7%, seguida de la normal con el 16,7%. Independientemente del sexo, la capacidad aeróbica en zona de riesgo predomina en los sujetos de estudio con un 70% frente al 30% de la capacidad aeróbica normal.

**¿Cuál es la capacidad pulmonar de los sujetos de estudio y su nivel de gravedad, según sexo?**

La capacidad pulmonar de los sujetos de estudio, indica que en el sexo masculino existe un mayor predominio de las personas que presentan un patrón espirométrico obstructivo con un 16,7%. Asimismo, en el sexo femenino el patrón espirométrico que predomina también es el obstructivo con el 60%. Independientemente del sexo el patrón espirométrico que estuvo presente en la mayoría de los sujetos de estudio es el obstructivo con el 76,7%; seguido del patrón espirométrico normal con el 13,3%, a continuación, están los individuos que presentan un patrón espirométrico mixto con el 6,7% siendo en su totalidad mujeres y por último un único sujeto perteneciente al sexo masculino con un patrón espirométrico restrictivo con el 3,3%.

El nivel de gravedad de los patrones espirométricos de los sujetos de estudio de sexo femenino indica que, del total de 18 mujeres afectadas con patrón espirométrico obstructivo, el nivel de gravedad que predomina es el leve con el 38,9%, seguido por el moderado y grave con el 27,8% respectivamente y por último el muy grave con el 5,6%. Por otro lado, el nivel de gravedad de los patrones espirométricos de los sujetos de estudio de sexo masculino indica que, del total de 5 varones afectados con patrón espirométrico obstructivo, el nivel de gravedad que predomina es el leve con el 60%, seguido por el moderado y grave con el 20% respectivamente.

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### *Conclusiones*

- La caracterización de los sujetos de estudio mostró que, la media de edad es de 73 años, con predominio del sexo femenino, en cuanto al índice de masa corporal la mayoría de las personas se encuentra dentro de un peso normal, finalmente el tiempo de exposición al humo de biomasa, en su mayoría está entre los 60 a 70 años.
- El sexo femenino reflejó en su mayoría capacidad aeróbica en zona de riesgo, mientras que el sexo masculino presentó tanto un nivel en zona de riesgo, como normal respectivamente.
- La capacidad pulmonar de los sujetos de estudio mostró que, tanto en el sexo femenino como en el masculino existe un mayor número de personas con patrón espirométrico obstructivo, siendo el nivel de gravedad leve el de mayor predominio.

### ***Recomendaciones***

- Difundir toda la información recolectada a las autoridades de la comunidad, a su propia población y también a poblaciones rurales cercanas, con el objetivo de que se puedan desarrollar planes estratégicos enfocados en la prevención y disminución del uso de biomasa como combustible, para mejoría de la salud y calidad de vida de las personas.
- Concientizar y educar a la población rural acerca del gran impacto que provoca la deforestación y combustión de biomasa en los ecosistemas.
- Idear y ejecutar una campaña con organizaciones gubernamentales en la cual se le proporcione cocinas o cocinetas a gas a las personas de escasos recursos de la comunidad de Iltaquí para disminuir el consumo de biomasa como principal combustible.
- Desarrollar un proyecto integral de salud en el cual se pueda brindar atención médica y fisioterapéutica domiciliaria a las personas en la comunidad de Iltaquí que estén afectadas por la exposición al humo de biomasa, con el fin de tratar las diferentes afecciones pulmonares que presentan y así mejorar su capacidad aeróbica y pulmonar.

