

Uso de cigarrillos electrónicos y su relación con la lesión pulmonar: Una revisión bibliográfica

Electronic cigarette use and its relation with lung injury: A review of literature

Constanza Parra ¹, Carlos Sepúlveda ², Fernando Eichin ¹, Nicolás Véjar ¹, Daniela Brito ¹, Melissa Torres ³

¹ Estudiante de Medicina, Universidad San Sebastián, Santiago, Chile.

² Interno de Medicina, Universidad San Sebastián, Santiago, Chile.

³ Médico Cirujano, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

HISTORIA DEL ARTÍCULO

Recibido:

26/05/2025

Aceptado:

13/11/2025

Publicado online:

20/11/2025

CONFLICTOS DE INTERÉS

El autor declara no tener conflictos de interés.

CORRESPONDENCIA

Constanza Fernanda Parra
Quinteros
Dirección: Lota 2465,
Providencia, Chile.
Correo: cparraq@correo.uss.cl

PALABRAS CLAVE

Cigarrillos electrónicos,
vaporizadores, lesión
pulmonar, fumadores.

KEYWORDS

Electronic cigarettes,
vapers, lung injury,
smokers.

RESUMEN

Los cigarrillos electrónicos son dispositivos que calientan líquidos para producir un aerosol que es inhalado por su usuario. Su uso ha aumentado progresivamente en los últimos años, ya que tienen características atractivas para personas que buscan dejar de fumar cigarrillos convencionales o una alternativa más moderna para reemplazarlos. Esto ha aumentado la importancia del estudio de los efectos en la salud de estos dispositivos, ya que han aumentado junto con su uso, las hospitalizaciones y muertes asociadas a ellos. El objetivo de la presente revisión bibliográfica fue describir la relación entre el uso de cigarrillos electrónicos y la lesión pulmonar. Para esto se realizó una revisión sistemática de diversos artículos publicados desde el año 2017 en Pubmed y Google Scholar. La evidencia sugiere que estos dispositivos son nocivos para la salud de sus usuarios y también para quienes inhalan los aerosoles de manera pasiva. Se han descubierto diversos mecanismos de daño pulmonar en otros órganos causado por estos cigarrillos, los cuales se suelen manifestar clínicamente mediante síndromes de dificultad respiratoria agudos. Si bien existen múltiples estudios sobre efectos a corto plazo del uso de cigarrillos electrónicos, se debe destacar la importancia de realizar estudios sobre los impactos a largo plazo que estos pueden generar.

ABSTRACT

Electronic cigarettes are devices that heat liquids in order to produce aerosols that are inhaled by their user. Their use has increased progressively, since they have characteristics that can attract people who want to stop smoking conventional cigarettes or are looking for a more modern alternative to replace them. This has increased the importance of studying the effects of these devices on people's health, since with the increase in their use, hospitalizations and deaths associated with them have also increased. The objective of this review is to describe the relationship between the use of electronic cigarettes and lung injury. To achieve this, a search was done in Pubmed and Google Scholar for articles written since 2017. The evidence found suggests that these devices are harmful for their user's health and for people who inhale their vapors passively as well. Different mechanisms of lung injury and injury in other organs have been discovered, which usually manifest clinically as acute respiratory distress syndrome. Even though many studies have been done about the short term effects of electronic cigarettes on the body, the importance of future studies concerning the long term effect of these devices should not be understated.

INTRODUCCIÓN

Los cigarrillos electrónicos modernos fueron creados en el año 2003 e ingresaron al mercado internacional en el año 2007 ¹. Su forma ha evolucionado desde una que buscaba replicar la apariencia de un cigarrillo tradicional hasta versiones más variadas como los “vaporizadores” modernos. Actualmente, son conocidos por diversos nombres como: “e-cigarettes”, sistemas electrónicos diseñados para suministrar nicotina (ENDS), sistemas alternativos para suministrar nicotina (ANDS), “mods”, “dispositivos de vapeo” y otros. A lo largo de su historia, cuatro componentes se han mantenido estables y característicos en la composición de un dispositivo vaporizador: una reserva de líquido (a veces llamada tanque), una fuente de poder (usualmente una batería recargable de litio), un elemento capaz de calentar el dispositivo y una boquilla ². Sin embargo, existe variabilidad respecto al voltaje, temperatura y otros factores que maneja cada dispositivo. Se ha descubierto que algunos de estos factores son capaces de formar toxinas que posteriormente son inhaladas por la persona que utiliza el vaporizador. Los vaporizadores pueden contener nicotina, tetrahidrocannabinol (THC) y una mezcla de saborizantes y aditivos. Además, se han detectado metales tóxicos y sustancias nocivas en los líquidos que estos dispositivos contienen, lo que posiblemente se debe a los materiales utilizados para su producción ³.

Un aspecto importante a considerar es el hecho de que el uso de vaporizadores por una persona a lo largo de un día es mucho más impredecible que el de una persona que fuma un cigarrillo convencional. La posibilidad de utilizar un vaporizador en cualquier momento del día, sin la necesidad de “prender” uno nuevo o comprometerse a inhalar todo el contenido en una sola ocasión hace que el consumo de las sustancias que estos contienen sea muy variable ^{4,5}. Mientras que la inhalación que ocurre al fumar un cigarro normal suele ser rápida y similar entre los usuarios (1-1.5 segundos), la inhalación realizada con un vaporizador es más larga y variable (2.3-4.3 segundos). Por otro lado, muchos usuarios de cigarrillos electrónicos no se limitan solo a un tipo de dispositivo o sabor, lo que hace que se expongan a diversos compuestos químicos, saborizantes y toxinas.

Vale la pena destacar, que estudios han confirmado que los individuos que están cerca de personas que fuman con cigarrillos electrónicos en espacios cerrados, también se ven expuestos a los aerosoles producidos por ellos ^{6,7}.

La lesión pulmonar asociada al uso de cigarrillos electrónicos (LPACE o EVALI, por sus siglas en inglés) es un fenómeno que ha sido ampliamente descrito, a medida que las hospitalizaciones y muertes causadas por estos dispositivos se hacían cada vez más frecuentes. Se han reportado diferentes hallazgos clínicos, radiológicos y patológicos de LPACE, que han permitido identificar un espectro en el cual se observan lesiones leves, moderadas y severas ^{8,9}.

