
El dióxido de azufre (SO₂).

Flores Silva Víctor.

Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades.

Resumen

El dióxido de azufre en la actualidad está considerado como uno de los principales precursores de la contaminación atmosférica, el cual se origina comúnmente por la combustión del carbón y el petróleo en las centrales termoeléctricas, las refinerías, la fundición de metales, los hornos, los motores diésel o las calderas de calefacción. Así mismo, de manera natural, el dióxido de azufre tiene su origen en las erupciones volcánicas u oceánicas (fumarolas). Si se la compara con las emisiones causadas por el ser humano (antropogénicas), su proporción es menor, pues se estima que el SO₂ de origen natural representa el 25% de la totalidad que llega a la atmósfera.

Por lo tanto, si partimos de la premisa que establece que la contaminación atmosférica constituye en la actualidad uno de los factores de riesgo más importante para la salud de la población mundial, en este artículo se hace una revisión bibliográfica de la forma en que el dióxido de azufre está contribuyendo en la contaminación del medio ambiente y de la manera en que está poniendo en peligro la salud de la población.

Palabras clave: Contaminación atmosférica, dióxido de azufre, riesgos a la salud.

Summary

Sulfur dioxide is currently considered one of the main precursors of air pollution, which is commonly caused by the combustion of coal and oil in thermoelectric plants, refineries, metal smelters, furnaces, diesel engines or heating boilers. Likewise, naturally, sulfur dioxide originates from volcanic or oceanic eruptions (fumaroles). When compared to human-caused emissions (anthropogenic), its proportion is lower, since it is estimated that SO₂ of natural origin represents 25% of the total that reaches the atmosphere.

Therefore, if we start from the premise that air pollution currently constitutes one of the most important risk factors for the health of the world population, this article makes a bibliographic review of the way in which dioxide of sulfur is contributing to the contamination of the environment and the way it is endangering the health of the population.

Key words: Air pollution, sulfur dioxide, health risks.

Introducción

En la actualidad vivimos en un medio ambiente invadido por un gran número de radiaciones y productos tóxicos que alteran nuestro entorno y terminan por dañar la salud; sin que nos demos cuenta van ocasionando que nuestro organismo se mantenga en un estado de constante adaptación. Sencillamente, la mayoría de las ocasiones no los podemos ver ni tocar, pero están en el medio ambiente y sus efectos son acumulativos. Al principio nos provocan pequeños síntomas cuya causa no logramos explicarnos, pero a la larga terminan desencadenando enfermedades graves, muchas de ellas degenerativas.

Por lo anterior se debe considerar que el medio ambiente en que vivimos afecta de manera directa a nuestra salud. Podemos estar afectados, sin saberlo, por productos químicos dispersos en el

aire, en el agua o en el subsuelo, representando un constante y permanente riesgo para la salud.

Además, debemos estar conscientes que estamos saturados de radiaciones artificiales por el inevitable avance de la tecnología y cada día la cantidad de tóxicos que nos agreden es mayor.

Todos estos factores representan un riesgo constante que terminan dañando nuestros sistemas vitales. La mayoría de la población desconoce este problema y no puede hacer nada por combatirlo. No debemos pasar por alto que la salud es un derecho fundamental del ser humano y un instinto de todo ser vivo.





Entre estos agentes químicos podemos señalar al dióxido de azufre (SO₂), del cual haremos un estudio en el presente artículo, con el propósito fundamental de analizar e identificar la forma en que afecta a la salud de la población al encontrarse disperso en el aire, y que junto con otros agentes ocasionan las contingencias ambientales en diversas ciudades de nuestro país y del mundo en general.

Definición

Existen diversas definiciones sobre el dióxido de azufre, sin embargo, para este artículo solo mencionaremos una de las más representativas.

El Instituto para la Salud Geoambiental (2013), en su artículo "El dióxido de azufre SO₂", nos menciona que el dióxido de azufre es un gas incoloro, irritante, con un olor penetrante que se comienza a percibir con 0,3 a 1,4 partes por millón (ppm) y es perfectamente distinguible a partir de 3 ppm -partes por millón-. Su densidad es el doble que la del aire. No es un gas inflamable, ni explosivo y tiene mucha estabilidad, es muy soluble en agua y en contacto con ella se convierte en ácido sulfúrico. Consiste en un átomo de azufre y dos de oxígeno.

Es necesario mencionar que, durante su proceso de oxidación en la atmósfera, este gas forma sulfatos. Estos sulfatos forman parte del material particulado PM₁₀. En presencia de humedad el dióxido de azufre forma ácidos en manera de aerosoles y se produce una parte importante del material particulado secundario o fino (PM_{2.5}). El SO₂ es el responsable de la lluvia ácida.