## Bibliografía

- Aguilar Bolivar, A., Florez Villamizar, J. A., & Saavedra Castelblanco, Y. (2020). Capacidad aeróbica: Actividad física musicalizada, adulto mayor, promoción de la salud (Aerobic capacity: Musicalized physical activity, older adult, health promotion). *Retos*, 39. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.67622>
- Constitución de la República del Ecuador, (2008). <https://www.cosede.gob.ec/wp-content/uploads/2019/08/CONSTITUCION-DE-LA-REPUBLICA-DEL-ECUADOR.pdf>
- Badway, M. Sh., Hamed, A. F., & Yousef, F. M. A. (2016). Prevalence of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in Qena Governorate. *Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis*, 65(1), 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.ejcdt.2015.10.001>
- Barrera, J., Ramírez, N., & García Jesús. (2018). Combustión de biomasa: conceptos, tecnologías y aplicaciones en la agroindustria de la palma de aceite. *Revista Palmas*, 39(4), 24–44. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/12709/12613>
- Bohannon, R. W., & Crouch, R. H. (2019). Two-Minute Step Test of Exercise Capacity: Systematic Review of Procedures, Performance, and Clinimetric Properties. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 42(2), 105–112. <https://doi.org/10.1519/JPT.000000000000164>
- Borja, V. M. (2018). *Aprovechamiento de la biomasa para uso energetico* (3rd ed.). Reverté.
- Caicedo, M., Vallejo, M. C., & Carrasco, F. (2019). La pobreza como determinante del consumo doméstico de leña y su efecto en los bosques del Ecuador. *Bosque (Valdivia)*, 40(2), 205–216. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002019000200205>

- Capistrano, S., van Reyk, D., Chen, H., & Oliver, B. (2017). Evidence of Biomass Smoke Exposure as a Causative Factor for the Development of COPD. *Toxics*, 5(4), 36. <https://doi.org/10.3390/toxics5040036>
- Cavalheri, V., Straker, L., Gucciardi, D. F., Gardiner, P. A., & Hill, K. (2016). Changing physical activity and sedentary behaviour in people with COPD. *Respirology*, 21(3), 419–426. <https://doi.org/10.1111/resp.12680>
- Chicharro, J., & Fernández, A. (2006). *Fisiología del Ejercicio* (3rd ed.). Panamericana.
- Chiza, M. (2011). *Estudio De Factibilidad Para La Implementación Del Turismo Comunitario En La Comunidad De Culquiloma, Cantón Cotacachi, Provincia De Imbabura*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Ley Orgánica de Salud, (2006). <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEY-ORG%C3%81NICA-DE-SALUD4.pdf>
- Plan Nacional De Desarrollo 2021, 2025, (2021). [www.planificacion.gob.ec](http://www.planificacion.gob.ec)
- de Betolaza Sofía, Spiess Cecilia, Amaro Maximiliano, Revello Analet, Rodríguez Pablo, & Giuliana Sierra. (2022). Impacto socioeconómico de pacientes asistidos en la policlínica de EPOC del Hospital Pasteur en 2018. *Revista Uruguaya de Medicina Interna*, 07(01). <https://doi.org/10.26445/07.01.1>
- Delgado, B. J., & Bajaj, T. (2019). *Physiology, Lung Capacity*.
- Diccionario de la lengua española. (2014a). *Edad*. Real Academia Española. <https://dle.rae.es/edad>
- Diccionario de la lengua española. (2014b). *Género*. Real Academia Española.

Dirección de Desarrollo Económico y Producción. (2019). *Plan De Desarrollo Turístico Cantonal De Cotacachi*.

Fang, L., Gao, P., Bao, H., Tang, X., Wang, B., Feng, Y., Cong, S., Juan, J., Fan, J., Lu, K., Wang, N., Hu, Y., & Wang, L. (2018). Chronic obstructive pulmonary disease in China: a nationwide prevalence study. *The Lancet Respiratory Medicine*, 6(6), 421–430. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(18\)30103-6](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(18)30103-6)

Fox, S. I. (2014). *Fisiología humana*. McGraw-Hill Interamericana.

