



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL**  
DELEGACIÓN NORTE, CIUDAD DE MÉXICO  
UMAE UNIDAD DE CONSULTA EXTERNA "DR. GAUDENCIO GONZÁLEZ GARZA".

**T E S I S**

**VALORACIÓN DEL ESTADO FUNCIONAL RESPIRATORIO EN  
BOMBEROS VOLUNTARIOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

PARA OPTAR EL GRADO DE  
**ESPECIALISTA EN NEUMOLOGÍA**

PRESENTA:  
**DR. ABRAHAM ENRIQUE PUENTE PÉREZ**  
**MÉDICO CIRUJANO**

ASESORES:  
**DR. GABRIEL SEVERINO ESCOBEDO ARENAS**  
**DRA. ZAIRA ROMERO LÓPEZ**

**NO. REGISTRO CLEIS: R-2020-3502-022**

**Ciudad de México, 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AUTORIZACIONES**

### **DRA. MARÍA TERESA RAMOS CERVANTES**

Jefe de la División de Educación e Investigación En Salud  
UMAE HOSPITAL GENERAL "DR. GAUDENCIO GONZÁLEZ GARZA"  
CENTRO MEDICO NACIONAL LA RAZA

---

### **DRA. MARÍA DOLORES OCHOA VÁZQUEZ**

Jefa del departamento de Neumología  
Profesor titular del curso de Neumología UNAM  
UMAE HOSPITAL GENERAL "DR. GAUDENCIO GONZÁLEZ GARZA"  
CENTRO MEDICO NACIONAL LA RAZA

---

### **DR. GABRIEL SEVERINO ESCOBEDO ARENAS**

Médico adscrito al departamento de Neumología  
Profesor adjunto del curso de Neumología UNAM  
UMAE HOSPITAL GENERAL "DR. GAUDENCIO GONZÁLEZ GARZA"  
CENTRO MEDICO NACIONAL LA RAZA

---

### **DR. ABRAHAM ENRIQUE PUENTE PÉREZ**

Médico Residente de 4º año de Neumología  
UMAE HOSPITAL GENERAL "DR. GAUDENCIO GONZÁLEZ GARZA"  
CENTRO MEDICO NACIONAL LA RAZA

---



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



**Dictamen de Aprobado**

Comité Local de Investigación en Salud **3502**.  
HOSPITAL GENERAL Dr. GAUDENCIO GONZALEZ GARZA, CENTRO MEDICO NACIONAL LA RAZA

Registro COFEPRIS **18 CI 09 002 001**  
Registro CONBIOÉTICA **CONBIOETICA 09 CEI 027 2017101**

FECHA **Martes, 03 de marzo de 2020**

**M.E. GABRIEL SEVERINO ESCOBEDO ARENAS**

**PRESENTE**

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título **VALORACIÓN DEL ESTADO FUNCIONAL RESPIRATORIO EN BOMBEROS VOLUNTARIOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO** que sometió a consideración para evaluación de este Comité, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **APROBADO**:

Número de Registro Institucional

R-2020-3502-022

De acuerdo a la normativa vigente, deberá presentar en junio de cada año un informe de seguimiento técnico acerca del desarrollo del protocolo a su cargo. Este dictamen tiene vigencia de un año, por lo que en caso de ser necesario, requerirá solicitar la reprobación del Comité de Ética en Investigación, al término de la vigencia del mismo.

ATENTAMENTE

**Dr. Guillermo Careaga Reyna**  
Presidente del Comité Local de Investigación en Salud No. 3502

[Imprimir](#)

**IMSS**

SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL

**VALORACIÓN DEL ESTADO FUNCIONAL RESPIRATORIO EN  
BOMBEROS VOLUNTARIOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

**INVESTIGADOR PRINCIPAL:**

Gabriel Severino Escobedo Arenas.  
Médico Adscrito con Especialidad en Neumología  
Hospital General “Dr. Gaudencio González Garza” del Centro Médico La Raza  
Matrícula: 6722652  
Dirección: Avenida Vallejo esquina Jacarandas, sin número, Colonia La  
Raza, Delegación Azcapotzalco, CP 02990, Ciudad de México.  
Correo electrónico: gabriel.escobedo@hotmai.com Teléfono: 55-54-54-70-05

**INVESTIGADORES ASOCIADOS:**

Dra. Zaira Romero López  
Médico Neumólogo adscrito a la clínica de trastornos respiratorios del dormir  
del Departamento de Neumología en el Hospital General “Dr. Gaudencio  
González Garza” del Centro Médico Nacional La Raza.  
Matrícula: 99323683  
Dirección: Avenida Vallejo esquina Jacarandas, sin número, Colonia La  
Raza, Delegación Azcapotzalco, CP 02990, Ciudad de México.  
Correo electrónico: zaira\_doctora@yahoo.com.mx Teléfono: 57-24-59-00  
ext. 23436.

Dr. Abraham Enrique Puente Pérez  
Residente de cuarto año de la Especialidad de Neumología Hospital  
General “Dr. Gaudencio González Garza” del Centro Médico La Raza  
Matrícula: 97360041  
Dirección: Avenida Vallejo esquina Jacarandas, sin número, Colonia La  
Raza, Delegación Azcapotzalco, CP 02990, Ciudad de México.  
Correo electrónico: abran\_puente@hotmail.com Teléfono: 87-11-34-60-89

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA**

A todas las personas que han hecho posible este logro, al Instituto que brindo las facilidades y la oportunidad de realizar este proyecto que sin su apoyo no sería posible. He logrado concluir exitosamente este trabajo que en principio podría parecer tarea titánica. Con inmensa gratitud dedico estas palabras a todas las personas que han participado en mi formación y han hecho posible la materialización de un sueño mas.

A mis padres por estar a mi lado en todo momento y por su apoyo incondicional, por haber sido el hombro que me consolaba cuando creía que la carga era demasiado pesada y por haberme dado la fortaleza para llevar a término la tarea emprendida. Por haberme motivado desde el inicio de este largo camino y haberme dado parte de los instrumentos necesarios para llevar a término este ciclo, por haber sido ejemplo de perseverancia.

A mi próxima esposa por estar siempre a mi lado y apoyarme en todo momento.

A mi hermano por estar conmigo y apoyarme a su manera.

A mis profesores por sus valiosas aportaciones y correcciones.

A mis asesores ya que sin su apoyo y sus aportaciones éste trabajo no hubiese sido posible.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>10</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>11</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>21</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>22</b>
<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>23</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>24</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
<b>DEFINICIÓN DE VARIABLES</b> .....	<b>31</b>
<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b> .....	<b>35</b>
<b>FACULTAD Y ASPECTOS ÉTICOS</b> .....	<b>36</b>
<b>CONFIDENCIALIDAD</b> .....	<b>37</b>
<b>RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES</b> .....	<b>38</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>39</b>
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>42</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>44</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>45</b>
<b>ASPECTOS DE BIOSEGURIDAD</b> .....	<b>48</b>
<b>CONSENTIMIENTO INFORMADO</b> .....	<b>49</b>
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b> .....	<b>51</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>52</b>

## RESUMEN

### VALORACIÓN DEL ESTADO FUNCIONAL RESPIRATORIO EN BOMBEROS VOLUNTARIOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

**INTRODUCCIÓN:** Las enfermedades respiratorias representan la tercera causa de mortalidad en nuestro país, superado sólo por enfermedades del corazón y cáncer. Las enfermedades respiratorias siguen siendo un problema de salud importante para los bomberos. Una emergencia de incendio no tiene controles de ingeniería ni normas de seguridad y salud en el trabajo para reducir el efecto de gases irritantes, asfixiantes o tóxicos, aerosoles, productos químicos o partículas. Los bomberos tienen poca idea sobre la identidad de muchos de los materiales a los que están expuestos o los peligros para la salud de tales exposiciones, ya sean químicos, biológicos o particulados. Algunos efectos sobre la salud son inmediatos, mientras que otros pueden tardar años e incluso décadas para desarrollarse. Los intentos de establecer asociaciones entre los bomberos y las enfermedades de las vías respiratorias han arrojado resultados contradictorios, reflejando los desafíos que se encuentran en el estudio de esta población. **OBJETIVO:** Valorar el estado funcional respiratorio por medio de espirometría en bomberos voluntarios de la Ciudad de México derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social. **MATERIAL Y MÉTODOS:** Estudio descriptivo. La población de estudio son bomberos voluntarios de la Ciudad de México, derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social, pertenecientes a la población del Servicio de Neumología del Hospital General “Dr. Gaudencio González Garza” del Centro Médico Nacional la Raza. En el periodo de estudio de Septiembre de 2019 a Enero de 2020. Se realizará una estadística descriptiva para conocer el estado funcional respiratorio en los bomberos. Además, se procesará la información con el uso de programa SPSS para la obtención de pruebas de correlación de Pearson y medidas de frecuencia. **RECURSOS E INFRAESTRUCTURA:** **Recursos Humanos Y Materiales:** Investigador principal y tutor: Dr. Gabriel Escobedo Arenas; Investigadores asociados: Dra. Zaira Romero López, Dr. Abraham Enrique Puente Pérez. **Recursos físicos:** El presente estudio se llevará a cabo en el servicio de Neumología del Hospital General “Dr. Gaudencio González Garza” del Centro Médico la Raza. **Recursos financieros:** Los gastos generados para la realización del protocolo correrán a cargo del hospital, ya que cuenta con los medios indispensables y necesarios para llevar a cabo el presente estudio. El equipo y los consumibles para la realización del protocolo pertenecen y serán costeados por el grupo de investigadores. **Recursos materiales:** Espirometría simple y test de broncodilatador. **EXPERIENCIA DEL GRUPO:** El grupo de investigadores cuenta con amplia experiencia en la rama de Neumología, así como también en la realización e interpretación de pruebas de función pulmonar. **RESULTADOS:** En solo en uno (4.16%) de los 24 pacientes se observó alteración en las pruebas funcionales respiratorias, con reporte de relación VEF1/CVF de 63.25% y VEF 25/75 de 65.34%, los cuales corresponden a los valores mínimos obtenidos durante el estudio, con lo cual se llega al diagnóstico de patrón espirométrico obstructivo con afección de la vía aérea pequeña. En el resto de los voluntarios los valores tanto de VEF1/CVF como de VEF 25/75 se encontraron dentro de la normalidad para su raza, peso, talla y edad. **CONCLUSIONES:** No encontramos relación entre las estimaciones de exposición y los parámetros de la función pulmonar basal (VEF1, CVF, VEF1/CVF y VEF 25/75). **PALABRAS CLAVE:** Bomberos, humo, espirometría



## ABSTRACT

### ASSESSMENT OF THE RESPIRATORY FUNCTIONAL STATE IN VOLUNTARY FIREFIGHTERS OF THE CITY OF MEXICO

**INTRODUCTION:** Respiratory diseases represent the third cause of death in our country, surpassed only by heart disease and cancer. Respiratory diseases remain a major health problem for firefighters. A fire emergency does not have engineering controls or occupational health and safety standards to reduce the effect of irritating, asphyxiating or toxic gases, aerosols, chemicals or particles. Firefighters have little idea about the identity of many of the materials to which they are exposed or the health hazards of such exposures, whether chemical, biological or particulate. Some health effects are immediate, while others may take years and even decades to develop. Attempts to establish partnerships between firefighters and respiratory diseases have yielded conflicting results, reflecting the challenges found in the study of this population. **OBJECTIVE:**

To assess the respiratory functional status by means of spirometry in volunteer firefighters of Mexico City entitled to the Mexican Social Security Institute.

