

**EFFECTOS DE LA CALIMA SOBRE LA SALUD  
CARDIOVASCULAR Y RESPIRATORIA EN LA POBLACIÓN: UNA  
REVISIÓN NARRATIVA.**

Autor: Jorge Manuel Armas Almeida

Tutor: Alberto Domínguez Rodríguez

Grado en Enfermería

Facultad de Ciencias de la Salud. Sección Enfermería.

Sede Tenerife

Universidad de La Laguna

Curso 2021-2022

## **RESUMEN:**

La calima es un fenómeno endémico en las Islas Canarias. Consiste en la llegada de grandes cantidades de partículas de polvo en suspensión provenientes del Norte de África. El material particulado que trae la calima está reconocido por la OMS como contaminación atmosférica, y muchas veces durante estos fenómenos meteorológicos los límites en cuanto a la cantidad de estos elementos es muy superior al indicado por las directrices internacionales. El objetivo de este trabajo es recopilar información sobre los efectos que posee la calima sobre la salud cardiovascular y respiratoria de los habitantes de las islas o por lo menos dar una visión de lo que ocurre en nuestra salud al exponerse al polvo en suspensión. Los resultados fueron: un 2% más de personas fallecen por cardiopatías los dos días siguientes a los fenómenos de calima. El síndrome coronario agudo y los accidentes cerebrovasculares no están asociados a la calima, pero sí a otro tipo de contaminación. Los días de calima hay más ingresos por insuficiencia cardíaca aguda y también hay una asociación del 86% a la mortalidad de enfermos con esta patología ingresados durante los días de calima. El asma agudiza sus síntomas durante los episodios de calima, los cuadros de EPOC empeoran ante la exposición a contaminación. El polvo en suspensión es un medio de propagación de patógenos como la meningitis pero no representa actualmente un riesgo clave. El estrés oxidativo y el cáncer de pulmón están relacionados ante la exposición a la contaminación.

## **ABSTRACT:**

Calima is an endemic phenomenon in the Canary Islands. It consists of the arrival of large amounts of suspended dust particles from North Africa. The particulate material that the haze brings is recognized by the WHO as atmospheric contamination, and many times during these meteorological phenomena the limits in terms of the amount of these elements is much higher than that indicated by international guidelines. The objective of this work is to collect information on the effects that the haze has on the cardiovascular and respiratory health of the inhabitants of the islands or at least give a vision of what happens to our health when exposed to dust in suspension. The results were: 2% more people die from heart disease the two days following the calima phenomena. Acute coronary syndrome and cerebrovascular accidents are not associated with haze, but with other types of pollution. There are more admissions for acute heart failure on haze days and there is also an 86% association with the mortality of patients with this pathology admitted during haze days. Asthma exacerbates its symptoms during haze episodes, COPD symptoms worsen when exposed to pollution. Airborne dust is a means of spreading pathogens such as meningitis but does not currently represent a key risk. Oxidative stress and lung cancer are related to exposure to pollution.

## **PALABRAS CLAVE:**

Calima, enfermedades respiratorias, enfermedades cardiológicas, material particulado (MeSH).

## **KEYWORDS:**

Desert Dust, Respiratory diseases, Cardiologic diseases, Particulate Matter (MeSH).

## **ÍNDICE:**

<b>1. INTRODUCCIÓN:</b> .....	<b>1</b>
1.1. Qué es la calima:.....	1
1.2. Qué es el material particulado (PM):.....	2
1.3. Antecedentes:.....	4
1.4. Factores que determinan la exposición a la calima:.....	6
<b>2. JUSTIFICACIÓN:</b> .....	<b>7</b>
<b>3. OBJETIVOS:</b> .....	<b>8</b>
3.1. Objetivo General:.....	8
3.2. Objetivos Específicos:.....	8
<b>4. METODOLOGÍA:</b> .....	<b>8</b>
4.1. Bases de datos:.....	8
4.2. Estrategia de búsqueda:.....	9
4.3. Límites de búsqueda:.....	9
4.4. Criterios de inclusión:.....	9
4.5. Criterios de exclusión:.....	9
<b>5. RESULTADOS:</b> .....	<b>9</b>
5.1. Efectos cardiovasculares de la calima:.....	9
5.1.1. Mortalidad cardiovascular:.....	10
5.1.2. Síndrome Coronario Agudo e Infarto Agudo de Miocardio:.....	12
5.1.3. Insuficiencia cardiaca (IC):.....	13
5.1.4. Accidentes Cerebrovasculares (ACV):.....	14
5.2. Efectos respiratorios de la calima:.....	14
5.2.1. Asma:.....	15
5.2.2. Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC):.....	18
5.2.3. Enfermedades infecciosas:.....	19
5.2.4. Estrés oxidativo y Cáncer de pulmón:.....	21
<b>6. DISCUSIÓN:</b> .....	<b>22</b>
<b>7. CONCLUSIÓN:</b> .....	<b>24</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA:</b> .....	<b>26</b>
<b>9. CRONOGRAMA:</b> .....	<b>32</b>

# 1. INTRODUCCIÓN:

Geográficamente, las Islas Canarias, se encuentran situadas en latitudes subtropicales, próximas al litoral africano, que permiten gozar de uno de los climas más agradables reconocidos a escala mundial. La corriente marina del Atlántico Norte junto con el anticiclón de las Azores, sumado a la acción del viento Alisio que trae humedad desde Europa y la Cordillera del Atlas, además del abrupto relieve volcánico isleño, dan lugar a temperaturas templadas casi todo el año, pese a la proximidad del archipiélago con el árido desierto del Sahara. Sin embargo, a veces este paraíso natural y turístico es azotado por fenómenos meteorológicos diversos que alteran esta versión climatológica tan idílica, en especial, se habla del fenómeno conocido como calima, polvo en suspensión que atraviesa el mar Atlántico desde el desierto. Este fenómeno acarrea consecuencias no solo meteorológicas y medioambientales con la presencia de polvo en suspensión que cubre el cielo, calor y la sequía, sino que también afecta a la salud de la población del archipiélago y la calidad del aire que este respira.

## 1.1. QUÉ ES LA CALIMA:

Se define la calima como el fenómeno meteorológico que consiste en la aparición en la atmósfera de partículas sólidas de tamaño microscópico que se originan del humo de incendios, industria, volcanes, seres vivos (polen), y, más comúnmente, tormentas de arena de desiertos. Estas partículas terminan suspendidas por la acción del viento, y llegan a Canarias procedentes del Sahara. Las nubes de polvo son levantadas desde la arena donde se originó a la atmósfera, transportando grandes cantidades de sedimentos a cientos de kilómetros de distancia del continente africano<sup>1</sup>.

Según la Organización Meteorológica Mundial, el 40% de los aerosoles en suspensión de la troposfera están compuestos de polvo producto de la erosión, siendo los desiertos del Sahara, Arabia y el Gobi, y en menor medida, Australia y Norte América las principales fuentes de este polvo. cuanto más pequeñas son las partículas de polvo más tiempo se encuentran suspendidas y con esto, mayor distancia recorrerán, siendo, por sus condiciones meteorológicas, el desierto del Sahara el mayor emisor de polvo en suspensión del mundo<sup>2</sup>.

La calima afecta al tiempo meteorológico y al clima. Dependiendo de la composición de las partículas de polvo, son capaces de aprovechar su capacidad de contener radiación solar y de alterar la composición de las nubes, provocando un “efecto invernadero” en el que las partículas devuelven los rayos ultravioletas de onda larga a la superficie con la reentrada,

además, de interrumpir las precipitaciones, de ahí el aumento de las temperaturas y la sequía subsecuente a la calima<sup>2</sup>.

Pero, el interés de este trabajo se centrará, no en conceptos propios del estudio ambiental, sino de cómo afecta este polvo al entrar en contacto con el organismo de la población expuesta al aire con material particulado.

## 1.2. QUÉ ES EL MATERIAL PARTICULADO (PM):

La calima es tóxica, pues las directrices de la Organización Mundial de la Salud reflejan que el polvo en el aire derivado de las tormentas de arena es contaminación atmosférica al estar formado por material particulado o partículas en suspensión (PM). El material particulado (PM), consiste en una mezcla de elementos diversos suspendidos en el aire compuestos por partículas tanto sólidas como líquidas, orgánicas e inorgánicas, de diámetros iguales o inferiores a  $10\mu\text{m}$ . Estas PM al ser inhaladas pueden alojarse en los pulmones, y si poseen un diámetro igual o inferior a  $2,5\mu\text{m}$ , son capaces de acceder al sistema circulatorio, afectando a la salud tanto respiratoria como cardiovascular y dar lugar a la presencia de cáncer y otras enfermedades en la población expuesta<sup>3,4</sup>.



Figura 1. Diámetro de las PM<sup>4</sup>.

Las directrices de la OMS estiman la exposición máxima recomendada de las PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en función a unos valores de media anual y diaria sobre la calidad del aire los cuales se miden en la unidad de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>(3)</sup>:

V.MAX. PM SEGUN OMS	MEDIA ANUAL	MEDIA DIARIA
PM <sub>2,5</sub>	5 µg/m <sup>3</sup>	15 µg/ m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	15 µg/ m <sup>3</sup>	45 µg/m <sup>3</sup>

Tabla 1. Valores medios recomendados anuales y diarios de material particulado según la OMS<sup>3</sup>.

Si se sobrepasan estos valores estamos ante niveles de contaminación elevados para la salud y que pueden tener consecuencias a corto, medio y largo plazo. Durante muchos de los episodios de calima estos niveles suelen estar por encima de los permitidos.

Las principales autoridades sanitarias están de acuerdo que la exposición a el material particulado es tóxico para la población, y si bien muchas de las directrices de la OMS van dirigidas a componentes contaminantes como ozono, carbón, dióxido de azufre o nítrico, la calima es un fenómeno natural que suele estar constituido por material particulado que no es antropogénico, es decir, no se origina por acciones humanas como el humo de los hogares, la industria, el transporte y actividades agrícolas, por lo que no podemos reducir la frecuencia de las calimas mediante políticas ya que es un fenómeno propio de la naturaleza que siempre ha estado y estará presente. Pero muchas de estas actividades humanas pueden alterar las sustancias que componen el polvo sahariano y el viento arrastrar contaminación humana junto con la calima formando una mezcla aún más dañina, esto se conoce como contaminación secundaria. Muchos de estos contaminantes producto del humano son causantes de muchas enfermedades. Por ejemplo, el Ozono tiene relación con la incidencia de asma, también el NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, además del empeoramiento de la clínica de las insuficiencias cardiacas y la prevalencia de cáncer de pulmón<sup>5</sup>.

