



**SALUD**  
SECRETARÍA DE SALUD

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD XOCHIMILCO**  
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO DE ATENCIÓN A LA SALUD  
LICENCIATURA EN MEDICINA

## **INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL**

**SEDE**  
**HOSPITAL DE PEDIATRÍA “DR. SILVESTRE FRENK FREUND”**  
**CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI**  
**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL**  
**CIUDAD DE MÉXICO, MÉXICO**

**PROGRAMA NACIONAL DE SERVICIO SOCIAL EN INVESTIGACIÓN EN SALUD – PROMOCIÓN**  
**FEBRERO 2019**  
COMISIÓN INTERINSTITUCIONAL PARA LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS PARA LA  
SALUD  
SECRETARÍA DE SALUD, GOBIERNO DE MÉXICO

**“METAPLASIA DE VÍAS AÉREAS ASOCIADO A TABAQUISMO Y**  
**CONTAMINACIÓN AMBIENTAL MEDIANTE ESPUTO: CAMPO, CIUDAD Y**  
**CALIDAD DEL AIRE”**

**M.P.S.S. FERNANDO PADILLA SANTAMARÍA 2123074931**

### **ASESORAS:**

**M. en C. ALICIA GEORGINA SIORDIA REYES**  
**M. en C. FLORIBEL FERMAN CANO**

**FEBRERO 2020.**

## ÍNDICE

CAP. 1 INVESTIGACIÓN	3
1.1.- MARCO TEÓRICO	3
1.2.- JUSTIFICACIÓN	5
1.3.- PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	6
1.4.- HIPÓTESIS	7
1.5.- OBJETIVOS	7
1.5.1.- Generales	7
1.5.2.- Específicos	8
1.6.- MATERIALES Y MÉTODOS	8
1.6.1.- Muestreo	9
1.6.2.- Recolección de muestras de esputo	10
1.6.3.- Técnica de tinción y análisis de las muestras	11
1.6.4.- Análisis de la Calidad del Aire	11
1.6.5.- Análisis Estadístico	11
1.6.6.- Consideraciones Éticas	12
1.7.- RESULTADOS	13
1.7.1- Citologías de esputo	14
1.7.2- Análisis de No Fumadores	15
1.7.3- Calidad del Aire	15
1.8.- DISCUSIÓN	17
1.9.- AGRADECIMIENTOS	19
1.10.- DECLARACIÓN DE PROPIEDAD INTELECTUAL	19
1.11.- FINANCIAMIENTO	19
1.11.- CONFLICTOS DE INTERÉS	19
1.11.- REFERENCIAS	20
CAP. 2 DESCRIPCIÓN DE LA COMUNIDAD DONDE SE HIZO LA INVESTIGACIÓN	23
CAP.3 DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE SALUD O INSTITUCION, INFRAESTRUCTURA, RECURSOS FÍSICOS Y HUMANOS	24
CAP. 4 ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL SERVICIO SOCIAL	25
CAP. 5 CONCLUSIONES DEL PASANTE SOBRE SU SERVICIO SOCIAL	28
5.1 EN RELACIÓN A SU FORMACIÓN COMO PERSONA	28
5.2 EN RELACIÓN A SU FORMACIÓN PROFESIONAL	28
5.3 EN RELACIÓN A SU APORTACIÓN A LA COMUNIDAD	28
5.4 EN RELACIÓN CON SU INSTITUCIÓN EDUCATIVA	29
ANEXO A	30
ANEXO B	31
ANEXO C	33

# Capítulo 1

## INVESTIGACIÓN

### MARCO TEÓRICO

Es bien conocido que el tabaquismo es un problema mundial, reportándose que cada año esta epidemia provoca la muerte de 5.4 millones de personas, y se prevé que esta cifra llegue a los 8 millones anuales para el año 2030.<sup>1</sup> En México, se ha observado que la prevalencia de tabaquismo va en aumento en la población mayor de 18 años.<sup>2</sup> Esta adicción una de las principales causas del cáncer pulmonar; sin embargo, entre otras de importancia y que en las últimas décadas ha sido motivo de debates a nivel internacional es la contaminación del aire. En un estudio reciente realizado en Taiwán con 371,084 pacientes diagnosticados con cáncer pulmonar, se reportó que más del 50% de ellos no son ni fueron fumadores, por lo que estos resultados se han atribuido a la contaminación del aire<sup>3</sup>.

A nivel mundial, los contaminantes del aire están clasificados en 2 grandes grupos dependiendo de su emisor: los emitidos por el hombre y los naturales; dentro de los contaminantes naturales -y que en ocasiones no se suelen tomar en cuenta en aspectos de salud humana- es la exposición a emisiones volcánicas sean o no eruptivas. Los contaminantes de origen volcánico no solo influyen en la contaminación de agua y también inducen daño a las vías aéreas tanto altas como bajas a consecuencia de los flujos piroclásticos, principalmente<sup>4, 5</sup>.

Factores de riesgo como el tabaquismo, las enfermedades pulmonares (enfermedad pulmonar obstructiva crónica, por ejemplo), la exposición a biomasa, micropartículas, sustancias nocivas y la contaminación del aire se han relacionado estrechamente con el cáncer pulmonar<sup>6, 7</sup>. La exposición a los factores citados anteriormente comienzan el daño al epitelio respiratorio provocando inflamación, la cual en algunos casos se autolimita y el tejido pulmonar se reestablece, pero en los casos de exposición crónica la inflamación permanece, provocando que las células sufran procesos de adaptación inicialmente reversibles con el fin de enfrentar el estrés al que están sometidas; si dicho agente nocivo no es removido, los cambios de adaptación celular pueden volverse irreversibles y aumentar el riesgo de evolucionar a malignidad<sup>8</sup>.

La metaplasia es un cambio de adaptación celular reversible que se caracteriza por el reemplazo de una célula madura por un tipo diferente, y es precisamente el caso de las células cilíndricas del epitelio respiratorio el ejemplo más citado de metaplasia, las cuales cambian por células escamosas cuando son sometidas a un daño crónico<sup>9</sup>. El tabaquismo pasivo y activo, así como la exposición crónica a la contaminación del aire conducen al desarrollo de metaplasia en las vías aéreas, causando inicialmente inflamación y posteriormente el cambio de adaptación celular; si bien por definición la metaplasia no representa un factor pronóstico del cáncer, sí se encuentra relacionada al daño tisular causado por agentes externos y, aunque es reversible, puede orientar al riesgo de progresión a un cambio de adaptación celular no reversible (displasia).

Todos los contaminantes del aire provocan daños al epitelio respiratorio y a diferentes niveles; dentro de los contaminantes más importantes encontramos las partículas suspendidas, el ozono ( $O_3$ ), el dióxido de azufre ( $SO_2$ ), dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) y el monóxido de carbono (CO). Las partículas suspendidas son clasificadas de acuerdo a su tamaño y, por consiguiente, dependerá de esta característica el nivel al que pueden llegar del tracto respiratorio: menores de  $10\mu m$  (PM10), menores de  $5\mu m$  (PM5) y menores de  $2.5\mu m$  (PM2.5); entre más pequeñas las partículas suspendidas, es más probable que ingresen a los espacios alveolares e incluso interferir en el intercambio gaseoso alveolo-capilar, dañar las paredes alveolares e ingresar al torrente sanguíneo<sup>10, 11</sup>.

El ozono es un gas oxidante poco soluble en agua, por lo que este contaminante no puede removerse del tracto respiratorio; los fluidos que revisten este epitelio contienen enzimas antioxidantes, proteínas y lípidos que protegen a los tejidos de agresiones externas; el  $O_3$  -a largo

plazo- se acumula en el moco que reviste el epitelio respiratorio en donde sufre transformaciones químicas que dan origen a productos oxidantes secundarios provocando estrés celular y consecuentemente cambios de la señalización y una respuesta inflamatoria que posteriormente inducirá metaplasia<sup>12</sup>. Por otra parte, el SO<sub>2</sub> es un contaminante originado del uso de combustibles y del proceso de refinado del petróleo; provoca irritación con consecuente inflamación y desarrollo de cambios de adaptación celular en el epitelio respiratorio cuando existe exposición crónica, por lo que las manifestaciones clínicas relacionadas con este contaminante son inespecíficas, tales como tos, expectoración y estornudos; a pesar de lo anterior, no se ha demostrado con fortaleza su asociación con el asma, comparado con el O<sub>3</sub><sup>13</sup>. El NO<sub>2</sub> es un contaminante tanto natural como artificial, ya que se puede encontrar en mayor concentración en las granjas que cultivan maíz en cantidades industriales, ya que este material orgánico fresco aumenta sus niveles y es inhalado por los agricultores quienes desarrollan la enfermedad por relleno de silo, entidad que muestra los efectos que tiene el NO<sub>2</sub> sobre el epitelio respiratorio, provocando irritación e inflamación de las vías aéreas, edema pulmonar, síndrome de dificultad respiratoria y hemoptisis<sup>13</sup>. Por último, el CO es un gas que ha aumentado en los últimos años debido al uso de catalizadores en escapes de automóviles; el cuadro clínico asociado a este gas es completamente inespecífico, ya que las personas presentan cefaleas e irritabilidad; a pesar de esto, el CO está asociado a enfermedades cardiovasculares (específicamente a la cardiopatía isquémica crónica) más que a alteraciones respiratorias; la afectación pulmonar se observa con mayor frecuencia en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica, ya que sus efectos en el aparato respiratorio promueven su agudización<sup>13</sup>.

Si bien la metaplasia se relaciona con el estrés crónico, también se presenta de forma fisiológica con el envejecimiento; sin embargo, no se encuentra específicamente descrita la edad promedio de inicio de los cambios de adaptación celular asociados a la senectud. Con el envejecimiento, el epitelio respiratorio disminuye de forma progresiva la secreción de citosinas, factores de crecimiento, IgA y proteínas antimicrobianas, además de que las células cilíndricas pierden sus cilios y se observa metaplasia escamosa, lo que culmina en un funcionamiento tórpido del sistema mucociliar<sup>14-16</sup>. Se ha demostrado que el tabaquismo acelera el proceso de envejecimiento, por lo que un consumo excesivo de esta droga disminuye el funcionamiento adecuado del epitelio respiratorio asociando este deterioro a los cambios esperados en el envejecimiento, además del daño tisular causado por la inflamación crónica<sup>17</sup>.

Existen diversos estudios que para poder demostrar la presencia de metaplasia en el epitelio respiratorio utilizan broncoscopías y tomas de biopsia, lo que representa un procedimiento invasivo y con riesgos para la salud e incluso la vida de un paciente que pueden presentarse durante o después de la intervención; una forma no invasiva, de bajo costo y que no pone en riesgo la salud ni la vida del paciente es la citología de esputo, que consiste en la recolección de una expectoración brindada por el paciente en la cual es posible encontrar células epiteliales, procesos inflamatorios, cambios de adaptación celular (incluyendo metaplasia) y microorganismos. Para considerar una muestra de esputo como "adecuada", es necesario que cuente con macrófagos alveolares y/o células cilíndricas ciliadas, lo que representa un indicador de que la expectoración proviene de la vía respiratoria baja<sup>18, 19</sup>.

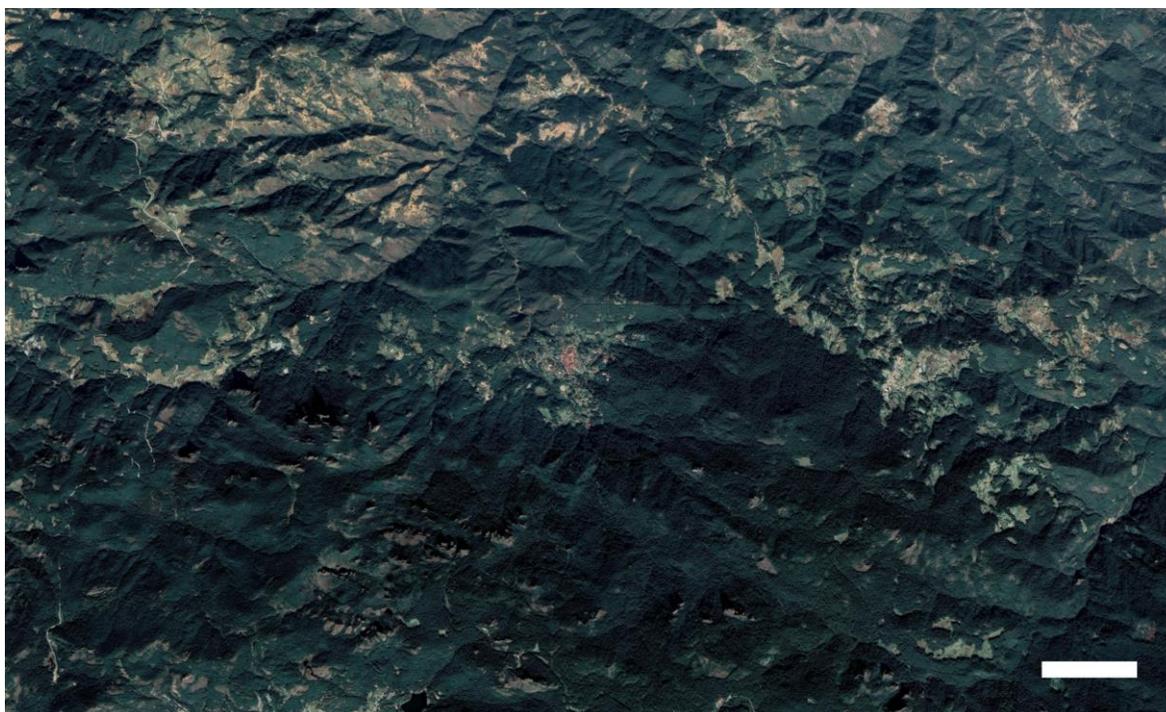
Si bien las citologías de esputo son teñidas frecuentemente solo con hematoxilina y eosina, también es posible teñirlas con la técnica de Papanicolaou, lo cual aumenta la sensibilidad de detección de cambios de adaptación celular y células malignas, sobre todo cuando la muestra de esputo se recolecta en la mañana<sup>20</sup>.