**MATERIAL AND METHODS:** Descriptive study. The study population are volunteer firefighters from Mexico City, right holders of the Mexican Social Security Institute, belonging to the population of the Pneumology Service of the General Hospital "Dr. Gaudencio González Garza" of the La Raza National Medical Center. In the study period from September 2019 to January 2020. Descriptive statistics will be carried out to know the functional respiratory status in firefighters. In addition, the information will be processed using the SPSS program to obtain Pearson's correlation tests and frequency measurements.

**RESOURCES AND INFRASTRUCTURE: Human Resources and Materials:**

Principal investigator and tutor: Dr. Gabriel Escobedo Arenas; **Associated researchers:** Dr. Zaira Romero López, Dr. Abraham Enrique Puente Pérez.

**Physical resources:** The present study will be carried out in the Pulmonology service of the General Hospital "Dr. Gaudencio González Garza" of the La Raza Medical Center.

**Financial resources:** The expenses generated to carry out the protocol will be borne by the hospital, since it has the necessary and necessary means to carry out the present study. The equipment and consumables for the realization of the protocol belong and will be paid by the group of researchers. **Material resources:** Simple spirometry and bronchodilator test.

**GROUP EXPERIENCE:** The group of researchers has extensive experience in the Pulmonology branch, as well as in the performance and interpretation of pulmonary function tests.

**RESULTS:** In only one (4.16%) of the 24 patients there was an alteration in respiratory functional tests, with a report of FEV1/ FVC of 63.25% and FEV 25/75 of 65.34%, which correspond to the minimum values obtained during the study, which leads to the diagnosis of an obstructive spirometric pattern with a small airway condition. In the rest of the volunteers, the values of both FEV1 / CVF and FEV 25/75 were within normality for their race, weight, height and age.

**CONCLUSIONS:** We found no relationship between exposure estimates and baseline lung function parameters (FEV1, FVC, FEV1/FVC and FEV 25/75).

**KEY WORDS:** Firefighters, smoke, spirometry.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**CVF:** capacidad vital forzada

**PPM:** partes por millón

**PVC:** policloruro de vinilo

**VEF1:** volumen espiratorio forzado en el primer segundo

**VEF 25/75:** flujo espiratorio medio

## ÍNDICE DE TABLAS

**TABLA 1. Características Generales De La Población. Pág. 40**

**TABLA 2. Valores espirométricos de la población. Pág. 41**

**TABLA 3. Comparación de los valores obtenidos de la relación VEF1/CVF y VEF 25/75. Pág. 41**

# MARCO TEÓRICO

## Introducción

Las enfermedades respiratorias siguen siendo un problema de salud importante para los bomberos y los socorristas, así como para los civiles. Las enfermedades respiratorias representan la tercera causa de mortalidad en nuestro país, superado sólo por enfermedades del corazón y cáncer (1). Los bomberos tienen poca idea sobre la identidad de muchos de los materiales a los que están expuestos o los peligros para la salud de tales exposiciones, ya sean químicos, biológicos o particulados. Sin embargo, los bomberos y los respondedores médicos de emergencia continúan respondiendo a la escena y trabajando inmediatamente para salvar vidas y reducir los daños a la propiedad sin tener en cuenta los posibles peligros para la salud que puedan existir (1).

Una emergencia de incendio no tiene controles de ingeniería ni normas de seguridad y salud en el trabajo para reducir el efecto de gases irritantes, asfixiantes o tóxicos, aerosoles, productos químicos o partículas. Es un ambiente incontrolable que es combatido por los bomberos que usan ropa y equipo de protección personal pesado, voluminoso y a menudo inadecuado. Una enfermedad ocupacional tarda años en desarrollarse. Es el resultado de un cuidado de la respuesta a los incendios y los incidentes de materiales peligrosos; es causada por respirar humos, agentes biológicos y partículas en el trabajo (1).

Los productos de combustión común encontrados por los bomberos que presentan peligro incluyen, pero no se limitan a: acrilonitrilo, amianto, arsénico, benceno, benzopireno y otros hidrocarburos policíclicos, cadmio, clorofenoles, cromo, monóxido de carbono, dioxinas, etileneóxido, formaldehído, ortotoluidina, bifenilos policlorados y vinilcloruro (1). Los bomberos se exponen habitualmente a partículas respirables consistentes en líquidos, hidrocarburos, suavizadores, diésel, polvos, ácidos de aerosoles, y humo. Además, la mezcla de productos químicos peligrosos es diferente en cada incendio y los efectos de estas sustancias son en gran parte desconocidos (1).

El humo del fuego es una mezcla compleja de sustancias químicas que resultan de la combustión (quema completa) y de la pirolisis (combustión incompleta) de los materiales. Los productos de combustión formados durante cualquier incendio dependen de los materiales consumidos dentro del fuego, la cantidad de oxígeno presente y la temperatura a la que arde el fuego (1). Debido a los diversos factores que influyen en la combustión, es difícil predecir lo que un bombero está expuesto a un incendio específico. Sin embargo, hay una serie de productos químicos que son comunes en el humo de incendios. Por ejemplo, el monóxido de carbono se produce durante las reacciones de combustión y dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno, cloruro de hidrógeno, cianuro y dióxido de azufre también se detectan comúnmente. Al considerar el riesgo de enfermedad del tórax en los bomberos expuestos a los productos de combustión es útil para descomponer estos en efectos agudos (los que ocurren en o poco después de la exposición y que tienden a resolver), y los

efectos crónicos (esos cambios en salud que se producen después de exposiciones a largo plazo) (1).

El humo está compuesto de gases y partículas suspendidas. No se ha demostrado que estas partículas carbonosas sean dañinas al 10%; sin embargo, a menudo están recubiertos con aldehídos, cetonas y ácidos orgánicos irritantes. Las víctimas pierden los mecanismos de protección normalmente presentes en las vías respiratorias superiores con lesiones más intensas en las vías respiratorias inferiores (1). La construcción moderna con el uso de materiales sintéticos ha creado muchas fuentes nuevas de productos tóxicos de combustión. La relación solubilidad agua-lípido de los gases es un determinante importante de sus efectos. Los aldehídos se encuentran entre las sustancias solubles en líquido más significativas. El cloruro de hidrógeno se libera en grandes cantidades mediante la combustión de cloruro de polivinilo y acrílicos clorinados, causa quemaduras severas de la mucosa. El óxido de azufre y el nitrógeno se combinan con el agua en el pulmón para producir ácidos y álcalis corrosivos. Estos gases se pueden absorber en partículas de 0.1 a 2.5 micro carburos y ser inhalados hasta los alvéolos (1).

Algunos efectos sobre la salud son inmediatos, mientras que otros pueden tardar años e incluso décadas para desarrollarse y debido a que algunas enfermedades respiratorias desarrollan tiempo, es imposible decir, "esta respuesta de emergencia específica advirtió mi enfermedad", sin embargo, los bomberos continúan enfermando y mueren por enfermedades respiratorias causadas por el ocupante (1,2). Algunas estadísticas disponibles muestran la presencia de enfermedades pulmonares como una parte importante (hasta el 23.3%) de las patologías de origen profesional de los bomberos (1). La variabilidad en las exposiciones entre los bomberos puede ser grande; sin embargo, un número de exposiciones se encuentran comúnmente en muchos escenarios de incendio (1,2).

Hay gases y partículas que pueden ser irritantes y tóxicos para el sistema respiratorio. Las lesiones pueden ser consecuencia de la exposición térmica, asfixia, y la respuesta a los irritantes y tóxicos. Los síntomas y signos de inhalación que indican daño al sistema respiratorio incluyen taquipnea, tos, ronquera, estridor, dificultad para respirar, sibilancias, esputo, dolor torácico y estertores (2). Debido a la capacidad del sistema respiratorio para enfriar rápidamente el aire inhalado, las lesiones térmicas se aíslan en las vías respiratorias superiores (nariz, boca y faringe). La asfixia puede ser el resultado de la sustitución de oxígeno por otro producto químico en el medio ambiente conocido como un simple asfixiante o por la interferencia de la capacidad del cuerpo para transportar y suministrar oxígeno a los tejidos (asfixiante químico). Los asfixiantes simples incluyen dióxido de carbono, metano, helio, nitrógeno y óxido de nitrógeno. Ejemplos de sustancias químicas asfixiantes con monóxido de carbono, cianuro, sulfuro de hidrógeno y gas arsina (2).

Los efectos de la exposición a irritantes como ácido clorhídrico, sulfúrico, fosgeno, acroleína, amoníaco y partículas dependen del tamaño de la partícula y de la facilidad con la que la sustancia química se disuelve en agua. Estas propiedades determinan en qué parte del tracto respiratorio se deposita

y absorbe el químico o el particulado (2). El cloruro de hidrógeno es muy soluble, por lo tanto, se produce en la vía aérea superior en comparación con el fosgeno que los efectos principalmente en el tracto respiratorio inferior. La alta exposición a la dosis, tamaño de partícula y solubilidad son menos predictivos del sitio de la lesión y puede haber una respuesta que implique vías respiratorias superiores e inferiores e incluso alvéolos. Los irritantes causan lesiones en el revestimiento epitelial de las vías respiratorias e inflamación. Como se discutió anteriormente esto causa una variedad de síntomas como tos, dificultad para respirar, dolor torácico y aumento de la producción de mucosidad (2). Varios estudios sobre la inhalación de humo en los bomberos han demostrado que tras la exposición aguda se incrementan los síntomas, además ocurre hipoxemia transitoria, hiperreactividad de la vía respiratoria y cambios en las mediciones de las pruebas de función pulmonar. Sin embargo, otros estudios han demostrado poco efecto debido la mayor utilización de equipos de protección respiratoria en tiempos más recientes (2,3).

Los efectos a largo plazo de la exposición repetida al humo no han sido concluyentes. Muchos de los estudios no indican que los bomberos tienen una disminución significativa en la función pulmonar con el tiempo. Los hallazgos de estos estudios pueden estar influenciados por factores tales como exposición previa de los bomberos a agentes neumotóxicos, la mejora en el equipo de protección respiratoria y su uso también es probable que impida el desarrollo de enfermedad pulmonar crónica (2,3).

La intoxicación por monóxido de carbono es la causa inmediata más frecuente de muerte relacionada con el fuego (2,3). Es un gas incoloro e inodoro con una afinidad por la hemoglobina 210 veces mayor que la del oxígeno. La inhalación de monóxido de carbono al 0,1 por ciento en el aire de la habitación produce concentraciones sanguíneas iguales de oxihemoglobina y carboxihemoglobina y resulta en una reducción del 50% en la capacidad de transporte de oxígeno de la hemoglobina (2,3). El monóxido de carbono también se une a la mioglobina, disminuyendo el transporte de oxígeno en particular al músculo cardíaco. Aunque el contenido de oxígeno en la sangre disminuye, la presión parcial de oxígeno alveolar permanece normal y, por lo tanto, la taquicardia suele estar ausente porque el cuerpo carotídeo responde al oxígeno tensión, en lugar de contenido de oxígeno. El desplazamiento a la izquierda de la curva de disociación de la oxihemoglobina produce más hipoxia tisular (2,3).