La presentación clínica más frecuente de la LPACE es el síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), un tipo de insuficiencia respiratoria. Los pacientes que la padecen, sufren dificultad respiratoria asociada a una frecuencia respiratoria aumentada con respiraciones superficiales. Los pacientes también pueden presentar cianosis y compromiso de conciencia, causada por la oxigenación inadecuada del cerebro. Para identificarlo, se puede recurrir a la historia clínica del paciente, la pulsioximetría o la medición de gases arteriales. Es importante recalcar, que estos pacientes pueden llegar a requerir ventilación mecánica además del oxígeno que se les administra en un inicio, por lo cual el SDRA es considerado una urgencia médica ^{2,10}.

Actualmente, la prevalencia del uso de cigarrillos electrónicos ha ido en aumento. Se han utilizado como herramienta para que fumadores de cigarrillos convencionales dejen su adicción y cómo dispositivos recreativos por diversos tipos de personas, que probablemente no están informados sobre los daños que ellos provocan. Debido a que estos dispositivos son relativamente nuevos, aún existe un impacto en la salud parcialmente desconocido. Todavía no se ha podido evaluar de manera completa los efectos a largo plazo de la inhalación de las sustancias que se encuentran en los cigarrillos electrónicos ². Por lo anteriormente descrito, se realizó esta revisión bibliográfica, que busca recopilar información sobre el uso de

cigarrillos electrónicos y la LPACE para así facilitar la educación sobre el impacto en la salud que tienen estos dispositivos.

OBJETIVOS

General: Describir la relación entre el uso de cigarrillos electrónicos y la lesión pulmonar.

Específicos:

- Detallar las manifestaciones clínicas asociadas al uso de cigarrillos electrónicos.
- Identificar los mecanismos de daño asociados al uso de cigarrillos electrónicos.
- Sintetizar la información actualizada sobre el uso de cigarrillos electrónicos.

MÉTODO

Para realizar esta revisión bibliográfica, se efectuó una búsqueda en Pubmed y Google Scholar de artículos. Los artículos utilizados obtenidos desde Pubmed fueron publicados en el periodo 2020-2022 y los de Google Scholar en el periodo 2017-2024. En Pubmed, al utilizar las palabras clave "lung" (pulmón) y "vaping" se obtuvieron 68 resultados y al reemplazar la palabra "vaping" por "e-cigarette" (cigarrillo electrónico) se obtuvieron 79 resultados. De esos artículos, 22 fueron seleccionados para la lectura y 11 para la presente revisión. Al realizar la búsqueda en Google Scholar, con las palabras clave "vaping", "e-cigarette" y "lung injury" (lesión pulmonar) se encontraron 13.000 resultados. De esos artículos, se priorizó la lectura de metaanálisis, ensayos controlados aleatorizados y artículos de revisión que incluyeran los términos MeSH (Medical Subject Headings) "pulmón", "fumadores", "cigarrillo electrónico a vapor" y "vapeadores". Finalmente, de esta plataforma se seleccionaron 45 artículos para la lectura y 36 para la presente revisión.

DESARROLLO

Epidemiología:

El consumo de cigarrillos electrónicos ha aumentado progresivamente a lo largo de los años. Para el 2013, se estimó que el 79% de la población en Estados Unidos los conocía y que el 3,7% los consumía de forma habitual. Entre estos, el 15,9% eran personas que también fumaban cigarrillos convencionales y el 22% correspondía a ex-fumadores de cigarrillos convencionales.

Se reportó que el 0,3% de los jóvenes usaban cigarrillos electrónicos a pesar de nunca haber fumado antes, que el 14,6% de los que lo probaban continuaban con su uso y que el 46,1% estaba abierto a la idea de utilizarlos, lo cual era 1,8 veces más probable en hombres que en mujeres. También se evidenció que el riesgo en adolescentes para consumo de cigarrillos convencionales aumenta 3,62 veces luego de haber probado uno electrónico. En encuestas de la Unión Europea y de Estados Unidos se evidencia que el uso de cigarrillos electrónicos es más elevado en fumadores activos y exfumadores que en personas no fumadoras. En encuestas del ITC (International Tobacco Control), se encontró que países como Brasil y México presentan prevalencias de conocimiento del 35% y uso del 24%, mientras que la conciencia de los cigarrillos electrónicos en Australia, Estados Unidos y Países Bajos era del 66%, 73% y 88% respectivamente. Adicionalmente, diversas encuestas han demostrado que en la percepción de la población general, el cigarrillo electrónico es una alternativa menos nociva que el cigarrillo convencional ¹¹. En el año 2020, el Center for Disease Control and Prevention (CDC) en Estados Unidos, realizó un reporte sobre el año 2019, el cual identificaba 2051 casos de personas internadas por lesiones asociadas al uso de cigarrillos electrónicos dentro del país. Dentro de esos casos, el 1,9% habían fallecido, el 70% eran personas de sexo masculino y el 79% era menor de 35 años. En todas las muestras de contenido del lavado broncoalveolar que se estudiaron, se encontró acetato de vitamina E, mientras que THC y nicotina se identificaron en el 82% y 62% respectivamente ¹².

Fisiopatología: posibles mecanismos de daño

Los cigarrillos electrónicos generan efectos adversos en el organismo mediante el contacto directo de las células con aerosoles o vapor producido por los dispositivos. Estos efectos pueden ser sufridos por las personas que utilizan activamente los cigarrillos y por quienes están a su alrededor, los que se convierten en fumadores pasivos al inhalar el vapor producido.

Efectos generales	Efectos en la fisiología de la vía aérea	Efectos en el sistema inmune del usuario	Efectos en el compartimento alveolar
Elevación de citoquinas y quimioquinas. Aumento de la infiltración de células inflamatorias. Aumento de la actividad de células inflamatorias. Aumento de daño al ADN. Alteración del metabolismo celular.	Hiperreactividad. Aumento de la resistencia de la vía aérea. Hipersecreción de moco. Alteración en el movimiento ciliar. Desprendimiento de células epiteliales.	Alteración de la barrera epitelial. Disminución de la fagocitosis mediada por macrófagos. Reducción del clearance bacteriano. Reducción de la inmunidad antiviral.	Alteración del intercambio gaseoso. Edema alveolar. Reducción del surfactante. Síndrome de distress respiratorio agudo (SDRA).

Tabla 1: Efectos adversos del uso de cigarrillos electrónicos en el pulmón (generalidades)²⁰.