De acuerdo a lo expuesto hasta ahora, la metaplasia y la inflamación son efectos producidos a causa de un estrés crónico tales como el tabaquismo y la exposición a la contaminación del aire de una ciudad; se sabe que los árboles desempeñan un papel importante respecto al mantenimiento de la calidad del aire<sup>21</sup>, sin embargo, ¿es posible que estos representen un factor protector para la salud del epitelio respiratorio de personas fumadoras y no fumadoras respecto a la contaminación del aire?

En el estado de Hidalgo, existe un municipio que presenta características apropiadas para el estudio de la posible protección que ofrecerían los bosques para la salud del epitelio respiratorio, este

municipio es Mineral del Chico, que hasta el 2015 contó con 9,028 habitantes según los reportes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI)<sup>22</sup>. En este municipio se encuentra el “Parque Nacional El Chico”, biosfera que actualmente está protegida por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) del Gobierno de México en grado de “Parque Nacional” de acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente<sup>23</sup>; su superficie es de 2,739 ha y su distribución geográfica hace que el bosque rodee a la población de este municipio (**Figura 1**); su altitud media es de 2,434.88 msnm (máxima 3200 msnm; mínima 1,600 msnm). Mineral del Chico no cuenta con un sistema de monitoreo atmosférico; las estaciones de monitoreo con mayor cercanía se encuentran en Pachuca de Soto (capital del estado de Hidalgo); sin embargo, la altitud media de esta entidad es de 2,382 msnm (máxima 2,400 msnm; mínima 2,382 msnm) y se encuentra a aproximadamente 22 km de Mineral del Chico. A pesar de ser un área urbana con un flujo vehicular alto, Pachuca de Soto ha tenido una calidad del aire calificada como “buena” durante el 2018 según la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo (SEMARNATH)<sup>24, 25</sup>.

Por otra parte, respecto a la contaminación del aire, se ha reportado desde el año 2013 que los 3 estados de la República Mexicana con la mejor calidad del aire son: Baja California Sur, Aguascalientes y Tlaxcala<sup>26</sup>. Por las colindancias y cercanías respecto a la Ciudad de México, Tlaxcala es un candidato adecuado para la búsqueda de participantes que conformen el grupo de estudio compuesto por fumadores y no fumadores con una exposición baja a la contaminación del aire.



**Figura 1.** Fotografía satelital del centro de Mineral del Chico (Hidalgo, México) al centro de la imagen, en donde puede apreciarse la amplia extensión territorial del bosque. Google Earth Pro para Windows (Barra=1km).

## JUSTIFICACIÓN

En nuestro estudio previo publicado en 2018, se siguió una cohorte de 30 participantes del año 2014 al 2016 divididos en 2 grupos (15/grupo): fumadores y no fumadores, ambos conjuntos expuestos a la contaminación ambiental de la Ciudad de México desde su nacimiento. Se obtuvieron

muestras de esputo que posteriormente fueron teñidas con la técnica de Papanicolaou, para después detectar metaplasias mediante microscopía óptica. Se realizaron un total de 1897 entrevistas en la Ciudad de México, de los cuales solo 30 cumplieron con nuestros criterios de inclusión; con respecto al análisis estadístico entre ambos grupos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al hallazgo de metaplasias; se concluyó que en este estudio, las personas fumadoras tienen 1.6 veces más probabilidad de presentar metaplasias en vías aéreas que las personas no fumadoras y no parece ser necesario que los niveles de contaminación del aire en la Ciudad de México lleguen a niveles críticos para que se presenten cambios de adaptación celular importantes en el epitelio respiratorio.<sup>27</sup>

A pesar de nuestros hallazgos, se pretende realizar los mismos procedimientos pero en esta ocasión en un poblado de México que se encuentre dentro de una reserva ecológica de amplia extensión territorial, así como otra población cuyos reportes de la calidad del aire sean de los mejores a nivel nacional y, de esta forma, observar si lo anterior representa un factor protector para evitar cambios de adaptación celular y su progresión en el epitelio respiratorio en personas fumadoras y no fumadoras, además de brindar un mayor soporte a las conclusiones obtenidas en el estudio previo. Se realizó una búsqueda de zonas del país con las características ya mencionadas y, por encontrarse cercanas a la Ciudad de México, se eligió estudiar a la población de Mineral del Chico, Hidalgo, (área natural protegida en categoría de "Parque Nacional") y Tlaxcala (el tercer estado con mejor evaluación de la calidad del aire).

Actualmente se continúa siguiendo la cohorte de la Ciudad de México reportada en el estudio previo; sin embargo, 2 personas han fallecido (ambas por accidentes automovilísticos) y 2 más fueron sometidas a estrés respiratorio debido a ventilación mecánica por problemas de salud no especificados, por lo que representan bajas en este nuevo protocolo. Se pretende iniciar la búsqueda de más personas en la Ciudad de México que cumplan con nuestros criterios de inclusión y exclusión mencionados en el apartado "Metodología" con el fin de ampliar esta muestra. Además, de acuerdo con las características del municipio de Mineral del Chico (Hidalgo) y el estado de Tlaxcala, se iniciará la búsqueda de participantes en dichas zonas del país que cumplan con nuestros criterios de inclusión, con el fin de comparar la presencia de metaplasias en participantes fumadores y no fumadores de la Ciudad de México, fumadores y no fumadores en un área protegida por la SEMARNAT, y fumadores y no fumadores residentes del estado de Tlaxcala (fumadores y no fumadores con exposición baja a contaminantes del aire).

Basados en la evidencia científica expresada en el marco teórico y en nuestra experiencia del estudio previo, en el presente protocolo se utilizará la técnica de tinción de Papanicolaou para evaluar la presencia de metaplasias e inflamación en sujetos fumadores y no fumadores residentes de la Ciudad de México, comparándolos contra fumadores y no fumadores residentes de Mineral del Chico (Hidalgo) y Tlaxcala. Por tanto, se evaluará el comportamiento del epitelio respiratorio en pacientes fumadores y no fumadores en 3 poblaciones: expuestos a franca contaminación ambiental, expuestos a contaminantes dentro de un área ecológica protegida y residentes del tercer estado de la república mexicana con mejor calidad del aire de acuerdo a la SEMARNAT.

## **PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

¿En personas no fumadoras, la contaminación del aire provoca el desarrollo de metaplasia en el epitelio respiratorio en frecuencias similares a las que ocasiona el tabaquismo en fumadores residentes de un área con altos niveles de contaminación atmosférica (Ciudad de México) comparados con individuos residentes de una región con bajos niveles de contaminación del aire (Tlaxcala)?

¿Residir en un área ecológica protegida de amplia extensión territorial (Mineral del Chico, Hidalgo) disminuye el desarrollo de metaplasia de vías aéreas asociada a la contaminación del aire en personas fumadoras y no fumadoras respecto a aquellas que residen en una zona con altos

niveles de contaminación atmosférica (Ciudad de México), y a su vez, estos niveles son similares a los encontrados en una población con bajos niveles de contaminación del aire (Tlaxcala)?

¿Existirán diferencias estadísticamente significativas entre las frecuencias de metaplasia escamosa de vías aéreas en personas no fumadoras residentes de una zona con bajos niveles de contaminación del aire (Tlaxcala), personas no fumadoras residentes de un área natural protegida (Mineral del Chico, Hidalgo) y personas no fumadoras de una región con altos niveles de contaminantes (Ciudad de México)?

## **HIPÓTESIS**

La contaminación del aire provoca el desarrollo de metaplasia escamosa en el epitelio respiratorio de sujetos no fumadores en frecuencias iguales a las que ocasiona el tabaquismo en personas residentes en áreas con altos niveles de contaminación atmosférica (Ciudad de México) en comparación con individuos residentes de regiones con bajos niveles de contaminación del aire (Tlaxcala).

Las personas fumadoras y no fumadoras residentes en un área ecológica protegida de amplia extensión territorial (Mineral del Chico, Hidalgo) presentan menor frecuencia de metaplasia escamosa de vías aéreas asociado a contaminantes del aire en respecto a aquellas fumadoras y no fumadoras residentes de una zona con altos niveles de contaminación atmosférica (Ciudad de México).

Se encontrarán diferencias estadísticamente significativas entre las frecuencias de metaplasia escamosa en personas no fumadoras residentes de una zona con bajos niveles de contaminación del aire (Tlaxcala), personas no fumadoras residentes de un área natural protegida (Mineral del Chico, Hidalgo) y personas no fumadoras de una región con altos niveles de contaminantes (Ciudad de México), presentando mayores frecuencias de este cambio de adaptación celular en personas residentes de la Ciudad de México.

Comparando las personas residentes de Mineral del Chico y Tlaxcala, se espera que no se encuentren diferencias estadísticamente significativas entre las frecuencias de metaplasia escamosa de vías aéreas.

## **OBJETIVOS**

### **Generales**

Comparar la diferencia entre la presencia de metaplasia escamosa e infiltrado inflamatorio entre las personas fumadoras y no fumadoras de las 3 áreas de estudio (Ciudad de México, Mineral del Chico y Tlaxcala).

Analizar a la contaminación ambiental como la posible responsable de la presencia de metaplasia escamosa acompañada de infiltrado inflamatorio en personas no fumadoras residentes de la Ciudad de México.

Explorar el posible factor protector sobre los cambios de adaptación celular en el epitelio respiratorio que ofrece residir en áreas naturales y/o ciudades con buena calidad del aire.

## Específicos

- Estudiar el tabaquismo como factor de riesgo para el desarrollo de cambios de adaptación celular en el epitelio respiratorio en la Ciudad de México.
- Explorar al tabaquismo como factor de riesgo con respecto al desarrollo de cambios de adaptación celular en el epitelio respiratorio en Mineral del Chico, Hidalgo.
- Calcular el riesgo que provoca el tabaquismo con respecto al desarrollo de cambios de adaptación celular en el epitelio respiratorio en Tlaxcala.
- Analizar el riesgo que provoca la contaminación ambiental con respecto al desarrollo de cambios de adaptación celular en el epitelio respiratorio.
- Observar que la inflamación precede y acompaña a los cambios de adaptación celular, ya conocido en la literatura médica.
- De acuerdo al análisis de la calidad del aire desde el año 2003 a la actualidad en la Ciudad de México en comparación a Mineral del Chico y Tlaxcala, y con base en nuestros hallazgos anteriores, reafirmar que a pesar de las recomendaciones del sistema de monitoreo atmosférico cuando se califica la calidad del aire como “buena”, este muestra agresión al epitelio respiratorio sin necesidad de estar expuestos a contingencia ambiental constante.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio transversal prospectivo entre junio y septiembre de 2019 en el cual se buscaron personas de nacionalidad mexicana fumadoras y no fumadoras residentes desde su nacimiento en Mineral del Chico (Hidalgo) y municipios de Tlaxcala. Con respecto a la Ciudad de México, se contactó a los participantes de la cohorte de nuestro estudio previo compuesto por un total de 30 personas<sup>27</sup>.

Los criterios de inclusión para el grupo de fumadores de las 3 poblaciones de estudio serán: tener una edad de entre 18 y 40 años, índice tabáquico (IT) igual o mayor a 6 ( $IT = [\text{Número de cigarrillos que fuma al día} \times \text{Número de años de fumador activo}] / 20$ ), residir desde su nacimiento en el poblado estudiado (Ciudad de México, Mineral del Chico y Tlaxcala, respectivamente), tener 5 años o más de ser fumador activo y, estar expuesto durante un promedio mínimo de 5 horas diarias a espacios exteriores. Los criterios de inclusión para el grupo de no fumadores de las 3 poblaciones serán: no haber fumado en algún momento de su vida, edad entre 18 y 40 años, residir desde el nacimiento en el poblado estudiado (Ciudad de México, Mineral del Chico y Tlaxcala), nula convivencia (familiar y laboral) con fumadores activos y estar expuesto durante un promedio mínimo de 5 horas diarias a espacios exteriores. Los criterios de exclusión para ambos grupos de las 3 poblaciones serán: tener diagnosticada cualquier enfermedad de vías respiratorias (tanto agudas como crónicas), estar bajo tratamiento médico de cualquier tipo, cocinar con leña de forma habitual, dedicarse a profesiones u oficios con exposición a micropartículas, contaminantes o sustancias nocivas, tales como la carpintería, elaboración de ladrillos, panadería, minería, alta exposición al smog (por ejemplo: empleados de auto-lavados, estacionamientos, gasolineras, etc.), fábricas, albañilería, oficinas con papeles antiguos, otras toxicomanías además del tabaquismo, haber residido en alguna etapa de su vida en una casa hecha con materiales de asbesto, o tener algún proceso infeccioso en vías aéreas ya sean superiores o inferiores.