El monóxido de carbono interfiere con las reacciones de oxidación/reducción en células alveolares de tipo II metabólicamente activas. Esto causa la fragmentación de los cuerpos lamelares y la dilatación del retículo endoplásmico liso, incluso a niveles por debajo del 10 por ciento. En los niveles superiores al 50 por ciento, se puede encontrar apnea y coma. Los niveles superiores al 60% a menudo son fatales. Los efectos del monóxido de carbono en la respiración celular resultan de la competencia con el oxígeno de los receptores en las enzimas citocromo oxidasa (3).

La mayor parte del daño de la carboxihemoglobina se debe a un transporte de oxígeno alterado y no es el resultado de una citotoxicidad directa. En incendios

en espacios cerrados, la concentración de monóxido de carbono puede aumentar a 571,400 partes por millón (ppm) en comparación con 35,700 ppm en incendios abiertos (3). Watanabe y Makin demostraron que las ratas envenenadas con monóxido de carbono sufrieron daño del parénquima pulmonar, aunque las que no estaban envenenadas no implicaban efectos de composición de la intoxicación por monóxido de carbono. Los gases volátiles, así como los que se absorben en partículas, pueden ingresar al tracto respiratorio inferior y, a los pocos minutos de la exposición, los cilios dejan de funcionar, lo que ocasiona una eliminación del moco. Se liberan sustancias quimiotácticas como la histamina, la serotonina y las calicreínas (3). Los leucocitos se reclutan en las vías respiratorias y el parénquima. El examen broncoscópico en las primeras 24 horas revela una mucosa traqueobronquial edematosa. Puede haber desprendimiento de la mucosa con áreas de desepitelización casi completa. Se puede observar broncoespasmo resultante de una irritación directa de las vías respiratorias o reflejos neurales. Se forma un exudado que contiene grandes cantidades de células polimorfonucleares y beta-glucuronidasa (3). A medida que avanzan las lesiones, se produce un material compuesto de fibrina y puede causar obstrucción de las vías respiratorias, lo que resulta en áreas irregulares de atelectasia y enfisema. El contenido de proteína del exudado formado indica que es un filtrado de plasma. Hay indicaciones de que los cambios de permeabilidad responsables de esta pérdida de proteínas son selectivos (3,4).

La inhalación de humo puede producir un amplio espectro de lesiones de las vías respiratorias superiores e inferiores, que van desde la congestión y el edema hasta una necrosis completa y la eliminación del epitelio respiratorio. El epitelio dañado forma cilindros pseudomembranosos, causando una obstrucción total o parcial de la vía aérea. El edema intersticial que se observa en el espacio peribronquial- perivascular y los tejidos septales se acompaña de una marcada infiltración de leucocitos polimorfonucleares seguida de edema intraalveolar y hemorragias. La célula alveolar de tipo I sufre una necrosis, y los residuos celulares, mezclados con fibrina, material proteináceo y leucocitos polimorfonucleares, crean un material pseudomembranoso, unido libremente a la lámina basal. El daño anatómico provoca múltiples complicaciones, como atelectasia, edema, bronquiolitis, neumonitis e insuficiencia respiratoria progresiva. Las válvulas de bola obstruyen las vías aéreas superiores y pequeñas, creando áreas de hiperinflación y áreas de atelectasia (3,4).

Después de la lesión por inhalación, hay un aumento en la formación de linfa pulmonar y edema intersticial, que se correlaciona con una elevación en el agua pulmonar extravascular. La formación máxima de edema ocurre durante las primeras 12 horas después de una quemadura. Un examen de la linfa pulmonar muestra una proporción elevada de la concentración de proteína linfática a plasma, lo que indica un cambio en la permeabilidad microvascular. Los subproductos químicos del humo estimulan los macrófagos pulmonares, que producen sustancias quimiotácticas que causan el secuestro de los leucocitos en la microvasculatura pulmonar, la linfa pulmonar y el exudado endotraqueal (3,4).

Las enzimas proteolíticas son liberadas por los leucocitos secuestrados, lo

que provoca un aumento de los niveles de beta-glucuronidasa y niveles reducidos de tripsina y capacidad inhibitoria de la elastasa en el pulmón. La permeabilidad progresiva de la lesión por inhalación puede resultar de la liberación de enzimas proteolíticas y radicales libres de oxígeno por los leucocitos (4).

El edema intersticial se puede producir a partir de lechos microvasculares bronquiales o pulmonares. Ambas áreas están heridas por el humo. Después de la lesión por inhalación, hay una marcada redistribución del flujo sanguíneo bronquial. Hay un aumento de más de 10 veces en el flujo sanguíneo después de una lesión en los tejidos traqueobronquiales (4). Esto contribuye a la formación de exudado y edema intersticial. Los mediadores responsables del aumento del flujo sanguíneo aún no se han identificado, pero probablemente provienen de la liberación de polipéptidos vasoactivos y/o histamina. La composición química del exudado formado después de la lesión por inhalación revela grandes cantidades de tromboxano B<sub>2</sub>. La derivación de la sangre de áreas ventiladas a no ventiladas se produce después de una lesión por inhalación. Se han encontrado niveles elevados de la prostaciclina vasodilatadora en la linfa pulmonar de los animales después de la lesión (4,5).

Los intentos de establecer asociaciones entre los bomberos y las enfermedades de las vías respiratorias han arrojado resultados contradictorios, reflejando los desafíos que encontraban el estudio de esta población. Debido a que los bomberos son seleccionados por su habilidad para realizar tareas extenuantes deben demostrar un "efecto de trabajador saludable" (4,5).

El término "efecto de trabajador saludable" se utiliza cuando una población tiene tasas más bajas de enfermedad y muerte que la población general, por lo tanto, accidentalmente enmascaran las asociaciones de respuesta a la exposición. Para controlar esto, algunos estudios se basan en comparaciones de bomberos con oficiales de policía, un grupo que se presume que es similar en capacidades físicas y estatus socioeconómico (4,5). El abandono longitudinal (debido al cambio de trabajo o a la jubilación anticipada) también puede reducir las tasas de morbilidad y mortalidad. Los bomberos que experimentan problemas de salud relacionados con su trabajo pueden elegir abandonar su posición, creando un efecto superviviente de los individuos más resistentes a los efectos de las exposiciones de bomberos. Otras cuestiones que pueden influir en las tasas de morbilidad y mortalidad en los bomberos son las diferencias en las exposiciones, tanto en el tipo como en la duración, entre individuos y entre diferentes departamentos de bomberos. De hecho, las exposiciones ocupacionales experimentadas por los bomberos varían mucho, influidas por los tipos de incendios encontrados, las responsabilidades laborales y el uso de equipos de protección personal. Otra complicación es que los estudios tienen en cuenta los factores de riesgo no profesionales, como el tabaquismo debido a la falta de datos. Por último, los estudios de mortalidad se basan con frecuencia únicamente en certificados de defunción, aunque es bien sabido que la ocupación y la causa de la muerte pueden ser inexactas (5).

A pesar de estas dificultades, se han hecho muchas observaciones importantes sobre la salud de los bomberos. En general, los bomberos han



demostrado en repetidas ocasiones que la mortalidad de todas las causas son menores o iguales que las poblaciones de referencia. No se ha encontrado un aumento de las enfermedades respiratorias no cancerígenas cuando se usó la población general para la comparación. Para reducir el presunto impacto del "efecto de trabajador saludable", dos estudios utilizaron agentes de policía para la comparación. En ambos estudios, los bomberos habían incrementado la mortalidad por enfermedad no maligna respiratoria. Por definición, los estudios de mortalidad no identifican el costo humano de la enfermedad pulmonar crónica. Las exposiciones muy grandes a las sustancias tóxicas pulmonares pueden causar daño pulmonar permanente y discapacidad. A los 22 meses, el 9,4% de los bomberos que luchaban contra el ácido clorhídrico durante un incendio de PVC (policloruro de vinilo) grande fueron diagnosticados con asma y se les dijo al 14,3% que tenían bronquitis (5).

También se ha demostrado que el asma o la disfunción de la vía aérea ocurren en los bomberos expuestos al polvo. Los bomberos no han demostrado estar en mayor riesgo de muerte por cáncer de pulmón, pero de nuevo estos estudios también son confundidos por el "efecto de trabajador saludable" y la caída longitudinal (5).

### **Antecedentes**

Peters y cols, (1974) realizaron la medición de la función pulmonar al inicio del estudio y luego un año más tarde en 1.430 bomberos de Boston. El CVF (capacidad vital forzada) y el VEF1 (volumen espiratorio forzado en el primer segundo) disminuyeron más de lo esperado durante un período de un año. La tasa de pérdida para ambos estaba significativamente relacionada con el número de incendios combatidos, con una tasa de pérdida incrementada a medida que aumentaba el número de incendios (5).

Musk y cols, (1977) siguieron a 1146 bomberos de Boston de la misma cohorte. La disminución anual de la CVF y del VEF1 durante el período de estudio fue inferior a la observada en el año inicial del ensayo. (6).

Musk y cols, (1977) siguieron a un grupo de jubilados de la cohorte de Boston durante cinco años. Observaron que si el bombero se retiraba con una longitud de servicio más corta, el individuo tenía una tasa de pérdida de la función pulmonar no significativa y tenía más probabilidades de tener bronquitis crónica. Las pruebas de la función pulmonar fueron ligeramente inferiores a los valores previstos para la población del estudio (7).

Musk y cols, (1979) observaron que, en un grupo de 39 bomberos, la disminución media en VEF1 después de la exposición al humo fue de 50 ml. La disminución se relacionó con la severidad de la exposición al humo (8).

Loke (1980) realizó un estudio donde los bomberos completaron un cuestionario de historia médica respiratoria auto administrado y pruebas de función pulmonar. Cuatro de los 22 probados tenían evidencia de obstrucción de las vías respiratorias en las pruebas sin síntomas. Siete de los bomberos fueron probados de nuevo después de la exposición a humo. No se detectó ninguna diferencia en la función pulmonar comparándolas pruebas previas y

posteriores a la exposición (9).

Musk y cols, (1982) utilizaron a 951 los bomberos de la cohorte de Boston los cuales fueron seguidos por seis años. Las disminuciones en el VEF1 y la CVF a lo largo de los seis años fueron similares a las esperadas para adultos sanos y no fumadores y no se correlacionaron con la exposición a los incendios. Los autores concluyeron que el mayor uso de los equipos de protección en la cohorte estaba protegiendo contra los efectos a largo plazo de la exposición al humo del fuego (10).

Sheppard y cols, (1986) realizaron un estudio donde el VEF1 y el CVF se midieron antes y después de la exposición al fuego en 29 bomberos. De las mediciones obtenidas dentro de dos horas de lucha contra el fuego disminuyó por más de dos desviaciones estándar en VEF1 y CVF. En algunos casos, este decremento persistió hasta 18,5 horas (11).

Horsfield y cols, (1988) demostraron que las pruebas de función pulmonar de los controles que consistían en hombres no fumadores empleados en ocupaciones que no fueran bomberos disminuyeron a un ritmo más rápido durante cuatro años que en los bomberos. Esto demuestra que los bomberos son más sanos que la población general ("el efecto de trabajador saludable"). En este estudio, el efecto de trabajador saludable es mayor que cualquier potencial negativo de la exposición al fuego (12).

Brandt-Rauf y cols, (1989) observaron que para las personas que no llevaban protección respiratoria, hubo una disminución significativa después del incendio en el VEF1 y la CVF. Los individuos en este estudio estuvieron participando en un programa de monitoreo ambiental y vigilancia médica (13).