SO <sub>2</sub>		PM2,5		PM10		O <sub>3</sub>		NO <sub>2</sub>		CATEGORÍA DEL INDICE
0	100	0	10	0	20	0	50	0	40	BUENA
101	200	11	20	21	40	51	100	41	90	RAZONABLEMENTE BUENA
201	350	21	25	41	50	101	130	91	120	REGULAR
351	500	26	50	51	100	131	240	121	230	DESFAVORABLE
501	750	51	75	101	150	241	380	231	340	MUY DESFAVORABLE
751-1250		76-800		151-1200		381-800		341-1000		EXTREMADAMENTE DESFAVORABLE

Figura 2. Niveles de los 5 contaminantes en el Índice de Calidad del Aire del Ministerio para la Transición Ecológica<sup>6</sup>.

Según la OMS, existe una estimación de que la contaminación atmosférica mata alrededor de 4,2 millones de personas cada año. En 2016 el 56% de las muertes prematuras por contaminación fueron por cardiopatía isquémica y accidentes cerebrovasculares, y un 18% debido al EPOC e infecciones respiratorias<sup>3</sup>.

### 1.3. ANTECEDENTES:

Cuando comenzó la pandemia de SARS-CoV-2, durante el mes de febrero de 2020 se celebraron los anuales Carnavales en las islas. Se continuó con la celebración pese a que el archipiélago fue azotado por un episodio de calima extrema a finales de febrero, siendo los días 22, 23 y 24 aquellos con las peores cifras de partículas en suspensión. El 22 de febrero las partículas PM<sub>10</sub> alcanzaron concentraciones de 319 µg/m<sup>3</sup> y 416 µg/m<sup>3</sup> en Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas<sup>6</sup>. Al día siguiente aumentaron las cantidades máximas hasta 1283 µg/m<sup>3</sup> según la red de control y vigilancia de la calidad del aire del Gobierno de Canarias<sup>7</sup>. Y según el Air Quality Forecast, la media diaria el día 22 de febrero de PM<sub>2,5</sub> llegó a 827 µg/m<sup>3</sup> en Santa Cruz de Tenerife<sup>8</sup>. La opacidad del aire suspendió el tráfico aéreo de hasta 800 vuelos el día 22 debido a las fuertes rachas de viento y la densidad del aire que en algunos puntos de las islas la visibilidad era de menos de 1 kilómetro de distancia. Apareciendo titulares como: “Caos en las islas por una invasión de la calima” “Atardecer de sangre en Tenerife” (refiriéndose a la densidad del polvo en suspensión que dejaba el cielo con un tono rojizo) “La calima que afecta a Canarias no se producía desde hace más de 30 años” o, y esta me parece la más importante, “Santa Cruz pide al Gobierno de Canarias que cree un protocolo para la calima” (*Titulares obtenidos del periódico “Diario de Avisos”*)<sup>9</sup>.



Imagen 1. Calima febrero 2020, fuente: Diario de Avisos<sup>9</sup>

La Península Ibérica se vio afectada de igual manera por un episodio masivo de esta calima nunca antes visto durante marzo del 2022. Viento, bochorno, aire pesado y cuya

densidad opacaba el Sol con tonos anaranjados por la gran cantidad de tierra suspendida y el aumento de ingresos en los servicios de urgencias en su mayoría por enfermos respiratorios cuyos cuadros se habían agravado.

Las recomendaciones que el gobierno de canarias en el “Plan de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas en la Salud” suele dar durante estos fenómenos de calima son<sup>10</sup>:

- No salir al exterior y mantener cerradas puertas y ventanas en los hogares.
- Limpiar el polvo que se acumule con paños húmedos.
- Estar en ambientes húmedos e hidratarse.
- No hacer deporte en el exterior.
- Si empeoran los síntomas respiratorios llamar al 112.

El objetivo es no exponerse al polvo ya que como bien dice el plan, la calima agrava las enfermedades respiratorias como el asma y la EPOC aumentando el número de ingresos en las urgencias del Servicio Canario de Salud<sup>10</sup>.

Con la progresiva desertización del planeta debido al cambio climático debemos tener en cuenta que estos fenómenos tan duros de calima sean, hipotéticamente hablando, más frecuentes en el futuro y, por tanto, existe el riesgo a mayor exposición al polvo y todos los efectos sobre la salud que conlleva, pudiendo necesitar mayor información y recursos para no solo concienciar sobre los efectos nocivos de la calima hoy en día, sino también concretar cuáles serán las medidas necesarias para reducir los costes en materia de salud a las que nos tendremos que enfrentar el día de mañana si continúa una tendencia al empeoramiento de la calidad del aire de las islas y con ello, si esto supone un empeoramiento en la calidad de vida de los habitantes.

## **1.4. FACTORES QUE DETERMINAN LA EXPOSICIÓN A LA CALIMA:**

Existen muchos factores ambientales por los que depende la exposición a la calima sobre la población<sup>11</sup>:

- **INVERSIÓN TÉRMICA:** Normalmente la atmósfera sigue un patrón de temperatura donde las capas a menor altitud son más cálidas que aquellas a alturas superiores debido al contacto directo con los rayos del sol sobre la superficie, pero a veces este patrón se puede ver alterado de manera natural. La presencia de aire caliente en una

capa superior de la atmósfera y aire más frío en una capa más baja provoca que muchos de los gases contenidos en esta capa inferior no puedan ascender, suspendidos y sin disipar. La calima y el smog de la contaminación quedan acumulados debido a que no existe un circuito normal del aire por el que dispersarse, por lo que el contacto con el aire con calima depende de en qué altitud se encuentre la población durante la inversión térmica y la calima dentro del patrón atmosférico, aunque normalmente la calima durante la inversión térmica suele situarse en capas de elevada altitud por encima de los 1000 metros.

- **EL RELIEVE:** como antes se dijo, las islas Canarias gozan de temperaturas tibias pese a estar junto a un desierto gracias a la humedad traída del Alisio que es atrapada por los conos volcánicos de las islas con mayor relieve. Pero al igual que ocurre con el agua y la humedad, el avance del viento sahariano puede verse obstaculizado por las cumbres. Pese a que son muy áridas en comparación con el resto, las islas de Fuerteventura y Lanzarote están menos azotadas por los efectos de la calima al tener menor altitud, y presentan valores medios más bajos de  $PM_{2,5}$  que el resto de las islas debido a la dispersión de los contaminantes por el viento.

- **LA PROXIMIDAD:** La proximidad con la fuente del contaminante en la que este es liberado es fundamental, pues cuanto más cerca de la fuente del polvo estemos mayores es el contacto y la mezcla de polvo en el aire será más plural en cuanto al diámetro de las diferentes partículas. Al estar más alejados de la fuente los materiales estarán más dispersados en el aire a lo que menores concentraciones a las que estar expuesto y a partículas de mucho menor tamaño más fáciles de transportar por el viento.

- **LAS TRANSFORMACIONES QUÍMICAS:** La calima, como dijimos antes, al exponerse a contaminación producida por el hombre, en nuestro caso, traída por el viento desde países en desarrollo como Marruecos, Argelia o Mauritania, o de la contaminación que la propia población isleña esté generando. Ante condiciones como la inversión térmica, la radiación solar o la lluvia, se puede dar lugar a contaminantes secundarios derivados de la interacción con una larga variedad de productos químicos en la atmósfera que luego conformarán el aire que respiramos y que está en contacto con la piel, incluso en el suelo con el agua que precipita y que bebemos, y que usamos para regar los alimentos que consumimos. Esto no se ha estudiado tanto con las tormentas de arena saharianas, pero sí con las asiáticas donde las tormentas de polvo de Mongolia arrastran también metales y gases de las actividades industriales a las naciones del Mar de China, dando lugar gran cantidad de estudios sobre los efectos en la salud humana de multitud de contaminantes transportados por el polvo.

## 2. JUSTIFICACIÓN:

La calima es tóxica para la población, necesitamos entender que clase de efectos puede tener el viento sahariano sobre la población de las islas indagando sobre varios estudios donde se documenten información ante la exposición al polvo. Existen muchas otras regiones del mundo afectadas también por las corrientes de aire cargadas de PM no antropogénico dentro del "Cinturón de Polvo", que comprende una latitud del planeta donde el bioma desértico es el predominante y donde se emite la mayor parte de este material particulado a la atmósfera (Figura 3)<sup>12</sup>. La calima es un fenómeno climatológico endémico de la vida del canario, y es necesario descubrir cómo afecta esto a su salud y si es preciso hacer revisión sobre las recomendaciones oficiales ante la presencia de estos fenómenos de contaminación investigando los efectos sobre la salud de la calima a largo y corto plazo. Numerosos estudios coinciden que la calima altera dos aspectos fundamentales: la salud cardiovascular y la respiratoria, y serán estos dos aspectos de la salud sobre los que este trabajo va a prestar especial atención.

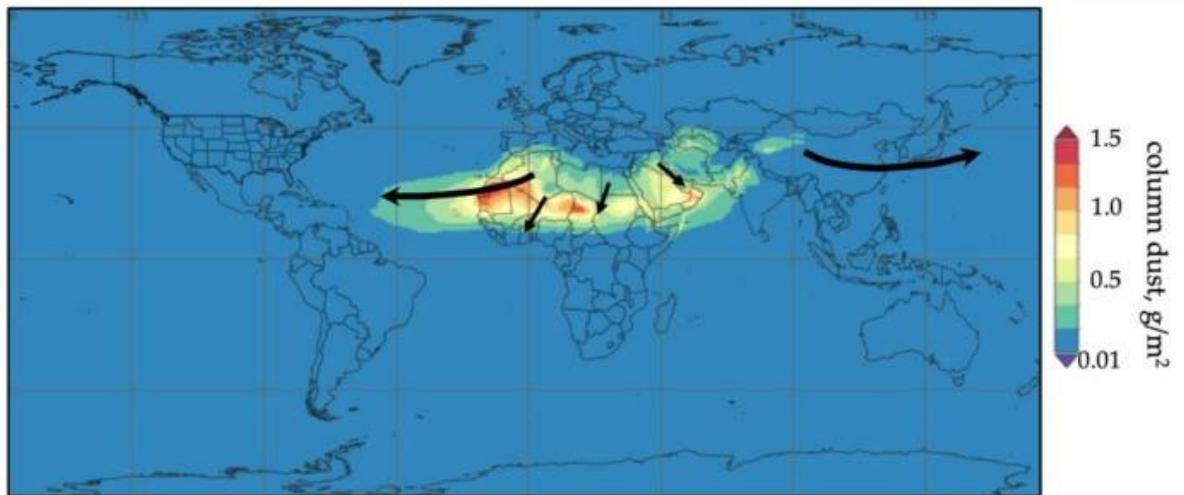


Figura 3. "Distribución global de polvo atmosférico indicando las principales rutas de transporte de aire cargado con material particulado originado en los desiertos del "Cinturón de polvo".<sup>12</sup>

## 3. OBJETIVOS:

### 3.1. Objetivo General:

Buscar y exponer información sobre como la calima y la contaminación que trae el polvo de los desiertos afecta a la salud cardiovascular y respiratoria.