Para estudiar estos efectos adversos, se han realizado diversos estudios que han permitido comprender de mejor manera los mecanismos fisiopatológicos involucrados en el daño pulmonar causado por cigarrillos electrónicos¹³. Se han descrito distintos mecanismos biológicos que son gatillados por el uso de estos dispositivos y pueden ser responsables de la lesión pulmonar y el daño en otros órganos.

Si bien el mecanismo exacto detrás de las lesiones producidas por cigarrillos electrónicos es desconocido, se han propuesto dos mecanismos generales que podrían ser responsables de las manifestaciones clínicas asociadas al uso de estos dispositivos. En primer lugar, el daño pulmonar puede ser causado por citotoxicidad directa de algunos componentes de los aerosoles de los vaporizadores, lo que llevaría a necrosis celular e inflamación neutrofílica. Por otro lado, puede ser que el proceso contenga dos etapas. En la primera etapa, los ingredientes de los líquidos vaporizados alterarían el estado de homeostasis del pulmón y sus células inmunes. La segunda etapa consistiría en la inhalación de algún otro gas o aerosol que normalmente es bien tolerado, pero en este contexto desencadena una inflamación exacerbada. Por ejemplo, el principal sospechoso como agente causal de LPACE es la vitamina E, la cual ha sido identificada en múltiples lavados broncoalveolares de individuos afectados. Se conoce poco sobre la absorción por vías que no son dermatológicas o gastrointestinales, pero es posible que su inhalación genere citotoxicidad en algunos tipos de células pulmonares o que el intento de los macrófagos de eliminarla lleve a su acumulación dentro de las vacuolas debido a la inhabilidad que estas tienen de romperla¹⁴.

Citoquinas inflamatorias y mediadores

En primer lugar, se ha descrito que la exposición al vapor de cigarrillos electrónicos induce la

secreción de citoquinas pro-inflamatorias en las células epiteliales de la vía aérea superior y el pulmón. Algunas de estas citoquinas son las interleuquinas IL-1beta, IL-6, IL-8 y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF-alfa)^{15,16,17}. También se ha identificado un patrón específico de señales neutrofílicas en los usuarios de cigarrillos electrónicos: se observa que las proteínas que ellos secretan están significativamente elevadas¹⁸. La exposición a estos gases también aumenta la actividad de proteasas, lo que puede dañar la membrana basal del pulmón y la membrana extracelular de las células pulmonares, causando enfisema. Por otro lado, se ha demostrado que en respuesta a la inhalación de aerosoles de cigarrillos electrónicos, células como macrófagos, neutrófilos, eosinófilos y linfocitos T migran hacia el pulmón^{19,20}.

Daño celular

El uso de cigarrillos electrónicos resulta en el aumento de la generación de especies reactivas de aldehídos, lo que causa la acumulación de 4-hidroxinonenal (4-HNE), el cual causa apoptosis, disfunción mitocondrial e inactivación de proteínas^{21,22}. Otros mecanismos de daño causados por los vaporizadores son el aumento de especies reactivas de oxígeno (EROS) y el daño al ADN. Las células expuestas a aerosoles de cigarrillo electrónico han mostrado incrementos en apoptosis y necrosis, siendo estos factores que pueden desencadenar procesos destructivos que pueden causar enfisema pulmonar. Un aspecto relevante a destacar es el hecho de que estos aerosoles inducen disfunción mitocondrial (posiblemente por el aumento de EROS en la mitocondria), lo que puede llevar a una producción insuficiente de energía. Así, se puede comprometer la función de los cilios en la vía aérea superior y la homeostasis pulmonar²³. La exposición crónica a estos aerosoles puede asociarse con el desarrollo de fibrosis en los pulmones y con un aumento de marcadores de estrés oxidativo^{24,25}.

Modificaciones transcripcionales

Los aerosoles producidos por cigarrillos electrónicos inducen alteraciones transcripcionales en las células epiteliales de la vía aérea y la cavidad oral. Se ha observado además, que hay una disminución en algunos genes

supresores de tumores en usuarios de cigarrillos electrónicos, lo que aumenta su riesgo de padecer cáncer ²⁶.

Perjuicios en las defensas del huésped

El uso de cigarrillos electrónicos daña la barrera endotelial de la vía aérea, cuya integridad es la primera línea de defensa de los pulmones ante agentes nocivos. También se ha demostrado que el clearance mucociliar se ve perjudicado por los factores inflamatorios de los aerosoles de estos cigarrillos, lo cual genera un ambiente propicio para la colonización y el crecimiento bacteriano. Se ha observado que el uso de estos dispositivos disminuye el número de células ciliadas y la calidad de su movimiento, lo cual puede ser causado por la disminución de producción de ATP por parte de las mitocondrias desreguladas ²⁷. Por otro lado, al investigar sobre el efecto de estos gases en otras células, se ha descubierto que existe una inhibición de la fagocitosis de macrófagos y la creación de otras células defensivas del organismo. Otro perjuicio asociado a los cigarrillos electrónicos es el hecho de que su uso promueve la formación de biofilm y la virulencia de patógenos comunes ²⁸, lo que hace que sus usuarios tengan mayor riesgo de desarrollar infecciones bacterianas.

Presentación clínica: signos y síntomas de LPACE

La clínica del paciente con LPACE está compuesta por un patrón heterogéneo de signos y síntomas que afectan tanto a nivel sistémico como a órganos específicos. Los signos vitales de los pacientes afectados pueden estar alterados. Se puede encontrar fiebre con temperaturas mayor o iguales a 38 °C, taquicardia con frecuencia cardíaca mayor a 100 latidos por minuto, taquipnea con frecuencia respiratoria mayor a 20 respiraciones por minuto y una presión arterial elevada. Algunos hallazgos que se pueden encontrar al examen físico son los siguientes: crépitos bibasales difusos, sibilancias bilaterales, roncus, uso de musculatura accesoria, disminución del murmullo pulmonar, cianosis y compromiso de conciencia ²⁹.

Todo esto se acompañaría de los síntomas que conlleva el síndrome de dificultad respiratoria aguda (como disnea, tos y dolor torácico), que es

la presentación clínica más frecuente de la LPACE y puede ser evidenciada a través de la pulsioximetría o la evaluación de gases arteriales, los cuales mostrarían insuficiencia respiratoria ³⁰. Los síntomas respiratorios se pueden acompañar de síntomas gastrointestinales (dolor abdominal, diarrea, náuseas y vómitos) además de síntomas sistémicos (fatiga, pérdida de peso), los cuales pueden incluso preceder a los síntomas respiratorios ^{31,32}.