Markowitz (1989) siguió una cohorte de bomberos de Nueva Jersey expuestos a grandes cantidades de ácido clorhídrico en un fuego de PVC sobre aproximadamente dos años. En la evaluación inicial hubo un aumento significativo en los síntomas pulmonares incluyendo tos, sibilancias, dificultad para respirar y dolor en el pecho. Estos síntomas, con la excepción de las sibilancias, permanecieron significante incrementados en la segunda evaluación. De la cohorte nueve por ciento se les dijo que tenían asma y un 14% de bronquitis después del tiempo de la exposición. Esto era casi significativo en comparación con los bomberos no expuestos. (14).

Sherman y cols, (1989) realizaron un estudio donde la función pulmonar y la prueba de metacolina se completaron antes y después del incendio en 18 bomberos en Seattle. El VEF1 y el VEF 25-75 (flujo espiratorio medio) disminuyeron significativamente (15).

Chia y cols, (1990) realizaron un estudio en veinte bomberos fueron los cuales fueron expuestos a fumar en una cámara cerrada. Se midió la reactividad de las vías respiratorias a la histamina inhalada antes de la exposición y después. Antes de la exposición ninguno había aumentado la reactividad; sin embargo, después de la exposición 80% de los bomberos habían aumentado la reactividad de las vías respiratorias (16).

Rothman y cols, (1991) observaron los cambios estacionales en la función pulmonar y los síntomas se estudiaron en 52 bomberos. Los síntomas respiratorios aumentaron significativamente desde el principio hasta el final de la temporada. Se observaron disminución en CVF y VEF1; sin embargo, no fueron significativas (18).

Liu y cols, (1992) realizaron un estudio a 63 combatientes de incendios en Wildland tanto de tiempo completo como estacionales fueron evaluados con cuestionarios, espirometría y test de metacolina antes y después de la temporada de incendios. La media individual de CVF, VEF1 y VEF 25-75 disminuyó significativamente a lo largo de la temporada. La capacidad de respuesta de las vías respiratorias, medida por la prueba de desafío de metacolina, aumentó significativamente al final de la temporada de lucha contra incendios (19).

Betchley y cols, (1997) investigaron los efectos pulmonares cruzados en bomberos forestales. Hubo disminución significativa media individual en la CVF, VEF1 y VEF 25-75 en las pruebas pre y post exposición. También se observaron disminuciones cuando se compara la pretemporada con las mediciones posteriores a la temporada (20).

Burgess y cols, (2001) demostraron cambios agudos en la permeabilidad de la vía aérea después de la temporada de incendios a pesar del uso de protección de la vía aérea (21).

Mustajbegovic y cols, (2001) demostraron que los bomberos activos tuvieron síntomas respiratorios significativamente comparados con los controles no expuestos. La alta prevalencia de los síntomas se relaciona con la duración del empleo y el estado de tabaquismo de la persona. A medida que la duración del empleo aumentó la disminución de la CVF aumentó. Se observaron signos tempranos de obstrucción de las vías respiratorias en las pruebas de la función pulmonar (22).

Banauch y cols, (2003) demostraron que los obreros de rescate del Departamento de bomberos de Nueva York experimentaron una exposición masiva a partículas en el aire en el sitio World Trade Center. Los objetivos de este estudio longitudinal fueron 1.- determinar si la hiperreactividad bronquial estaba presente, persistente e independientemente asociada con la intensidad de la exposición, 2.- identificar medidas objetivas poco después de la exposición que predeciría hiperreactividad bronquial persistente y disfunción de la reactividad de la vía aérea 6 meses después del colapso. Una muestra representativa de 179 en los trabajadores de rescate del Departamento de bomberos de NYC estratificaron la intensidad de la exposición al polvo del World Trade Center (alto, moderado y control) sin tabaquismo actual o la enfermedad respiratoria previa fueron inscritos. Los trabajadores de con alta exposición llegaron a dos horas del colapso, los moderadamente expuestos llegaron más tarde en los días uno a dos; sujetos de control no fueron expuestos. La hiperreactividad (pruebas de desafío de metacolina positivas) en uno, tres y seis meses después del colapso se asoció con la intensidad de la exposición, la obstrucción independiente de ser ex fumador y el flujo de aire. Seis meses después del colapso, los trabajadores altamente expuestos fueron

de 6-8 veces más probables que los trabajadores moderadamente expuestos y los sujetos de control a ser hiperreactivos y la hiperreactividad persistió en el 55% de los hiperreactivos a uno y/o tres meses. En sujetos altamente expuestos, la hiperreactividad de uno o tres meses después del colapso fue el único predictor de disfunción de las vías respiratorias o el asma de nueva aparición (23).

Banauch y cols, (2006) observaron que la función pulmonar de los bomberos de la ciudad de Nueva York (CVF y VEF1) se estudió durante seis años. En los cinco años de exposición la disminución media anual de CVF y VEF1 no era significativa diferente de la población general, promediando una disminución anual de 31 ml en VEF1. En el primer año de exposición Post-World Trade Center, la disminución media VEF1 fue de 372 ml y hubo un efecto de intensidad de exposición. Este estudio demuestra que las disminuciones anuales de la función pulmonar no ocurren a un ritmo acelerado en los bomberos que usan equipos protectores respiratorios modernos, pero cuando se exponen a irritantes abrumadores sin protección respiratoria, la acelerada disminución en la función pulmonar puede ocurrir (24).

Gaughan y cols, (2008) evaluaron a los bomberos de Wildland mediante cuestionarios, espirometría (CVF y VEF1) y mediciones químicas de la inflamación (albúmina, proteína catiónica eosinofílica y mieloperoxidasa) en el esputo y el líquido de lavado nasal. Las evaluaciones se realizaron antes de la temporada, después del incendio y después de la temporada, 58 bomberos tenían al menos dos evaluaciones. Las puntuaciones medias de los síntomas respiratorios superiores e inferiores fueron significativamente más altas después del fuego en comparación con la pretemporada. La función pulmonar disminuyó con la media de VEF1 significativamente menor después del incendio en comparación con la pretemporada y luego se recuperaron en la posttemporada. Los aumentos individuales en el esputo y las medidas nasales de la inflamación aumentaron después del incendio y se asociaron significativamente con las puntuaciones de los síntomas respiratorios posteriores al fuego (26).

Miedinger y cols, (2009) determinaron prospectivamente el valor de diagnóstico de síntomas respiratorios y varias pruebas utilizadas para las evaluaciones del asma. Un cuestionario, espirometría, pruebas de desafío de las vías respiratorias directas e indirectas, óxido nítrico exhalado y pruebas de pinchazo en la piel se administraron prospectivamente a 101 de 107 combatientes de incendios empleados en Basilea, Suiza. El asma se definió como la combinación de síntomas respiratorios con hiperreactividad de las vías respiratorias. El asma se diagnosticó en 14% (14 de 101 bomberos). Las sibilancias fueron el síntoma más sensible para el diagnóstico de asma (sensibilidad, 78%; especificidad, 93%). Otros síntomas respiratorios mostraron una especificidad más alta que las sibilancias, pero una sensibilidad notablemente más baja. El desafío de las vías respiratorias bronquiales con manitol fue la prueba más sensible (92%) y específica (97%) para el asma. Usando un punto de corte de 47 partes por billón, el óxido nítrico tenía una especificidad similar (96%) pero menor sensibilidad (42%). El asma fue considerada subdiagnosticada en los bomberos. La combinación de un cuestionario estructurado con una prueba de desafío bronquial identificó a los

bomberos con asma. Los autores concluyen que estas pruebas deben ser utilizadas rutinariamente en la evaluación de los bomberos activos y pueden ser de ayuda cuando evalúan candidatos para esta profesión (25).

## JUSTIFICACIÓN

Las enfermedades respiratorias representan la tercera causa de mortalidad en nuestro país, superado sólo por enfermedades del corazón y cáncer. Las enfermedades respiratorias siguen siendo un problema de salud importante para los bomberos. Los bomberos tienen poca idea sobre la identidad de muchos de los materiales a los que están expuestos o los peligros para la salud de tales exposiciones, ya sean químicos, biológicos o particulados. Algunos efectos sobre la salud son inmediatos, mientras que otros pueden tardar años e incluso décadas para desarrollarse. Los intentos de establecer asociaciones entre los bomberos y las enfermedades de las vías respiratorias han arrojado resultados contradictorios, reflejando los desafíos que se encuentran en el estudio de esta población.

Diversos estudios han demostrado que en los bomberos la mortalidad de todas las causas son menores o iguales que las poblaciones de referencia, no se ha encontrado un aumento de las enfermedades respiratorias cuando se usó la población general para la comparación.

En México no se cuenta con ningún estudio que evalúe los efectos de la exposición aguda y crónica al humo sobre la función pulmonar de los bomberos y de acuerdo con el PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-SCT3-1994, QUE REGULA EL SERVICIO DE RESCATE Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS. Con el fin de garantizar la seguridad de la ciudadanía, se requiere implantar un Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios el cual tiene la función de auxiliar, en caso de algún accidente o incidente. Además, indica los requisitos mínimos a cumplir para establecer un Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendio dentro de los cuales no se encuentra la protección de la vía aérea.

La realización de este estudio pondrá de manifiesto el estado funcional respiratorio en una muestra de bomberos voluntarios de la Ciudad de México y con base en ello la necesidad de incluir en la normativa oficial la implementación de protección de la vía aérea dentro del servicio de rescate y extinción de incendios.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los efectos a largo plazo de la exposición repetida al humo no han sido concluyentes en este grupo de población. Muchos de los estudios no indican que los bomberos tienen una disminución significativa en la función pulmonar con el tiempo. Los hallazgos de estos estudios pueden estar influenciados por factores tales como exposición previa de los bomberos a agentes neumotóxicos, la mejora en el equipo de protección respiratoria y su uso también es probable que impida el desarrollo de enfermedad pulmonar crónica.

Los bomberos profesionales tienen una exposición prolongada al humo y a una mezcla compleja de partículas y gases irritantes que se inhalan directamente. Está bien establecido que el uso de aparatos de respiración autónomos durante la lucha contra incendios reduce la exposición laboral al humo de fuego. Sin embargo, estos dispositivos a menudo no se utilizan, lo que hace que la exposición sea una preocupación importante. La lucha contra incendios se ha asociado con un aumento de los síntomas respiratorios, obstrucción respiratoria aguda, en algunas ocasiones, un aumento de la hiperreactividad bronquial.

Además, algunos estudios sugieren que la inhalación de humo conduce a la sensibilización alérgica y la inflamación de las vías respiratorias. Cabe destacar que, además de las respuestas inflamatorias locales en las vías respiratorias, también se induce una respuesta inflamatoria sistémica medible.

Estudios publicados a nivel internacional han examinado grupos de bomberos para determinar si experimentan cambios a largo plazo en la función pulmonar; sin embargo, no ha habido un estudio que evalúe estos efectos en nuestro país, aunado a que la normativa oficial vigente no considera la necesidad de implementar la protección de la vía aérea en el cuerpo de rescate y extinción de incendios.

De acuerdo con lo anterior surge la siguiente pregunta de investigación:

**¿Cuál es el estado funcional respiratorio de una muestra de bomberos voluntarios de la ciudad de México?**

## HIPÓTESIS

### **Hipótesis de trabajo:**

El estado funcional respiratorio estará alterado en los bomberos voluntarios de la Ciudad de México.

### **Hipótesis nula:**

El estado funcional respiratorio no estará alterado en los bomberos voluntarios de la Ciudad de México.

.