Garita, N., Montez, J., Salazar, E., & Peralta, M. (2018). Tamizaje de indicadores de deterioro cognitivo y físico en adultos mayores costarricenses. *Simposio Internacional En Ciencias Del Deporte, El Ejercicio Y La Salud*, 30–37. [https://www.researchgate.net/profile/daniel-rojas-valverde/publication/325405490\\_osteopatia\\_como\\_medio\\_para\\_mejorar\\_la\\_aptitud\\_fisica\\_y\\_reducir\\_desbalances\\_funcionales\\_espinales\\_en\\_golfistas/links/5b0c7918a6fdcc8c2536516b/osteopatia-como-medio-para-mejorar-la-aptitud-fisica-y-reducir-desbalances-funcionales-espinales-en-golfistas.pdf#page=23](https://www.researchgate.net/profile/daniel-rojas-valverde/publication/325405490_osteopatia_como_medio_para_mejorar_la_aptitud_fisica_y_reducir_desbalances_funcionales_espinales_en_golfistas/links/5b0c7918a6fdcc8c2536516b/osteopatia-como-medio-para-mejorar-la-aptitud-fisica-y-reducir-desbalances-funcionales-espinales-en-golfistas.pdf#page=23)

Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. (2022). *Guía De Bolsillo Para El Diagnóstico, Manejo Y Prevención De La Epoc*. [www.goldcopd.org](http://www.goldcopd.org)

González Pérez Yarza. (2007). *La Función en el Niño Principios y Aplicaciones* (1st ed.). Ergon.

González Valero, G., Ortega, Z., San, S., Mata, R., José, A., Cortés, P., Molero, P. P., & Cuberos, R. C. (2018). *Análisis de la capacidad aeróbica como cualidad esencial de la condición física de los estudiantes: Una revisión sistemática*. [www.retos.org](http://www.retos.org)

Gutiérrez C., M., Beroiza W., T., Borzone T., G., Caviedes S., I., Céspedes G., J., Gutiérrez N., M., Oyarzún G., M., Palacios M., S., Cartagena S., C., Corrales V., R., Álvarez G., C., & Schonffeldt G., P. (2018). Espirometría: Manual de procedimientos. SERChile. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 34(3), 171–188. <https://doi.org/10.4067/s0717-73482018000300171>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. (2016). *Visualizador de camas y egresos hospitalarios*. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrijoimqzytliyjkntexys00yjrlltk2odmtzjlimdfjnthizwv miiwidci6imyxnthhmmu4lwnhzwmtndqwni1imgfilwy1zti1owjkytexmij9>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). *Información Censal*.

Jones, C. J., & Rikli, R. E. (2002). Measuring functional fitness of older adults. In *The Journal on Active Aging*.

López-Campos, J. L., Fernández-Villar, A., Calero-Acuña, C., Represas-Represas, C., López-Ramírez, C., Fernández, V. L., & Casamor, R. (2017). Exposición laboral y a biomasa en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica: resultados de un análisis transversal del estudio On-Sint. *Archivos de Bronconeumología*, 53(1), 7–12. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2016.04.013>

Lugmaña Gabriela, & Yunga Julio. (2013). *Anuario de Estadísticas Hospitalarias Camas y Egresos 2013*.

Martínez, M. L., Rojas Granados, A., Isidro, R., Pacheco, L., Enrique, J., Alvarado, M., Reyes, L. U., & Castellanos, M. Á. (2020). *Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) Bases para el médico general*. <https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2019.63.3.06>

Mora, R., García Pallarés, J., & Ortega Fonseca, J. F. (2020). *Fisiología del Deporte y el Ejercicio* (2nd ed.). Panamericana.

Organización Mundial de la Salud. (2014). *Directrices de la OMS sobre la calidad del aire de interiores: quema de combustibles en los hogares* (1st ed.).

Organización Mundial de la Salud. (2023). *Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)*.  
[https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd))

Parreño, Á. (2016). *Metodología de investigación en salud* (1st ed.). ESPOCH.