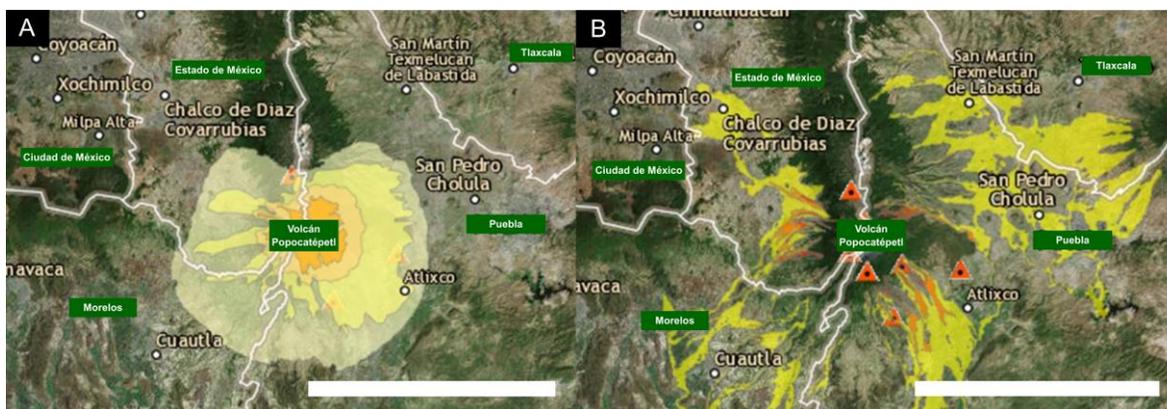
Todos los participantes aceptaron voluntariamente formar parte de este estudio firmando una carta de consentimiento informado en la cual se explicó de forma general y con un lenguaje sencillo los objetivos, riesgos, beneficios y metodología de este estudio, además de aceptar que no se remunerara de ninguna forma el hecho de participar; no se cobró a ningún participante por la entrevista, la toma, procesamiento y resultados de sus muestras; se entregaron los resultados del análisis de las citologías de esputo a cada participante en forma escrita.

## Muestreo

Todos los participantes fueron seleccionados a partir de un muestreo estratificado aleatorizado en las tres poblaciones (Ciudad de México, Mineral del Chico y Tlaxcala).

Para la Ciudad de México se tomó en cuenta la división de zonas que emplea la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA) para el estudio y monitoreo de la contaminación ambiental (noreste, noroeste, sureste, suroeste y centro)<sup>28</sup>. Se contactó a los participantes de la cohorte de nuestro estudio anterior (n=30)<sup>27</sup>. No obstante, 5 personas fueron perdidas debido a cambio de domicilio a otro estado de la república mexicana (n=2), accidente automovilístico que requirió manejo en una unidad de cuidados intensivos con manejo avanzado de la vía aérea (n=1) y muerte (n=2); además, debido a los criterios de inclusión de este estudio, se excluyeron 3 participantes cuya edad sobrepasó los 40 años, incluyendo de esta forma un total de 22 personas de la cohorte<sup>27</sup>.

Si bien aún no está descrito el trazado de un área segura alrededor de un volcán activo respecto a los efectos de sus contaminantes sobre la salud humana, se ha reportado la medición de estos gases durante erupciones a una distancia de hasta 30 km del cráter, esta medición con alta variabilidad debido a las corrientes de aire<sup>29</sup>; además, el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) de México, brindan mapas de distribución de las probabilidades de flujos piroclásticos de los volcanes de acuerdo a su actividad (**Figura 2A**)<sup>30</sup>. El Popocatepetl es el volcán activo de mayor cercanía con la Ciudad de México y Tlaxcala, por lo que en base a los pocos datos que podrían informar acerca del “área de seguridad” comentada, con apoyo del programa Google Earth Pro para Windows se trazó una circunferencia con un radio de 40km teniendo como centro el cráter de este volcán; el área trazada de aproximadamente 5,026.5 km<sup>2</sup> provocó que se excluyera de este estudio un área aproximada de 32.34km<sup>2</sup> de la Ciudad de México y 78.9 km<sup>2</sup> del estado de Tlaxcala, esto debido a que dichas zonas se encontraron dentro del área hipotéticamente expuesta mayormente a los contaminantes del volcán (**Figura 3**).



**Figura 2.** Imagen satelital del volcán Popocatepetl y las distribuciones de: A) flujos piroclásticos (Barra=50km), y B) lahares (Barra=50km), de acuerdo con el CENAPRED y el Instituto de Geofísica de la UNAM<sup>30</sup>.

Además de las zonas de probables flujos piroclásticos (CENAPRED/UNAM) y del área teórica de exposición a contaminantes aéreos provenientes del Popocatepetl, también se consideraron las áreas de exposición a lahares. Los lahares son flujos de agua mezclada con sedimentos que fluyen desde la parte superior del volcán hasta las áreas más bajas; los lahares son considerados uno de los

principales riesgos además de los restos piroclásticos cuando existe actividad volcánica. El CENAPRED y el Instituto de Geofísica de la UNAM también brindan un mapa con las probabilidades de distribución de lahar de los volcanes de México (**Figura 2B**)<sup>30</sup>. Debido a lo anterior, se decidió excluir las áreas de la Ciudad de México y Tlaxcala que se encuentran expuestas a las áreas de probabilidad de lahares según el CENAPRED y la UNAM independientemente de su grado.



**Figura 2.** Fotografía satelital en la que se ilustra el área de exclusión (5,026.5 km<sup>2</sup>) alrededor del volcán Popocatépetl teniendo un radio de 40km. Las zonas en color rojo tanto en la Ciudad de México como en Tlaxcala fueron excluidas del muestreo. Con apoyo de Google Earth Pro para Windows (Barra=50km).

### Recolección de muestras de esputo

Se recolectó una muestra de esputo calificada como satisfactoria (véase Marco Teórico) de cada participante, compuesta de la primera expectoración de la mañana. Los participantes serán preparados una noche antes de la toma de cada muestra con las indicaciones de beber al menos un litro de agua simple, y en la mañana siguiente no lavarse los dientes, no usar enjuague bucal y no ingerir alimentos ni bebidas antes de proporcionar su expectoración; en casos de dificultad para expectorar, se aconsejará apoyarse con vaporizaciones durante un baño con agua caliente en la mañana. Cada muestra se obtendrá en forma directa, recolectada en un vaso estéril nuevo; posteriormente se realizará un frotis del esputo sobre un portaobjetos utilizando un hisopo. Para evitar la contaminación de la muestra, los recolectores utilizarán cubrebocas de alta eficiencia, así como guantes de látex estériles. La muestra será fijada con Cito-Spray solución aerosol. Adicionalmente se aplicará un cuestionario que permitirá obtener más datos acerca del estilo de vida de los sujetos que conformarán la muestra. Los resultados del análisis de las citologías serán comunicados en forma escrita a cada participante sin costo alguno, de acuerdo a lo estipulado en la declaración de Helsinki y la Ley General de Salud.

## Técnica de tinción y análisis de las muestras

La presencia de metaplasias será evaluada mediante citología de esputo, para lo cual, las muestras serán teñidas usando la técnica Papanicolaou<sup>31</sup>. Las laminillas ya teñidas se analizarán al microscopio óptico por médicos patólogos cegados a los datos clínicos de cada paciente y al grupo que pertenecerá cada muestra, buscando disminuir el posible sesgo por interpretación subjetiva. La evaluación de la citología será de forma dicotómica para las metaplasias (positivo o negativo) y la presencia de inflamación se considerará de forma cualitativa ordinal: Leve (+), moderada (++) e Intensa (+++).

## Análisis de la Calidad del Aire

Calcularemos el promedio anual de los niveles de contaminantes a partir de los datos del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT), la SEMARNAT y la SEMARNATH: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM10, PM5, PM2.5 y O<sub>3</sub>, a partir de diciembre de 2016 hasta octubre de 2019. Los valores obtenidos serán clasificados de acuerdo a lo estipulado por el SIMAT como buenos (0-50), regulares (51-100), malos (101-150), muy malos (151-200) y extremadamente malos (>200)<sup>28</sup>.

Por otra parte, se realizará un análisis de la actividad volcánica del Popocatepetl en el mismo lapso mencionado, con el fin de establecer estimaciones aproximadas de emisiones de contaminantes volcánicos y exposición a otros riesgos, tales como componentes balísticos, lahares y flujos piroclásticos y, de esta forma, disminuir la probabilidad de sinergia entre los contaminantes volcánicos y la contaminación del aire tanto de las zonas de la Ciudad de México y las de Tlaxcala en las que se realizará el muestreo de este estudio.

## Análisis Estadístico

**Tabla 1.** Características de las Variables de estudio.

Variables Dependientes	Variables Independientes
<b>Género</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Descripción: Identidad sexual biológica.</li><li>- Descripción operacional: Cualitativa, nominal (Masculino y Femenino).</li></ul>	<b>Metaplasia</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Descripción: Cambio de adaptación celular reversible caracterizado por el reemplazo de una célula madura por un tipo diferente; en la tinción de Papanicolaou, aquellas células que presenten tinte naranja con disminución del citoplasma y prominencia del núcleo.</li><li>- Descripción operacional: Cualitativa nominal (Presentes y Ausentes).</li></ul>
<b>Edad</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Descripción: Tiempo que ha vivido una persona a partir de su nacimiento medida en años cumplidos.</li><li>- Descripción operacional: Cuantitativa, discontinua.</li></ul>	<b>Inflamación</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Descripción: Presencia de infiltrado de células mononucleares en las citologías de esputo.</li><li>- Descripción operacional: Cualitativa ordinal (Intenso [+++], Moderado [++], Leve [+] y Negativo)</li></ul>
<b>Tabaquismo</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Descripción: Consumo de tabaco activo con un índice tabáquico igual o mayor a 6 con un mínimo de 5 años de fumador.</li><li>- Descripción operacional: Cualitativa nominal (Positivo y Negativo).</li></ul>	
<b>Exposición a contaminación del aire</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Descripción: Exposición desde el nacimiento</li></ul>	

- 
- to a los contaminantes atmosféricos de emisión natural y de origen humano en la Ciudad de México, Mineral del Chico (Hidalgo) y Tlaxcala.
  - Descripción operacional: Cualitativa ordinal (Alta, Moderada y Baja).
- 

Los resultados obtenidos se concentrarán en una hoja de cálculo Excel y en el paquete estadístico SPSS 23.0 para Windows. Para definir el riesgo de desarrollo de metaplasias en vías aéreas que provoca actualmente la exposición al tabaco, se calculará la razón de Momios (OR). Se utilizará la prueba estadística Chi cuadrada ( $X^2$ ) y la prueba exacta de Fisher para evaluar la relación entre las variables considerando una  $p < 0.05$  como estadísticamente significativa.

## Consideraciones Éticas

El protocolo de investigación correspondiente a este estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación del Hospital de Pediatría “Dr. Silvestre Frenk Freund” del Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social, quedando registrado con el número R-2019-3603-068 (CONBIOETICA 09 CEI 032 2017121). En el **Anexo A** de este documento se expone la carta de aprobación de dicho comité.

De conformidad con lo estipulado en la Declaración de Helsinki, el Informe Belmont, el Código de Nüremberg, el Convenio de Asturias de Bioética, el Código Internacional de Ética Médica y la Ley General de Salud, todas las personas fueron libres de aceptar o rechazar participar en este estudio. Se solicitó firmaran una carta de consentimiento informado en la cual se expusieron de forma general y en un lenguaje sencillo los objetivos y procedimientos del estudio, además de exponer los beneficios y riesgos que se tienen al participar. En el **Anexo B** de este documento se expone el consentimiento informado empleado para este estudio.

La participación fue de forma anónima; únicamente los autores conocieron las personalidades de cada participante y no se dio ni darán a conocer bajo ningún motivo, situación que se hizo saber a los pacientes mediante un aviso de privacidad en el mismo consentimiento informado conforme a la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, vigente en México.

La toma, tinción y resultados de las muestras fueron totalmente gratis. De conformidad con el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, vigente en México, la participación en este estudio no tuvo riesgos contra la salud física ni mental, ya que únicamente se estudiaron citologías de esputo que, como ya se comentó, representan un estudio no invasivo y fácil de realizar.

Todos los participantes tuvieron derecho a conocer los resultados individuales y generales de la investigación, además de poseer la libre decisión de abandonar el estudio en el momento que lo decidan.