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Valorar el estado funcional respiratorio por medio de espirometría en bomberos voluntarios de la Ciudad de México.

### **OBJETIVOS SECUNDARIOS:**

1. Determinar si la exposición crónica al humo produce disminución en los valores de VEF1, CVF y VEF 25-75 medidos por medio de espirometría en una muestra de bomberos voluntarios de la Ciudad de México.
2. Determinar el trastorno funcional respiratorio en los bomberos por medio de espirometría.
3. Determinar la correlación entre la presencia de síntomas respiratorios en los bomberos y los valores de VEF1, CVF y VEF 25-75.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Diseño del proyecto:**

- Estudio descriptivo

### **Tipo de estudio:**

- Transversal
- Características del estudio.
- Por la participación del investigador: Observacional.
- Por la institucionalidad: Unicéntrico.
- Por el tipo de población: Homodémico.

### **Ubicación espacio-temporal**

En este trabajo se realizará con el uso de la infraestructura, los recursos físicos y humanos del área del servicio de Neumología del Hospital General “Dr. Gaudencio González Garza” del Centro Médico Nacional la Raza, Ciudad de México, en bomberos voluntarios de la Ciudad de México que sean derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social y que acudan a la consulta externa del servicio de Neumología del Hospital General “Dr. Gaudencio González Garza” del Centro Médico Nacional la Raza.

### **Universo de trabajo Población fuente**

Bomberos voluntarios en activo de la Ciudad de México derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social que sean pertenecientes a la población del servicio de Neumología del Hospital General “Dr. Gaudencio González Garza” del Centro Médico Nacional la Raza.

### **Población elegible**

En este trabajo se estudiarán a los bomberos voluntarios en activo de la Ciudad de México derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social que sean pertenecientes a la población del servicio de Neumología del Hospital General “Dr. Gaudencio González Garza” del Centro Médico Nacional la Raza.

**Periodo de estudio:** De Septiembre 2019 a Febrero de 2020

### **Criterios de selección**

#### **Criterios de inclusión**

- Bomberos voluntarios mayores de 18 años de la Ciudad de México que se encuentren activos, que sean derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social y que sean pertenecientes a la población del Servicio de Neumología del Hospital General “Dr. Gaudencio González Garza” del Centro Médico Nacional la Raza.

#### **Criterios de exclusión**

- Bomberos que rechacen participar en el estudio.
- Bomberos que no sean derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Bomberos no activos.
- Bomberos que no pertenezcan a la población del Servicio de Neumología del Hospital General “Dr. Gaudencio González Garza” del Centro Médico Nacional la Raza.

#### **Criterios de eliminación**

- Bomberos que no puedan completar el estudio de espirometría.
- Bomberos que al realizar espirometría no cumplan con los criterios de aceptabilidad y se encuentren catalogados como categoría C, D, E o F dentro de los criterios de repetibilidad de acuerdo con la Asociación Latinoamericana de Tórax.

### **Cálculo del tamaño de la muestra**

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó la fórmula para el cálculo de la muestra para poblaciones finitas, donde el número total de bomberos asignados a aeropuertos es de 184 hasta el año 2019.

Formula:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

- N = Total de la población (184)
- $Z_{\alpha}$  = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)
- p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)
- q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95)
- d = precisión (en su investigación use un 5%).

Por lo que al sustituir y despejar la fórmula se obtiene: n: 126. Siendo necesario para este estudio un total de 126 bomberos.

### **Características del estudio**

Previa autorización y aprobación del comité de Investigación en Salud y Bioética del Hospital General “Dr. Gaudencio González Garza” del Centro Médico Nacional “La Raza”, se realizará en un grupo de bomberos voluntarios en activo de la Ciudad de México un estudio descriptivo, transversal, observacional, unicéntrico y homodémico para determinar su estado funcional respiratorio.

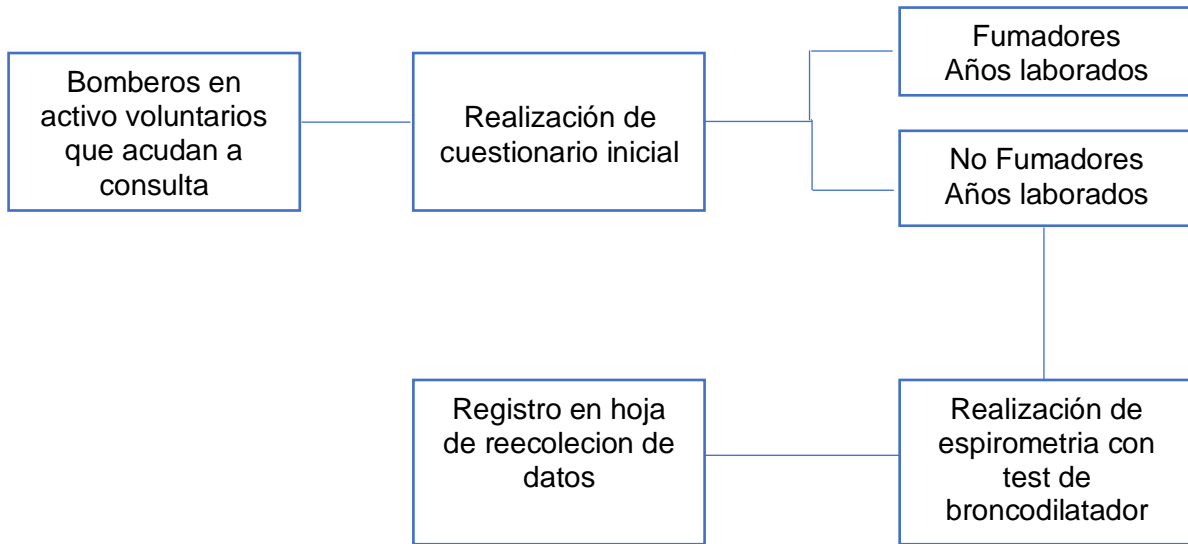
La idea de la realización de este proyecto resulta de la necesidad de incluir dentro de la normativa oficial el uso de protección de la vía aérea para esta población en particular. El proyecto de investigación contempla el seguimiento y la atención médica de los voluntarios que lo requieran después de la finalización del estudio. Los bomberos que participan en este estudio son todos derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social. Se planea que los bomberos que pertenezcan a la población del Servicio de Neumología del Hospital General “Dr. Gaudencio González Garza” del Centro Médico Nacional “La Raza” acudan para la realización del estudio, debido a que en esta unidad se cuenta con un espacio adecuado para la realización del mismo. Cabe mencionar que los gastos generados por el traslado de los bomberos hacia la unidad, el equipo utilizado (espirómetro portátil DatoSpir Touch Micro C) y los insumos necesarios para la realización del protocolo pertenecen y serán costeados por el equipo de investigadores y los propios voluntarios.

### **Pacientes y métodos:**

Todos los bomberos que acudan de forma voluntaria a la unidad para la realización del estudio, dentro del consultorio completarán el cuestionario de registro (anexo 1) para la obtención de los siguientes datos: edad, sexo, ocupación, tabaquismo, exposición a biomasa, años de servicio, comorbilidades. Derivado del cuestionario. Se dividirán a los voluntarios en dos grupos: fumadores y no fumadores y se contemplarán los años de servicio de cada voluntario. Además, realizarán una espirometría basal con prueba de broncodilatador con el equipo portátil DatoSpir Touch Micro C en la consulta

externa de Neumología del Hospital General “Dr. Gaudencio González Garza” del Centro Médico Nacional “La Raza”, se obtendrán las mediciones de VEF1, CVF y VEF 25-75 de la siguiente forma: se colocará al individuo sentado en una silla fija (sin ruedas) que tenga descansabrazos, con el tronco erguido y la cabeza ligeramente elevada y ésta deberá mantenerse así durante todo el esfuerzo espiratorio. Se colocará pinza nasal. Se indicará que se realice una inspiración rápida y máxima, hasta llegar a capacidad pulmonar total. Se colocará de forma adecuada una boquilla y posteriormente se realizará el inicio de la exhalación el cual debe ser explosivo (con máximo esfuerzo) y se estimulará vigorosamente (“siga soplando”, “mantenga el esfuerzo”, etc.) hasta que se alcance un criterio de terminación (más de seis segundos de exhalación y meseta de dos segundos sin incremento de volumen en la curva volumen tiempo), después el individuo deberá retirarse de la boquilla para inhalar nuevamente. Se usarán un mínimo de tres pruebas aceptables y repetibles de acuerdo con los criterios establecidos por la Asociación Latinoamericana de Tórax para registrar las mediciones. El mejor VEF1, CVF y VEF 25-75 se utilizarán para el análisis. Los valores predichos se calcularán a partir de los estándares de Pérez-Padilla. Todos los datos obtenidos se registrarán en la hoja de recolección de datos (anexo 2). La respuesta del broncodilatador se calculará como el cambio porcentual en los valores espirométricos 15 minutos después de cuatro inhalaciones de un inhalador de dosis medidas con salbutamol de 100 mcg. Toda la información quedará registrada en la hoja de recolección de datos. La información obtenida durante el protocolo servirá como estudio de escrutinio para detectar alguna patología pulmonar o su condicionante de acuerdo con la actividad que realizan. Cabe mencionar que el seguimiento de los voluntarios que así lo ameriten se llevará a cabo por parte de los investigadores posterior a la conclusión del protocolo en el servicio de Neumología del Hospital General “Dr. Gaudencio González Garza” del Centro Médico Nacional “La Raza”.

## Diagrama de flujo



## **Instrumentos**

Se realizará el cuestionario previo a la realización de la espirometría con prueba de broncodilatador. Se realizará una espirometría con test de broncodilatador. Se interpretarán los estudios realizados de acuerdo con la guía internacional de la Asociación Latinoamericana de Tórax con fines de conocer el estado funcional respiratorio de los participantes, así como la presencia de sintomatología respiratoria. Se informará al voluntario sobre la utilidad y la importancia de la interpretación de la prueba. Se entregarán los resultados a cada uno de los voluntarios y en caso de ameritarlo se le dará seguimiento en la consulta externa de Neumología del Hospital General “Dr. Gaudencio González Garza” del Centro Médico Nacional “La Raza”.