De igual forma, es preciso señalar que tanto la exposición a sulfatos como a los ácidos derivados del SO₂, representan graves riesgos para la salud, al pasar directamente al sistema circulatorio humano a través de las vías respiratorias.

No debemos omitir señalar que, el SO₂ se produce por la combustión de materiales fósiles con un alto contenido en azufre, como el petróleo o el carbón, y también se genera en muchos procesos de la industria química. En forma líquida es un buen disolvente, y se utiliza también como conservante en algunos alimentos.¹

Consideraciones

El dióxido de azufre reviste una serie de propiedades que es importante conocer y analizar, entre las cuales podemos encontrar las siguientes:

El SO₂ no es inflamable, no es explosivo y es relativamente estable. Su densidad es más del doble que la del aire ambiental (2.62 g L⁻¹ a 25°C y 1 atm (Lide, 2003), y es altamente soluble en agua [85 g L⁻¹ (Gangolli, 1999)]. En contacto con membranas húmedas SO₂ forma ácido sulfúrico (H₂SO₄), que es responsable de fuertes irritaciones en los ojos, membranas mucosas y piel (Komarnisky et al, 2003).

Cabe señalar que con regularidad la concentración de SO₂ en fumarolas volcánicas diluidas es < 10 ppm, tan poco como 10 km con viento a favor desde su origen, comparado con el antecedente troposférico de 0.00001-0.07 ppm (Brimblecombe, 1996; Oppenheimer et al., 1998). Suponiendo que el gas tuviera vida media de 6 a 24 horas, entonces solo el 5% del gas emitido está presente en la atmósfera baja después de 1 a 4 días (Brimblecombe, 1996; Finlayson-Pitts and Pitts, 1986; Porter et al., 2002).²

Riesgos para la salud

Los daños a la salud ocasionados por el dióxido de azufre varían de persona a persona, debido en gran medida al estado de salud de cada una de ellas, por lo que cabe señalar que a unas las afecta más que a otras. De igual manera influye el tiempo y cantidad a la que estén expuestas las personas a este elemento como lo analizaremos a continuación.

Iniciaremos por mencionar que el dióxido de azufre es irritante a los ojos, garganta y vías respiratorias. La sobre exposición en el corto tiempo causa inflamación e irritación, provocando ardor en los ojos, tos, dificultades respiratorias y sensación de tensión en el pecho. Las personas asmáticas son especialmente sensibles al SO₂ (Baxter, 2000) y pueden reaccionar ante concentraciones tan bajas como 0.2 a 0.5 ppm. Los vulcanólogos que sufren de asma pueden advertir efectos adversos a concentraciones sustancialmente más bajas de las que afectan a los demás colegas. Una exposición prolongada o repetida a concentraciones bajas (1-5 ppm) puede ser peligrosa para personas con enfermedades cardíacas o pulmonares previas. Mientras los efectos sobre la salud de variadas concentraciones han sido documentados por diferentes investigadores y organizaciones, una muestra de los umbrales por efectos a la salud se describe en la tabla siguiente.

Efectos sobre la salud por exposición respiratoria al dióxido de azufre (Baxter, 2000; Nemery, 2001; NIOSH 1981; Wellburn, 1994)

Límite de exposición (ppm)	Efectos sobre la salud
1-5	Umbral de respuesta respiratoria al ejercicio o respiración profunda en individuos sanos





3-5	El gas es fácilmente detectable. Caída de la función respiratoria en reposo y resistencia a la corriente de aire
5	Aumento de la resistencia en individuos sanos
6	Inmediata irritación en ojos nariz y garganta
10	Empeora la irritación en ojos, nariz y garganta
10 - 15	Umbral de toxicidad por exposición prolongada
20+	Parálisis o muerte después de exposición prolongada
150	Máxima concentración que puede ser resistida durante algunos minutos por individuos sanos

También se ha demostrado que la presencia de altos niveles de SO₂ en el ambiente puede causar diversos problemas de salud en niños (Ware et al., 1986). Aun así, los estudios realizados en el Mt. Sakurajima no indican una correlación entre la prevalencia de asma en niños y la exposición prolongada a los gases volcánicos (Uda et al., 1999).