### 3.2. Objetivos Específicos:

Discutir si las recomendaciones que proponen las organizaciones gubernamentales y sanitarias del archipiélago son coherentes/suficientes para proteger a la población vulnerable a la calima.

## **4. METODOLOGÍA:**

Se realizó una revisión narrativa acerca de los diferentes efectos sobre la salud cardiovascular y respiratoria de la calima y la contaminación por materiales particulados en el aire, enumerando en diferentes apartados aquellas alteraciones más relevantes. Obteniendo información vía web, consistiendo en la lectura y la comparación de diversas fuentes teóricas y otros proyectos que puedan arrojar evidencia sobre el problema planteado. Obteniéndose un total de 78 fuentes de información (artículos, libros, páginas web) de las que solo 54 han sido incluidas en este estudio narrativo.

### **4.1. Bases de datos:**

Durante el desarrollo de este trabajo, la bibliografía se obtuvo empleando la herramienta PUNTO Q de la Universidad de La Laguna para búsquedas de estudios a través de la base de datos Pubmed. También se extrajo información en páginas de autoridades competentes de la salud como las Organización Mundial de la Salud, y trabajos del Repositorio Institucional de la Universidad de La Laguna, para así obtener los datos y las citas de la revisión bibliográfica.

### **4.2. Estrategia de búsqueda:**

La estrategia de búsqueda se basó en el empleo de las palabras clave: Desert dust, Airborne dust, Particulate Matter (MeSH), Cardiovascular diseases, Respiratory disease. Combinadas en Desert dust-Cardiovascular diseases, y Desert dust-respiratory diseases. Se empleó un lenguaje mixto ya que se emplearon tanto lenguaje libre como lenguaje controlado (MeSH) para así obtener el mayor número de estudios y resultados en las bases de datos debido a la falta de trabajo acerca de los efectos del polvo en la salud de acceso gratuito (Free Full Text).

### **4.3. Límites de búsqueda y criterios de inclusión:**

Se buscó bibliografía dentro del rango 2012-2022, aunque es cierto que existen artículos que son de fechas anteriores debido a que se han extraído la propia bibliografía de otros estudios para poder citar la información de una forma más congruente. Se han buscado artículos tanto en español como en inglés, mayoritariamente en inglés. Los tipos de estudios escogidos para la revisión narrativa fueron: libros y documentos web, ensayos clínicos, metaanálisis y revisiones sistemáticas.

### **4.5. Criterios de exclusión:**

Cualquier otro estudio que no se encuentre en bases de datos y páginas de autoridades sanitarias competentes. Estudios en otros idiomas diferentes al español y al inglés. Estudios cuyos textos no sean de acceso gratuito.

## 5. RESULTADOS:

### 5.1. EFECTOS CARDIOLÓGICOS DE LA CALIMA.

De acuerdo con la OMS la presencia de contaminación atmosférica es un factor relevante en cuanto a la alteración de la salud cardiovascular, sobre todo si nos referimos a la exposición de material particulado de menos de  $2,5\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>(3)</sup>. Sin embargo, existen relativamente pocos estudios relacionados en relación al polvo en suspensión y las afecciones cardiovasculares debido a la priorización por parte de la comunidad científica sobre sus efectos en el aparato respiratorios, ya que son más observables y cuantificables.

Las enfermedades cardiovasculares son un elemento que concierne a escala mundial pues son la principal causa de muerte en el mundo. Vivimos en una era de enfermedades crónicas, donde los avances en sanidad como las vacunas, los antibióticos y las medidas para controles epidemiológicos competentes destronaron a las enfermedades infecciosas como principales causas de fallecimientos en el mundo, pero con la consecuencia de que nuevas enfermedades no transmisibles se alzaron a la cabeza en el ranking de morbimortalidad. La investigación en la salud se empezó a especializar en la relación entre determinantes como los hábitos de vida, la predisposición genética, los factores psicosociales y socioeconómicos, y el medio ambiente como fuentes para el desarrollo o no de las nuevas enfermedades no transmisibles. Estudiando cómo prevenirlas y como tratarlas.

Las enfermedades cardiovasculares son parte de esta nueva pandemia a escala mundial que afecta a personas de países tanto desarrollados como en vías de desarrollo. Según la OMS son la principal causa de muerte en todo el mundo cobrando un total de 17,9 millones de defunciones cada año que pasa<sup>13</sup>. Estas enfermedades son muy variadas e incluyen afecciones en el músculo cardíaco, así como los vasos sanguíneos, siendo las cardiopatías coronarias y los accidentes cerebrovasculares (ACV) los diagnósticos que mayor número de muertes provocan dentro de este grupo<sup>13</sup>. La obesidad y el sedentarismo, el consumo de tabaco y alcohol, la diabetes, la hipertensión, la dislipemia, el estrés y la herencia genética son los factores de riesgo clásicos de las enfermedades cardiovasculares<sup>14</sup>. Sin embargo, cada vez más estudios han llegado a la conclusión de que el ambiente, y en este caso estamos hablando de la exposición a contaminantes como los  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$  son desencadenantes al desarrollo o agudización de enfermedades cardiovasculares.

Nos interesa conocer más acerca de los efectos nocivos de la calima sobre la salud cardiovascular pues, según el INE, solo en Canarias murieron en total por enfermedades relacionadas con el sistema circulatorio 4517 personas de las 119.000 del cómputo nacional<sup>15</sup>. Con una media de obesidad del 17,5% que supera al 16% de la media española<sup>16</sup>, un 9,66% de diabéticos en las islas en 2015 que ha ido aumentando<sup>17</sup>, y una prevalencia del

consumo de tabaco del 22%<sup>18</sup>, la población canaria tiene factores de riesgo para las afecciones del sistema circulatorio, ¿y qué pasa con la contaminación atmosférica? ¿acaso estos fenómenos meteorológicos de viento sahariano podrían afectar a la morbilidad y mortalidad de los enfermos de los isleños?

### 5.1.1. Mortalidad cardiovascular:

En el estudio de “Impact of desert dust events on cardiovascular diseases” de Domínguez et al. Se realizó un metaanálisis de diferentes estudios con hasta 700.000 casos donde se medía la relación a la exposición y no exposición en el tiempo al polvo desértico medido en partículas PM<sub>10</sub>. Diferentes ensayos en diferentes regiones del “Cinturón de Polvo”, aislando la muestra en tres fenómenos cardiovasculares concretos: la mortalidad cardiovascular, el síndrome coronario agudo y la insuficiencia cardiaca. El resultado fue que los días donde los pacientes cardiológicos estaban expuestos a episodios de calima y tormentas de arena existía hasta un aumento del 2% en la mortalidad cardiovascular por cada 10µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub>, sobre todo, durante los dos primeros días después de la exposición al polvo<sup>12</sup>. En la Figura 3 podemos observar la recogida de datos del estudio:

Authors	Region	Country	Design	CE	PM <sub>10</sub> DE	PM <sub>10</sub> no-DE	R	Period	Risk of Bias
Zauli, 2011 [20]	Emilia Romagna	Italy	CC	CM	38	42	0.9	2002–2006	Low
Samoli, 2011 [21]	Athens	Greece	TS	CM	47	39	1.2	2001–2006	Low
Malone, 2011 [22]	Rome	Italy	CC	CM	52	37	1.4	2001–2004	Low
Perez, 2012 [23]	Barcelona	Spain	TS	CM	39	NS		2003–2007	Moderate
Kashima, 2012 [24]	5 cities	Japan	TS	CM/ACS	184	22	8.3	2005–2010	Low
Tam, 2012 [25]	Hong Kong	China	CC	CM/ACS/HF	134	50	2.7	1998–2002	Low
Neophytou, 2013 [26]	Nicosia	Cyprus	TS	CM	116	53	2.2	2004–2007	Low
Shahsavani, 2020 [27]	Ahvaz	Iran	CC	CM	266	101	2.6	2015–2017	Low
Shahsavani,	Tehran	Iran	CC	CM	192	82	2.3	2015–	Low

Dominguez-Rodriguez, 2020 [14]	Tenerife	Spain	CC	ACS	92	16	5.6	2014–2017	Low
Vodonos, 2015 [28]	Béer-Sheva	Israel	CC	ACS	2650	50	53	2001–2010	Low
Vaduganathan, 2016 [29]	Brescia	Italy	TS	ACS/HF	NS	NS		2004–2007	Moderat
Al, 2018 [30]	Gaziantep	Turkey	TS	ACS/HF	74	72	1.0	2009–2014	Low
Zhang, 2016 [31]	Beijing	China	CC	ACS	NS	NS		2014–2014	Moderat
Matsukawa, 2014 [32]	Fukuoka	Japan	CC	ACS	55	29	1.9	2003–2010	Low
Yang, 2009 [33]	Taipei	Taiwan	CC	CI	112	55	2.0	1996–2001	Low

Figura 4. Resultados del metaanálisis basándose en el impacto cardiovascular en función del material particulado desértico o no<sup>12</sup>.

Sin embargo, el estudio no consiguió arrojar luz acerca de los otros dos aspectos en los que se centró, los accidentes cerebrovasculares y las cardiopatías coronarias. Los cuales parece que no aportaron suficiente evidencia de si la calima producía algún tipo de precipitación, exacerbación de los síntomas o aumento en el número de ingreso durante los fenómenos de tormentas de arena.

### 5.1.2. Síndrome Coronario Agudo (SICA) e Infarto Agudo de Miocardio (IAM):

Según la Asociación Española del Corazón, el SICA o cardiopatía isquémica hace referencia al conjunto de síntomas fruto de un proceso donde se produce la arterioesclerosis de las coronarias que irrigan el corazón. El proceso de arterioesclerosis se caracteriza por la acumulación de colágeno, lípidos y células inflamatorias (las llamadas “células espumosas”), para dar lugar a un ateroma que provoca la estenosis del vaso de forma repentina al terminar de ocluirse por la formación de trombo. Con esto aparece el signo principal del SICA, la angina inestable, producto de la isquemia de las paredes del musculo corazón durante el Infarto Agudo de Miocardio (IAM)<sup>19</sup>.

Los estudios realizados en Canarias sobre Síndrome Coronario Agudo (SICA) y la presencia de polvo sahariano han demostrado que no existe una relación positiva<sup>12,20</sup>. Si bien existe una respuesta inflamatoria del organismo ante la calima, un estudio cruzado sobre los efectos del polvo sahariano en relación al SICA demostró que no existe correlación entre los

días de calima y el número de ingresos por SICA <sup>20</sup>. Al igual que el metaanálisis sobre el impacto del polvo desértico que se expuso en el anterior punto<sup>12</sup>.