En los exámenes sanguíneos de estos pacientes se puede encontrar leucocitosis sobre los 11.000/mm³ con predominio de neutrófilos mayor al 60% y elevación de marcadores inflamatorios (VHS >30mm/hr; PCR >10mg/L; Procalcitonina >0,07ng/ml; LDH >280U/L; Pro-BNP >125 pg/mL). Los gases arteriales mostrarán insuficiencia respiratoria y además pueden permitir identificar una alcalosis respiratoria (pH ≥7.45, PaCO₂ <35 mmHg). En caso de que se realicen pruebas microbiológicas para identificar enfermedades infecciosas o evaluaciones de anticuerpos por sospecha de enfermedades reumatológicas, lo más probable es que salgan negativos. Finalmente, si se realizan pruebas de función pulmonar como la espirometría puede aparecer un patrón obstructivo o restrictivo ²⁹.

En un TAC o radiografía se pueden observar opacidades bilaterales en patrón de vidrio esmerilado, consolidaciones bibasales del parénquima pulmonar, derrames pleurales bilaterales, infiltrado intersticial pulmonar bilateral, engrosamiento del septo interlobular, indicaciones de fibrosis y otros indicios de daño pulmonar ²⁹.

Tratamiento:

Debido a la relativamente reciente aparición de los cigarrillos electrónicos, aún no se dispone de un tratamiento estandarizado, por lo cual en general se comienza con un tratamiento de soporte que consiste principalmente en la administración de oxígeno suplementario. Sin embargo, cabe destacar que una gran parte de los pacientes con LPACE resultan hospitalizados y muchos de ellos pueden llegar a requerir ventilación mecánica. Por ejemplo, en un estudio de 98 pacientes con LPACE el 76% necesitó oxígeno suplementario, 22% requirió de

ventilación mecánica no invasiva y un 26% necesitó intubación y ventilación mecánica invasiva³². Por otra parte, se ha visto que el uso de glucocorticoides sistémicos puede provocar un efecto positivo en el pronóstico del paciente con LPACE. Sin embargo, su eficacia aún se discute^{32,33,34}. También se puede agregar el uso de antibióticos en pacientes que estén cursando con una LPACE y una infección del tracto respiratorio al mismo tiempo, para minimizar los síntomas de la infección y facilitar el tratamiento de la LPACE³⁴.

Pronóstico:

La mayoría de los pacientes con LPACE tienen una recuperación completa con el tratamiento adecuado, pero es importante destacar que muchos de estos pacientes son hospitalizados y una cantidad importante de ellos mueren. Los estudios sobre el pronóstico de los pacientes con LPACE indican que discontinuar el uso de cigarrillos electrónicos en estos pacientes es la principal herramienta disponible para que puedan recuperarse³⁰. Se ha planteado la posibilidad de que el uso de cigarrillos electrónicos genere cambios fibróticos en los pacientes que hayan sobrevivido a un síndrome de distress respiratorio agudo debido a LPACE. No obstante, se necesitan estudios de seguimiento prolongados en el tiempo para establecer si estas anormalidades persisten o se deben a la existencia de otras patologías³².

Efectos extrapulmonares:

Los cigarrillos electrónicos provocan efectos adversos en múltiples sistemas del organismo mediante dos mecanismos principales, el contacto directo con los aerosoles y a través de los efectos tóxicos de sus componentes químicos. Una vez inhalado el vapor, éste entra en contacto con las células de la cavidad oral, continuando por la vía aérea hasta llegar al tejido pulmonar. A su vez, los aerosoles provenientes del cigarrillo electrónico poseen químicos que resultan nocivos tanto para el pulmón como para otros órganos².

Se pueden dividir los efectos extrapulmonares según el órgano o sistema que afectan. En el sistema nervioso central se han descrito alteraciones en 3 estructuras. El primero es el cerebro, provocando adicción al uso del cigarrillo

electrónico, trastornos emocionales, aumento de la impulsividad y desbalances hormonales. Segundo, a nivel ocular puede causar visión borrosa e irritación. Tercero, en la boca se ha visto gingivitis, periodontitis y un desbalance de la microbiota oral¹⁵. Luego, en el ámbito cardiovascular puede presentarse taquicardia, hipertensión arterial y arritmias, además de un aumento en la activación y agregación plaquetaria. La evidencia indica que, además de los cambios agudos en la hemodinamia de los usuarios, se ha demostrado que los cigarrillos electrónicos alteran la dilatación endotelial de los vasos sanguíneos periféricos y su capacidad de funcionar con normalidad, lo que puede reflejarse en un aumento de la presión arterial permanente. Respecto al sistema digestivo, en el hígado se producen y acumulan depósitos de ácidos grasos y puede disminuir la función renal. Todo esto se puede ver reflejado en sintomatología digestiva como: vómitos, náuseas, reflujo gastroesofágico y dolor abdominal^{35,36}.

Complicaciones a largo plazo:

Debido a que los cigarrillos electrónicos llevan relativamente poco tiempo en el mercado, se hace dificultoso medir su impacto dentro de la población. A pesar de lo anterior, se han logrado dilucidar aspectos peligrosos como: su potencial cancerígeno, su capacidad de generar daño a nivel cardiovascular y el aumento de la probabilidad de sus usuarios de desarrollar EPOC o asma.

Diversos estudios científicos han analizado los componentes de los cigarrillos electrónicos. Los resultados revelaron el potencial cancerígeno de estos productos, debido a la presencia de sustancias como aldehídos y metales pesados^{1,5}. Este riesgo se observó en un estudio realizado in vitro y en modelos animales, observando un aumento de las medidas de estrés oxidativo, proteasas, inflamación y daño de ADN, los cuales son factores que pueden aumentar el riesgo de cáncer de pulmón². Adicionalmente, en un estudio que comparaba 4975 casos de cáncer de pulmón y 27294 casos de personas sin cáncer de pulmón, se descubrió que el riesgo de cáncer de las personas que usaban cigarrillos electrónicos además de cigarrillo tradicional tenían cuatro veces el riesgo de desarrollar cáncer en comparación a los que sólo fumaban cigarrillos convencionales³⁷.