Pérez, J. (1988). *NTP 217: Validación de un espirómetro*.  
[https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp\\_217.pdf/29cf532e-6494-4771-b69e-d9e78338abb3?version=1.0&t=1614698421237](https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_217.pdf/29cf532e-6494-4771-b69e-d9e78338abb3?version=1.0&t=1614698421237)

Pincay Cañarte, M. (2020). Medidas generales de prevención de enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Revista Científica Higía de La Salud*, 1(1). <https://doi.org/10.37117/higia.v1i1.508>

Polanía-Robayo, A. Y., Rojas-Laverde, M. del P., Roa Cubaque, M. A., Corredor-Gamba, S. P., & Pirachicán-Soto, L. C. (2022). Caracterización de los pacientes con EPOC clínico en algunos municipios del departamento de Boyacá, Colombia. *Salud UIS*, 54(1).  
<https://doi.org/10.18273/saluduis.54.e:22040>

Prieto Castellanos, B. J. (2018). El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales. *Cuadernos de Contabilidad*, 18(46). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cc18-46.umdi>

- Quadrelli, S., Bosio, M., Salvado, A., & Chertcoff, J. (2007). Valor De La Espirometría Para El Diagnostico De Restricción Pulmonar. *Medicina*, 67, 685–690.
- Raju, S., Keet, C. A., Paulin, L. M., Matsui, E. C., Peng, R. D., Hansel, N. N., & McCormack, M. C. (2019). Rural Residence and Poverty Are Independent Risk Factors for Chronic Obstructive Pulmonary Disease in the United States. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 199(8), 961–969. <https://doi.org/10.1164/rccm.201807-1374OC>
- Vinaccia, Stefano y Quiceno, Japcy M. (2011). Calidad de vida relacionada con la salud y factores psicológicos: un estudio desde la enfermedad pulmonar obstructiva crónica - EPOC. *Terapia psicológica*, 29 (1), 65-75. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-48082011000100007>
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999). Development and Validation of a Functional Fitness Test for Community-Residing Older Adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 7(2), 129–161. <https://doi.org/10.1123/japa.7.2.129>
- Rivero-Yeverino, D. (2019). Espirometría: conceptos básicos. *Revista Alergia México*, 66(1), 76–84. <https://doi.org/10.29262/ram.v66i1.536>
- Rodríguez Valdés, S., Riveros, D., Sánchez, E., Muñoz, R., Conei, D., del Sol, M., & Cabello, M. (2019). Uso del Índice de Masa Corporal y Porcentaje de Grasa Corporal en el Análisis de la Función Pulmonar. *Int. J. Morphol*, 37(2), 592–599. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v37n2/0717-9502-ijmorphol-37-02-00592.pdf>
- Romero Viamonte, K., Sánchez Martínez, B., Vega Falcón, V., & Salvent Tames, A. (2020). Estado nutricional en adultos de población rural en un cantón de la sierra ecuatoriana. *Revista Ciencias de La Salud*, 18(1), 52. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.8748>

- Rus Marisé Mercado. (2003). *Manual de fisioterapia respiratoria* (2nd ed.). Ergón.
- Sada-Ovalle, I., Ocaña-Guzmán, R., & Torre-Bouscoulet, L. (2015). Humo de biomasa, inmunidad innata y Mycobacterium tuberculosis. *Revisión Neumol Cir Torax*, 74(2), 118–126. [www.medigraphic.org.mx](http://www.medigraphic.org.mx)
- Saladin, K. S., & Pineda Rojas, E. (2013). *Anatomía y fisiología la unidad entre forma y función*. McGraw-Hill Education.
- Sampieri, R., Collado, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.). McGRAW-HILL.
- Sana, A., Somda, S. M. A., Meda, N., & Bouland, C. (2018). Chronic obstructive pulmonary disease associated with biomass fuel use in women: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Respiratory Research*, 5(1), e000246. <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2017-000246>
- Silva, R., Oyarzún, M., & Olloquequi, J. (2015). Mecanismos patogénicos en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica causada por exposición al humo de biomasa. *Archivos de Bronconeumología*, 51(6), 285–292. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2014.10.005>
- Vaz Fragoso, C. A., McAvay, G., van Ness, P. H., Casaburi, R., Jensen, R. L., MacIntyre, N., Yaggi, H. K., Gill, T. M., & Concato, J. (2016). Phenotype of Spirometric Impairment in an Aging Population. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 193(7), 727–735. <https://doi.org/10.1164/rccm.201508-1603OC>