En otras partes del mundo sí que está demostrada la correlación del Infarto Agudo de Miocardio (IAM) y la contaminación por multitud de estudios, pero a la hora de abordar estudios sobre la contaminación de origen natural hay una considerable falta de investigaciones al respecto. Por ejemplo: En Japón se estudió el IAM en relación a la exposición al polvo asiático (Kosa). Los resultados que obtuvieron S. Kojima et al. en base a datos meteorológicos sobre las tormentas de arena y el número de casos de IAM en centros hospitalarios en Kumamoto de 2010 a 2015, encontraron una asociación entre estos eventos de polvo y la aparición de IAM un día después de la exposición<sup>21</sup>. Otro estudio realizado en Europa de igual manera encontró relación entre la exposición a las PM y el SICA. Por cada  $5\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la media anual de  $\text{PM}_{2.5}$  el riesgo de desarrollar SICA llegaba hasta el 13%, y con  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  hasta el 12% <sup>23</sup>. Además de eso, el estrés oxidativo producto de la exposición a la contaminación puede tener efectos sobre los tejidos vasculares al provocar la oxidación y degeneración de estos que inducen a procesos proaterogénicos (formación de ateromas) y trombogénicos relacionados con una alteración de los mecanismos de los factores de coagulación y de agregación de las plaquetas<sup>22</sup>.

El polvo asiático carga contaminantes de origen humano. Su composición cambia respecto a cuando partió de Asia Central y se carga con carbón, ozono y dióxido de nitrógeno al recorrer los países de Lejano Oriente, donde las actividades industriales y la sobrepoblación son fuente de gases antropogénicos. De igual manera ocurre en el centro de Europa, donde el material particulado principalmente de origen antropogénico y no están azotados frecuentemente por los fenómenos de las calimas subtropicales con los que la población canaria convive (por lo menos en el norte y centro de Europa). Podríamos errar al admitir que el polvo sahariano influye de alguna forma a los casos de SICA e IAM en Canarias sin tener evidencia que lo afirmara. Pero los estudios de Japón y Europa ayudarían a comprender los mecanismos de contaminación secundaria a los que podría estar expuestas las próximas generaciones de canarios a largo plazo y si el desarrollo de la industria en el Norte de África y la quema de combustibles en las propias islas por las necesidades de una población en aumento pudieran afectar la receta química de la calima en un futuro.

### **5.1.3. Insuficiencia cardiaca (IC):**

La insuficiencia cardiaca es un síndrome crónico y progresivo que se define como el bombeo ineficiente de la sangre por diferentes causas que afectan a la contracción del músculo del corazón, de forma que el corazón no sea capaz de llevar sangre al resto del organismo y cumplir con la demanda de irrigación de los tejidos. Entre los signos más

comunes de una insuficiencia cardiaca aguda están: la disnea, las palpitaciones en el pecho, y también la edematización de peritoneo y extremidades<sup>24</sup>. La disnea es un signo relevante en este estudio ya que es el aparato respiratorio la entrada de los citotóxicos que porta la calima. La evidencia que hay coincide con el asunto entre polvo desértico y IC: La calima influye en la morbilidad y la mortalidad de los enfermos con IC.

Un estudio realizado en Canarias reveló que el polvo sahariano que llegaba durante los días de calima es causa de ingresos para los pacientes con IC. Entre el 1 de enero de 2014 y diciembre de 2017 se tomó una muestra de unos 1000 pacientes durante días donde las  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  se encontraban a niveles más allá del límite a los recomendados por las directrices de OMS. Estos pacientes seleccionados en la muestra habían pasado más de 36 horas en el hospital. Se demostró que existe precipitación en la insuficiencia cardiaca aguda durante los fenómenos de calima, siendo los días de calima aquellos con mayor número de ingresos, cuando las  $PM_{10}$  eran superiores a  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>(25)</sup>. Hipotéticamente estas descompensaciones de la IC fueron debidas al estrés oxidativo y la inflamación subsecuente a la entrada de minerales y compuestos orgánicos de la calima en las vías respiratorias, agravando la disnea<sup>25</sup>. Nuevamente otro estudio realizado en el Complejo Hospitalario Universitario de Canarias (CHUC), encontró que el 86% de las muertes por insuficiencia cardiaca aguda intrahospitalarias ocurrieron durante los días de calima, llegando a la conclusión de que la exposición a calima con  $PM_{10}>50\mu\text{g}/\text{m}^3$  era un predictor asociado a la mortalidad en los pacientes ingresados por IC<sup>26</sup>.

#### **5.1.4. Accidentes Cerebrovasculares (ACV):**

Los accidentes cerebrovasculares (ACV) suponen la segunda causa de muerte mundial. Son un grupo de enfermedades neurológicas de tipo focal y que pueden cursar de forma súbita por una alteración vascular que altera el riego normal del cerebro. Es un riesgo potencial para la vida, anualmente 15 millones de personas sufren de ACV en el mundo, 5 millones de exitus y 5 millones terminan discapacitados permanentemente. Los principales factores de riesgo del ACV son antecedentes de hipertensión y el consumo de tabaco<sup>27</sup>.

Existe evidencia acerca de los  $PM_{2,5}$  y el desarrollo de ACV. La OMS incluye en sus datos a la calidad de aire como determinante para la prevalencia de los ACV<sup>28</sup>. Si bien anteriormente, estudios realizados en Canarias no encuentran evidencia entre ACV y calima proveniente del Sahara que afirme una asociación positiva<sup>12</sup>, sí que existen numerosos estudios sobre contaminación y su papel en las enfermedades cerebrovasculares.

Estudios llevados en Asia asocian la aparición de ACV con la exposición a contaminación  $PM_{2,5}$ . Un metaanálisis encontró que los  $PM_{2,5}$  podían provocar un aumento en el cociente de riesgo de hasta el 1,10 (95%CI: 1.09–1.17) aproximadamente por cada

10µg/m<sup>3</sup> siendo el fumar un hábito que aumentaría al 1,41 (95%CI: 0.92–2.15). Se discute si esto puede ser debido a la capacidad de las PM<sub>2,5</sub> para atravesar el epitelio alveolar y entrar en el torrente circulatorio, depositando los tóxicos en las paredes de los vasos lo cual debilitaría las estructuras vasculares dando lugar a un ACV hemorrágico a largo plazo<sup>29</sup>. Otros estudios en China afirman lo mismo, que la exposición a grandes cantidades de PM<sub>2,5</sub> aumenta la probabilidad de tener un ACV de hasta el 20% respectivamente<sup>30,31</sup>. En Europa, la exposición a los PM<sub>2,5</sub> afecta a la morbimortalidad de la población con una relación del 29,2% entre ictus y contaminación en el aire<sup>32</sup>. Más a fondo, un estudio realizado en Irán, junta la acción de las tormentas de arena con los ACV, aumentando el número de caso en varones y descubriendo que el calor como un marcador protector contra el ictus incrementado al 3% en varones adultos de todas las edades y de hasta el 8% en varones mayores de 60 años<sup>33</sup>.

## **5.2. EFECTOS RESPIRATORIOS DE LA CALIMA.**

Con diferencia son los órganos del aparato respiratorios en los cuales hay mayor cantidad de estudios acerca de los efectos citotóxicos del polvo: efectos inflamatorios como la rinitis alérgica, el asma y la EPOC, infecciones respiratorias, cáncer de pulmón y otros procesos indirectos como el estrés oxidativo están intrínsecamente relacionados con la exposición a la contaminación atmosférica. A diferencia de los no tan extendidos estudios acerca de los efectos sobre la salud cardiovascular, existe gran cantidad de trabajos de investigación sobre los efectos del polvo sobre los órganos del aparato respiratorio debido al impacto directo y observable que poseen los contaminantes sobre los tejidos que sirven de vía de entrada para estos tóxicos que el viento sahariano carga consigo.

Siempre se relaciona la calima con enfermedades respiratorias, la calima siempre ha sido un condicionante para los enfermos respiratorios crónicos de las islas Canarias. Ya se ha estudiado que la población canaria posee condicionantes genéticos a enfermedades como la diabetes, el asma y la rinitis alérgica. Un estudio realizado en el Hospital de Nuestra Señora de Candelaria consiguió aislar los genomas de 500 hombres y mujeres de diferentes islas usando una muestra de personas que tuvieran abuelos nativos encontrando que hay una predisposición a diabetes, asma, alergias, procesos oncológicos y el contagio de síndrome respiratorio agudo severo<sup>34</sup>. La calima, el clima subtropical y la situación geográfica de las Canarias juegan un papel fundamental en la aparición de este grupo de enfermedades. En España hay alrededor de 3 millones de asmáticos, situando la prevalencia que se estima entre el 8% y 12%<sup>35</sup>. En el caso de Canarias, la prevalencia es aún mayor, de alrededor del 17% de la población, y un 18,4% en la población infantil<sup>36</sup> en comparación con el 10% del resto de infantes del país<sup>37</sup>.

### 5.2.1. Asma:

Entendemos el asma alérgica como una enfermedad crónica que comprende una inflamación de las vías respiratorias por hipersensibilidad ante un antígeno (alérgeno) que desata la obstrucción del paso de aire normal por el aparato respiratorio, traducido en una disnea, sibilancia, tos y expectoración de mocos, y un ataque o “crisis” en el caso de que los síntomas se agraven hasta ser una urgencia vital para el afectado. Los pacientes que padecen de asma sufren cambios estructurales en las vías como hiperplasia de los tejidos, depósitos de colágeno e hipertrofia de las capas de musculo liso del árbol bronquial<sup>38</sup>. El contacto con alérgenos y productos irritantes en el aire aumenta el riesgo de enfermar de asma, entre los productos irritantes se encuentra la contaminación<sup>39</sup>. Se ha estudiado este fenómeno del asma en relación a el PM como elemento sensibilizador en la población. Los mecanismos inmunológicos que producen el asma son aquellos que producen la inflamación de los bronquios. Se sabe que la enfermedad suele aparecer con mayor frecuencia en la infancia, un sistema inmune inmaduro que podría ser influido por una predisposición genética, pues se han identificado genes cuyos alelos son susceptibles a el desarrollo de la enfermedad, que, sumado a la exposición de elementos como virus, bacterias, fármacos, y alergenos de todo tipo en el aire como ácaros, polen, polvo o contaminación dan lugar a hipersensibilización. La respuesta inflamatoria se origina por la acción de los linfocitos Th2 los cuales producen citoquinas contra los alérgenos, la liberación de histamina e inmunoglobulinas E específica, resultando en la inflamación de los bronquios, la hipersecreción de moco y la presencia de otras células inmunitarias como los neutrófilos y los eosinófilos provocando una broncoconstricción, y si el cuadro pone en riesgo al enfermo reduciendo su capacidad pulmonar, el ataque o crisis asmática<sup>38</sup>.