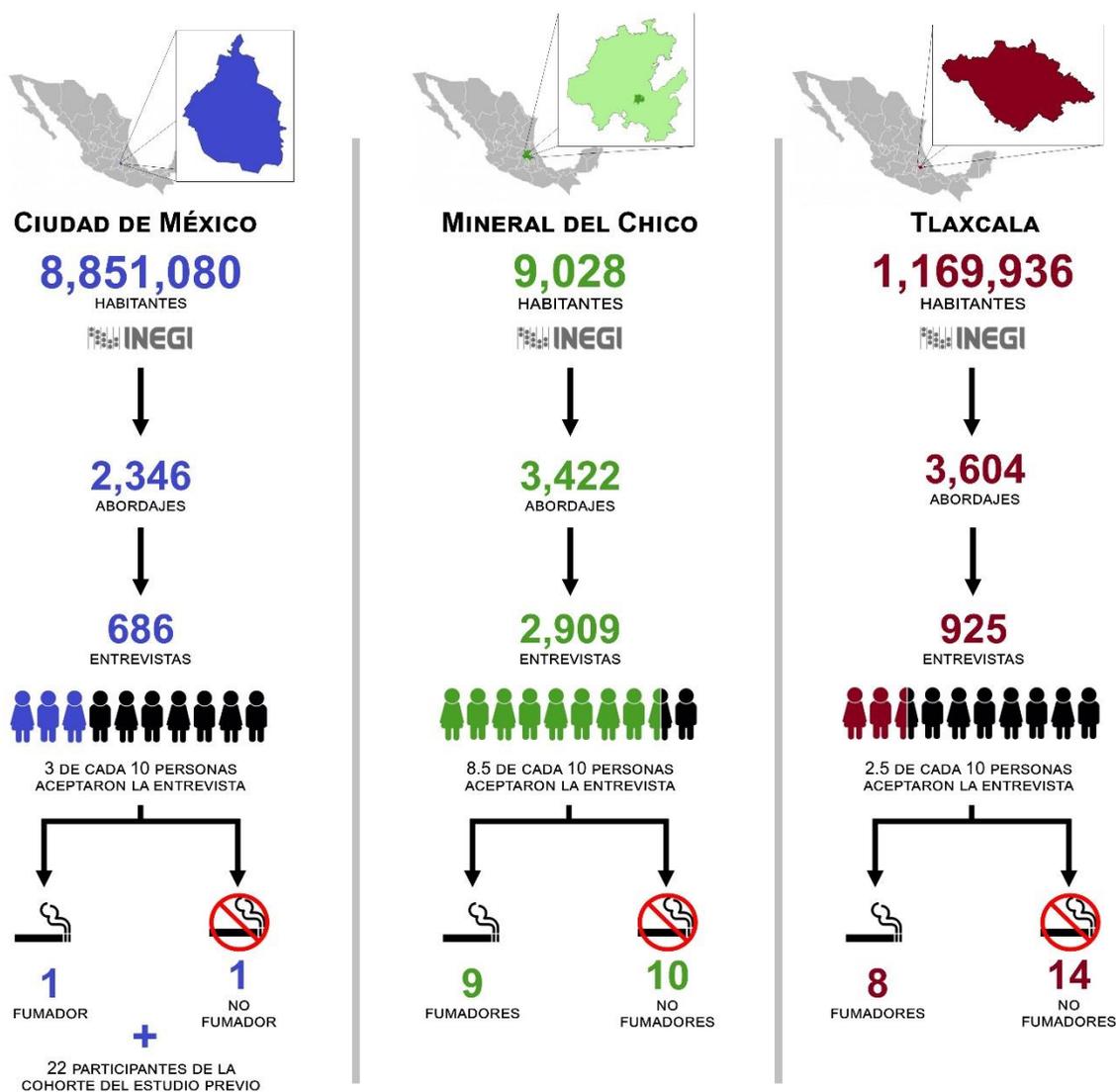
Los pacientes que aceptaron participar en este estudio no fueron remunerados de ninguna forma material.

Además, de conformidad con la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, vigente en México, a todos aquellos participantes que aceptaron participar voluntariamente, se recolectaron sus datos personales empleando la “Hoja de recolección de datos” que puede encontrarse en el **Anexo C**. Los datos personales que fueron recabados son: nombre completo, edad, género, ocupación, dirección postal, teléfono fijo y/o teléfono móvil, correo electrónico, antecedentes heredofamiliares de importancia, antecedentes personales no patológicos de importancia, antecedentes personales patológicos de importancia, padecimiento actual (solo si

procedía) y hallazgos importantes en la exploración física. Se recabaron datos personales generales y sensibles, por lo que se guardó total confidencialidad de acuerdo a lo expresado en el consentimiento informado; únicamente los investigadores responsables conocieron todos los datos de cada participante y no fueron ni serán brindados por ningún motivo a terceras personas.

## RESULTADOS

Se realizaron un total de 9,372 abordajes (2,346 en la Ciudad de México, 3,422 en Mineral del Chico y 3,604 en Tlaxcala); de estos, 4,520 personas aceptaron que se les realizara la entrevista (686 en la Ciudad de México, 2,909 en Mineral del Chico y 925 en Tlaxcala); en la **Figura 4** se expone el diagrama de flujo de este muestreo por cada población.



**Figura 4.** Resultados del muestreo en la Ciudad de México, Mineral del Chico y Tlaxcala.

65 personas que cumplieron los criterios de inclusión para este estudio decidieron participar, de los cuales: 30 fueron fumadores, 35 no fumadores; 37 hombres y 28 mujeres. La media de edad general fue de 29.26±7.16 años y mediana de 28 años. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar las edades entre poblaciones (valores p entre 0.173 y 0.659), así como entre fumadores y no fumadores para cada población (Ciudad de México p=0.459, Mineral del Chico p=0.243, Tlaxcala p=0.714).

El grupo de la Ciudad de México se conformó por 24 participantes: 13 fumadores, 11 no fumadores; 15 hombres, 9 mujeres. La media de edad general fue de 29.54±7.163 años y mediana de 28.5 años; la media de edad para el grupo de fumadores fue de 28.62±7.68, mientras que para el grupo de no fumadores fue de 30.64±6.7. Sin diferencias estadísticamente significativas al comparar sexo y medias de edades entre fumadores y no fumadores (p=0.625 y p=0.459, respectivamente).

En Mineral del Chico se encontraron 19 participantes: 9 fumadores, 10 no fumadores; 12 hombres, 7 mujeres. La media de edad general fue de 30.47±6.7 años y mediana de 28 años; la media de edad para el grupo de fumadores fue de 32.44±4.44, mientras que para el grupo de no fumadores fue de 28.7±8.04. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar sexo y medias de edades entre fumadores y no fumadores (p=0.57 y p=0.243, respectivamente).

Respecto al grupo de Tlaxcala se encontraron 22 participantes: 8 fumadores y 14 no fumadores, 10 hombres y 12 mujeres. La media de edad general fue de 27.91±7.65 años y mediana de 24 años; la media de edad para el grupo de fumadores fue de 27.75±7.3, mientras que para el grupo de no fumadores fue de 28±8.11. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar las frecuencias por sexo entre fumadores y no fumadores (p=0.048), mientras que las medias de edades no mostraron diferencias (p=0.714).

## Citologías de Esputo

En la evaluación de correlación interobservador de médicos patólogos, se obtuvo un valor Kappa=0.84 en el reporte de positividad y negatividad de metaplasia y Kappa=0.52 en la interpretación de la intensidad de la inflamación en leve, moderada e intensa. 5 citologías de esputo se repitieron debido a que fueron consideradas no valorables (3 sin macrófagos y/o células cilíndricas ciliadas y 2 por ser acelulares). En la **Tabla 2** se muestran las frecuencias de metaplasia encontradas entre grupos de fumadores y no fumadores por población, además de la presencia e intensidad de la inflamación.

**Tabla 2.** Distribución de frecuencias de metaplasia y grado de inflamación de acuerdo a población y grupo de estudio.

Población	Grupo	Metaplasia positiva	Inflamación			OR (IC95%)	Valores p Metaplasia
			Leve	Moderada	Intensa		
Ciudad de México	Fumadores	10	6	4	2	4 (0.69-23.09)	0.122
	No Fumadores	5	7	3	0		
Mineral del Chico	Fumadores	6	4	1	0	18 (1.5-216.62)	0.017*
	No Fumadores	1	5	1	1		
Tlaxcala	Fumadores	6	3	2	1	7.5 (1.04-54.11)	0.048*
	No Fumadores	4	6	1	0		

Abreviaturas: OR, Odds Ratio (Razón de Momios); IC95%, Intervalo de confianza al 95%.

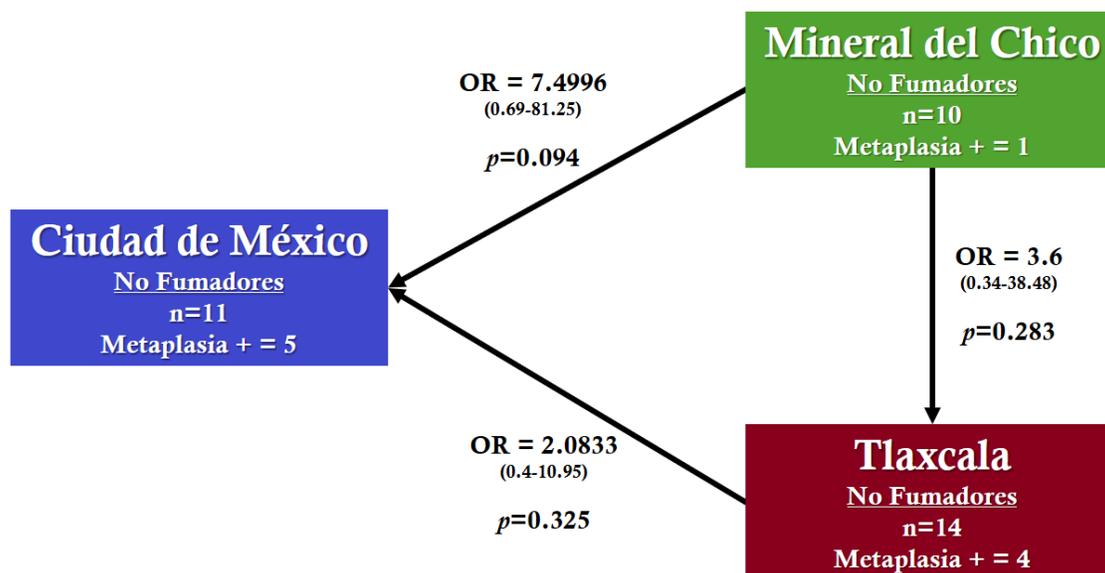
\* Diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Como es posible apreciar en la **Tabla 2**, se encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto al hallazgo de metaplasia entre los grupos de fumadores y no fumadores de Mineral del Chico y de Tlaxcala, situación contraria a la observada en la Ciudad de México como lo habíamos observado en nuestro estudio previo<sup>27</sup>. De acuerdo a la razón de Momios, las personas no fumadoras de la Ciudad de México poseen la misma probabilidad de presentar cambios de adaptación celular en la citología de esputo que las personas fumadoras; por otra parte, en Mineral del Chico el riesgo aumenta 18 veces más en fumadores; mientras que en Tlaxcala este riesgo aumenta 7.5 veces más en fumadores. La presencia de inflamación se encontró estrechamente relacionada con el hallazgo de metaplasia ( $p=0.008$ ); la mayoría de los participantes fumadores de las tres poblaciones presentó inflamación mixta con predominio de linfocitos; por otra parte, los pacientes no fumadores de Mineral del Chico que presentaron inflamación se hallaron también escasos eosinófilos.

Al comparar la presencia de metaplasia en las 3 poblaciones, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la Ciudad de México y Mineral del Chico ( $p=0.086$ ), Ciudad de México y Tlaxcala ( $p=0.194$ ), así como Mineral del Chico y Tlaxcala ( $p=0.406$ ).

### Análisis de No Fumadores

Para evaluar la posible protección que ofrece una mejor calidad del aire y las zonas boscosas, se tomaron únicamente a los grupos de personas no fumadoras de las tres poblaciones de estudio, tomando dichos grupos como: 1) población no fumadora expuesta a altas concentraciones de contaminantes del aire (Ciudad de México); 2) población no fumadora sin exposición a altas concentraciones de contaminantes del aire (Tlaxcala); y 3) personas no fumadoras residentes de un estado de la república con contaminación moderada pero posiblemente protegidas por el bosque (Mineral del Chico). En la **Figura 5** se muestran los OR y valores  $p$  entre estos grupos.



**Figura 5.** Cálculo de OR y valores  $p$  (prueba exacta de Fisher) en el análisis de los grupos de personas no fumadoras en las 3 poblaciones de estudio.

A pesar de que el OR fue mayor al comparar la muestra de Mineral del Chico con la muestra de la Ciudad de México, los intervalos de confianza se encuentran por debajo de la unidad, por lo que

al parecer encontrarse en una población con niveles de contaminación del aire bajos o en una población rodeada de bosque no ofrece una posible protección ante los altos contaminantes observados en la Ciudad de México.

No obstante, el valor p que se encontró al comparar los casos positivos para metaplasia entre no fumadores de las poblaciones de la Ciudad de México y Mineral del Chico se observa con tendencia a la significancia estadística ( $p=0.094$ ), a diferencia del calculado al comparar los pacientes no fumadores de la Ciudad de México y Tlaxcala ( $p=0.325$ ), así como Mineral del Chico y Tlaxcala ( $p=0.283$ ).