Por otro lado, se realizó un estudio murino en el que se expusieron ratas a 12 semanas de aerosol de cigarro electrónico, observando un daño sostenido en el ADN de los pulmones, corazón y mucosa de la vejiga. También se les realizó una exposición a los mismos aerosoles durante 54 semanas, en la cual se observó que desarrollaron adenocarcinomas de pulmón e hiperplasia urotelial de la vejiga ².

Asimismo, se evaluaron los efectos en el organismo según el sabor del cigarrillo electrónico que contenía nicotina. Los resultados mostraron que algunos de los ratones expuestos no desarrollaron un síndrome enfisematoso, lo que sugiere que las distintas sustancias químicas presentes en los cigarrillos electrónicos pueden tener perfiles de toxicidad variables, cuyos efectos a largo plazo aún son parcialmente desconocidos ².

Como fue descrito anteriormente, el cigarrillo electrónico también tiene riesgos en la salud cardiovascular similares al cigarrillo convencional. Se observó en un estudio transversal de casos-controles que las personas que utilizan cigarro electrónico presentaron cambios en el equilibrio autonómico hacia un predominio simpático. Además, se observó la activación del eje espleno-cárdico, en consecuencia a la exposición de cigarrillos electrónicos y convencionales en adultos jóvenes sanos, asociándose con el desarrollo de aterosclerosis e infarto agudo de miocardio ^{2,38}. El riesgo de desarrollar placas ateroscleróticas también se reprodujo en estudios in vitro. En un estudio murino se observó que el grupo expuesto al vapor del cigarro electrónico generó placas ateroscleróticas con mayor frecuencia en comparación al grupo control ⁴.

Por otro lado, existe un estudio que realizó una encuesta en la que se llegó a la conclusión de que el riesgo de padecer EPOC aumenta en las personas que fuman cigarrillos electrónicos. A través de esta misma encuesta se observó que el diagnóstico de asma también era mayor en los usuarios que consumen cigarrillos electrónicos en comparación a los que no lo utilizan. Los resultados de este estudio concuerdan con la

literatura médica que establecen la relación entre el uso de cigarrillos electrónicos y el aumento en la inflamación pulmonar ³⁹.

Propuestas de prevención:

Como se comentó anteriormente, el consumo de cigarrillos electrónicos ha experimentado un aumento desde que se introdujo al mercado. Un número importante de los consumidores pertenecen a los grupos más jóvenes de población. Este fenómeno resulta preocupante, debido a que aún no se han establecido de manera definitiva los riesgos que conlleva consumir cigarrillos electrónicos (especialmente los riesgos a largo plazo). Ante esta incertidumbre, es de suma importancia implementar medidas públicas para reducir y restringir el consumo de los cigarrillos electrónicos. Idealmente estas medidas deben desincentivar el consumo de cigarrillos electrónicos y ayudar a que quienes ya los consumen puedan dejarlos de manera definitiva ^{40,41}.

Las respuestas que han adoptado algunos países son aumentar la edad mínima de consumo de los cigarrillos electrónicos ⁶. Un ejemplo de ello es la decisión de la administración de alimentos y medicamentos de los estados unidos (FDA), impidiendo la venta de cigarrillos electrónicos a menores de 18 años. Además, la FDA creó la "Campaña de Prevención del Cigarrillo Electrónico" que mediante publicidad tuvo como objetivo desmentir la información falsa sobre los cigarrillos electrónicos. Esta campaña demostró ser efectiva en disminuir el uso de cigarrillos electrónicos entre los jóvenes ^{2,7}. Adicionalmente, Estados Unidos también efectuó otras campañas enfocadas en las escuelas, creando el plan de estudio "CATCH my breath", con el objetivo de educar sobre los cigarrillos electrónicos ².

Otra medida efectiva centrada en la educación de la población es informar sobre los daños que pueden causar los cigarrillos electrónicos, tales como enfermedades pulmonares, aumento del riesgo cardiovascular y otras alteraciones en el organismo ⁷. Además, se estudió que existen componentes específicos en los cigarrillos electrónicos que tienen efectos dañinos sobre la salud. Por lo tanto, podría ser útil restringir la

venta de saborizantes específicos, prohibir el uso de ciertos ingredientes y fiscalizar los materiales que se utilizan en su producción ^{6,9}.

Consideraciones:

Los cigarrillos electrónicos permiten la inhalación de aerosoles originados de líquido calentado ("e-liquids"), los cuales pueden contener nicotina, tetrahidrocannabinol (THC) y mezclas de saborizantes y aditivos. A partir de esto, es pertinente realizar un análisis de los distintos líquidos para vaporizadores y sus ingredientes ya que no todos suponen los mismos riesgos para la salud ⁸.

Saborizantes:

La variedad de saborizantes que actualmente existe es muy amplia. Los saborizantes son elementos que incentivan la experimentación con más de un tipo de dispositivo vaporizador y atraen a personas jóvenes a probarlos por primera vez. Además, la presencia de estos saborizantes promueve la idea de que los cigarrillos electrónicos son inofensivos. Un ingrediente que frecuentemente aparece en estos dispositivos son los sacáridos utilizados en saborizantes dulces. Cuando estos se calientan, producen aldehídos que pueden causar irritación en las vías respiratorias y citotoxicidad que puede alterar el sistema mucociliar, aumentando el riesgo de adquirir infecciones ⁴². Vale la pena mencionar, que muchos de los saborizantes utilizados han sido aprobados para consumo oral, pero no se ha evaluado su seguridad para inhalación.

Solventes:

Los solventes se utilizan para disolver los saborizantes de los líquidos para vaporizadores. Muchos de estos líquidos contienen elementos que se consideran "seguros" por algunas instituciones, pero cuyos efectos en el sistema respiratorio son mayoritariamente desconocidos. Por ejemplo, el etilenglicol es un líquido viscoso, inodoro y transparente que frecuentemente se usa en industrias como solvente o anticongelante en algunos sistemas. A pesar de que los efectos a largo plazo de la exposición a este componente no están estudiados, se sabe que es un irritante de la vía aérea y puede ser considerado tóxico ^{25,43}.

Nicotina:

La mayoría de los líquidos comerciales para cigarrillos electrónicos contienen nicotina, la cual puede aparecer en diferentes concentraciones. Esto es peligroso porque la nicotina es una sustancia altamente adictiva, haciendo que el uso de estos dispositivos se perpetúe en el tiempo. Esto es especialmente preocupante porque se han encontrado pequeñas cantidades de metales pesados, como cadmio, níquel, plomo y cromo en los líquidos a vaporizar ^{43,44}.