Alrededor de 262 millones de personas fueron afectadas en 2019 por el asma alérgico. Además de eso se estima que las perdidas por el asma en el mundo son billonarias, no solo por la abstención en el trabajo y la escuela de aquellos que padecen esta enfermedad crónica sino del enorme gasto en prevención, tratamiento y educación sanitaria que requiere esta enfermedad que causa centenas de miles de muertes cada año<sup>39</sup>.

C. Fussel et al. Llevaron a cabo un análisis sobre diferentes experimentos en animales en Asia para observar los efectos del polvo amarillo y la capacidad inflamatoria de las vías respiratorias. La muestra había sido expuesta a diferentes ambientes inhalados donde los animales (ratas, ratones y cobayas) reaccionaban fisiológicamente a diferentes cantidades de PM en el tiempo, principalmente de arena obtenida del Asia Central y otros contaminantes antropogénicos como carbón, nitratos y sulfatos, a los que la población asiática suele estar expuesta durante sus fenómenos de calima. Desde cantidades de

100ug/m<sup>3</sup> hasta 6000ug/m<sup>3</sup>: En un primer estudio titulado “Efectos del polvo asiático en marcadores inflamatorios en sangre periférica y superficie bronco-alveolar en ratas con hipertensión pulmonar”, se insufló a ratas durante 36 horas con concentraciones entre 400-600ug/m<sup>3</sup> plus un grupo de control con aire ambiental. Los resultados fueron un aumento en las en los glóbulos blancos, sobre todo los neutrófilos, causado por una reacción inflamatoria ante las partículas<sup>41</sup>. Otro experimento con ratones macho (“Pulmonary toxicity induced by intratracheal instillation of asian yellow dust (Kosa) in mice”) se les insufló dosis con aire mezclado con arena de desierto en dosis de 50 a 200ug/m<sup>3</sup> en cuatro intervalos semanales. El resultado una reacción inflamatoria en las vías respiratorias y pulmones con un aumento de los neutrófilos, eosinófilos y linfocitos cuyo incremento estaba relacionado con la cantidad de β-glucano en la mezcla, un polisacárido de la membrana de hongos y bacterias, es decir componentes orgánicos en las muestras de polvo<sup>40</sup>. Así en muchos otros estudios en el análisis de Fussel recogen que la exposición al polvo del desierto es capaz de generar una respuesta inflamatoria en el sistema inmunes cuya diana eran los vasos periféricos del aparato respiratorio. Ante la presencia de contaminantes como los sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), B-glucanos y microbios, y también minerales como la sílice. La sílice en cantidades exageradas de polvo en el aire (por ejemplo, el polvo al que pueden estar expuestos trabajadores de la construcción) son capaces de producir un efecto conocido como neumoconiosis: la acumulación de polvo mineral en los pulmones que da lugar a irritación, obstrucción y fibrosis en los tejidos. Todos estos elementos contenidos en el polvo están provocando heridas en el aparato respiratorio inferior en forma de depósitos de colágeno, granulomas y degeneración de la barrera alveolo-capilar, que ante el polvo en suspensión afectan a los enfermos asmáticos<sup>40</sup>.

Hay procesos alérgicos marcados por la presencia de dos componentes biológicos relevantes en el contenido del polvo en suspensión que son fundamentales en el predominio de dos procesos inflamatorios: los B-glucanos, en los que predominan una inflamación neutrofílica, y los lipopolisacáridos (endotoxinas de las bacterias Gram negativas) que inducen a una inflamación eosinofílica. Ambas inflamaciones son participes del engrosamiento de las paredes bronquiales durante el asma y la bronquitis, siendo la eosinofílica más común y mejor tolerable para el asmático crónico, y la neutrofílica, la más grave durante los procesos asmático y potencialmente fatal si no es tratada. Por esto mismo, además de la exposición a los alérgenos aéreos frente a los que el sistema inmune previamente ya está hipersensibilizado como el polen, los ácaros etc. existe una exacerbación del asma durante los días de calima por la presencia de estos componentes en la mixtura del polvo sahariano<sup>41</sup>.

Se realizó un estudio sobre la prevalencia del asma y la atopía en Canarias donde se escogieron 1100 participantes isleños de entre 20 y 44 años de ambos sexos, con síntomas como sibilancia, disnea y ataques asmáticos en los últimos meses, a los que se les llevaron a cabo varias pruebas (espirometrías, test de respuesta bronquial, pricks con alérgenos y analíticas para buscar Ig E específicas). Los resultados fueron una hipersensibilización a los ácaros y la prevalencia de inmunoglobulinas para estos artrópodos del 30% de la muestra, un 40% de atopía en los asmáticos, una respuesta bronquial exacerbada en el 14%, y 4% con diagnóstico de asma, llegando a la conclusión de que la atopía y las infecciones previas a los 5 años de edad son factores a desarrollar el asma alérgica, pero es la sensibilización a los ácaros en el hogar el hecho más relevante para el desarrollo de la alergia. Un clima subtropical, cálido y húmedo, con temperaturas tempranas es el caldo perfecto para la proliferación de los ácaros del polvo<sup>42</sup>.

Los ácaros del polvo son el origen de la gran cantidad de alergias en las islas, debido a la humedad constante y el clima cálido subtropical de las islas que favorece su reproducción, generando hipersensibilidad y con ello asma, rinitis y atopía. El tejido bronquial del canario con asma es sensible a alérgenos los días húmedos, y con la llegada de la calima, también es sensible ante sustancias como los  $\beta$ -glucanos y los lipopolisacáridos, así como diferentes minerales que componen el polvo en suspensión, capaces de irritar las mucosas generando una respuesta en el sistema inmune con mucha facilidad que en pacientes no hipersensibilizados a alérgenos ambientales. Entonces, cuando llega la calima, la población isleña afectada por asma, sufrirá un agravamiento de su patología crónica llegando a experimentar cuadros que demanden tratamiento con inhaladores o, en el caso menos favorable, atención sanitaria de urgencia ante una crisis asmática.

### **5.2.2. Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC):**

La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) es una enfermedad que se caracteriza como la combinación de una bronquitis crónica y un enfisema que causan un daño irreparable en las estructuras respiratorias. Existe una disminución de la elasticidad de los alveolos y los bronquios por la degeneración de las paredes, lo cual dificulta la entrada y salida de gases al haber un estrechamiento y obstrucción del flujo de aire. Todo este proceso da lugar a disnea, tos constante y el empeoramiento de la capacidad respiratoria durante más de 6 meses, lo cual, en el tiempo lleva a descompensaciones que requieren de atención hospitalaria, además de otras patologías a largo plazo como enfermedades cardíacas, hipertensión, neumonías, cáncer de pulmón y enfermedades psiquiátricas como la depresión derivada del cansancio y la fatiga. La causa principal de esta enfermedad es la inhalación frecuente de sustancias irritantes como el humo del tabaco (causa más frecuente) y la

contaminación atmosférica, infecciones respiratorias frecuentes y/o graves, y menos usual es la predisposición genética por deficiencia de alfa-1-antitripsina. La EPOC es la tercera causa de muerte en el mundo por debajo de las enfermedades cardiovasculares y los ACV<sup>43</sup>.

La Asociación de Pacientes con EPOC en España mueren alrededor de 30.000 personas a causa de la contaminación atmosférica. El 11% de los adultos españoles padecen EPOC<sup>44</sup>. La población canaria es una de las que más número de fumadores activos tiene, muchos de estos, son enfermos de EPOC que no han abandonado este malsano hábito<sup>45</sup>.

Un estudio realizado en la isla de Creta comprobó que, en el año 2018, tras 4 oleadas de tormentas de arena que azotaron la isla hasta niveles medios diarios de 1138  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el número de ingresos en los servicios de pacientes de este tipo por disnea aumentó drásticamente, sobre todo en los días donde las  $\text{PM}_{10}$  superaban los 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un aumento de hasta 3.6 veces más que en una jornada normal<sup>46</sup>. Las vías respiratorias ante la calima se secan produciendo el agravamiento de una enfermedad irritando las mucosas. Otra investigación en Israel, región afectada por tormentas de arena tanto del Sahara como de Arabia, donde 2000 pacientes con EPOC con exacerbaciones frecuentes durante un periodo de 9 años fueron seguidos en relación a datos proporcionados por una red de meteorología para comparar los cuadros de agudización y hospitalización con la cantidad de  $\text{PM}_{10}$ . Se encontró que el agravamiento era relevante un día tras la exposición a los fenómenos de polvo con un IRR de 1,03 (95 %CI, 1.01–1.06;  $p < 0.001$ ), subiendo a 1,27 (95 %CI, 1.12–1.43;  $p = 0.001$ ) durante las tormentas más intensas<sup>47</sup>.

La exposición al polvo sahariano es un elemento que es capaz de llevar a hospitalización a pacientes con EPOC debido a la capacidad de los componentes del polvo para obstruir las degeneradas vías de los enfermos de esta enfermedad crónica respectivamente. Sin embargo, no se pudo encontrar estudios que se hayan realizado en las islas Canarias, lo cual impide medir si afecta de la misma manera el polvo sahariano a los canarios como a los cretenses y los israelíes por las condiciones ambientales del archipiélago.

### **5.2.3. Enfermedades infecciosas:**

Podemos decir entonces que las tormentas de arena y la calima son, en efecto contaminación, no solamente por la cantidad de sedimentos minerales de arcilla, sílice, calcita... sino también la capacidad de transportar agentes biológicos que también alteran nuestro organismo exacerbando el asma y causando rinitis alérgica. Pero qué hay de las infecciones, es capaz la calima de traer patógenos infecciosos desde el Norte de África. La respuesta es que sí.

La calima produce un ambiente perfecto para los patógenos. Un ambiente seco que irrita y debilita las mucosas de las vías respiratorias, más la acción del viento que transporta

las bacterias, los virus y las esporas de hongos. Todo esto puede dar lugar a que un enfermo crónico de riesgo como un paciente con asma, una fibrosis quística pulmonar o un enfermo de EPOC, los cuales ya de por sí tiene una reacción inflamatoria exacerbada por la calima y su enfermedad de base, que aumenta la producción de mucosidades en los bronquios y una debilidad de las paredes de los tejidos de las vías. Puede aparecer el desarrollo de una neumonía. Estudios en ratones y con células in vitro en Asia expuestos a material particulado de desiertos y *Klebsiella* con grupos de control demostraron que los procesos proinflamatorios de los PM promovían la neumonía en los animales<sup>41</sup>. Esto es motivo de preocupación para la población con enfermedades respiratorias de riesgo, ya que con la exposición al polvo sahariano podrían proliferar patógenos infecciosos.