- Velásquez, J. C. (2015). ¿Puede la frecuencia cardíaca ser un estimador del consumo de oxígeno para segmentos corporales? *Revista de La Universidad Industrial de Santander*, 47(2), 159–168. <https://www.redalyc.org/pdf/3438/343839278007.pdf>
- Vishweswaraiiah, S., Thimraj, T. A., George, L., Krishnarao, C. S., Lokesh, K. S., Siddaiah, J. B., Larsson, K., Upadhyay, S., Palmberg, L., Anand, M. P., & Ganguly, K. (2018). Putative Systemic Biomarkers of Biomass Smoke-Induced Chronic Obstructive Pulmonary Disease among Women in a Rural South Indian Population. *Disease Markers*, 2018, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2018/4949175>
- Yamasawa, W., Tasaka, S., Betsuyaku, T., & Yamaguchi, K. (2015). Correlation of a Decline in Aerobic Capacity with Development of Emphysema in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Prospective Observational Study. *PLOS ONE*, 10(4), e0125053. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125053>

## Anexos

### Anexo 1. Aprobación de Anteproyecto

 REPÚBLICA DEL ECUADOR	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE</b> Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020 <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD</b> Ibarra-Ecuador	 UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE Ibarra - Ecuador
<b>Resolución Nro. 0063-HCD-FCCSS-2023</b>		
<p>El Honorable Consejo Directivo la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Técnica del Norte, en sesión ordinaria realizada el 09 de marzo de 2023, considerando;</p>		
<p>Que el Art. 226 de la Constitución de la República del Ecuador establece: "Las instituciones del Estado, sus organismos, dependencias, las servidoras o servidores públicos y las personas que actúen en virtud de una potestad estatal ejercerán solamente las competencias y facultades que les sean atribuidas en la Constitución y la ley. Tendrán el deber de coordinar acciones para el cumplimiento de sus fines y hacer efectivo el goce y ejercicio de los derechos reconocidos en la Constitución".</p>		
<p>Que el Art. 350 de la Constitución indica: "El sistema de educación superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y difusión de los saberes y las culturas; la construcción de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos del régimen de desarrollo".</p>		
<p>Que el Art. 355 de la Carta Magna, señala: "El Estado reconocerá a las universidades y escuelas politécnicas autonomía académica, administrativa, financiera y orgánica, acorde con los objetivos del régimen de desarrollo y los principios establecidos en la Constitución (...)".</p>		
<p>Que, el Art. 17 de la LOES, señala: "El Estado reconoce a las universidades y escuelas politécnicas autonomía académica, administrativa financiera y orgánica, acorde a los principios establecidos en la Constitución de la Republica (...)".</p>		
<p>Que, esta unidad académica conoce el Memorando nro. UTN-FCS-D-2023-0211-M, suscrito por el Mg. Widmark Báez MD, Decano de la Facultad Ciencias de la Salud, dirigido a los Miembros del Honorable Consejo Directivo FCS, señala: "<b>ASUNTO:</b> Cambio de tema de trabajo de titulación Sr. Flores Erik. Para que se apruebe en el H. Consejo Directivo de la Facultad, adjunto Memorando nro. UTN-FCS-CFT-2023-0002-M, sugiere aceptar el cambio de tema de tesis de autoría del señor <b>FLORES HERNANDEZ ERIK PAUL.</b></p>		
<b>Tema propuesto</b>	<b>Autor</b>	<b>Director de tesis</b>
"Abordaje fisioterapéutico según la guía APTA 3.0 en paciente con lesión medular incompleta a nivel de T10. Parroquia Natabuela, Provincia de Imbabura"	Flores Hernández Erik Paúl	MSc. Jorge Zambrano
<p>Que, esta unidad académica conoce el Memorando nro. UTN-FCS-D-2023-0221-M, suscrito por el Mg. Widmark Báez MD, Decano de la Facultad Ciencias de la Salud, dirigido a los Miembros del Honorable Consejo Directivo FCS, señala: "<b>ASUNTO:</b> Cambio de tema de trabajo de titulación Sr. Díaz Juan. Para que se apruebe en el H. Consejo Directivo de la Facultad, adjunto Memorando nro. UTN-FCS-CFT-2023-0002-M, sugiere aceptar el cambio de tema de tesis de autoría del señor <b>DÍAZ ERAZO JUAN FRANCISCO.</b></p>		
<b>Tema propuesto</b>	<b>Autor</b>	<b>Director de tesis</b>
"Capacidad aeróbica y pulmonar en personas expuestas al humo de biomasa en la comunidad Iltaqi Cotacachi 2022-2023"	Díaz Erazo Juan Francisco	MSc. Cristian Torres