## DEFINICIÓN DE VARIABLES

<b>Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Sexo</b>	Es la diferencia de las especies y la reproducción de la raza	Se realizará búsqueda en identificación oficial el género de los pacientes.	1=Masculino 2=Femenino	Cualitativa	Nominal
<b>Edad</b>	Está referida al tiempo de existencia de alguna persona, o cualquier otro ser animado o inanimado, desde su creación, hasta la actualidad.	Se realizará búsqueda en identificación oficial el género de los pacientes.	Años cumplidos	Cuantitativa	Discreta
<b>Tiempo de empleo como bombero</b>	Años que tiene la persona por oficio apagar incendios y prestar ayuda en casos de siniestro.	Se realizará búsqueda en interrogatorio realizado previo al estudio.	Años laborados	Cualitativa	Nominal
<b>Otra ocupación</b>	En términos generales, por ocupación se refiere a la acción y resultado de ocupar o de ocuparse. Al empleo, al trabajo asalariado, al servicio de un empleador.	Se realizará búsqueda en interrogatorio realizado previo al estudio.	1= Empleado en elaboración de alimentos 2=Ama de casa 3=Empleado de seguridad 4=Empleado fabrica expuestos químicos industriales 5=Herrero 6=Empleado fabrica metales 7=Empleado fábrica textil 8=Chofer 9=Empleado administrativo	Cualitativa	Nominal



			10=- Empleado de construcción 11=Campesin o 12=Empleado Fábrica de papel-cartón 13=Mecánico		
<b>Tabaquismo</b>	Adición que un sujeto experimenta por el tabaco, generado por nicotina.	Se realizará búsqueda en interrogatorio realizado previo al estudio.	1= Activo  2= Pasivo	Cualitativa	Nominal
<b>Indice tabáquico de paquete años</b>	Es un número de referencia que refleja el promedio de consumo de tabaco en un individuo.	Se realizará búsqueda en interrogatorio realizado previo al estudio el consumo de cigarrillos por día y el tiempo de consumo en años, dividido entre 20.	1= 1-9  2= 10-14  3= >15	Cualitativo	Ordinal
<b>Factores de riesgo ocupacionales</b>	Se entiende bajo esta denominación la existencia de elementos, fenómenos, ambiente y acciones humanas que encierran una capacidad potencial de producir lesiones o daños materiales.	Se realizará búsqueda en interrogatorio realizado previo al estudio.	1= Ninguno 2= Biomasa 3= Asbesto 4=Solventes 5=Polvos inorgánicos (Metales) 6=Fibras Textiles 7=Fertilizantes 8= Combustibles 9=Polvos Inorgánico	Cualitativa	Nominal

			(papel-cartón) 10=Producción 11= Polvos orgánicos		
<b>VEF1</b>	<b>VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO EN EL PRIMER SEGUNDO</b> Esta es la cantidad de aire que puede sacar un individuo un segundo después de iniciar la exhalación teniendo los pulmones completamente inflados y haciendo su máximo esfuerzo.	Se realizará medición por medio de espirometría forzada.	Litros	Cuantitativa	Continua
<b>CVF</b>	<b>CAPACIDAD VITAL FORZADA.</b> Al volumen de aire que se puede sacar de los pulmones totalmente inflados.	Se realizará medición por medio de espirometría forzada.	Litros	Cuantitativa	Continua
<b>FEV 25/75</b>	Flujo espiratorio forzado promedio medido durante la mitad central de la FVC.	Se realizará medición por medio de espirometría forzada.	Litros/segundo	Cuantitativa	Continua
<b>Relación VEF1/CVF</b>	Cociente entre el volumen	Se realizará medición por	Porcentaje	Cuantitativa	Discreta

	espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1) y la capacidad vital forzada (CVF).	medio de espirometría forzada.			
<b>Disminución de los valores espirométricos</b>	Disminución del 4% del porcentaje predicho en VEF1, 2% para CVF y 8% para FEF25/75 posterior a la exposición aguda.	Se realizará medición por medio de espirometría forzada.	Porcentaje	Cuantitativa	Discreta
<b>Respuesta significativa al broncodilatador</b>	Mejoría en los valores de VEF1 y/o CVF >12% y 200 ml posterior a la aplicación de 400 mcg de salbutamol inhalado.	Se realizará medición por medio de espirometría forzada.	Positiva Negativa	Cualitativa	Nominal
<b>Protección de la vía aérea</b>	Aquellos actos en los cuales se coloca cualquier dispositivo para la protección del sistema respiratorio.	La utilización del equipo de respiración autónoma de acuerdo con lo establecido por la NFPA.	Positiva Negativa	Cualitativa	Nominal

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Con el cálculo obtenido utilizando fórmula para población finita el cual es: 126 pacientes. Se incluirá a todos los bomberos que cumplan con los criterios de selección. Se dividirá a la población en dos grupos: fumadores y no fumadores, además se realizarán subgrupos de acuerdo con las horas/año de servicio de acuerdo a los años de servicio activo como bomberos. Con ello se realizará una estadística descriptiva para conocer el estado funcional respiratorio de los participantes. Se determinarán frecuencia y promedios (expresados en porcentajes) de los siguientes datos demográficos: edad, sexo, otra ocupación, años de servicio, otras comorbilidades, tabaquismo, neumopatías previas. Los resultados obtenidos mediante las mediciones espirométricas determinarán la disminución o no en los parámetros a observar. Todos los datos serán recolectados en hoja de cálculo de programa Excel 2016, previa autorización establecida por el paciente, y se procesara la información con el uso de programa SPSS para la obtención de pruebas de correlación de Pearson y medidas de frecuencia.

## FACULTAD Y ASPECTOS ÉTICOS

El presente estudio se fundamenta en la experiencia previa realizada a nivel mundial. Cabe mencionar que no existen antecedentes a nivel nacional de la investigación a realizar. Se contempla de acuerdo con los lineamientos éticos de la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, adoptada por la 18ª Asamblea Médica Mundial Helsinki, Finlandia, junio 1964 y enmendada por la 29ª Asamblea Médica Mundial Tokio, Japón, octubre de 1975. 35ª Asamblea Médica Mundial Venecia, Italia, octubre de 1983. 41ª Asamblea Médica Mundial Hong Kong, septiembre 1989, 48ª Asamblea General Somerset West, Sudáfrica, octubre 1996 y la 52ª Asamblea General Edimburgo, Escocia, octubre 2000. Nota de Clarificación del Párrafo 29, agregada por la Asamblea General de la AMM, Washington 2002. Nota de Clarificación del Párrafo 30, agregada por la Asamblea General de la AMM, Corea 2008 y a lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud en sus artículos 100 y 101.

De acuerdo al reglamento de la ley general de salud en materia de investigación para la salud título segundo De los Aspectos Éticos de la Investigación en Seres Humanos CAPITULO I Disposiciones Comunes, artículo 17, esta investigación tiene un riesgo mínimo.

Una vez aprobado el proyecto de investigación por el comité de Investigación en Salud y Bioética del Hospital General "Dr. Gaudencio González Garza" del Centro Médico Nacional "La Raza", al tratarse de un estudio donde se evalúa una maniobra estandarizada de riesgo mínimo para el voluntario, pero que incluye una intervención, como es la aplicación de un fármaco broncodilatador, es necesaria la realización del Consentimiento Informado. El estudio será realizado por profesionales de la salud, con conocimiento y experiencia para cuidar la integridad del voluntario, bajo la responsabilidad de la institución que cuenta con los recursos humanos y materiales necesarios para que garanticen su bienestar. Prevalciendo siempre el criterio de respeto a la dignidad, confidencialidad y protección de sus derechos.

Dentro de la intervención prevista destaca la aplicación de un fármaco broncodilatador, denominado salbutamol, el cual puede generar efectos secundarios como lo son: náuseas, taquicardia, temblor fino, disgeusia, tos, odinofagia, cefalea. Cabe mencionar que de acuerdo a la literatura estos efectos se presentan en menos del 1% de los pacientes, y que además son considerados como leves en la mayoría de los casos. Generalmente no requieren tratamiento médico y su duración no sobrepasa las 4 horas.

Además de que la probabilidad de los beneficios esperados superan los riesgos predecibles ya que es una investigación donde se involucra una maniobra de riesgo mínimo para los participantes en donde la intervención realizada esta controlada y se cuenta con los medios para la identificación, tratamiento y seguimiento de cualquier complicación que pudiera ocurrir derivada de esto.

## **CONFIDENCIALIDAD**

A cada voluntario le será asignado un número de identificación y con este será capturado en una base de datos. La base de datos solo estará a disposición de los investigadores o de las instancias legalmente autorizadas en caso de así requerirlo. Los investigadores se comprometen a mantener de manera confidencial la identidad y datos de los voluntarios participantes y a hacer un buen uso de las bases de datos que resulten de la investigación omitiendo los datos como nombre y número de seguridad social de cada uno de los voluntarios.

## **RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES**

### **Investigador principal y tutor**

Dr. Gabriel Escobedo Arenas  
Médico Adscrito con Especialidad en Neumología  
Hospital General Dr. Gaudencio González Garza del Centro Médico la Raza

### **Investigadores asociados**

Dra. Zaira Romero López  
Médico Neumólogo adscrito a la clínica de trastornos respiratorios del dormir del Departamento de Neumología en el Hospital General "Dr. Gaudencio González Garza" del Centro Médico Nacional La Raza.

Dr. Abraham Enrique Puente Pérez  
Residente de cuarto año de la Especialidad de Neumología  
Hospital General Dr. Gaudencio González Garza del Centro Médico la Raza

### **Recursos físicos**

El presente estudio se llevará a cabo en el servicio de Neumología del Hospital General "Dr. Gaudencio González Garza" del Centro Médico la Raza.

### **Recursos financieros**

Los gastos generados para la realización del protocolo correrán a cargo del hospital ya que cuenta con los medios indispensables y necesarios para llevar a cabo el presente estudio. El equipo y los consumibles para la realización del protocolo pertenecen y serán costeados por el grupo de investigadores.

### **Recursos materiales**

Espirometría simple y test de broncodilatador.

## RESULTADOS

Se analizaron a 24 bomberos voluntarios mayores de 18 años de la Ciudad de México, trabajadores activos, derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social y pertenecientes a la población del Servicio de Neumología del Hospital General "Dr. Gaudencio González Garza" del Centro Médico Nacional la Raza en un lapso comprendido desde agosto de 2019 hasta diciembre de 2019. Se incluyeron dentro del análisis los 24 voluntarios ya que cumplían con los criterios de selección del estudio.

Al analizar las variables sociodemográficas podemos observar que de los 24 voluntarios que acudieron todos eran hombres (100%), con media de edad de 39 años, siendo el voluntario más longevo de 52 años y el más joven de 23 años.

Respecto a la ocupación 18 (75%) se dedicaban exclusivamente a ser bomberos, y 6 (25%) tenían una ocupación extra a la de bombero, 4 de ellos eran mecánicos industriales y 2 eran paramédicos.

En lo referente a los años de servicio, el promedio de este es de 13.54 años, con un valor mínimo de 4 años y el más longevo con una antigüedad de 28 años en el servicio.

Respecto a los factores exposicionales, de los 24 voluntarios participantes solo 4 de ellos (16.7%) era fumadores activos, todos con índice tabáquico no significativo (<10 paquete/año) para patologías respiratorias. El resto de los voluntarios (83.3%) nunca habían consumido tabaco. En lo referente a la exposición a biomasa el 100% de la población no se encontraba expuesto a la misma.

En lo referente a las comorbilidades, se separó la presencia de neumopatías dentro de los voluntarios de otro tipo de comorbilidades crónicas degenerativas. Esto debido a que la presencia de una patología respiratoria previa pudiera condicionar la alteración en las pruebas funcionales respiratorias realizadas. Dentro de los 24 voluntarios ninguno de ellos (0%) presentaba patología pleuropulmonar previa. Y solo 2 de ellos (8.3%) presentaban hipertensión arterial sistémica de larga evolución. El resto (91.7%) no contaban con antecedentes de comorbilidades crónicas de importancia para el estudio.

En la Tabla 1 se observan las características sociodemográficas de cada uno de los participantes del estudio.

En lo referente a las pruebas funcionales respiratorias de los 24 voluntarios incluidos todos completaron el estudio de espirometría y cumplieron con los criterios de aceptabilidad y se encuentran catalogados como categoría A o B dentro de los criterios de repetibilidad de acuerdo a la Asociación Latinoamericana de Tórax.

Como podemos observar en la Tabla 2 y 3, de los 24 voluntarios incluidos, en lo referente a la relación VEF1/CVF el valor mínimo obtenido es de 63% y el máximo de 90% con una media de 82.63% y una desviación estándar de 6.225. Respecto a la medición del VEF 25/75 el valor mínimo obtenido fue de



65% y el máximo de 118%, con una media de 100.08% y una desviación estándar de 9.986.