THC:

El aceite de cannabis es el ingrediente con THC más frecuentemente utilizado en los líquidos de cigarrillos electrónicos. Este se suele mezclar con solventes como nafta o aceite de oliva, además de saborizantes como mentol o tabaco. Debido a que hay pocas regulaciones respecto a la comercialización de cannabis, hay mucha variación respecto a los contenidos que se derivan de ella. Por esto, los productos de cannabis y sus solventes pueden esconder una amplia variedad de contaminantes. Cabe destacar, que la dosis inhalada a través de la vaporización suele ser mayor a la que se inhala mediante un cigarrillo de marihuana convencional. El consumo de THC se ha asociado con incrementos en síntomas respiratorios, aumento del riesgo de desarrollar bronquitis crónica y de presentar síntomas depresivos. No obstante, aún se desconocen a profundidad los efectos a largo plazo del consumo de marihuana a través de cigarrillos electrónicos ⁴⁵. En los líquidos que contienen THC, suele encontrarse también acetato de vitamina E, el cual ha sido directamente asociado con casos de LPACE ⁴⁶.

Otros componentes y sus implicaciones toxicológicas:

Con el uso de cigarrillos electrónicos ingresan al organismo partículas ultra finas (PUF), que miden menos de 100 nanómetros. Estas partículas tienen el potencial de causar mucho daño, debido a que su tamaño les permite escapar de los mecanismos de protección de la vía aérea como los cilios y la acción de macrófagos alveolares. Así, pueden llegar hasta el torrente sanguíneo. Los efectos de estas partículas requieren más estudio para describirse con precisión, pero se han asociado con el desarrollo de cáncer y

enfermedades respiratorias y cardiovasculares^{25,47}. El líquido que utilizan estos vaporizadores también contiene pequeñas cantidades de metales tóxicos. Ante la posible acumulación de estos metales en el pulmón, son necesarios más estudios sobre los efectos a largo plazo de la inhalación de estos componentes. Los aerosoles generados a través de los vaporizadores también contienen componentes orgánicos volátiles como el benceno, que es clasificado como carcinógeno⁴⁴.

CONCLUSIÓN

Desde la aparición de los cigarrillos electrónicos, la prevalencia de su uso se ha convertido en un problema de salud pública que cada vez se hace más relevante. Según la literatura estudiada, podemos observar que hay una amplia evidencia de que estos dispositivos causan inflamación y lesión pulmonar, además de síntomas sistémicos y efectos adversos en otros órganos. Evidenciando así, la relación entre el uso de cigarrillos electrónicos y la lesión pulmonar. A pesar de esto, los mecanismos fisiopatológicos de daño y las consecuencias a largo plazo del uso de estos cigarrillos aún son parcialmente desconocidos. Por todos los riesgos anteriormente mencionados, es pertinente incentivar el estudio de los efectos que provocan en la salud estos dispositivos, haciendo énfasis en los efectos a largo plazo y con el objetivo de promover medidas de salud pública que ayuden a las personas a alejarse de ellos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Seiler-Ramadas R, Sandner I, Haider S, Grabovac I, Ernst T. Health effects of electronic cigarette (e-cigarette) use on organ systems and its implications for public health. *Wiener klinische Wochenschrift* [Internet] 2021 [Consultado 20 de marzo de 2025]; 133:1020-1027. <https://doi.org/10.1007/s00508-020-01711-z>

[2] Park JA, Crotty L, Christiani D. Vaping and lung inflammation and injury. *Annual Review of Physiology* [Internet] 2022 [Consultado 1 de marzo de 2025]; 84:611-629. <https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-061121-040014>

[3] Zhao D, Aravindakshan A, Hilpert M, Olmedo P, Rule AM, Navas-Acien A, et al. Metal/Metalloid levels in electronic cigarette liquids, aerosols, and human biosamples: A Systematic Review. *Environmental Health Perspectives* [Internet] 2020 [Consultado 1 de marzo de 2025]; 128(3). <https://doi.org/10.1289/EHP5686>

[4] Bergeria C, Heil S, Bunn J, Sigmon S, Higgins S. Comparing smoking topography and subjective measures of usual brand cigarettes between pregnant and non-pregnant smokers. *Nicotine and Tobacco Research* [Internet] 2018 [Consultado 2 de marzo de 2025]; 20(10):1243-1249. <https://doi.org/10.1093/ntr/ntx148>

[5] Cox S, Goniewicz M, Kosmider L, McRobbie H, Kimber C, Dawkins L. The time course of compensatory puffing with an electronic cigarette: secondary analysis of real-world puffing data with high and low nicotine concentration under fixed and adjustable power settings. *Nicotine and Tobacco Research* [Internet] 2021 [Consultado 2 de marzo de 2025]; 23(7):1153-1159. <https://doi.org/10.1093/ntr/ntab013>

[6] Kopa-Stojak P, Pawliczak R. Comparison of the effects of active and passive smoking of tobacco cigarettes, electronic nicotine delivery systems and tobacco heating products on the expression and secretion of oxidative stress and inflammatory response markers. a systematic review. *Inhalation Toxicology* [Internet] 2024 [Consultado 20 de marzo de 2025]; 36(2):75-89. <https://doi.org/10.1080/08958378.2024.2319315>

[7] Visser W, Klerx W, Cremers H, Ramlal R, Schwillens P, Talhout R. The health risks of electronic cigarette use to bystanders. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [Internet] 2019 [Consultado 2 de marzo de 2025]; 16(9):1525. <https://doi.org/10.3390/ijerph16091525>

[8] Choi H, Lin Y, Race E, Macmurdo M. Electronic cigarettes and alternative methods of vaping. *Annals of the American Thoracic Society* [Internet] 2020 [Consultado 4 de marzo de 2025]; 18(2):191-199. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202005-511CME>

[9] Mukhopadhyay S, Mehrad M, Dammert P, Arrossi A, Sarda R, Brenner D, et al. Lung biopsy findings in severe pulmonary illness associated with e- cigarette use (vaping): a report of eight cases. *American Journal of Clinical Pathology* [Internet] 2020 [Consultado 4 de marzo de 2025]; 153(1):30-39. <https://doi.org/10.1093/ajcp/aqz182>