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**



Ibarra-Ecuador

Con estas consideraciones, el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Salud, en uso de las atribuciones conferidas por el Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica del Norte, Art. 44 literal n) referente a las funciones y atribuciones del Honorable Consejo Directivo de la Unidad Académica "Resolver todo lo ateniende a matriculas, exámenes, calificaciones, grados, títulos"; Art. 66 literal k) Los demás que le confiera el presente Estatuto y reglamentación respectiva. **RESUELVE:**

1. Aprobar el cambio de tema del anteproyecto de la estudiante de la Carrera de Fisioterapia, de la Facultad de Ciencias de la Salud, señor Flores Hernández Erik Paúl, de acuerdo al siguiente detalle:

Tema anterior: ABORDAJE FISIOTERAPÉUTICO SEGÚN LA GUÍA APTA 3.0 EN PACIENTE CON LESIÓN MEDULAR INCOMPLETA A NIVEL DE T8. PARROQUIA NATABUELA, PROVINCIA DE IMBABURA periodo 2022-2023.

**Tema actual:** "ABORDAJE FISIOTERAPÉUTICO SEGÚN LA GUÍA APTA 3.0 EN PACIENTE CON LESIÓN MEDULAR INCOMPLETA A NIVEL DE T10. PARROQUIA NATABUELA, PROVINCIA DE IMBABURA"

2. Aprobar el cambio de tema del anteproyecto de la estudiante de la Carrera de Fisioterapia, de la Facultad de Ciencias de la Salud, señor Díaz Erazo Juan Francisco, de acuerdo al siguiente detalle:

Tema anterior: CAPACIDAD AERÓBICA Y PULMONAR EN PERSONAS EXPUESTAS A HUMO DE BIOMASA EN LA COMUNIDAD ITALQUI, COTACACHI 2022-2023.

**Tema actual:** "CAPACIDAD AERÓBICA Y PULMONAR EN PERSONAS EXPUESTAS AL HUMO DE BIOMASA EN LA COMUNIDAD ILTAQUI COTACACHI 2022-2023".

3. Notificar a la Coordinación de la Carrera de Fisioterapia a los docentes tutores/directores del trabajo de grado y estudiante, para los fines pertinentes. **NOTIFIQUESE Y CUMPLASE.** -

En unidad de acto suscriben la presente Resolución el Mg. Widmark Báez Morales MD., en calidad de Decano y Presidente del Honorable Consejo Directivo FCCSS; y, la Abogada Paola Alarcón A., Secretaria Jurídica (E) que certifica.

Atentamente,

**CIENCIA Y TÉCNICA AL SERVICIO DEL PUEBLO**

Mg. Widmark Báez Morales MD.  
**DECANO FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD**  
**PRESIDENTE HCD FCCSS**  
**UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE**



Abg. Paola E. Alarcón Alarcón MSc.  
**Secretaría Jurídica FCCSS (E)**

**Anexo 2.** Permiso por Parte de la Comuna Iltaquí para Realizar el Estudio.



**COMUNA ILTAQUI ACUERDO MINISTERIAL N3489 DEL 26 DE MAYO DE 1951  
COTACACHI – IMBABURA – ECUADOR**

Iltaquí, 17 de enero del 2023

Sr. Juan Francisco Díaz Erazo

**Estudiante de la carrera de Fisioterapia – Universidad Técnica del Norte**

Presente. -

De mi consideración:

La comuna de Iltaquí expresa a usted un atento y cordial saludo; a la vez le deseamos éxitos en cada una de sus labores.