Los componentes biológicos en la calima que producen la irritación de las vías son de origen de bacterias y hongos como anteriormente se nombró. El suelo de los desiertos también es lugar donde habitan gran variedad de microorganismos y estos también pueden transportados por el aire. Las tormentas de arena son un riesgo, sin embargo, no hay tantos estudios que abalen la relación directa y bajo gran evidencia entre exponerse a material particulado del polvo en suspensión y padecer una neumonía. Estudios realizados en Norteamérica confirman que los eventos de tormentas de arena y desastres naturales en regiones desérticas acompañan epidemias fúngicas del hongo *Coccidioides immitis*, causante de la fiebre del Valle<sup>48</sup>. Existe gran variedad de bacterias patógenas que proliferan en el suelo desértico: ántrax, peste, tuberculosis, legionela, y también virus como la influenza y el rinovirus<sup>48</sup>.

Vuelvo a citar a la Organización Mundial de Meteorología y es que se habla de la existencia del “Cinturón africano de la Meningitis” (Figura 4): una región del planeta que recorre el África subsahariana de Senegal a Etiopía, donde hay una gran morbilidad y mortalidad por la meningitis bacteriana<sup>2</sup>. Hablamos de un amplio grupo de bacterias que atacan el sistema nervioso, pero los principales agentes que contagian en esta región son 4: *Neisseria meningitidis*, *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae* y el *Streptococcus agalactiae*. Son potencialmente mortales y dejan secuelas a los supervivientes, causando la mitad de las muertes por meningitis en el mundo. Es en este cinturón las epidemias de meningitis meningocócica y neumocócica son frecuentes, sobre todo, la meningitis por meningococo del serogrupo A (80-85% de las epidemias)<sup>49</sup>.



Figura 5. Mapa del Cinturón de la meningitis. En rojo las zonas con un alto riesgo de epidemias y en marrón aquellas con una menor incidencia de brotes, según la OMM<sup>2</sup>.

Muchas de las zonas donde proliferan estos agentes infecciosos son precisamente lugares donde las rachas ciclónicas de las tormentas de arena arrastran a estas bacterias en el aire facilitando su transmisión entre las poblaciones del África Occidental, el Sahel, y luego el Sahara<sup>2,49</sup>. La incidencia de la meningitis dentro del cinturón suele corresponder a la estación seca (entre diciembre y junio), precisamente en la época del año donde las calimas son más frecuentes en la zona subtropical del continente africano, siendo un ambiente seco y ventoso perfecto para la propagación de enfermedades respiratorias y la irritación de las mucosas que sirven de barreras inmunológicas primarias. Sin embargo, la OMS atribuye a otros factores más relevante sobre el afloramiento de estas epidemias: el hacinamiento en los campos de refugiados, los hogares, los centros laborales, los hospitales y colegios, y los actos multitudinarios como fuente de esos contagios en un vasto territorio habitado por más 300 millones de seres humanos. Además de la falta al acceso de muchas de las vacunas y buenos programas de vacunación sistemática en estos países en vías de desarrollo, que puedan conjurar una protección eficaz en el tiempo, reduciendo la carga y el impacto en el organismo frente a los diferentes serogrupos de la meningitis; y la escasez de antibióticos, para poder tratar a personas graves y de riesgo<sup>49</sup>. Por lo cual, ante la falta de muchos de estos recursos no hay controles epidemiológicos efectivos como los que pudiera haber en Canarias y dentro de la Comunidad Económica Europea.

Acorde al Servicio de Epidemiología y Prevención del Gobierno de Canarias, la tasa de incidencia anual de la meningitis (véase en la Figura 5) ha tendido a un descenso a lo

largo de los años, por lo cual, siguiendo esta tendencia, no deberíamos preocuparnos a corto plazo, a no ser que el cambio climático, la desertificación y el aumento de la frecuencia de las calimas, desvíe esta tendencia epidemiológica<sup>50</sup>.

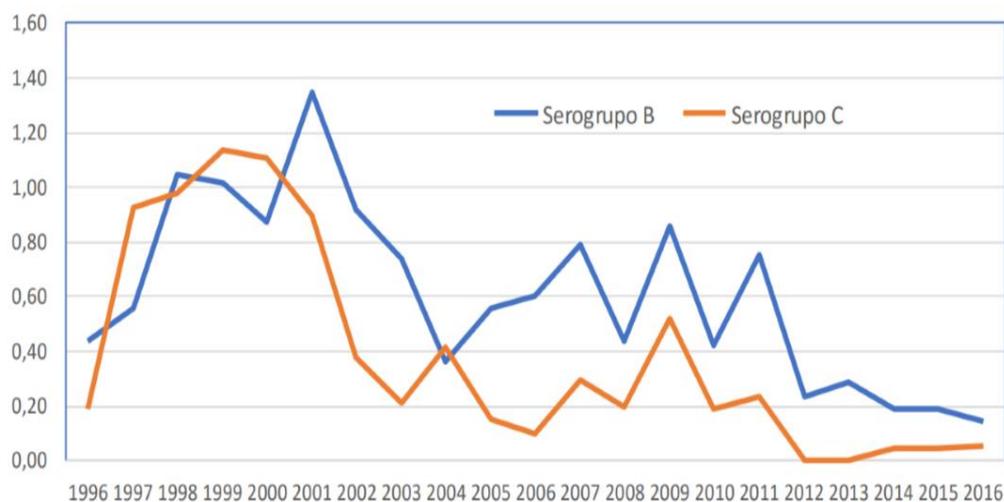


Figura 6. Evolución de las tasas anuales de EM para los dos principales serogrupos (B y C). Canarias. Año 1996 a 2016<sup>50</sup>.

#### 5.2.4. Cáncer de pulmón y estrés oxidativo:

La exposición a contaminantes como minerales, los humos del tabaco, nitratos y el ozono en las vías respiratorias inducen a procesos inflamatorios que obstaculizan el correcto intercambio de gases, dando lugar al estrés oxidativo, el cual influye en el desarrollo del asma, la EPOC Y también la carcinogénesis. Esto es debido a la activación de las especies reactivas al oxígeno (ROS)<sup>51</sup>.

Entendemos ROS como moléculas producto del metabolismo usual del oxígeno, altamente reactivas entre las que se incluyen radicales libres y otras moléculas como los peróxidos o los superóxidos, que circulan por el organismo, y que están involucradas en el equilibrio redox y el funcionamiento aerobio de la célula. En grandes cantidades los ROS son tóxicos y el cuerpo posee mecanismos para regular las cantidades de estos productos mediante procesos enzimáticos y la liberación antioxidante. Pero, inducidos por componentes ambientales determinados (estresores), como el polvo y la contaminación, las ROS son capaces de activar una señalización redox aumentando su cantidad a niveles dañinos para la célula, esto se conoce como “estrés oxidativo” y tiene diversas consecuencias<sup>52</sup>.

El material particulado es un catalizador que aumenta la producción de ROS a niveles a los que el organismo no está preparado. Se produce una oxidación de las células del tejido pulmonar y de todo el organismo, modificando el propio ADN de las células. Esto desemboca en procesos apoptóticos, necrosis, hiperactivación del sistema inmune, y a largo

plazo, se ha estudiado en roedores y poblaciones expuestas a contaminantes aéreos, la prevalencia de cáncer de pulmón<sup>51</sup>.

El ozono es el principal causante de esta irritación del tejido pulmonar exacerbada por las ROS, aunque este no es un componente abundante en la composición química de la calima es interesante entender que el ozono puede encontrarse como contaminante. Experimentos con roedores muestran que existe una relación entre los macrófagos de los alveolos (los cuales son capaces de liberar ROS al exponerse al PM) y la respuesta inflamatoria del tejido pulmonar ante el ozono como causas del estrés oxidativo y el daño tisular en pulmones y bronquios<sup>53</sup>.

Las ROS, las cuales son moléculas con capacidad oxidante, producen mutaciones en el material genético de las células y las mitocondrias, dando lugar a la degeneración de los tejidos, el envejecimiento por el desgaste de los telómeros por la acción de los radicales libres, y la formación de células tumorales. Esto es debido a la capacidad de las ROS de debilitar las estructuras de duplicación del ADN, causando una inestabilidad genómica al acortarse los telómeros con la edad y el contacto frecuente con tóxicos como la contaminación y el tabaco, provocando que el frágil material genético sea susceptible a mutaciones. Es más, durante el estrés oxidativo, la función inmunológica normal se ve afectada durante el proceso inflamatorio, dificultando la acción de las células NK. Es un “ecosistema” perfecto para el florecimiento de la neoplasia, donde la inflamación crónica (una EPOC de base y/o la exposición continuada a contaminación como polvo, smog o tabaco), las infecciones y el daño tisular son los ingredientes para la angiogénesis, el crecimiento, la migración y la metástasis del tejido malignizado<sup>51</sup>. En Canarias 15% de todos los cánceres son de pulmón en varones y un 7% en mujeres<sup>54</sup>.

La contaminación aérea es un factor de riesgo para el cáncer, sobre todo, si hay contenido en ozono, sin embargo, la calima no posee grandes cantidades de ese producto en su composición, por lo que admitir que existe un riesgo de cáncer en la población canaria expuesta a la calima no es posible y haría falta mayor profundidad en los estudios.

## **6. DISCUSIÓN:**

Si bien existen multitud de estudios relacionados con los efectos del material particulado y las afecciones cardiovasculares y respiratorias, no existe tanta evidencia que pueda abarcar la mayoría de los efectos del polvo sahariano sobre los diagnósticos desglosados. Se han recopilado artículos de diferentes partes del mundo para poder explicar los fenómenos en el cuerpo humano relacionados con la contaminación en el aire, sin embargo, esto solo nos sirve como aproximación sobre como las PM<sub>10</sub> y las PM<sub>2,5</sub> de la calima afectarían a la población isleña. El material particulado es muy variado en su composición

dependiendo de la fuente de origen. No va a contener la misma cantidad de citotóxicos aquella contaminación producto de las actividades de la quema de combustibles fósiles del hombre, que aquella que se encuentra en el suelo de los grandes desiertos del mundo, de igual manera, en el “Cinturón de polvo” la composición de la tierra será diferente en cada lugar por los sedimentos, la geología del lugar, la latitud, las transformaciones químicas al entrar en contacto con otros gases con el viento.

También debemos entender que los fenómenos de las calimas no son un constante, sino que se distribuye en estaciones (predominantemente en invierno y en menor medida en verano). No es lo mismo la cantidad de sedimentos a los que una persona puede estar en contacto en las islas Canarias que en, por ejemplo, Israel o Irán, donde las tormentas de arena son más intensas y el material particulado no está tan disperso debido a la proximidad con la fuente de polvo.