[10] Patel B. Síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA). *Manual MSD* [Internet] 2024 [Consultado 4 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es/hogar/trastornos-del-pulm%C3%B3n-y-las-v%C3%ADas-respiratorias/insuficiencia-respiratoria-y-s%C3%ADndrome-de-dificultad-respiratoria-aguda/s%C3%ADndrome-de-dificultad-respiratoria-aguda-sdra>

[11] Robayo-González C, Becerra N, Castro-Goyes D. Efectos sobre la salud de los cigarrillos electrónicos. Una revisión de la literatura. *Revista de Salud Pública* [Internet] 2019 [Consultado 4 de marzo de 2025]; 21(1):115-121. <https://doi.org/10.15446/rsap.v21n1.77032>

[12] Accinelli A, Lam J, Tafur K. El cigarrillo electrónico: un problema de salud pública emergente. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* [Internet] 2020 [Consultado 5 de marzo de 2025]; 37(1):122-128. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2020.371.4780>

[13] Marczylo T. How bad are e-cigarettes? What can we learn from animal exposure models? *The Journal of Physiology* [Internet] 2020 [Consultado 5 de marzo de 2025]; 598:5073-5089. <https://doi.org/10.1113/JP278366>

[14] Esquer C, Echeagaray O, Firouzi F, Savko C, Shain G, Bose P, et al. Fundamentals of vaping-associated pulmonary injury leading to severe respiratory distress. *Life Science Alliance* [Internet] 2021 [Consultado 16 de marzo de 2025]; 5(2). <https://doi.org/10.26508/lsa.202101246>

[15] Szumilas P, Wilk A, Szumilas K, Karakiewicz B. The effects of e-cigarette aerosol on oral cavity cells and tissues: a narrative review. *Toxics* [Internet] 2022 [Consultado 20 de marzo de 2025]; 10(2). <https://doi.org/10.3390/toxics10020074>

- [16] Scott A, Lugg S, Aldridge K, Lewis K, Bowden A, Mahida R, et al. Pro- inflammatory effects of e-cigarette vapour condensate on human alveolar macrophages. *BMJ Journals* [Internet] 2018 [Consultado 6 de marzo de 2025]; 73(12):1161-1169. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2018-211663>
- [17] Yamaguchi N. Smoking, immunity, and DNA damage. *Translational Lung Cancer Research* [Internet] 2019 [Consultado 16 de marzo de 2025]; 8(1):3-6. <http://dx.doi.org/10.21037/tlcr.2019.03.02>
- [18] Reidel B, Radicioni G, Clapp P, Ford A, Abdelwahab S, Rebuli M, et al. e- cigarette use causes a unique innate immune response in the lung, involving increased neutrophilic activation and altered mucin secretion. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* [Internet] 2017 [Consultado 6 de marzo de 2025]; 197(4):492-501. <https://doi.org/10.1164/rccm.201708-1590OC>
- [19] Wang Q, Sundar I, Li D, Lucas J, Muthumalage T, McDonough S, et al. E- cigarette-induced pulmonary inflammation and dysregulated repair are mediated by nAChR $\alpha 7$ receptor: role of nAChR $\alpha 7$ in SARS-CoV-2 Covid-19 ACE2 receptor regulation. *Respiratory Research* [Internet] 2020 [Consultado 7 de marzo de 2025]; 21(154). <https://doi.org/10.1186/s12931-020-01396-y>
- [20] Bhat T, Kalathil S, Goniewicz M, Hutson A, Thanavala Y. Not all vaping is the same: differential pulmonary effects of vaping cannabidiol versus nicotine. *Thorax* [Internet] 2023 [Consultado 16 de marzo de 2025]; 78(9):922-932. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2022-218743>
- [21] Xiao M, Zhong H, Xia L, Tao Y, Yin H. Pathophysiology of mitochondrial lipid oxidation: role of 4-hydroxynonenal (4-HNE) and other bioactive lipids in mitochondria. *Free Radical Biology and Medicine* [Internet] 2017 [Consultado 7 de marzo de 2025]; 11:316-327. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2017.04.363>
- [22] Rodrigues V. Benefícios e Malefícios do Uso de Cigarro Eletrônico [Trabajo de Grado]. São Paulo: Universidade De São Paulo: Faculdade de Ciências Farmacêuticas; 2020. Recuperado a partir de: <https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/a68b52e5-b224-4783-bdc5-686f3d9066e1/3063103.pdf>
- [23] Clapp P, Lavrich K, Van Heusden C, Lazarowski E, Carson J, Jaspers I. Cinnamaldehyde in flavored e-cigarette liquids temporarily suppresses bronchial epithelial cell ciliary motility by dysregulation of mitochondrial function. *American Physiological Society* [Internet] 2019 [Consultado 9 de marzo de 2025]; 6(3):470-486. <https://doi.org/10.1152/ajplung.00304.2018>
- [24] Hamburger E, Halper-Felsher B. Vaping in adolescents: epidemiology and respiratory harm. *Current Opinion in Pediatrics* [Internet] 2020 [Consultado 10 de marzo de 2025]; 32(3):378-383. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000896>
- [25] Traboulsi H, Cherian M, Abou Rjeili M, Preterori M, Bourbeau J, Smith B, et al. Inhalation toxicology of vaping products and implications for pulmonary health. *International Journal of Molecular Sciences* [Internet] 2020 [Consultado 10 de marzo de 2025]; 21(10). <https://doi.org/10.3390/ijms21103495>
- [26] Traboulsi H, Cherian M, Abou Rjeili M, Preterori M, Bourbeau J, Smith B, et al. Inhalation toxicology of vaping products and implications for pulmonary health. *International Journal of Molecular Sciences* [Internet] 2020 [Consultado 10 de marzo de 2025]; 21(10). <https://doi.org/10.3390/ijms21103495> [Consultado 13 de marzo de 2025]; 11(17517). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97013-z>
- [27] Chung S, Baumlín N, Dennis J, Moore R, Salathe S, Whitney P, et al. Electronic cigarette vapor with nicotine causes airway mucociliary dysfunction preferentially via TRPA1 receptors. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* [Internet] 2018 [Consultado 13 de marzo de 2025]; 200(9):1134-1145. <https://doi.org/10.1164/rccm.201811-2087OC>
- [28] Bagale K, Paudel S, Cagle H, Sigel E, Kulkarni R. Electronic cigarette (e-cigarette) vapor exposure alters the streptococcus pneumoniae transcriptome in a nicotine-dependent manner without affecting pneumococcal virulence. *Applied and Environmental Microbiology* [Internet] 2020 [Consultado 13 de marzo de 2025]; 86(3):2125-2129. <https://doi.org/10.1128/AEM.02125-19>
- [29] Marrocco A, Singh D, Christiani D, Demokritou P. E-cigarette vaping associated acute lung injury (EVALI): state of science and future research needs. *Critical Reviews in Toxicology* [Internet] 2022 [Consultado 15 de marzo de 2025]; 52(3):188-220. <https://doi.org/10.1080/10408444.2022.2082918>
- [30] O'Callaghan M, Boyle N, Fabre A, Keane M, McCarthy C. Vaping-associated lung injury: a review. *Medicina* [Internet] 2022 [Consultado 14 de marzo de 2025]; 58(3). <https://doi.org/10.3390/medicina58030412>
- [31] Garg I, Vidholia A, Garg A, Singh S, Agahi A, Laroia A, et al. E-cigarette or vaping product use-associated lung injury: A review of clinico-radio- pathological characteristics. *Respiratory Investigation* [Internet] 2022 [Consultado 14 de marzo de 2025]; 60(6):738-749. <https://doi.org/10.1016/j.resinv.2022.06.011>
- [32] Smith M, Gotway M, Crotty L, Hariri L. Vaping-related lung injury. *Virchows Archiv* [Internet] 2021 [Consultado 13 de marzo de 2025]; 478(1):81-88. <https://doi.org/10.1007/s00428-020-02943-0>
- [33] Mussio ML, Renom H, di Fonzo G. Lesión pulmonar asociada al vapeo: informe de un caso / Lung injury associated with vaping: A case report. *Medicina (Buenos Aires)* [Internet] 2024 [Consultado 19 de marzo de 2025]; 84(3):560-563. Disponible en: https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pi d=S0025-76802024000500560
- [34] Bello S. Daño pulmonar asociado al uso de cigarrillos electrónicos- vapeadores. *Revista chilena de enfermedades respiratorias* [Internet] 2020 [Consultado 19 de marzo de 2025]; 36(2):115-121. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482020000200115>
- [35] Rose J, Krishnan-Sarin S, Exil V, Hamburg N, Fetterman J, Ichinose F, et al. Cardiopulmonary impact of electronic cigarettes and vaping products: a scientific statement from the american heart association. *Circulation* [Internet] 2023 [Consultado 20 de marzo de 2025]; 148(8):703-728. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001160>
- [36] Hage R, Fretz V, Schuurmanns MM. Electronic cigarettes and vaping associated pulmonary illness (VAPI): a narrative review. *Pulmonology* [Internet] 2020 [Consultado 20 de marzo de 2025]; 26(5):291-303. <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2020.02.009>
- [37] Bittoni M, Carbone D, Harris R. Vaping, smoking and lung cancer risk. *Journal of Oncology Research and Therapy* [Internet] 2024 [Consultado 20 de marzo de 2025]; 9(3). DOI: <https://doi.org/10.29011/2574-710x.10229>
- [38] Kennedy C, van Schalkwyk M, McKee M, Pisinger C. The cardiovascular effects of electronic cigarettes: A systematic review of experimental studies. *Preventive Medicine* [Internet] 2019 [Consultado 20 de marzo de 2025]; 127. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2019.105770>