En solo en uno (4.16%) de los 24 pacientes se observó alteración en las pruebas funcionales respiratorias, con reporte de relación VEF1/CVF de 63.25% y VEF 25/75 de 65.34%, los cuales corresponden a los valores mínimos obtenidos durante el estudio, con lo cual se llega al diagnóstico de patrón espirométrico obstructivo con afección de la vía aérea pequeña. En el resto de los voluntarios los valores tanto de VEF1/CVF como de VEF 25/75 se encontraron dentro de la normalidad para su raza, peso, talla y edad.

	EDAD	OTRA OCUPACION	AÑOS DE SERVICIO	TABAQUISMO	EXPOSICION A BIOMASA	DIAGNOSTICO DE NEUMOPATIA PREVIA	OTRAS COMORBILIDADES CRONICAS
1	30	NO	4	SI	NO	NO	NO
2	40	NO	7	NO	NO	NO	NO
3	32	SI	17	SI	NO	NO	NO
4	48	SI	20	NO	NO	NO	NO
5	36	SI	10	NO	NO	NO	NO
6	40	NO	6	NO	NO	NO	NO
7	52	NO	20	NO	NO	NO	NO
8	45	NO	17	NO	NO	NO	NO
9	35	NO	14	NO	NO	NO	NO
10	37	NO	4	NO	NO	NO	NO
11	45	NO	16	SI	NO	NO	NO
12	24	NO	5	NO	NO	NO	NO
13	45	NO	15	NO	NO	NO	SI (HAS)
14	43	NO	18	NO	NO	NO	SI (HAS)
15	50	NO	28	NO	NO	NO	NO
16	27	NO	4	NO	NO	NO	NO
17	23	NO	3	SI	NO	NO	NO
18	29	SI	10	NO	NO	NO	NO
19	43	NO	15	NO	NO	NO	NO
20	47	NO	20	NO	NO	NO	NO
21	44	NO	25	NO	NO	NO	NO
22	33	NO	17	NO	NO	NO	NO
23	42	NO	15	NO	NO	NO	NO
24	48	SI	15	NO	NO	NO	NO

**Tabla 1. Características Generales De La Población. (HAS: Hipertensión arterial sistémica)**

	RELACION VEF1/CVF (%)	VEF 25/75 (%)
1	73.69	93.89
2	90.35	97.00
3	84.78	108.23
4	81.04	118.89
5	80.17	106.50
6	79.85	97.00
7	63.25	65.34
8	87.4	90.00
9	89.57	110.00
10	87	108.10
11	73.8	103.50
12	88	100.01
13	87	99.99
14	80.14	96.98
15	86.5	90.00
16	81.05	103.23
17	79.49	101.45
18	83.73	99.87
19	82.92	96.04
20	88	90.18
21	84.14	99.76
22	86.67	103.06
23	83.4	101.21
24	77.3	106.00

**Tabla 2. Valores espirométricos de la población.**

	RELACION VEF1/CVF (%)	VEF 25/75 (%)
<b>NUMERO</b>	24	24
<b>MÍNIMO</b>	63%	65%
<b>MÁXIMO</b>	90%	118%
<b>MEDIA</b>	82.63%	100.08
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	6.225	9.986

**Tabla 3. Comparación de los valores obtenidos de la relación VEF1/CVF y VEF 25/75.**

## DISCUSIÓN

Los bomberos están expuestos a una variedad de compuestos tóxicos, irritantes y cancerígenos en los subproductos de la combustión y otras sustancias químicas que se encuentran en la escena del incendio. La inhalación de estos compuestos y gases calientes puede provocar efectos agudos y crónicos en la salud. Se pueden producir daños en el árbol traqueobronquial y los pulmones, lo que resulta en una capacidad pulmonar reducida y cambios en la función pulmonar. También son posibles efectos a largo plazo, como un mayor riesgo de contraer diversas formas de cáncer. Los intentos de establecer asociaciones entre los bomberos y las enfermedades de las vías respiratorias han arrojado resultados contradictorios, reflejando los desafíos que se encuentran en el estudio de esta población. Los efectos a largo plazo de la exposición repetida al humo no han sido concluyentes. Muchos de los estudios no indican que los bomberos tienen una disminución significativa en la función pulmonar con el tiempo. Los hallazgos de estos estudios pueden estar influenciados por factores tales como exposición previa de los bomberos a agentes neumotóxicos, la mejora en el equipo de protección respiratoria y su uso también es probable que impida el desarrollo de enfermedad pulmonar crónica (2,3).

En este estudio se evaluó el estado funcional respiratorio por medio de espirometría en bomberos voluntarios de la Ciudad de México derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social. No encontramos relación entre las estimaciones de exposición y los parámetros de la función pulmonar basal (VEF1, CVF, VEF1/CVF y VEF 25/75). Realizamos análisis de sensibilidad, de los cuales se excluyeron los bomberos con posible exposición dentro de los 7 días previos a la prueba. Los datos mostrados se ajustaron para la dependencia de la edad de los parámetros de la función pulmonar comparando sujetos <25 años con los valores de referencia para 25 años. Se realizaron análisis de sensibilidad adicionales sin ajustes para la dependencia de la edad y ajustes para la dependencia de la edad  $\leq 30$  años. Nuevamente, no se demostraron asociaciones entre ninguna estimación de exposición y parámetros de función pulmonar basales. Estratificamos a la población por conducta de fumar y exposición a biomasa tanto por separado como combinados. No se encontraron indicaciones para la modificación del efecto. Además, el ajuste por el comportamiento de fumar por categorías (nunca fumar, antes fumando y actualmente fumando), así como por paquetes de años, no proporcionó ninguna evidencia de modificación del efecto. De acuerdo con estudios previos que muestran un deterioro en la función pulmonar después de la exposición. No encontramos específicamente una disminución mayor en VEF 25–75, una medida de la disfunción de las vías respiratorias más pequeñas. Este hallazgo no concuerda con los primeros hallazgos en los estudios iniciales que mostraron una disminución significativa en los valores espirométricos justo después de la exposición.

Dentro de las debilidades encontradas en el estudio destaca la presencia de no confirmación del daño a través de estudios más sensibles como lo son una pletismografía, oscilometría de impulso o inclusive un tomografía de alta resolución, dado que el estudio por espirometría solo cuenta con una sensibilidad del 70% para establecer diagnóstico de alguna alteración.

Otra debilidad encontrada es el hecho de que, si bien la muestra es representativa, no se alcanzó el valor requerido de N, para el desarrollo del estudio la población correspondiente a paciente con patología obstructiva es bajo por lo que se considerara la continuidad de dicho estudio con este grupo poblacional en particular para incrementar la validez de los resultados obtenidos.

En un futuro a aquellas personas pertenecientes a este grupo de población que sean detectados de manera temprana con este tamizaje, se deberá proceder a complementación diagnóstica con los estudios de forma oportuna y de esta manera el lograr la confirmación o descarte diagnóstico de así serlo implementar estrategias para limitación del daño con un tratamiento oportuno.

## CONCLUSIONES

Las enfermedades respiratorias representan la tercera causa de mortalidad en nuestro país, superado sólo por enfermedades del corazón y cáncer. Las enfermedades respiratorias siguen siendo un problema de salud importante para los bomberos. Una emergencia de incendio no tiene controles de ingeniería ni normas de seguridad y salud en el trabajo para reducir el efecto de gases irritantes, asfixiantes o tóxicos, aerosoles, productos químicos o partículas. Los bomberos tienen poca idea sobre la identidad de muchos de los materiales a los que están expuestos o los peligros para la salud de tales exposiciones, ya sean químicos, biológicos o particulados. Algunos efectos sobre la salud son inmediatos, mientras que otros pueden tardar años e incluso décadas para desarrollarse. Los intentos de establecer asociaciones entre los bomberos y las enfermedades de las vías respiratorias han arrojado resultados contradictorios, reflejando los desafíos que se encuentran en el estudio de esta población.

En nuestro estudio se evaluó el estado funcional respiratorio por medio de espirometría en bomberos voluntarios de la Ciudad de México. Sin embargo, no encontramos relación entre las estimaciones de exposición y los parámetros de la función pulmonar basal (VEF1, CVF, VEF1/CVF y VEF 25/75).

Solo uno de los pacientes el cual no contaba ni con exposición a biomasa ni habito tabáquico activo o previo, resulto con un patrón espirométrico obstructivo, asociado a la exposición repetida durante las labores de bombero que en su caso particular ha desempeñado por 20 años de acuerdo al cuestionario.

Consideramos que la no alteración en los parámetros de función pulmonar es debida a que por una parte la media de edad de la población es de 39 años, es decir es una población muy joven, además la media de años de servicio es de 13.54 años, que de acuerdo a estudios previos, se ha demostrado que la afección en las pruebas de función pulmonar ocurre después de 15 o mas años de exposición laboral.

Este estudio queda como precedente para considerar que este grupo poblacional es de alto riesgo debido a la exposición repetida a sustancias neumotóxicas y que se deberá evaluar en un futuro de forma repetida por medio de pruebas de tamizaje para su detección oportuna y así limitar el daño que esto les pudiera ocasionar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lees PSJ. Combustion products and other firefighter exposures. *Occupational Medicine: State of the Art Reviews*. 1995;10:691-706.
2. Cohen MA, Guzzardi LJ. Inhalation of products of combustion. *Ann Emerg Med*. 1983;12:628-632.
3. Bizovi KE, Leilin JD. Smoke inhalation among firefighters. *Occupational Medicine: State of the Art Reviews*. 1995; 10:721-734.
4. Scannell CH, Balmes JR. Pulmonary effects of firefighting. *Occupational Medicine: State of the Art Reviews*. 1995; 10:789-802.
5. Peters JM, Theriault GP, Fine LJ, Wegman DH. Chronic effect of fire fighting on pulmonary function. *N Eng J Med*. 1974; 291:1320-1322.
6. Musk AW, Peters JM, Wegman DH. Lung function in fire fighters, I: a three year follow-up of active subjects. *Am J Public Health*. 1977a;67:626-629.
7. Musk AW, Peters JM, Wegman DH. Lung function in fire fighters II: a five year follow-up of retirees. *Am J Public Health*. 1977b; 67:630-633.
8. Musk AW, Smith TJ, Peters JM, McLaughlin E. Pulmonary function in firefighters: acute changes in ventilatory capacity and their correlates. *Br J Ind Med*. 1979;36:29-34.
9. Loke J, Matthay RA, Putman CE, Smith GJW. Acute and chronic effects of fire fighting on pulmonary function. *Chest*. 1980;77:369-373.
10. Musk Aw, Peters JM, Bernstein L, Rubin C, Monroe CB. Pulmonary function in firefighters: a six-year follow-up in the Boston Fire Department. *Am J Ind Med*. 1982;3:3-9.
11. Sheppard D, Distefano S, Morse L, Becker C. Acute effects of routine firefighting on lung function. *Am J Ind Med*. 1986;9:333-340.
12. Horsefield K, Guyatt AR, Cooper FM, Buckman MP, Cumming G. Lung function in West Sussex firemen: a four year study. *Br J Ind Med*. 1988;45:116-121.
13. Brandt-Rauf PW, Cosman B, Fallon LF, Tarantini T, Idema C. Health hazards of firefighters: acute pulmonary effects after toxic exposures. *Br J Ind Med*. 1989;46:209-211.