Pese a todo esto, las investigaciones recopiladas las cuales no han sido realizadas en el archipiélago nos pueden servir como una forma de concienciar sobre el impacto de la contaminación que es capaz de captar el polvo desértico. El cambio climático que podría desembocar en más “Supercalimas” como las de 2020 y 2022, alzando el foco de la comunidad científica a investigar con mayor dedicación las consecuencias de la desertificación sobre la salud de nuestra comunidad. Este estudio ha conseguido relatar algunos datos importantes sobre las afecciones cardiovasculares y respiratorias, teniendo en cuenta también condicionantes como la predisposición genética y los hábitos de vida, que añadidos a estos fenómenos meteorológicos logramos demostrar que la calima sí que influye en la salud de los habitantes de las islas Canarias.

Debemos discutir las medidas del Gobierno de Canarias frente a la calima dentro de su “Plan de Actuaciones Preventivas contra el Aumento de la Temperatura” en comparación a las conclusiones de este trabajo. Lo he agrupado en los tres objetivos a cumplir de las indicaciones propuestas:

**1. Evitar la exposición a la calima:** evitar estar en contacto con contaminantes nocivos a cantidades superiores a las recomendadas por las autoridades sanitarias. Ya que puede empeorar diagnósticos de tipo cardiovascular o respiratorio como ya se demostró en los resultados. Se recomiendan medidas sencillas como no salir a la calle, no hacer ejercicio en la calle, no abrir las ventanas para no dejar entrar la contaminación atmosférica en el hogar y limpiar el polvo para que no se acumule en el hogar y pueda afectar a los residentes.

**2. Mantener las vías hidratadas:** Las mucosas secas y desprotegidas por el calor y la tierra en el aire son el medio perfecto para la entrada patógenos que causen neumonías y otras infecciones en personas vulnerables, además del estrés oxidativo

y la descompensación de enfermedades pulmonares crónicas. Beber agua periódicamente y mantenerse bien hidratado, estar en lugares húmedos son las medidas que propone el gobierno para hacer frente a la sequedad subsecuente de la calima.

**3. Buscar atención sanitaria ante síntomas respiratorios agudos:** Esto va dirigido a los enfermos crónicos, las principales víctimas de la calima. Crisis asmáticas, descompensaciones en pacientes con EPOC, y el agravamiento de la disnea en usuarios con insuficiencia cardiaca.

Añadiría dos medidas más después de todo lo que hemos visto en esta investigación para poder hacer frente a los efectos de la calima. La primera es concienciar a la población de que la calima no solo afecta a enfermos respiratorios, sino también afecta a la morbimortalidad de los enfermos cardiológicos. La gente siempre relacionará calima con respiración, pero hemos visto que hay un 2% más de defunciones de enfermos del corazón a medida que el material particulado aumenta en cantidades superiores a las establecidas, y afecta a los pacientes con insuficiencia cardiaca aumentando la gravedad de sus síntomas. Este tema demanda ser estudiado por la gran evidencia que hay fuera de nuestra comunidad sobre estudios que involucran la contaminación y el corazón. La segunda, es empezar a relacionar que los daños que causan la calima en los enfermos tienen que ver con sus hábitos de vida: el EPOC y el cáncer de pulmón, y la gran población consumidora de tabaco activa y pasiva en las islas; la obesidad y la diabetes en la incidencia y prevalencia de las enfermedades cardiovasculares; y, la sensibilización a los alérgenos de la humedad y el control de su enfermedad por parte de los asmáticos. Cuando llegué el polvo sahariano, todos estos grupos anteriormente nombrados van a verse directa o indirectamente afectados.

## **7. CONCLUSIÓN:**

Resumiendo los resultados que hemos recopilado en este trabajo se han llegado a varias conclusiones sobre como la calima puede afectar a la salud de la población:

La calima y la contaminación por material particulado tiene un componente cardiovascular importante:

- Fallece hasta un 2% más de usuarios por cardiopatías los dos días siguientes a los fenómenos de calima y tormentas de arena.

- No hay asociación entre la calima la aparición de Síndrome Coronario Agudo, pero sí que hay correlación con la contaminación atmosférica.
- La calima influye negativamente en la insuficiencia cardiaca, aumentando el número de ingresos los días de calima en los hospitales cuando las PM<sub>10</sub> superaban los límites diarios establecidos por la OMS, y una asociación independiente de hasta el 86% de las defunciones por IC en ingresados durante los días de polvo sahariano.
- La cantidad en el polvo en suspensión de PM<sub>2,5</sub> es determinante en el desarrollo del ACV. Pero no hay evidencia que confirme si esto es así con la calima.

Es en el aparato respiratorio donde se encuentran la mayor parte de efectos nocivos de la calima y donde la población de las islas se podría ver más afectada:

- La calima exacerba los síntomas del asma alérgica debido a la composición de minerales y elementos orgánicos que irritan las vías, además de la predisposición genética de los habitantes y las condiciones climáticas de humedad que favorecen el desarrollo de las alergias y la atopía.
- La exposición a tormentas de arena agudiza la EPOC. No se encontró estudios relacionados con la calima específicamente.
- El polvo en suspensión crea las condiciones perfectas para la transmisión de patógenos en el aire como la meningitis, aunque en canarias el número de caso se ha ido reduciendo con los años.
- El estrés oxidativo, la EPOC y el desarrollo de cáncer pulmonar están condicionados a la exposición a la contaminación atmosférica.

## 8. BIBLIOGRAFÍA:

1. AEMET [Internet]. Meteoglosario Visual: Calima; 2018 [citado marzo 2022]. Disponible en: [https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/376\\_calima](https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/376_calima)

2. Organización Mundial de Meteorología. Sand and Dust Storms. [Internet ; 2022 [citado marzo 2022]. Disponible en: <https://public.wmo.int/en/our-mandate/focus-areas/environment/SDS>

3. Organización Mundial de la Salud. Calidad del aire ambiente (exterior). [Internet; 22 septiembre 2021 [citado marzo 2022] Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

4. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés) [Internet]. [espanol.epa.gov](https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles). 2018. [citado marzo 2022] Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>

5. Organización Mundial de la Salud. Las nuevas Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire tienen como objetivo evitar millones de muertes debidas a la contaminación del aire [Internet]. 22 septiembre de 2021. [citado marzo 2022] Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>

6. Cabrera S, Ángel M, Vera M. Análisis de las partículas contaminantes PM<sub>2,5</sub> en Santa Cruz de Tenerife Geografía y Ordenación del Territorio. RIULL [Internet]; 2021 [citado marzo 2022] Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/23035/Analisis%20de%20las%20particulas%20contaminantes%20Pm2%2C5%20en%20Santa%20Cruz%20de%20Tenerife.pdf?sequence=1>

7. Red de Control y Vigilancia de la Calidad del Aire de Canarias - Índice de calidad del aire [Internet]. [citado marzo 2022]. Disponible en: <https://www3.gobiernodecanarias.org/medioambiente/calidaddel aire/ica.do>

8. Real Time Air Quality Index. [Internet]; febrero 2020. [citado marzo 2022]. Disponible en: <https://aqicn.org/city/spain/canarias/tena-artigas-sta-cruz-de-tenerife/>

9. Diario de Avisos [Internet]; febrero 2020. [citado marzo 2022]. Disponible en: <https://diariodeavisos.elespanol.com/?s=calima+2020>

10. Plan de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas en la Salud. Gobierno de Canarias. [Internet]; 17 septiembre 2020 [citado marzo 2022]. Disponible en: <https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/contenidoGenerico.jsp?idDocument=30a5f6ee-9733-11e9-9152-a1daeb75409c&idCarpeta=b25ca6dc-a9a4-11dd-b574-dd4e320f085c>

11. Cabrera S, Ángel M, Vera M. Análisis de las partículas contaminantes PM<sub>2,5</sub> en Santa Cruz de Tenerife Geografía y Ordenación del Territorio. RIULL [Internet]; 2021 [citado marzo 2022] Disponible en : <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/23035/Analisis%20de%20las%20particulas%20contaminantes%20Pm2%2C5%20en%20Santa%20Cruz%20de%20Tenerife.pdf?sequence=1>

12. Domínguez-Rodríguez A, Báez-Ferrer N, Abreu-González P, et al. Impact of Desert Dust Events on the Cardiovascular Disease: A Systematic Review and Meta-

Analysis. [Internet] *J Clin Med.* 2021;10(4):727. 2021 Feb 12. [citado marzo 2022]  
Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33673156/>

13. Organización Mundial de la Salud. Enfermedades cardiovasculares. [Internet]; [citado marzo 2022] Disponible en: [https://www.who.int/es/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab\\_1](https://www.who.int/es/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab_1)

14. Factores de riesgo - Fundación Española del Corazón [Internet]; 2019. [citado marzo 2022] Disponible en: <https://fundaciondelcorazon.com/prevencion/riesgo-cardiovascular.html>

15. Defunciones por causas (capítulos) por sexo y Comunidad Autónoma(49270) [Internet]. INE. [citado marzo 2022] Disponible en: <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=49270&L=0>

16. Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social - Portal Estadístico del SNS - Porcentaje de personas con obesidad, por sexo según comunidad autónoma [Internet]; 2020 [citado marzo 2022] Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/sanidadDatos/tablas/tabla10.htm>

17. Prevalencia de diabetes, Gobierno de Canarias [Internet]; 2020 [citado marzo 2022] Disponible en: <https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/contenidoGenerico.jsp?idDocument=559b6b85-4488-11e8-9d80-a9ef3954dfef&idCarpeta=6bcc897d-ab21-11dd-970d-d73a0633ac17>

18. Hábitos de vida Informe Anual del Sistema Nacional de Salud 2016 INFORMES, ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN 2017 MINISTERIO DE SANIDAD, SERVICIOS SOCIALES E IGUALDAD [Internet]. 2016 [citado marzo 2022] Disponible en: [https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/estadisticas/sisInfSanSNS/tablasEstadisticas/InfAnualSNS2016/2Hab\\_vida.pdf](https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/estadisticas/sisInfSanSNS/tablasEstadisticas/InfAnualSNS2016/2Hab_vida.pdf)

19. Administrator. Cardiopatía Isquémica - Fundación Española del Corazón [Internet]. 2019. [citado marzo 2022] Disponible en: <https://fundaciondelcorazon.com/informacion-para-pacientes/enfermedades-cardiovasculares/cardiopatia-isquemica.html>

20. Domínguez-Rodríguez A, Baez-Ferrer N, Rodríguez S et al. Impacto del polvo sahariano en la incidencia de síndrome coronario agudo. *Rev. Esp. Cardio.* [Internet]; 2021 [citado marzo 2022] 74(4):321-328. Disponible en: <https://www.revespcardiol.org/es-pdf-S0300893220300634>