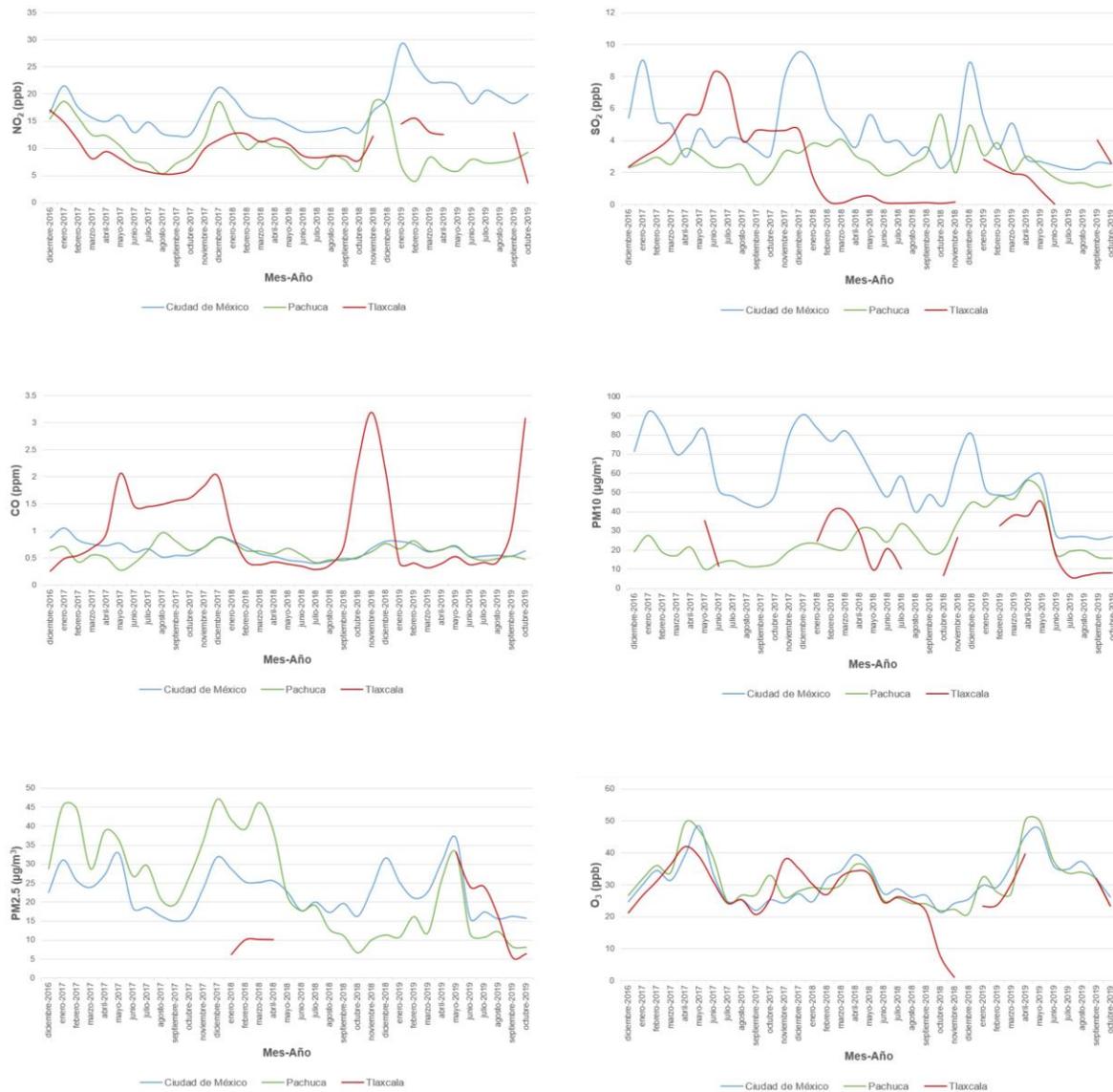
## Calidad del Aire

Se recabaron las medias de las mediciones hechas por todas las estaciones de monitoreo atmosférico de las 3 poblaciones, de diciembre de 2016 a octubre de 2019. En la **Figura 6** se ilustran las gráficas del comportamiento de los niveles de los contaminantes de las tres poblaciones.

Al comparar las medias generales de las poblaciones por contaminante se encontró lo siguiente:

- **SO<sub>2</sub>**
  - o Ciudad de México VS Pachuca ( $p<0.001$ ).
  - o Ciudad de México VS Tlaxcala ( $p=0.001$ ).
  - o Pachuca VS Tlaxcala ( $p=0.429$ ).
- **NO<sub>2</sub>**
  - o Ciudad de México VS Pachuca ( $p<0.001$ ).
  - o Ciudad de México VS Tlaxcala ( $p<0.001$ ).
  - o Pachuca VS Tlaxcala ( $p=0.506$ ).
- **CO**
  - o Ciudad de México VS Pachuca ( $p=0.310$ ).
  - o Ciudad de México VS Tlaxcala ( $p=0.874$ ).
  - o Pachuca VS Tlaxcala ( $p=0.787$ ).
- **PM10**
  - o Ciudad de México VS Pachuca ( $p<0.001$ ).
  - o Ciudad de México VS Tlaxcala ( $p<0.001$ ).
  - o Pachuca VS Tlaxcala ( $p=0.253$ ).
- **PM2.5**
  - o Ciudad de México VS Pachuca ( $p=0.911$ ).
  - o Ciudad de México VS Tlaxcala ( $p=0.004$ ).
  - o Pachuca VS Tlaxcala ( $p=0.004$ ).
- **O<sub>3</sub>**
  - o Ciudad de México VS Pachuca ( $p=0.977$ ).
  - o Ciudad de México VS Tlaxcala ( $p=0.167$ ).
  - o Pachuca VS Tlaxcala ( $p=0.197$ ).

Como es posible observar, en el caso del SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y PM10 la Ciudad de México tiende a presentar concentraciones significativamente más altas comparado con lo observado en Pachuca y Tlaxcala; por otra parte, el CO y el O<sub>3</sub> tienen un comportamiento similar a lo largo del periodo de estudio en las 3 poblaciones. En general, Pachuca y Tlaxcala presentan cifras similares de todos los contaminantes a excepción de las PM2.5 observándose niveles mayores en Pachuca.



**Figura 6.** Gráficas de niveles de los contaminantes del aire de las 3 poblaciones, de diciembre de 2016 a octubre de 2019.

## DISCUSIÓN

Como se había observado en el estudio previo<sup>27</sup>, no existe diferencia estadísticamente significativa entre fumadores y no fumadores de la Ciudad de México respecto a la presencia de metaplasia, por lo que no es necesario el consumo de tabaco intenso para presentar estos cambios de adaptación celular en el epitelio respiratorio en esta población; esta situación se soporta con el cálculo del OR, ya que si bien el valor obtenido fue de 4, el intervalo de confianza al 95% comprende la unidad, por lo que es posible concluir que el hecho de evitar el tabaquismo tanto activo como pasivo no disminuye el riesgo de presentar cambios de adaptación celular en el epitelio respiratorio.

Por otra parte, las poblaciones de Mineral del Chico y Tlaxcala si mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los fumadores y los no fumadores, encontrando metaplasia con

mayor frecuencia en las personas fumadoras; además, si bien los OR se encontraron cerca de la unidad, ninguno de ellos llegó a dicho valor, por lo que en Mineral del Chico se observa 18 veces mayor probabilidad de presentar metaplasia con el tabaquismo intenso a comparación de las personas no fumadoras, mientras que en Tlaxcala el riesgo aumenta 7.5 veces más. Resulta de gran interés observar un OR mayor en Mineral del Chico comparado con el de Tlaxcala.

Al evaluar únicamente los grupos de no fumadores de las 3 poblaciones de estudio, no se encontró diferencia en los riesgos al poseer todos intervalos de confianza amplio y que incluía la unidad, por lo que en este estudio el hecho de residir en una ciudad con altos niveles de contaminación no constituye mayor riesgo que encontrarse en una zona con bajos niveles de contaminantes o en un poblado rodeado por un bosque. A pesar de esto, se encontró una tendencia a la significancia estadística al comparar los grupos de no fumadores de las poblaciones de Mineral del Chico y la Ciudad de México, lo que podría indicar una posible diferencia estadísticamente significativa si se llegase a ampliar la muestra. Ante esto, es posible inferir que quizá residir en un poblado boscoso (sin importar los altos contaminantes del aire) sí represente un factor protector para el epitelio respiratorio.

Los intervalos de confianza en el cálculo de OR se deben principalmente a que las muestras son pequeñas; si bien estas no pueden considerarse estadísticamente representativas, su valor clínico es alto al encontrarse elegidas de una forma estricta tanto por antecedentes clínicos como por el estado de salud de los pacientes al momento en que se les abordó.

Como fue posible observar, la calidad del aire en Tlaxcala es –en general- mejor valorada que en Pachuca y la Ciudad de México; no obstante, una limitante de este análisis es la falta de datos de esta población, por lo que las pruebas de hipótesis se realizaron comparando medias generales; por otro lado, durante la búsqueda de datos proporcionados por el Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA) por cada estación de la red del Valle de México, se encontraron estaciones de monitoreo atmosférico que exponían valores de -99 en algunos contaminantes, razón por la cual las medias generales por día y por mes se encontraban más bajas que lo real; ante esto, se excluyeron los valores negativos y de cero en esta población. En su sitio web, el SINAICA especifica que los datos expuestos al público general de todas las estaciones de monitoreo atmosférico de México no se encuentran validados, lo que deja una “laguna” respecto al análisis de estos valores<sup>32</sup>.

La Organización Mundial de la Salud plantea que los contaminantes que aumentan la morbilidad mundial son principalmente el NO<sub>2</sub> y las PM<sub>2.5</sub><sup>33</sup>, por lo que investigaciones recientes se han centrado en estos contaminantes con el fin de idear métodos para disminuir su concentración en la atmósfera o, por otra parte, aminorar la llegada de estos al aparato respiratorio de las personas. Hewitt CN, et al. (2020) plantean una estrategia de infraestructura verde con el fin de proteger a la población de los contaminantes ya mencionados; en este estudio se realiza un análisis del método GI4AQ (nombrado así por los autores) en el cual se demuestra que, empleando árboles y arbustos, se observa una disminución principalmente de PM<sub>2.5</sub> cuando la densidad de la vegetación es alta. En esta misma revisión, se proponen diversos tipos de usos de la llamada infraestructura verde destinado a las áreas verdes públicas y privadas, tales como bardas verdes, túneles con arbustos, parques con una densidad moderada de árboles y techados con arbustos pequeños<sup>34</sup>.

A pesar de esto, los árboles también son emisores de contaminantes a la atmósfera, siendo los principales los compuestos orgánicos volátiles y las PM<sub>10</sub>. Los compuestos orgánicos volátiles ascienden a la atmósfera donde sufren alteraciones químicas culminando su transformación en O<sub>3</sub>, el cual desciende nuevamente a la superficie de la tierra; por otra parte, las PM<sub>10</sub> son emitidas principalmente por el follaje, aunque comparadas con las PM<sub>2.5</sub>, no causan un daño significativo a las vías respiratorias superiores e inferiores, esto debido a que al ser partículas más grandes, las PM<sub>10</sub> no alcanzan las vías aéreas inferiores, mientras que las PM<sub>2.5</sub> sí<sup>27, 34</sup>.

Si bien la flora también desprende contaminantes al aire, no es comparable el daño ejercido a las vías respiratorias humanas respecto al sufrido propiamente por el smog o el tabaquismo activo o

pasivo. Nuestro estudio demuestra que las áreas verdes con amplia extensión territorial y alta densidad protegen al epitelio respiratorio de los daños ejercidos por la contaminación del aire, lo que soporta las iniciativas de protección y salvamento de reservas ecológicas, así como el fomento a la creación de áreas verdes.

En conclusión, resulta indispensable la presencia de vegetación de una densidad moderada o alta para disminuir la probabilidad de desarrollar cambios de adaptación celular en el epitelio respiratorio y, posteriormente, que estas puedan evolucionar a una neoplasia. A pesar de encontrar igualdad en los riesgos, se observa una tendencia a la diferencia estadística al comparar las personas no fumadoras de un poblado dentro del bosque respecto a las personas no fumadoras residentes de una de las ciudades más contaminadas del mundo. En este estudio, se observó que no ofrece la misma protección residir en un área con niveles bajos de contaminantes comparado con residir en una zona boscosa, por lo que se sustenta de esta forma la preservación, conservación, rescate y fomento a la creación de áreas verdes, no solo con pasto, sino con árboles y arbustos cuyo follaje sea de moderada a alta densidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores deseamos agradecer el apoyo técnico de Cesar Alberto Aguilar Rodríguez (Citotecnólogo, Hospital de Pediatría “Dr. Silvestre Frenk Freund” del Centro Médico Nacional Siglo XXI [IMSS]); a la Dra. Laura Abrego González (Mineral del Chico, Hidalgo) y a la familia Conde Carrasco (Tlaxcala, Tlaxcala) por su apoyo y respaldo durante los muestreos en dichas poblaciones; y al Dr. Miguel Ángel Molina Medina por su interés y trabajo durante el muestreo en Tlaxcala.

## **DECLARACIÓN DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

De conformidad con lo establecido en la Ley Federal del Derecho de Autor –vigente en México-, los investigadores Fernando Padilla Santamaría, Floribel Ferman Cano y Alicia Georgina Siordia Reyes declaramos que somos autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales aquí presentados. Se prohíbe cualquier reproducción total o parcial de este material sin previa autorización de los autores y titulares; por otra parte, se solicita el resguardo del presente trabajo a la Universidad Autónoma Metropolitana al ser este entregado como parte del informe final correspondiente al servicio social en Medicina, prohibiendo su exhibición o reproducción en cualquier tipo de formato existente o por existir a terceras personas.

Cualquier infracción en materia de propiedad intelectual, los autores y titulares procederán conforme a la Ley Federal del Derecho de Autor y al Código Penal Federal –vigentes en México-.

## **FINANCIAMIENTO**

Los autores y titulares del presente estudio declaramos que no tuvimos fuentes de financiamiento y no nos encontramos vinculados a la industria farmacéutica. El presente estudio se realizó con fondos propios.