Por medio de la presenta quiero dar respuesta a su oficio donde solicita la autorización para la evaluación de la capacidad aeróbica y pulmonar en personas expuestas a humo de biomasa, en la comunidad Iltaquí en el presente año. Así pues, se otorga el permiso y se autoriza que realice su proyecto de investigación en dicha comunidad.

Por la atención que se digne en dar al presente, le anticipo mi agradecimiento.

Atentamente,

Juan José Cuchiguango / 0967024452

**Presidente de la comuna Iltaquí**

### Anexo 3. Consentimiento Informado



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13  
 Ibarra – Ecuador  
 CARRERA DE FISIOTERAPIA

#### CONSENTIMIENTO INFORMADO

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

**CAPACIDAD AERÓBICA Y PULMONAR EN PERSONAS EXPUESTAS A HUMO DE BIOMASA, COMUNIDAD ILTAQUÍ, CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA 2022-2023.**

**DETALLE DE PROCEDIMIENTOS:**

El estudiante de la carrera de Fisioterapia de la Universidad Técnica del Norte realizará evaluaciones mediante el uso de una encuesta, una prueba de espirometría y un test funcional, con el fin de conocer sus datos de caracterización, capacidad pulmonar y aeróbica respectivamente.

**PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO:** La participación en este estudio es de carácter voluntario y el otorgamiento del consentimiento no tiene ningún tipo de repercusión legal, ni obligatoria a futuro, sin embargo, su participación es clave durante todo el proceso investigativo.

**CONFIDENCIALIDAD:** Es posible que los datos recopilados en el presente proyecto de investigación sean utilizados en estudios posteriores que se benefician del registro de los datos obtenidos. Si así fuera, se mantendrá su identidad personal estrictamente secreta. Se registrarán evidencias digitales como fotografías acerca de la recolección de información, en ningún caso se podrá observar su rostro.

**BENEFICIOS DEL ESTUDIO:** Como participante de la investigación, usted contribuirá con la formación académica de los estudiantes y a la generación de conocimientos acerca del tema, que servirán en futuras investigaciones como referencia de la capacidad pulmonar y aeróbica de las personas expuestas al humo de biomasa de la comunidad Iltquí en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura.

**MISIÓN INSTITUCIONAL**

*"Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales comprometidos con el cambio social y con la preservación del medio ambiente".*



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13**  
**Ibarra – Ecuador**  
**CARRERA DE FISIOTERAPIA**

**RESPONSABLE DE ESTA INVESTIGACIÓN:** Puede preguntar todo lo que considere oportuno al director del Macroproyecto, Lic. Cristian Torres A MSc. (+593) 0960747156. cstorresa@utn.edu.ec

**DECLARACIÓN DEL PARTICIPANTE**

El Sr/a....., he sido informado/a de las finalidades y las implicaciones de las actividades y he podido hacer las preguntas que he considerado oportunas.

En prueba de conformidad firmo este documento.

Firma: ....., el 18 de 11 del 2023.

**MISIÓN INSTITUCIONAL**

*"Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país.  
 Formar profesionales comprometidos con el cambio social y con la preservación del medio ambiente".*

## Anexo 1. Ficha de Datos Generales



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001 - 073 - CEAACES - 2013 - 13

Ibarra - Ecuador

CARRERA DE FISIOTERAPIA

## FICHA DE DATOS GENERALES

Encuesta dirigida a habitantes de la comunidad Iltaqú, Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura para determinar las características de los sujetos de estudio.

## Instrucciones:

Estimado Sr/a responda las preguntas detenidamente y con toda confianza o en su defecto coloque la información verídica de acuerdo a lo solicitado donde corresponda. Su participación en la realización de este cuestionario es de suma importancia para el estudio, por lo que sus respuestas se manejarán bajo una completa y estricta confidencialidad. Por todo eso le pedimos su colaboración y le damos gracias por adelantado.