Incidentes de mortalidad y morbilidad asociados con las emisiones de SO₂ volcánico en el siglo XX (BGVN 16:09; Hayakawa, 1999; Ng'Walali et al., 1999)

Volcán	Fecha	Morbi-mortalidad	Datos adicionales
Aso, Japón	12/02/1989	1 muerto	Turista varón de 66 años
Aso, Japón	26/03/1990	1 muerto	Turista
Aso, Japón	18/04/1990	1 muerto	Turista varón de 78 años
Aso, Japón	19/10/1990	1 muerto	Turista mujer de 54 años
Hudson, Chile	11/10/1991		Vapores azufrados en el valle
Kilauea, Hawaii	1993	1 muerto	Turista con sensibilidad al azufre murió en el estacionamiento del cráter del Halemaumau
Aso, Japón	29/05/1994	1 muerto	Turista mujer de 69 años
Aso, Japón	23/11/1997	2 muertos	Turistas varones de 62 y 51 años. Antes de su muerte hubo nivel 5 ppm

Cabe mencionar que la mayoría de los incidentes conocidos relacionados con SO₂ venenoso ocurrieron en el Volcán Aso, en Japón, como se pueden observar en la tabla anterior; en donde 7 personas murieron en los años registrados, y 59 fueron hospitalizadas por inhalación de gas volcánico de SO₂, entre enero de 1980 y octubre de 1995. Más de la mitad de los muertos tuvieron antecedentes asmáticos. Siguiendo sus autopsias, se redujeron los criterios de niveles de SO₂ para evacuación y se dieron alarmas estrictas sobre los riesgos de exposición a los visitantes, para proteger a los asmáticos y con enfermedades respiratorias (Ng'Walali et al., 1999).

Así mismo, se sabe que, en otras regiones, la gente que vive o trabaja cerca de volcanes que emiten SO₂, puede estar desprevvenida con relación al riesgo de los gases. Por ejemplo, niveles medios de SO₂ en el Lago Furnas, en Azores, en la

caldera del volcán activo, dan mediciones de 0.115 ppm. Fue registrado en un área donde los turistas y los habitantes locales utilizan las fumarolas para cocinar y es varias veces más alto que cualquier lineamiento anual conocido, y más alto que la mayoría de los lineamientos de nivel para 1 – 24 horas. Los niveles en el centro de la Villa Furnas (y también en la caldera) tienen un rango de 0.070 – 0.085 ppm (Baxter et al., 1999), también más alto que cualquier lineamiento de nivel anual.²

El SO₂ no es inflamable, pero a altas presiones puede llegar a explotar. Su inhalación puede provocar asfixia, tos, falta de respiración, dolor de garganta, estornudos, rinorrea, dificultad en la respiración, disnea, cianosis, dolor de pecho, traqueítis, bronquitis, náuseas, fatiga, vómitos, broncoconstricción, neumonitis, edema en la laringe/glotis, edema en las vías respiratorias superiores u obstrucción e incremento de la resistencia de la circulación del aire. En altas concentraciones (a partir de 100 ppm) puede llegar a causar la muerte por edema pulmonar, acidosis sistémica o paro respiratorio. También es un irritante corrosivo de los ojos, aunque es poco común que en estado gaseoso produzca lesiones.³

De igual forma, el dióxido de azufre (SO₂) también se ha asociado a problemas de asma y bronquitis crónica, aumentando la morbilidad y mortalidad en personas mayores y niños. Los asmáticos y las personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC) y con problemas cardíacos son los más sensibles a los efectos del SO₂.

Es necesario considerar que la concentración de SO₂ en períodos promedio de 10 minutos no debería superar los 500 µg/m³. Los estudios indican que un porcentaje de las personas con asma experimenta cambios en la función pulmonar y síntomas respiratorios tras períodos de exposición al SO₂ de tan sólo 10 minutos.

Los ingresos hospitalarios por cardiopatías y la mortalidad aumentan en los días en que los niveles de SO₂ son más elevados. En combinación con el agua, el SO₂ se convierte en ácido sulfúrico, que es el principal componente de la lluvia ácida que causa la deforestación.⁴

La contaminación del aire por el SO₂ tiene los siguientes efectos en los seres humanos: turbidez corneal, dificultad para respirar, inflamación de las vías respiratorias, irritación de ojos, daños en la garganta, alteraciones psíquicas, edema pulmonar, insuficiencia cardíaca, colapso circulatorio... El dióxido de azufre también está asociado con el asma, bronquitis crónica, morbilidad y la alta mortandad en ancianos y niños.⁵





Fuente: www.freepik.com

Se debe tener bien presente que el dióxido de azufre es uno de los gases más peligrosos para la salud y el medio ambiente, y prácticamente la totalidad de las emisiones de esta sustancia a la atmósfera son de origen humano. El principal origen de este gas es la industria (42,4%), seguido por la obtención y transformación de energía (31,4%) y la combustión de los motores de los vehículos (15,6%).

Y que de igual manera, el dióxido de azufre tiene unos efectos peligrosos para la salud, tanto inmediatos (irritación de las vías respiratorias y dolor de cabeza), como a largo plazo (enfermedades cardíacas y pulmonares). Sobre el medio ambiente, es uno de los gases más nocivos, pudiendo afectar a grandes extensiones de terreno con fenómenos como la lluvia ácida o la contaminación de aguas y suelos.⁶

Riesgos para el medio ambiente

Así como afecta la salud humana el dióxido de azufre también representa un riesgo para el medio ambiente como se explica a continuación.