## **CONFLICTOS DE INTERÉS**

Los autores y titulares de este estudio declaramos que no tenemos conflictos de interés.

## REFERENCIAS

1. WHO Report on the Global Tobacco Epidemic, 2017: Monitoring tobacco use and prevention policies. Geneva: World Health Organization. 2008. Disponible en: [https://www.who.int/tobacco/global\\_report/2017/en/](https://www.who.int/tobacco/global_report/2017/en/)
2. Franco-Marina F. Adult smoking trends in Mexico: an analysis of the mexican national addiction surveys. *Salud Pública de México* 2007; 49 (Supl 2): 5137-46. Disponible en: <http://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/4747/5282>
3. Tseng CH, Tsuang BJ, Chiang CJ, Ku KC, Tseng JS, Yang TY, et al. The relationship between air pollution and lung cancer in non-smokers in Taiwan. *J Thorac Oncol*. 2019. In press. doi: 10.1016/j.jtho.2018.12.033.
4. Linhares D, Ventura P, Viveiros F, Ferreira T, Dos Santos A. Air pollution by hydrothermal volcanism and human pulmonary function. *BioMed Res Int*. 2015;2015. doi: 10.1155/2015/326794.
5. Grattan J. Pollution and paradigms: lessons from Icelandic volcanism for continental flood basalt studies. *Lithos*. 2005;79(3-5):343-53. doi: 10.1016/j.lithos.2004.09.006.
6. Barta JA, Powell CA, Wisnivesky JP. Global Epidemiology of lung cancer. *Ann Glob Health*. 2019; 85 (1): 1-16. doi: 10.5334/aogh.2419.
7. Kurt OK, Zhang J, Pinkerton KE. Pulmonary health effects of air pollution. *Curr Opin Pulm Med*. 2016; 22(2): 138-43. DOI: 10.1097/MCP.0000000000000248
8. Plopper C, Fanucchi. Development of airway epithelium. En: Harding R, Pinkerton KE. *The Lung: Development, Aging and the Environment*. 2ª Edición. Gran Bretaña: Elsevier. 2015. 11-32. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/the-lung/pinkerton/978-0-12-799941-8>
9. Respuestas celulares ante el estrés y las agresiones por tóxicos: adaptación, lesión y muerte. En: Kumar V, Abbas AK, Fausto N, Aster JC. *Robbins y Cotran: Patología estructural y funcional*. 8ª Edición. España: Elsevier. 2010. 3-42.
10. Mannucci PM, Harari S, Martinelli I, Franchini M. Effects on health of air pollution: a narrative review. *Intern Emerg Med*. 2015; 10(6): 657-62. DOI: 10.1007/s11739-015-1276-7
11. Brown JS, Zeman KL, Bennett WD. Ultrafine particle deposition and clearance in the healthy and obstructed lung. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002; 166(9): 1240-7. DOI: 10.1164/rccm.200205-399OC
12. Nuvolone D, Petri D, Voller F. The effects of ozone on human health. *Environ Sci Pollut Res*. 2018; 25(9): 8074-88. DOI: 10.1007/s11356-017-9239-3
13. Chen TM, Gokhale J, Shofer S, Kuschner WG. Outdoor air pollution: nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbón monoxide health effects. *Am J Med Sci*. 2007; 333(4): 249-56. DOI: 10.1097/MAJ.0b013e31803b900f
14. Busse PJ, Mathur SK. Age-related changes in immune function: Effect on airway inflammation. *J Allergy Clin Immunol*. 2010; 126 (4): 690-9. doi: 10.1016/j.jaci.2010.08.011
15. Pinkerton KE, Herring MJ, Hyde DM, Green FHY. Normal aging of the lung. En: Harding R, Pinkerton KE. *The Lung: Development, Aging and the Environment*. 2ª Edición. Gran Bretaña: Elsevier. 2015. 265-86. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/the-lung/pinkerton/978-0-12-799941-8>
16. Whitsett JA, Kalin TV, Xu Y, Kalinichenko VV. Building and regenerating the lung cell by cell. *Physiol Rev*. 2019;99(1):513-54. doi: 10.1152/physrev.00001.2018.
17. Walters MS, De BP, Salit J, Buro-Auriemma LJ, Wilson T, Rogalski AM, et al. Smoking accelerates aging of the small airway epithelium. *Respir Res*. 2014; 15: 94. doi: 10.1186/s12931-014-0094-1.

18. D'Urso V, Doneddu V, Marchesi I, Collodoro A, Pirina P, Giordano A, et al. Sputum analysis: Non-invasive early lung cancer detection. *J Cell Physiol.* 2013; 228 (5): 945-51. doi: 10.1002/jcp.24263.
19. Endo C, Nakashima R, Taguchi A, Yahata K, Kawahara E, Shimagaki N, et al. Inter-rater agreement of sputum cytology for lung cancer screening in Japan. *Diagn Cytopathol.* 2015; 43 (7): 545-50. doi: 10.1002/dc.23253.
20. Uke MS, Pathuthara S, Shaikh A, Kumar R, Kane S. Is the morning sputum sample superior to the fresh sputum sample for the detection of malignant cells?. *Acta Cytol.* 2017; 61 (3): 223-9. doi: 10.1159/000475455.
21. Nowak DJ, Dwyer JF, Childs G. Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. En: Krishnamurthy L, Rente J. (eds.). *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe.* México: Universidad Autónoma de Chapingo. 1997. 17-38. Disponible en: [http://www.rivasdaniel.com/Pdfs/Areas\\_verdes\\_LatAmerica.pdf](http://www.rivasdaniel.com/Pdfs/Areas_verdes_LatAmerica.pdf)
22. Mineral del Chico, Hidalgo (13038) [base de datos en Internet]. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía; 2015, [acceso 30 de enero de 2019]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=13#>
23. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente. Diario Oficial de la Federación. Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión (Publicación 28/01/1988; Última Reforma 05/06/2018; Acceso 08/07/2019). Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgeepa.htm>
24. Reporte de la Calidad del Aire [sitio web]. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo, Gobierno del Estado de Hidalgo [acceso: 25/10/2018]. Disponible en: <http://calidadaire.semarnath.gob.mx/>
25. INEGI. División territorial del estado de Hidalgo de 1810 a 1995. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 1997. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825222390>
26. Atmósfera. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2015. 259-362. Disponible en: <http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe15/tema/cap5.html>
27. Ferman-Cano F, Padilla-Santamaría F, Moreno-Venegas LA, Torner-Aguilar CA, Molina-Medina MA. Metaplasia de vías aéreas asociada a tabaquismo y contaminación ambiental mediante esputo. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2018; 56 (1): 46-52. Disponible en: [http://revistamedica.imss.gob.mx/editorial/index.php/revista\\_medica/article/view/2286/2681](http://revistamedica.imss.gob.mx/editorial/index.php/revista_medica/article/view/2286/2681)
28. SEDEMA. Dirección de Monitoreo Atmosférico: Índice de la Calidad del Aire (horarios). Acceso: 29 de octubre de 2018. Disponible en: <http://www.aire.df.gob.mx/default.php?opc=%27aKBhnmI=%27&opcion=aw==>
29. Weinstein P, Horwell CJ, Cook A. Volcanic emissions and health. En: Selinus O. *Essentials of Medical Geology.* Dordrecht: Springer. 2013. 217-38. doi: 10.1007/978-94-007-4375-5\_10.
30. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Monitoreo volcánico Popocatepetl [sede web]. México: Gobierno de México; 2019 [acceso 4 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://www.cenapred.gob.mx/reportesVolcanGobMX/>
31. Alwahaibi NY, Alsubhi MS, Aldairi N, Alshukaili A, Bai UR. Comparison of ultrafast Papanicolaou stain with the standard Papanicolaou stain in body fluids and fine needle aspiration specimens. *J Lab Physicians.* 2016; 8 (1): 19-24. doi: 10.4103/0974-2727.176229.
32. Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire, SINAICA [sede Web]. México: Gobierno de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático; 2020 (acceso 3 de marzo de 2020). Disponible en: <https://sinaica.inecc.gob.mx/>

33. World Health Organisation. 2016. Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/250141/1/9789241511353-eng.pdf>
34. Hewitt CN, Ashworth K, MacKenzie AR. Using green infrastructure to improve urban air quality (GI4AQ). *Ambio*. 2020; 49(1): 62-73. DOI: 10.1007/s13280-019-01164-3

## Capítulo 2

# DESCRIPCIÓN DE LA COMUNIDAD DONDE SE HIZO LA INVESTIGACIÓN

El estudio se llevó a cabo en 3 poblaciones: Ciudad de México, Mineral del Chico (Hidalgo) y Tlaxcala. El muestreo fue contrastante en cada población, pues la forma de socializar de las personas es muy diferente. Con el objetivo de salvaguardar mi integridad física, estudié 2 años antes cada población con el fin de conocer personas que respaldaran mi presencia, enterarme de la historia, tradiciones, mitos, leyendas, comportamientos y grupos étnicos de cada región.

La Ciudad de México posee constante tráfico, personas bajo estrés (principalmente laboral), además de una densidad poblacional alta. Si bien el abordaje a los residentes de esta población fue sencillo, la disposición para la entrevista fue poco frecuente. El comportamiento de evasión no se debió al estrés o “prisa” de las personas, ya que estas fueron abordadas en horarios no laborables, además de que se les preguntó previamente si contaban con tiempo libre; la situación de violencia de México ha hecho que los residentes de esta ciudad vivan en desconfianza y con temor a sufrir cualquier tipo de acto delictivo, por lo que el comportamiento evasivo al momento de realizar algunos abordajes y una gran cantidad de entrevistas, es posible atribuirlo al temor de residir en un país violento.

En contraste, Mineral del Chico (Hidalgo) es un pueblo pasivo, con residentes en su mayoría adultos y ancianos, cuya densidad poblacional es baja; si bien el INEGI informa que este municipio cuenta con 9,028 habitantes, solo 675 personas aproximadamente son nativos. Aunque existen personas originarias de otros municipios de Hidalgo e incluso de otros estados de la república mexicana, los abordajes fueron satisfactorios y la respuesta ante las entrevistas fue satisfactoria. Este comportamiento lo atribuimos a que en dicho municipio los actos delictivos son escasos, además de que, al encontrarse dentro del bosque, la mayoría de habitantes se conocen entre sí por lo que la protección mutua es frecuente.

Por otra parte, Tlaxcala consta de una densidad poblacional moderada-baja y los actos delictivos en esta población son frecuentes; sin embargo, a pesar de la accesibilidad de los habitantes su carácter es grotesco y en ocasiones grosero. Si bien algunos aceptaban la entrevista, se decidió no concluirla debido a agresiones verbales o actitudes prepotentes.

Si bien las 3 poblaciones corresponden a la Zona Metropolitana del Valle de México, el contraste de los habitantes de cada una de estas es marcado, además de que al vivir situaciones diferentes, los comportamientos y actitudes tornan vías distintas con fines principalmente de protección.

### Capítulo 3

## DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE SALUD O INSTITUCION, INFRAESTRUCTURA, RECURSOS FÍSICOS Y HUMANOS

Realicé el servicio social en investigación en el departamento de Anatomía Patológica del Hospital de Pediatría "Silvestre Frenk Freund" del Centro Médico Nacional Siglo XXI (Instituto Mexicano del Seguro Social). Se trata de una unidad médica de alta especialidad ubicada en la Alcaldía Cuauhtémoc de la Ciudad de México, un hospital de tercer nivel de atención en donde se atienden pacientes derechohabientes del IMSS provenientes del centro y sur de la república mexicana.

Además de brindar atención médica, en dicho hospital se realiza investigación epidemiológica, microbiológica, anatomopatológica, molecular y clínica. En el caso del departamento en el que me desempeñé durante mi servicio social, cuenta con herramientas de histología y de biología molecular para el estudio de los pacientes y el desarrollo de protocolos de investigación; no obstante, cuenta con carencias sobre todo en reactivos, anticuerpos para inmunohistoquímica y algunas tinciones que en muchas ocasiones dificultan la correcta clasificación o incluso diagnóstico de los casos.

La unidad cuenta con un comité de Ética e Investigación el cual se encarga de evaluar todos los protocolos de investigación que se desarrollan en este hospital, además de intervenir ante controversias o problemas acerca de la atención a los pacientes.

## Capítulo 4

# ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL SERVICIO SOCIAL

### Actividades académicas internas de Anatomía Patológica:

- 8 sesiones académicas de acuerdo al plan de estudios de la subespecialidad de Patología Pediátrica.
- 11 sesiones de discusión de artículo científico (72.7% artículos originales, 18.18% artículos de revisión, 9.09% artículos de opinión).
- 2 sesiones culturales.