## Datos generales

Fecha: Día 17 / Mes 01 / Año 20 23

Paciente: \_\_\_\_\_

Edad: 70

Sexo: Masculino  Femenino  Otros

¿Está expuesto a inhalación de humo de leña?: Si  No

De haber contestado sí en la pregunta anterior:

¿Cuántos años lleva expuesto al humo de leña? .....60.....

Alguna vez ha presentado hábitos de tabaquismo: Si  No

De haber contestado sí en la pregunta anterior:

## MISIÓN INSTITUCIONAL

"Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país.  
Formar profesionales comprometidos con el cambio social y con la preservación del medio ambiente".

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001 - 073 - CEAACES - 2013 - 13

Ibarra - Ecuador

**CARRERA DE FISIOTERAPIA**

¿Cuántos años mantiene el consumo de tabaco? .....

Fuma actualmente cigarrillo: Si  No 

Indique: ¿Sí es el caso, qué tipo de fumador es usted?

Activo:  Pasivo:  Ninguna: 

Peso (Kg): .....54..... Talla (m): .....1,63.....

IMC (Kg<sup>m</sup><sup>2</sup>): .....20,32.....**MISIÓN INSTITUCIONAL**

*"Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país.  
Formar profesionales comprometidos con el cambio social y con la preservación del medio ambiente".*

## Anexo 5. Certificado CAI - Abstract



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**EMPRESA PÚBLICA "LA UEMEPRENDE E.P."**



### Abstract

Author: Juan Francisco Díaz Erazo  
 Mail: [jfdiaze@utn.edu.ec](mailto:jfdiaze@utn.edu.ec)

Aerobic capacity is the highest oxygen consumption during physical effort and lung capacity is the maximum volume of air that the lungs can hold and that can be affected when exposed to biomass smoke. The objective of this study was to evaluate aerobic and lung capacity in people exposed to biomass smoke, in Iltaquí Community, Cotacachi Canton, 2022-2023. The research design was experimental, cross-sectional, quantitative, descriptive and field. The data was collected through a general data sheet, the spirometer and the two-minute stationary walk test. Thirty 65-year-old people. were part of the sample. The results showed that the age mean is 73 years old, with a predominance of females, with a normal BMI in most individuals, and with a time of exposure to biomass smoke of between sixty and seventy years. On the other hand, most of the females have an aerobic capacity in the risk zone, while for the male, the aerobic capacity is in the risk zone and they are normally equipped. Regarding lung capacity, both males and females mostly presented an obstructive spirometric pattern, with a predominance of mild severity level.

**Keywords:** aerobic capacity, lung capacity, smoke, biomass, spirometry.

LUIS ALFONSO PASPUEZAN SOTO  
 Firmado digitalmente por LUIS ALFONSO PASPUEZAN SOTO  
 Fecha: 2023.05.09 09:09:06 -05'00'

Reviewed by:

## Anexo 6. Turnitin

 <span style="float: right;"><b>Identificación de reporte de similitud. oid:21463:217562628</b></span>	
NOMBRE DEL TRABAJO	AUTOR
<b>TESIS JUAN DIAZ.docx</b>	<b>Juan Francisco Díaz</b>
RECuento DE PALABRAS	RECuento DE CARACTERES
<b>16654 Words</b>	<b>89707 Characters</b>
RECuento DE PÁGINAS	TAMAÑO DEL ARCHIVO
<b>93 Pages</b>	<b>9.4MB</b>
FECHA DE ENTREGA	FECHA DEL INFORME
<b>Mar 24, 2023 11:17 AM GMT-5</b>	<b>Mar 24, 2023 11:18 AM GMT-5</b>

● **10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

## Anexo 7. Evidencia Fotográfica

*Fotografía 1: firma del consentimiento informado.*



*Fotografía 2: aplicación de espirometría a paciente femenina*



*Fotografía 3: aplicación de espirometría a paciente masculino*



*Fotografía 4: aplicación del test de caminata estacionaria de 2 minutos - pte. femenino*



*Fotografía 5: aplicación del test de caminata estacionaria de 2 minutos – pte. masculino*