- [39] Kotoulas SC, Pataka A, Domvri K, Spyrtatos D, Katsaounou P, Porpodis K, et al. Acute effects of e-cigarette vaping on pulmonary function and airway inflammation in healthy individuals and in patients with asthma. *Respirology* [Internet] 2020 [Consultado 20 de marzo de 2025]; 25:1037-1045. <https://doi.org/10.1111/resp.13806>
- [40] Crotty L, Bellinghausen A, Eakin M. What are the mechanisms underlying vaping-induced lung injury?. *The Journal of Clinical Investigation* [Internet] 2020 [Consultado 20 de marzo de 2025]; 130(6):2754-2756. <https://doi.org/10.1172/JCI138644>
- [41] Prochaska JJ. The public health consequences of e-cigarettes: a review by the National Academies of Sciences. A call for more research, a need for regulatory action. *Addiction* [Internet] 2018 [Consultado 20 de marzo de 2025]; 114(4):587-589. <https://doi.org/10.1111/add.14478>
- [42] Zare S, Nemati M, Zheng Y. A systematic review of consumer preference for e-cigarette attributes: flavor, nicotine strength, and type. *PLOS One* [Internet] 2018 [Consultado 17 de marzo de 2025]; 13(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194145>
- [43] Peace M, Mulder H, Baird T, Butler K, Friedrich A, Stone J, et al. Evaluation of nicotine and the components of e-liquids generated from e-cigarette aerosols. *Journal of Analytical Toxicology* [Internet] 2018 [Consultado 18 de marzo de 2025]; 42(8):537-543. <https://doi.org/10.1093/jat/bky056>
- [44] Gray N, Halstead M, Gonzalez-Jimenez N, Valentin-Blasini L, Watson C, Pappas RS. Analysis of toxic metals in liquid from electronic cigarettes. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [Internet] 2019 [Consultado 18 de marzo de 2025]; 16(22). <https://doi.org/10.3390/ijerph16224450>
- [45] Ghasemiesfe M, Ravi D, Vali M, Korenstein D, Arjomandi M, Frank J, et al. Marijuana use, respiratory symptoms, and pulmonary function: a systematic review and meta-analysis. *Annals of Internal Medicine* [Internet] 2018 [Consultado 18 de marzo de 2025]; 169(2):106-115. <https://doi.org/10.7326/M18-0522y>
- [46] Food and Drug Administration. Lung injuries associated with use of vaping products. 2020. Disponible en: <https://www.fda.gov/news-events/public-health-focus/lung-injuries-associated-use-vaping-products#Analysis>
- [47] Zhao J, Zhang Y, Sisler J, Shaffer J, Leonard S, Morris A, et al. Assessment of reactive oxygen species generated by electronic cigarettes using acellular and cellular approaches. *Journal of Hazardous Materials* [Internet] 2018 [Consultado 19 de marzo de 2025]; 344(15):549-557. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.10.057>