### Asistencia a Eventos Académicos:

- (09/04/2019 – 12/04/2019) XXXIX Jornadas de Investigación, XXVII Reunión Académica y XXV Reunión de Enfermería “La excelencia en el tratamiento médico quirúrgico”. *Hospital de Pediatría “Dr. Silvestre Frenk Freund”, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social. Constancia.*
- (04/10/2019) 13ª Reunión de Investigación Pediátrica y 10ª Reunión de Investigación en Enfermería Pediátrica. *Instituto Nacional de Pediatría; Instituto Nacional de Perinatología; Hospital de Pediatría “Dr. Silvestre Frenk Freund” UMAE Centro Médico Nacional Siglo XXI; Hospital Infantil de México “Federico Gómez”. Reconocimiento.*
- (04/12/2019 – 06/12/2019) Primer simposio sobre plagio en México. *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT); Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicaciones (INFOTEC); Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Constancia.*
- (09/2019 – 12/2019) X Seminario de Antropología Molecular: Retos, Logros y Alcances. *Instituto Nacional de Antropología e Historia. Asistencia sin expedición de comprobante.*

### Ponencias y Cursos Impartidos:

- (02/03/2019 – 23/02/2020) Curso-Taller “Investigación en Ciencias Biológicas y de la Salud: De la Idea a la Publicación”. *Hospital de Pediatría “Dr. Silvestre Frenk Freund”, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social.*
  - o Ponente: Fernando Padilla Santamaría.
  - o Coordinadores: Fernando Padilla Santamaría, Floribel Ferman Cano y Alicia Georgina Siordia Reyes.
  - o El presente curso se impartió en 5 ocasiones.
  - o Duración promedio de 2 meses.
  - o Dedicado a: médicos residentes de Anatomía Patológica, médicos residentes de Patología Pediátrica, médicos adscritos interesados, estudiantes de maestría y estudiantes de licenciatura en Medicina, Enfermería, Odontología, QFB y Biología.
  - o Aval: Revista Cadena de Cerebros
- (09/04/2019 – 12/04/2019) XXXIX Jornadas de Investigación, XXVII Reunión Académica y XXV Reunión de Enfermería “La excelencia en el tratamiento médico quirúrgico”. *Hospital de Pediatría “Dr. Silvestre Frenk Freund”, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social. Constancia.*
  - o Ponente: Fernando Padilla Santamaría.
  - o Autores: Fernando Padilla Santamaría, Floribel Ferman Cano, Alicia Georgina Siordia Reyes.
  - o Ponencia: Hernia diafragmática congénita de Bochdalek: informe de un caso y casuística de autopsias del Hospital de Pediatría de 1997 a 2018.
- (04/10/2019) 13ª Reunión de Investigación Pediátrica y 10ª Reunión de Investigación en Enfermería Pediátrica. *Instituto Nacional de Pediatría; Instituto Nacional de Perinatología;*

*Hospital de Pediatría "Dr. Silvestre Frenk Freund" UMAE Centro Médico Nacional Siglo XXI; Hospital Infantil de México "Federico Gómez". Reconocimiento.*

- Ponente: Fernando Padilla-Santamaría.
- Autores: Fernando Padilla-Santamaría, Floribel Ferman-Cano, Alicia Georgina Siordia-Reyes.
- Ponencia: Autopsias pediátricas en el Centro Médico Nacional Siglo XXI del Instituto Mexicano del Seguro Social en la Ciudad de México.

### **Cursos de Capacitación y Certificaciones:**

- (01/04/2019 – 02/04/2019) Estadística en Medicina: Bases para interpretar y realizar estadística. *Sociedad Mexicana de Pediatría, A. C. Constancia.*
- (06/06/2019) Curso en línea Metodología de la Investigación y Proyectos. UdeMy. Constancia.
- (19/10/2019) Buenas Prácticas Clínicas (Certificación en Materia de Bioética). *Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program); Instituto Mexicano del Seguro Social, Coordinación de Investigación en Salud. Certificado (ID: 33817431).*
- (23/11/2019) Protección de sujetos humanos: Estudiantes de pre y posgrado (Certificación en Materia de Bioética). *Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program); Instituto Mexicano del Seguro Social, Coordinación de Investigación en Salud. Certificado (ID: 33817433).*
- (23/11/2019) Protección de sujetos humanos: Investigación Biomédica (Certificación en Materia de Bioética). *Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program); Instituto Mexicano del Seguro Social, Coordinación de Investigación en Salud. Certificado (ID: 33817430).*
- (25/11/2019) Protección de sujetos humanos: Ciencias Sociales y Sistemas de Salud (Certificación en Materia de Bioética). *Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program); Instituto Mexicano del Seguro Social, Coordinación de Investigación en Salud. Certificado (ID: 33857317).*
- (25/11/2019) Protección de sujetos humanos: Investigación Clínica (Certificación en Materia de Bioética). *Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program); Instituto Mexicano del Seguro Social, Coordinación de Investigación en Salud. Certificado (ID: 33817429).*
- (25/11/2019) Protección de sujetos humanos: Miembros de Comisiones y Comités Locales (Certificación en Materia de Bioética). *Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program); Instituto Mexicano del Seguro Social, Coordinación de Investigación en Salud. Certificado (ID: 33817432).*
- (15/09/2019 – 04/01/2020) SOCRMx: Introduction to Social Research Methods. *The University of Edinburgh; edX. Certificado (ID: 6fbca2990a3e4da3ae59683457c93d86).*

### **Formación de recursos humanos en salud:**

- (Co-asesor) Frecuencia de ameloblastomas en población pediátrica durante un periodo de 26 años – Por Jeniffer Calderón Neville, para obtener el título de Patóloga Pediatra (Universidad Nacional Autónoma de México; Instituto Mexicano del Seguro Social. 2019) *Febrero 2020.*
- (Tutor) Epidemiología del nefroblastoma en niños derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social: 1989-2019 – Por Lina Isabel Sandoval Arellano, Ruth Daniela Torres Sosa y José Miguel Olivera Martínez, para recibir el título de Médico Cirujano (Universidad Veracruzana. 2019) *En proceso.*
- (Co-asesor) Knowledge, Attitude and Perception Regarding Drug Policy and Drug-Related Issues: A Study in University of Cape Coast – Por Timothy Pritchard Debrah para obtener el grado Master of Nursing (University of Cape Coast, Ghana. 2019) *En proceso.*

### Revisión de artículos y protocolos de investigación:

- Sistema de Registro Electrónico de la Coordinación de Investigación en Salud (SIRELCIS); Unidad de Educación, Investigación y Políticas de Salud; Instituto Mexicano del Seguro Social: Revisión de Protocolos de Investigación para evaluación por parte del comité de ética y el comité de investigación a nivel local y nacional.
- ALERTA Revista Científica del Instituto Nacional de Salud (Ministerio de Salud, El Salvador; ISSN: 26175274): Participación en evaluación por pares a solicitud de los editores.
- Gaceta Mexicana de Oncología (Sociedad Mexicana de Oncología; ISSN: 1665-9201, e-ISSN: 2565-005X): Participación en evaluación por pares a solicitud del editor en jefe y el presidente de la SMeO.

### Publicaciones:

- Padilla-Santamaría F, Maya-Franco L, Bolaños-Méndez GZ, Guerrero-Gómez DA. El posible origen de la enfermedad de Legg-Calvé-Perthes. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*, 2019; 57(1): 36-41. Disponible en: [http://revistamedica.imss.gob.mx/editorial/index.php/revista\\_medica/article/view/2220](http://revistamedica.imss.gob.mx/editorial/index.php/revista_medica/article/view/2220)
- Padilla-Santamaría F, Ferman-Cano F, Siordia-Reyes AG. Autopsias pediátricas en el Centro Médico Nacional Siglo XXI del Instituto Mexicano del Seguro Social en la Ciudad de México. *Rev Cadena Cereb*. 2019; 3(1): 36-45. Disponible en: <https://www.cadenadecerebros.com/art-ao-31-01>
- Ferman-Cano F, Padilla-Santamaría F, Siordia-Reyes AG. Sensibilidad y especificidad de la biopsia por aspiración con aguja fina en osteosarcoma aplicado a población pediátrica. *Rev Cadena Cereb*. 2019; 3(1): 60-3. Disponible en: <https://www.cadenadecerebros.com/art-ao-31-04>
- Padilla-Santamaría F, Ferman-Cano F. Contaminación ambiental en México: Responsabilidad política y social. *Rev Cadena Cereb*. 2019; 3(1): 64-72. Disponible en: <https://www.cadenadecerebros.com/art-re-31-01>
- Ferman-Cano F, Díaz DL, Siordia-Reyes AG, Padilla-Santamaría F. Fibrosarcoma de ovario asociado a quiste dermoide en una adolescente de 13 años. *Rev Cadena Cereb*. 2019; 3(1): 83-6. Disponible en: <https://www.cadenadecerebros.com/art-rc-31-03>
- Padilla-Santamaría F. Derechos de Autor en Medicina: una necesidad para los estudiantes. *Educ Med*. 2019; 21(2): 155. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2019.10.007>
- Padilla-Santamaría F, Ferman-Cano F. Segundo Informe General de Revista Cadena de Cerebros: Periodo 2018-2019. *Rev Cadena Cereb*. 2019; 3(2): 35-40. Disponible en: <https://www.cadenadecerebros.com/art-et-32-02>
- Padilla-Santamaría F, Rodríguez-Florido MA, Ferman-Cano F, Siordia-Reyes AG. Tumores Primarios Intracraneales del Sistema Nervioso Central en Pediatría. *Rev Cadena Cereb*. 2019; 3(2): 41-53. Disponible en: <https://www.cadenadecerebros.com/art-ao-32-01>

### Apoyo a otras áreas del hospital:

- Desarrollo de guías para la evaluación de protocolos de investigación (Comité Local de Ética).
- Evaluador en exposición de carteles de tesis (Dirección de Investigación en Salud).
- Fomento a la publicación de casos y sesiones clínico-patológicas con el servicio de Cirugía Maxilofacial.

### Trabajo en equipo con comunidades rurales:

- Se realizó sinergia académica y médica con pacientes provenientes de comunidades rurales zapatistas de Chiapas, trabajando en conjunto con la MPSS. Lucero Maya Franco con el fin de estudiar exhaustivamente a pacientes con sospecha de neoplasias malignas y buscar a través del Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI) apoyo para la atención médica de estas personas.

## Capítulo 5

# CONCLUSIONES DEL PASANTE SOBRE SU SERVICIO SOCIAL

### 5.1 EN RELACIÓN A SU FORMACIÓN COMO PERSONA

Como persona, me resultó un año de meditación y de razonamiento sobre qué es lo que realmente deseo para mi vida, tanto personal, como familiar y académica. El desarrollo de mi investigación me ayudó a socializar y aprender a tratar personas con diferentes ideologías y hábitos, además de un gran aprendizaje acerca de cada una de las poblaciones estudiadas no solo en aspectos médicos y ambientales, sino también en aspectos sociales.

En general, considero que en el servicio social se consolidó mi persona y redireccioné mi vida en todos los aspectos.

### 5.2 EN RELACIÓN A SU FORMACIÓN PROFESIONAL

El servicio social fue una experiencia inigualable ya que, si bien aprendí de Anatomía Patológica, también tuve la oportunidad de compartir un poco de lo que sé. Además, mi desempeño en otras áreas fue motivado en lugar de ser limitado. Durante este año, decidí en cual área académica deseo crecer y dedicarme por el resto de mi vida; dicha área es la Antropología Física y la Medicina Social.

El trabajo en equipo también me dejó un gran aprendizaje; no es lo mismo trabajar en equipo en la universidad para realizar un trabajo que te pide un profesor, a trabajar en equipo para resolver un problema real que aqueja a una persona o incluso una población completa.

### 5.3 EN RELACIÓN A SU APORTACIÓN A LA COMUNIDAD

Considero que el aporte que di a la comunidad con la investigación que desarrollé, se apoya totalmente la preservación, conservación, salvamento y construcción de áreas verdes de densidad moderada-alta en México; se debe educar a la población que el hecho de que el gobierno indique que la calidad del aire es “óptima”, no significa que no tenga implicaciones sobre la salud, siendo lo mejor siempre el fomento de las áreas verdes.

Por otra parte, el apoyo que se le dio principalmente a un paciente proveniente de Chiapas significó una gran experiencia para mí al darme cuenta que sí existen asociaciones civiles que desean realmente apoyar a los pueblos indígenas y que, si bien el INPI también da ayuda, este no lo brinda de forma imparcial al solicitar múltiples documentos a los indígenas y que paradójicamente estos desconocen, lo cual consideré incluso como un abuso a su ignorancia. Es importante que este tipo de problemas se traten con mayor humanidad y ética con el fin de evitar hacer que los indígenas que necesitan apoyo se vean en la necesidad de conseguir dinero para regresar a sus comunidades y solicitar los documentos que el INPI pide.

Es controversial y al mismo tiempo ridículo que, para dar apoyos económicos, de albergue y/o de medicamentos, el gobierno solicite a las personas indígenas que “acrediten” su pertenencia a los grupos étnicos, siendo que, si llegan a la Ciudad de México prácticamente de urgencia, se les tenga que molestar con este tipo de trámites y obstáculos para su bienestar.

#### **5.4 EN RELACIÓN CON SU INSTITUCIÓN EDUCATIVA**

Si bien la Universidad Autónoma Metropolitana ha sido y será prácticamente mi segundo hogar, la administración y atención a los médicos pasantes (al menos durante la promoción de febrero 2019) fue escasa, ya que en primera instancia teníamos un coordinador de servicio social; posteriormente se designó una coordinadora temporal quien amablemente se puso en contacto conmigo y otros compañeros más poniéndonos al tanto de los movimientos que se habían hecho en este aspecto. No obstante, ya no recibimos correos electrónicos ni llamadas telefónicas nuevas, enterándonos prácticamente hasta la culminación de nuestro servicio social de un nuevo coordinador de servicio social. Si bien la Universidad Autónoma Metropolitana es considerada una de las mejores universidades de México y de Latinoamérica, considero que la comunicación con los pasantes debe ser más estrecha con el fin de inspirar confianza e interés por cada una de nuestras situaciones y saber que aún contamos con las autoridades universitarias para cualquier situación.