21. Kojima S, Michikawa T, Ueda K, Sakamoto T, Matsui K, Kojima T, et al. Asian dust exposure triggers acute myocardial infarction. *Eur Heart J.* [Internet]; 2017 [citado marzo 2022];38:3202–8. [PubMed] [Google Scholar]

22. Cesaroni, Giulia et al. Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project. *BMJ (Clinical research ed.)* [Internet]; enero 2014 [citado marzo 2022] vol. 348 f7412. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24452269/>
23. Bourdrel T, Bind M-A, Béjot Y, Morel O, Argacha J-F. Cardiovascular effects of air pollution. *Archives of Cardiovascular Diseases* [Internet]. 2017. [citado marzo 2022]110(11):634–42. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5963518/>
24. Insuficiencia Cardíaca: qué es, causas, síntomas y tratamiento. Cardioalianza. [Internet]. 2018. [citado marzo 2022] Disponible en: <https://cardioalianza.org/las-enfermedades-cardiovasculares/insuficiencia-cardiaca/>
25. Domínguez-Rodríguez A, Baez-Ferrer N, Rodríguez S, Abreu-González P, González-Colaço Harmand M, Amarnani-Amarnani V, et al. Impact of exposure of emergency patients with acute heart failure to atmospheric Saharan desert dust. *Emergencias: Revista De La Sociedad Espanola De Medicina De Emergencias* [Internet]. 2019 Jun 1 [citado 2022 mayo 13];31(3):161–6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31210447/>
26. Dominguez-Rodriguez A, Baez-Ferrer N, Rodríguez S, Avanzas P, Abreu-Gonzalez P, Terradellas E, et al. Saharan Dust Events in the Dust Belt -Canary Islands- and the Observed Association with in-Hospital Mortality of Patients with Heart Failure. *Journal of Clinical Medicine* [Internet]. Enero 2020 [citado marzo 2022];9(2):E376. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32019177/>
27. WHO EMRO. Stroke, Cerebrovascular accident. Health topics [Internet]. 2022. [citado marzo 2022] Disponible en: <http://www.emro.who.int/health-topics/stroke-cerebrovascular-accident/index.html>
28. WHO. Billions of people still breathe unhealthy air: new WHO data [Internet]. 2022. [citado marzo 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data>
29. Zhao K, Li J, Du C, Zhang Q, Guo Y, Yang M. Ambient fine particulate matter of diameter  $\leq 2.5 \mu\text{m}$  and risk of hemorrhagic stroke: a systemic review and meta-analysis of cohort studies. *Environmental Science and Pollution Research* [Internet]. 10 de marzo 2021 [citado marzo 2022];28(17):20970–80. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8106587/>
30. Huang K, Liang F, Yang X, Liu F, Li J, Xiao Q, et al. Long term exposure to ambient fine particulate matter and incidence of stroke: prospective cohort study from the

China-PAR project. BMJ [Internet]. 30 de Diciembre 2019 [citado marzo 2022];l6720. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7190010/>

31. Tian Y, Liu H, Xiang X, Zhao Z, Juan J, Li M, et al. Ambient Coarse Particulate Matter and Hospital Admissions for Ischemic Stroke. Stroke. [Internet]. Abril 2019 [citado marzo 2022] ;50(4):813–9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30841819/>

32. Ljungman PL, Mittleman MA. Ambient Air Pollution and Stroke. Stroke. [Internet]. Diciembre 2014 [citado marzo 2022];45(12):3734–41. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25300971/>

33. Sadeghimoghaddam A, Khankeh H, Norozi M, Fateh S, Farrokhi M. Effects of dust events and meteorological elements on stroke morbidity in northern Khuzestan, Iran. Journal of Education and Health Promotion [Internet]. 2021 [citado marzo 2022];10:406. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35071612/>

34. Beatriz Guillen-Guio, Jose M Lorenzo-Salazar, Rafaela González-Montelongo, Ana Díaz-de Usera, Itahisa Marcelino-Rodríguez et al. Genomic Analyses of Human European Diversity at the Southwestern Edge: Isolation, African Influence and Disease Associations in the Canary Islands, *Molecular Biology and Evolution*. [Internet]. 12 diciembre 2018 [citado marzo 2022]. 35:3010-3026. Disponible en: <https://academic.oup.com/mbe/article/35/12/3010/5115937?login=false>

35 Centro de investigación en red de enfermedades respiratorias [Internet]. [citado marzo 2022]. Disponible en: <http://www.ciberes.org/>

36. Sánchez-Lerma B, Morales-Chirivella FJ, Peñuelas I, Blanco Guerra C, Mesa Lugo F, Aguinaga-Ontoso I, et al. High prevalence of asthma and allergic diseases in children aged 6 to [corrected] 7 years from the Canary Islands. [corrected]. J Investig Allergol Clin Immunol [Internet]. 2009 [citado marzo 2022];19(5):383–90. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19862938/>

37. Pino Yanes M del M del. Factores genéticos de susceptibilidad y gravedad del asma: estudio de genes candidatos y de la influencia del trasfondo genético poblacional. RIULL [Internet]. 2012 [citado marzo 2022]; Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/21156>

38. Pazmiño<sup>1</sup> F, Myriam, Navarrete-Jiménez<sup>2</sup> L, Myriam C, Navarrete-Jiménez L, Dirección. Mecanismos inmunológicos implicados en la patología del asma alérgica Immunologic mechanisms involved in the pathology of allergic asthma. Rev Fac Med [Internet]. 2014 [citado marzo 2022] 2014;62(2):265–77. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v62n2/v62n2a13.pdf>

39. World Health Organization: WHO. Asma [Internet]. 2017. [citado marzo 2022]; Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/asthma>

40. Fussell JC, Kelly FJ. Mechanisms underlying the health effects of desert sand dust. *Environment International* [Internet]. 2021 Dec 1 [citado marzo 2022];157:106790. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34333291/>
41. Lei Y-C, Chan C-C, Wang P-Y, Lee C-T, Cheng T-J. Effects of Asian dust event particles on inflammation markers in peripheral blood and bronchoalveolar lavage in pulmonary hypertensive rats. *Environmental Research* [Internet]. 2004 May 1 [citado marzo 2022];95(1):71–6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15068932/>
42. Juliá-Serdá G, Cabrera-Navarro P, Acosta-Fernández O, Martín-Pérez P, Losada-Cabrera P, García-Bello MA, et al. High prevalence of asthma and atopy in the Canary Islands, Spain. *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease* [Internet]. 2011 Apr 1 [citado marzo 2022];15(4):536–41. Disponible en: <https://www.ingentaconnect.com/content/iatld/ijtd/2011/00000015/00000004/art00020;jsessionid=k69lhqoglg2l.x-ic-live-02>
43. Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) - Síntomas y causas. Mayo Clinic [Internet]. 2021. [citado marzo 2022]; Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/copd/symptoms-causes/syc-20353679>
44. Comunicación. Cómo debemos protegernos del polvo en suspensión y la contaminación. APEPOC - Asociación de Pacientes con EPOC. [Internet]. 2021 8 Mar. [citado marzo 2022]. Disponible en: <https://www.apepoc.es/actualidad/212-como-debemos-protegernos-del-polvo-en-suspension-y-la-contaminacion>
45. Comunicación. Las particularidades del enfermo crónico de pulmón en Canarias: le cuesta más dejar de fumar y padece más del corazón. APEPOC - Asociación de Pacientes con EPOC [Internet]. 2022 22 Feb [citado marzo 2022]. Disponible en: <https://www.apepoc.es/actualidad/571-las-particularidades-del-enfermo-cronico-de-pulmon-en-canarias-le-cuesta-mas-dejar-de-fumar-y-padece-mas-del-corazon>
46. Lorentzou C, Kouvarakis G, Kozyrakis GV, Kampanis NA, Trahanatzi I, Fraidakis O, et al. Extreme desert dust storms and COPD morbidity on the island of Crete. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease* [Internet]. 2019 Ag.[citado marzo 2022];14:1763–8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6689762/>
47. Vodonos A, Friger M, Katra I, Avnon L, Krasnov H, Koutrakis P, et al. The impact of desert dust exposures on hospitalizations due to exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Air Quality, Atmosphere & Health*. [Internet]. 2014 Mar 14 [citado marzo 2022];7(4):433–9. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11869-014-0253-z>

48. Griffin DW. Atmospheric Movement of Microorganisms in Clouds of Desert Dust and Implications for Human Health. *Clinical Microbiology Reviews* [Internet]. 2007 Jul 1 [citado marzo 2022];20(3):459–77. Disponible en: <https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/CMR.00039-06>

49. Organización Mundial de la Salud. Meningitis meningocócica [Internet]. [citado marzo 2022] Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/meningitis>

50. Servicio Canario de la Salud DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD PÚBLICA [Internet]. 2016 [citado marzo 2022]. Disponible en: [https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/content/0837de3c-2c1e-11e8-9b62-f196074e3cc3/MEN\\_1996\\_2016.pdf](https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/content/0837de3c-2c1e-11e8-9b62-f196074e3cc3/MEN_1996_2016.pdf)

51. Valavanidis A, Vlachogianni T, Fiotakis K, Loridas S. Pulmonary Oxidative Stress, Inflammation and Cancer: Respirable Particulate Matter, Fibrous Dusts and Ozone as Major Causes of Lung Carcinogenesis through Reactive Oxygen Species Mechanisms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. [Internet]. 2013 Aug 27 [citado marzo 2022].;10(9):3886–907. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3799517/>

52. Sies H, Jones DP. Reactive oxygen species (ROS) as pleiotropic physiological signalling agents. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. [Internet]. 2020 Mar 30 [citado marzo 2022]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41580-020-0230-3>

53. Sunil VR, Patel-Vayas K, Shen J, Laskin JD, Laskin DL. Classical and alternative macrophage activation in the lung following ozone-induced oxidative stress. *Toxicology and Applied Pharmacology*. [Internet]. 2012 Sep [citado marzo 2022].;263(2):195–202. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3670689/>

54. ESTIMACIONES DE LA INCIDENCIA DE CÁNCER [Internet]. [citado marzo 2022]. Disponible en: [https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/content/8e1d1c9c-43fd-11e9-af3a-bd8e6246c9be/Estimacion\\_Incidencia\\_Cancer\\_Canarias2018.pdf](https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/content/8e1d1c9c-43fd-11e9-af3a-bd8e6246c9be/Estimacion_Incidencia_Cancer_Canarias2018.pdf)

## 9. CRONOGRAMA:

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Elegir tema y buscar información						
Definir objetivo y redactar marco teórico						

Material y métodos, comenzar con la recogida de estudios.						
Redactar los resultados.						
Conclusión y discusión.						
Evaluación y corrección.						
Defensa						