14. Markowitz JS. Self-reported short- and long-term respiratory effects among PVC-exposed firefighters. *Arch Environ Health*. 1989;44:30-33.
15. Sherman CB, Barnhart S, Miller MF, Segal MR, Aitken M, Schoene R, Daniell W, Rosenstock L. Firefighting acutely increases airway responsiveness. *Am Rev Respir Dis*. 1989;140:185-190.
16. Chia KS, Jeyaratnam J, Chan TB, Lim TK. Airway responsiveness of firefighters after smoke exposure. *Br J Ind Med*. 1990;47:524-527,
17. Large AA, Owens GR, Hoffman LA. The short-term effects of smoke exposure on the pulmonary function of firefighters. *Chest*. 1990;97:806-809.
18. Rothman N, Ford DP, Baser ME, Hansen JA, O'Toole T, Tockman MS, Strickland PT. Pulmonary function and respiratory symptoms in wildland firefighters. *J Occup Med*. 1991;33:1163-1167.
19. Liu D, Tager IB, Balmes JR, Harrison RJ. The effect of smoke inhalation on lung function and airway responsiveness in wildland fire fighters. *Am Rev Respir Dis*. 1992;146:1469-1473.
20. Betchley C, Koenig JQ, van Belle G, Checkoway H, Reinhardt T. Pulmonary function and respiratory symptoms in forest firefighters. *Am J Ind Med*. 1997;31:503- 509.
21. Burgess JL, Nanson CJ, Bolstad-Johson DM, Gerkin R, Hysong TA, Lantz RC, Sherril DL, Crutchfield CD, Quan SF, Bernard AM, Witten ML. Adverse respiratory effects following overhaul in firefighters. *J Occup Environ Med*. 2001;43:467-473.
22. Mustajbegovic J, Zuskin e, Schachter EN, Kern J, Vrcic-Keglevic M, Heimer S, Vitale K, Nada T. Respiratory function in active firefighters. *Am J Ind med*. 2001;40:55-62.
23. Banauch GI, Alleyne D, Sanchez R, Olender K, Weiden M, Kelly KJ, and Prezant DJ. Persistent bronchial hyperreactivity in New York City firefighters and rescue workers following collapse of World Trade Center. *Am. J. Resp. Crit. Care Med*. 2003; 168:54-62.
24. Banauch GI, Hall C, Weiden M, Cohen HW, Aldrich TK, Christodoulou V, Arcentales N, Kelly KJ, and Prezant DJ. Pulmonary function loss after World Trade Center exposure in the New York City Fire Department. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. 2006; 174:312-319.
25. Miedinger D, Chhajed PN, Tamm M, Stolz D, Surber C, Leuppi JD. Diagnostic tests for asthma in firefighters. *Chest* 2007;131:1760-1767.

26. Gaughan DM, Cox-Ganser JM, Enright PL, Castellan RM, Wagner GR, Hobbs GR, Bledsoe TA, Siegel PD, Kreiss K, Weissman DN. Acute upper and lower respiratory effects in wildland firefighters. *J Occup Environ Med.* 2008;50:1019-1028.
27. Feuer E, Rosenman K. Mortality in police and firefighters in New Jersey. *Am J Ind Med.* 1986;9:517-527.
28. Rosenstock L, Demers P, Heyer NJ, Barnhart S. Respiratory mortality among firefighters. *Br J Ind Med.* 1990;47:462-465.
29. Prezant DJ, Weiden M, Banauch GI, McGuinness G, Rom WN, Aldrich TK and Kelly KJ. Cough and bronchial responsiveness in firefighters at the World Trade Center site. *N Eng J Med* 2002;347:806-15.



## ASPECTOS DE BIOSEGURIDAD

### Carta para protocolos de investigación sin implicaciones de Bioseguridad

Noviembre de 2019

A quien corresponda:

**Presidente del Comité de Bioseguridad para la Investigación**

Presente

Declaró al Comité de Bioseguridad para la Investigación, que el protocolo de investigación con título: "**VALORACIÓN DEL ESTADO FUNCIONAL RESPIRATORIO EN BOMBEROS VOLUNTARIOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO**" del cual soy responsable, NO TIENE IMPLICACIONES DE BIOSEGURIDAD, ya que no se utilizará material biológico infecto-contagioso; cepas patógenas de bacterias o parásitos; virus de cualquier tipo; material radiactivo de cualquier tipo; animales y/o células y/o vegetales genéticamente modificados; sustancias tóxicas, peligrosas o explosivas; cualquier otro material que ponga en riesgo la salud o la integridad física del personal de salud, o las y los derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social, o afecte al medio ambiente.

Asimismo, declaro que, en este protocolo de investigación, no se llevarán a cabo procedimientos de trasplante de células, tejidos u órganos, o de terapia celular, ni se utilizarán animales de laboratorio, de granja o de vida silvestre.

A T E N T A M E N T E

Dr. Gabriel Severino Escobedo Arenas.  
Investigador Principal

## CONSENTIMIENTO INFORMADO



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
UNIDAD DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN  
Y POLÍTICAS DE SALUD  
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD  
CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN  
Nombre del estudio: **VALORACIÓN DEL ESTADO FUNCIONAL RESPIRATORIO EN BOMBEROS  
VOLUNTARIOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

Patrocinador externo: No aplica

Lugar y fecha: Calzada Vallejo y Paseo de las Jacarandas S/N La Raza, Azcapotzalco 02990, Ciudad de México. A \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de 2019.

Número de registro: Pendiente

Justificación y objetivo del estudio: Buscaremos si existe inflamación en tus bronquios a consecuencia de tu oficio. La realización de este estudio podría demostrar los cambios que se generan a largo plazo en tus pulmones debido a la exposición a humo y otras partículas a consecuencia de tu oficio.

Procedimientos: De forma voluntaria y en una sola visita realizarás una prueba llamada espirometría, la cual dura aproximadamente 20 minutos, en el cual vas a soplar a través de un tubo de cartón desechable conectado a un aparato que es el espirómetro y la cual repetirás después de aplicar medicamento para tus bronquios. Para la realización de la prueba no debes estar en ayunas, no debes haber realizado ejercicio vigoroso 30 minutos antes, deberás acudir sin ropa ajustada, no fumaras en la hora previa y suspenderás cualquier medicamento inhalado por lo menos 12 horas antes del procedimiento. De acuerdo a los resultados se te indicara si es necesario que acudas nuevamente a valoración a consulta externa y el numero de ocasiones que tendrás que hacerlo. Debes considerar que los gastos generados en el transporte a las valoraciones correrán por tu cuenta. Las consultas otorgadas, la realización de la prueba y el tratamiento otorgado, de así requerirlo, no tienen ningún costo para ti.

Posibles riesgos y molestias: Riesgo mínimo: puedes presentar tos, cansancio, falta de aire al realizar la prueba. Te aplicaremos un medicamento inhalado llamado salbutamol, para abrir tus bronquios, ver que tipo de inflamación presentas y que tipo de tratamiento ofrecerte en caso de que lo requieras. Algunos efectos que puedes presentar con el medicamento son nauseas, palpitations, temblores, irritación de la garganta y lengua, tos, dolor de cabeza. Estos efectos secundarios se presentan en menos del 1% de los pacientes. En la mayoría de los casos no requieren tratamiento medico y su duración no sobrepasa las 4 horas. Si presentaras algún efecto secundarios que amerite seguimiento contamos con los medios para realizar el diagnostico y ofrecerte el tratamiento según sea el caso.

Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio: La garantía de que recibirás respuesta a cualquier pregunta y aclaración a cualquier duda de los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación y el tratamiento. Conocer si presentas inflamación en los bronquios derivado de tu labor y en caso de presentarla poder ofrecerte un tratamiento y seguimiento de acuerdo a los resultados. En este estudio se contempla el seguimiento en consulta externa posterior a la conclusión de los procedimientos descritos en caso de que lo ameritaras.

Información sobre resultados y alternativas de tratamiento: Se te informará sobre los resultados y en caso necesario se te informará si es necesario realizar otros estudios, para otorgarte el tratamiento de elección y las diferentes opciones de tratamiento con las que se cuentan.

Participación o retiro: Es libre de retirarse del estudio en cualquier momento, o de no aceptar participar. En caso de abandonar el estudio, se te excluirá del protocolo mismo. Sin embargo en caso de requerir atención médica, se te otorgará con las limitantes que se generen de la negación a realización del test de espirometría.

Privacidad y confidencialidad: Se permanecerá la privacidad y la identidad de los datos de los pacientes.

En caso de colección de material biológico (Si aplica):  
 No autoriza que se tome la muestra.  
 Si autorizo que se tome la muestra solo para este estudio.  
 Si autorizo que se tome la muestra para este estudio y estudios futuros.

Disponibilidad de tratamiento médico en derechohabientes (si aplica): No aplica

Beneficios al término del estudio: La garantía de que recibirás respuesta a cualquier pregunta y aclaración a cualquier duda de los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación y el tratamiento.

En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:

Investigador Responsable: Dr. Gabriel Escobedo Arenas Médico Adscrito al Servicio de Neumología. Correo electrónico: gabriel.escobedo@hotmail.com Teléfono: 55-54-54- 70-05

Colaboradores: Dra. Zaira Romero López. Médico Adscrito al Servicio de Neumología.  
Dra. Karla Liliana Heredia Flores Residente de Neumología

En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse al Comité de Ética en investigación en Salud de UMAE Hospital Dr. Gaudencio González Garza La Raza. Av. Jacarandas s/n, col La Raza. Delegación Azcapotzalco, Ciudad de México. Y a la Dirección de Educación e investigación en Salud. Teléfono 57245900 extensión 24428, correo electrónico: [comision.etica@imss.gob.mx](mailto:comision.etica@imss.gob.mx)

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del sujeto

Puente Pérez Abraham Enrique  
\_\_\_\_\_  
Nombre y firma de quien obtiene el consentimiento

Testigo 1  
\_\_\_\_\_  
Nombre, dirección, relación y firma

Testigo 2  
\_\_\_\_\_  
Nombre, dirección, relación y firma

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

	<b>Septiembre 2019</b>	<b>Octubre 2019</b>	<b>Noviembre 2019</b>	<b>Diciembre 2019</b>	<b>Enero 2020</b>	<b>Febrero 2020</b>
Delimitación del tema	<b>P E</b>					
Recopilación y revisión bibliográfica		<b>P E</b>				
Elaboración del protocolo de estudio			<b>P</b>	<b>E</b>		
Presentación al comité de Investigación						<b>P</b>
Autorización del protocolo						<b>P</b>
Recolección de Información						<b>P</b>
Análisis de resultados						<b>P</b>
Escritura del reporte final						<b>P</b>
Envío de publicación						<b>P</b>

# ANEXOS

## ANEXO 1. CUESTIONARIO

NOMBRE \_\_\_\_\_

NSS \_\_\_\_\_ EDAD \_\_\_\_\_

PESO \_\_\_\_\_ TALLA: \_\_\_\_\_

OTRA OCUPACIÓN \_\_\_\_\_

AÑOS DE SERVICIO \_\_\_\_\_

EXPOSICIÓN A BIOMASA \_\_\_\_\_

TABAQUISMO \_\_\_\_\_

NEUMOPATÍAS PREVIAS \_\_\_\_\_¿CUAL? \_\_\_\_\_

OTRAS COMORBILIDADES \_\_\_\_\_