# ANEXO A

19/9/2019

SIRELCIS



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



## Dictamen de Aprobado

Comité Local de Investigación en Salud **3603**.  
HOSPITAL DE PEDIATRIA, CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI

Registro COFEPRIS **17 CI 09 015 042**  
Registro CONBIOÉTICA **CONBIOETICA 09 CEI 032 2017121**

FECHA **Jueves, 19 de septiembre de 2019**

**M.C. Floribel Ferman Cano**

**PRESENTE**

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título **Metaplasia de vías aéreas asociado a tabaquismo y contaminación ambiental mediante esputo: Campo, Ciudad y Calidad del Aire** 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-2019-3603-068

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, requeriré solicitar la reaprobación del Comité de Ética en Investigación, al término de la vigencia del mismo.

ATENTAMENTE

  
**Dr. HERMILO DE LA CRUZ YÁÑEZ**  
Presidente del Comité Local de Investigación en Salud No. 3603

Imprimir

IMSS

SEGURIDAD Y SALUD AMBIENTAL SER 1301

## ANEXO B

### Carta de Consentimiento Informado

De conformidad con lo establecido en el artículo 100 punto IV y en el artículo 77 bis 37 punto IX de la Ley General de Salud, vigente en México, así como en la Declaración de Helsinki, el Informe Belmont, el Código de Núremberg, el Convenio de Asturias de Bioética y el Código Internacional de Ética Médica, se expone la presente carta de consentimiento informado siguiendo las recomendaciones del Consejo de Organizaciones Internacionales de Ciencias Médicas (*Council for International Organizations of Medical Sciences, CIOMS*).

Este documento representa el consentimiento del participante para formar parte del estudio titulado **“Metaplasia de vías aéreas asociado a tabaquismo y contaminación ambiental mediante esputo: Campo, Ciudad y Calidad del aire”**, el cual se encuentra a cargo de los siguientes investigadores: Dr. Fernando Padilla Santamaría, M. en C. Floribel Ferman Cano y M. en C. Alicia Georgina Siordia Reyes.

#### ANTECEDENTES, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

El consumo de tabaco es un problema que se observa en todo el mundo, y actualmente tanto hombres como mujeres fuman por igual. El cigarro es una de las muchas causas del desarrollo de varios tipos de cánceres, principalmente el cáncer de pulmón, el cual es cada vez más frecuente en nuestro país. Es bien sabido que la contaminación del aire también es un causante de cáncer de pulmón, de tal forma que se le ha llegado a atribuir el desarrollo de esta enfermedad en personas que nunca han fumado en su vida.

La Ciudad de México es de los sitios con mayores índices de contaminación del aire en nuestro país y del mundo; por otra parte, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha informado que los 3 estados de la república Mexicana con el aire más “limpio” son: 1) Baja California Sur, 2) Aguascalientes y 3) Tlaxcala.

Nuestro equipo de investigación se ha dedicado a estudiar los efectos que tienen el tabaquismo y la contaminación ambiental sobre el aparato respiratorio humano. Del año 2016 hasta el 2017 realizamos el seguimiento de 30 personas residentes de la Ciudad de México: 15 personas fumadoras y 15 personas no fumadoras de forma activa ni pasiva. Se estudiaron los cambios en las células del aparato respiratorio, denominados en Medicina como “metaplasia” –modificaciones que pueden evolucionar a cáncer, aunque son reversibles- en muestras de expectoración (flemas). Se encontró que tanto fumadores como no fumadores presentaron esta alteración celular, por lo que este daño se le atribuyó a la contaminación del aire de la Ciudad de México en el grupo de no fumadores, considerando que no es necesario que esta llegue a niveles críticos para que afecte el aparato respiratorio, situación contraria a lo que se esperaba. Este estudio fue publicado en el 2018 en la Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social, el cual puede consultarse y descargarse de forma gratuita en la siguiente liga: [http://revistamedica.imss.gob.mx/editorial/index.php/revista\\_medica/article/view/2286/2681](http://revistamedica.imss.gob.mx/editorial/index.php/revista_medica/article/view/2286/2681)

Nuestro objetivo es continuar con el seguimiento de los participantes que formaron parte de la previa investigación y aumentar el tamaño de muestra que se encuentren en 2 diferentes regiones: área natural protegida (son aquellas que no han sufrido alteraciones significativas por la actividad humana o que necesitan ser restauradas o preservadas) y uno de los 3 estados más “limpios” de México en cuanto a la calidad del aire, esto con el fin de averiguar si las áreas naturales de gran tamaño son factores protectores para cuidar la salud del aparato respiratorio y, por otra parte, identificar el grado de daño que provoca la contaminación del aire en grandes cantidades con respecto a una región con menor cantidad de contaminantes.

Para esta investigación, se decidió seleccionar la población de Mineral del Chico (Hidalgo), un área natural protegida que se encuentra categorizada como “Parque Nacional”, así como municipios del estado de Tlaxcala, ya que este representa una de las 3 entidades federativas con la mejor evaluación de calidad del aire a nivel nacional, según la SEMARNAT. Se buscarán personas fumadoras de tabaco en cantidades considerablemente altas, así como personas no fumadoras en estas 3 regiones del país.

#### DESCRIPCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO

Las personas que decidan participar en este estudio, deberán dar una muestra de expectoración con las especificaciones que dé el investigador. La toma de muestra de expectoración no es un método invasivo ni pone en riesgo la integridad física, la salud ni la vida del participante, ya que únicamente se pide escupir una “flema” en un vaso estéril al despertar, con previa preparación que consiste básicamente en hidratación, es decir, consumir agua.

Las muestras serán recolectadas personalmente por el investigador; posteriormente, serán extendidas, fijadas y teñidas en una laminilla de cristal para su observación en el microscopio óptico. Todas las laminillas serán revisadas por médicos patólogos (médicos expertos en el estudio de las células y tejidos del cuerpo humano) a “ciegas”, quienes valorarán que las tomas sean adecuadas, para después realizar la búsqueda de metaplasia escamosa (cambios que las células presentan ante un estrés por largo tiempo); en caso de que la muestra no sea clasificada como “adecuada”, el investigador acudirá nuevamente con el participante y se repetirá el procedimiento ya mencionado para la obtención de una nueva expectoración la cual tendrá que cumplir nuevamente con los criterios ya señalados.

Las muestras de todos los pacientes serán evaluadas en el departamento de Anatomía Patológica del Hospital de Pediatría “Dr. Silvestre Frenk Freund” del Centro Médico Nacional Siglo XXI (Instituto Mexicano del Seguro Social), por lo que se emitirán los resultados de cada estudio citológico con validez oficial a cada participante. El investigador explicará de forma breve y sencilla el significado del resultado de la citología de esputo a cada participante aclarando todas las dudas que surjan al respecto; además, dará recomendaciones preventivas para intentar disminuir la agresión al aparato respiratorio. Se recomendará acudir a consulta médica a todos los pacientes en los que se encuentren alteraciones importantes en la exploración física y los estudios citológicos, esto con el fin de ayudar al diagnóstico oportuno y prevención de enfermedades asociadas. Debido a la naturaleza de la citología de expectoración y a la evaluación que se realizará, el participante no requiere de atención médica de urgencias o de alta especialidad.

De conformidad con el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, vigente en México, el participante tiene el derecho de abandonar este estudio en caso de que así lo decida. La renuncia a la participación podrá hacerse mediante llamada telefónica, correo electrónico o durante la visita de un investigador; se firmará el presente consentimiento

informado por un investigador, el participante y 2 testigos declarando su renuncia a este estudio. Una vez declarado lo anterior, las muestras de expectoración del participante no se analizarán ni se brindará resultado impreso del estudio citológico. El presente trámite tampoco tendrá costo.

## **BENEFICIOS Y RIESGOS**

Los beneficios que se brindan al participar en este estudio son: a corto plazo, conocer el riesgo de asociación de enfermedades respiratorias y las probables consecuencias a causa de alteraciones de la barrera de defensa para contrarrestar dichos padecimientos recurrentes y, en forma tardía o a largo plazo, valorar su posible evolución o relacionarse a cáncer, todo lo anterior a través de la citología de esputo (expectoración). Dicho estudio no tendrá ningún costo para los participantes y se dará el informe impreso, así como sugerencias para poder mejorar su salud y prevenir enfermedades relacionadas.

No existen riesgos con respecto a la salud y la vida de los participantes en este estudio, ya que la citología de esputo no representa un método agresivo ni invasivo, lo anterior conforme al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, vigente en México.

## **AVISO DE PRIVACIDAD**

De conformidad con la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, vigente en México, se expresa el siguiente aviso de privacidad:

Los datos personales que usted brindará a los investigadores son: nombre completo, edad, género, ocupación, domicilio postal, correo electrónico, teléfono fijo y móvil, además de componentes de la historia clínica completa, tales como antecedentes heredofamiliares (enfermedades que padecen o padecieron padres, abuelos, hermanos e hijos), antecedentes personales no patológicos (por ejemplo, hábitos alimenticios y de higiene, características de su hogar, convivencia con animales, etcétera), antecedentes personales patológicos (enfermedades, hospitalizaciones, alergias, cirugías y accidentes que padece o ha padecido), padecimiento actual (en caso de que tenga en curso alguna enfermedad [se tomarán con mayor importancia los cuadros infecciosos de vías respiratorias]) y se realizará una exploración física con énfasis en el tracto respiratorio y tórax (nariz, boca, garganta, cuello, pulmones y corazón).

Los participantes brindarán de forma voluntaria sus datos personales, no se solicitarán datos vía telefónica o por correo electrónico, por lo que cualquier duda, aclaración o solicitud de nuevos datos requerirá de la visita del investigador.

Todos los datos personales antes mencionados solo serán conocidos por los investigadores responsables del estudio: Dr. Fernando Padilla Santamaría, M. en C. Floribel Ferman Cano y M. en C. Georgina Siordia Reyes. Sus datos sensibles o con los que se pueda identificar su persona no serán revelados, publicados ni divulgados en ningún medio físico o digital por ningún motivo y se negarán las solicitudes de acceso a estos por parte de terceras personas, únicamente usted puede tener acceso a los datos que le solicitamos.

Una vez concluido este estudio, se guardarán los datos personales de cada participante; serán conservados con el fin de dar seguimiento a las personas y continuar con observaciones posteriores relacionadas a esta línea de investigación.

## **RESUMEN DE LA DECLARACIÓN DE PARTICIPACIÓN**

Así pues, al firmar este documento declaro que **acepto participar en este estudio**, por lo que en mi carácter de participante y bajo protesta de decir verdad informo lo siguiente:

- Recibí la visita de uno de los investigadores responsables de este estudio.
- Estoy enterado de los antecedentes, objetivos y metodología de esta investigación.
- Reconozco que este estudio se desarrolla en la sede de los investigadores: el Hospital de Pediatría "Dr. Silvestre Frenk Freund", Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social, en la Ciudad de México.
- Estoy informado de los beneficios y riesgos que tengo al participar en este estudio.
- No se me ha solicitado dinero u otro tipo de bienes a cambio de participar en este estudio.
- Acepto que mis datos personales expresados en el aviso de privacidad de este documento sean incluidos en el estudio.
- Autorizo a los investigadores que los resultados de mi citología de esputo sean empleados para este estudio, así como mis datos generales como género, edad, ocupación, región de residencia (Ciudad de México, Mineral del Chico o municipios del estado de Tlaxcala, según sea el caso), así como antecedentes patológicos y no patológicos de mi historia clínica que se consideren relevantes para el análisis de los datos.
- El investigador no me obligó a aceptar participar en este estudio.
- Autorizo la visita del investigador a mi domicilio en caso de requerirse un seguimiento en relación a este estudio o protocolos posteriores.
- Estoy enterado que tengo el derecho de abandonar el presente estudio en el momento que desee durante su desarrollo.
- Se me entregó una copia de este documento.

\_\_\_\_\_  
Nombre y Firma Autógrafa del **Participante**

\_\_\_\_\_  
Nombre y Firma Autógrafa de un **Testigo**

\_\_\_\_\_  
Nombre y Firma Autógrafa de un **Testigo**

## ANEXO C



Departamento de Anatomía Patológica  
Hospital de Pediatría "Dr. Silvestre Frenk Freund"  
Centro Médico Nacional Siglo XXI  
Instituto Mexicano del Seguro Social



### FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Protocolo – Metaplasia de vías aéreas asociado a tabaquismo y contaminación ambiental mediante esputo:  
Campo, Ciudad y Calidad del aire\*

F  NF

Grupo de estudio:  Ciudad de México  Hidalgo  Tlaxcala

Nombre(s)	Apellido Paterno	Apellido Materno	
Edad: ____ años.	Género: <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F	Ocupación: _____	
Calle	No. Externo.	No. Interno.	Colonia/Barrio
Alcaldía/Municipio		Código Postal	

Teléfono: \_\_\_\_\_ Teléfono (móvil): \_\_\_\_\_

Correo electrónico: \_\_\_\_\_ @ \_\_\_\_\_

Antecedentes heredofamiliares de importancia:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Antecedentes personales no patológicos de importancia:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Antecedentes personales patológicos de importancia:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Padecimiento actual:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Hallazgos importantes en la exploración física:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Muestra recibida: \_\_\_\_\_ Resultados entregados: \_\_\_\_\_

Página Única (Exclusivo del Investigador)

Folio: \_\_\_\_\_