El SO₂ es higroscópico, es decir, cuando está en la atmósfera reacciona con la humedad y forma aerosoles de ácido sulfúrico y sulfuroso que luego forman parte de la llamada lluvia ácida. El proceso es el siguiente: al subir a la atmósfera también reacciona con el ozono o el oxígeno creando trióxido de azufre. Este componente reacciona con la humedad produciendo ácido sulfúrico, que acidifica el pH del agua provocando lluvia ácida. La intensidad de formación de aerosoles y el período de permanencia de ellos en la atmósfera depende de las condiciones meteorológicas reinantes y de la cantidad de impurezas catalíticas (sustancias que aceleran los procesos) presentes en el aire. Pero en general, el tiempo medio de permanencia en la atmósfera asciende a unos 3-5 días, de modo que puede ser transportado hasta grandes distancias. Tanto los óxidos de azufre como el ácido sulfúrico están relacionados con el daño y la destrucción de la vegetación, deterioro de los suelos, materiales de construcción y cursos de agua.⁷





Conclusiones

Como resultado de este análisis de información, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

El dióxido de azufre se emite espontáneamente en la Naturaleza por vulcanismo y procesos de combustión. El impacto ambiental generado por el ser humano proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles sulfurados (carbón, petróleo, gas natural, etc.) de la industria eléctrica e instalaciones de calefacción a distancia, del hogar y del tránsito vehicular.

Los compuestos que contienen azufre están presentes en la atmósfera natural no contaminada. Estas sustancias provienen de la descomposición bacteriana de la materia orgánica, de los gases volcánicos y otras fuentes. Sin embargo, la contribución en el balance total de SO₂ resulta muy pequeña en comparación con las producidas en los centros urbanos e industriales como resultado de las actividades humanas.

El dióxido de azufre se utiliza para fines muy diversos, por ejemplo, como agente reductor en metalurgia, como refrigerante en la Industria del frío, como desinfectante y blanqueador, para la conservación de sustancias alimenticias, como decolorante y fumigante. El dióxido de azufre es uno de los compuestos más importantes de la industria química. 98% del SO₂ técnico se utiliza para la producción de trióxido de azufre como precursor del ácido sulfúrico.

En altas concentraciones el dióxido de azufre puede ocasionar dificultad para respirar, humedad excesiva en las mucosas de las conjuntivas, irritación severa en vías respiratorias e incluso al interior de los pulmones por formación de partículas de ácido sulfúrico, ocasionando vulnerabilidad en las defensas.

El dióxido de azufre es causante de enfermedades respiratorias como broncoconstricción, bronquitis y traqueítis, pudiendo llegar a causar broncoespasmos en personas sensibles como los asmáticos, agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares existentes y la muerte; si bien los efectos señalados dependen en gran medida de la sensibilidad de cada individuo, los grupos de la población más sensibles al dióxido de azufre incluyen a los niños y ancianos, a los asmáticos y a aquellos con enfermedades pulmonares crónicas como bronquitis y enfisema.

Por todo ello, conocer la forma en cómo las personas se ven afectadas por las emisiones de óxido de azufre puede ser útil en la prevención de la exposición que llevaría a consecuencias perjudiciales.

Referencias bibliográficas

1. Instituto para la Salud Geoambiental (2013). El dióxido de azufre SO₂. Disponible en <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-azufre-so2>. Consultado 21 de octubre del 2019.
2. The International Volcanic Health Hazard Network. Dióxido de azufre (SO₂). Disponible en <https://www.ivhnn.org/es/guidelines/guia-sobre-gases-volcanicos/dioxido-de-azufre>. Consultado el 22 de octubre del 2019
3. Georgina. Riesgos del dióxido de azufre para la salud y el medio ambiente. Disponible en <http://vidanatur.com/riesgos-del-dioxido-de-azufre-para-la-salud-y-el-medio-ambiente>. Consultado el 22 de octubre del 2019.
4. ECODES. Impactos sobre la salud de la contaminación atmosférica. Disponible en <http://www.ecodes.org/salud-calidad-aire/201302176117/Impactos-sobre-la-salud-de-la-contaminacion-atmosferica>. Consultado el 23 de octubre del 2019.
5. García Liñán, Salvador. Daños del azufre a los seres humanos. Disponible en <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/salvador-garcia-linan/danos-del-azufre-a-los-seres-humanos>. Consultado el 23 de octubre del 2019.
6. Sector Asegurador. La contaminación del aire y los riesgos para la salud – Todo lo que tienes que saber. Disponible en <https://www.sectorasegurador.es/contaminacion-aire-riesgos-para-la-salud/>. Consultado el 22 de octubre del 2019.
7. Georgina, et. al.

