

## LA CONTAMINACIÓN 3

Se denomina contaminación radioactiva a la presencia no deseada de sustancias radiactivas en el entorno y esta no da indicación de la magnitud de los riesgos inherentes a esta contaminación. Esta contaminación puede proceder de radioisótopos naturales o artificiales.

Las fuentes naturales provienen de ciertos elementos químicos y sus isótopos y de los rayos cósmicos, estos últimos son las responsables del 80 % de la dosis recibida por las personas en el mundo (en promedio), el otro porcentaje proviene de fuentes médicas como los rayos x. Bajas dosis de radiación no son peligrosas, el problema ocurre cuando una persona está expuesta a estas dosis por un tiempo prolongado. O se expone a altas dosis de radiación.

Las fuentes artificiales pueden provenir del derrame o accidentes en la producción o uso de radioisótopos, en menor medida la lluvia radioactiva proveniente de bombas atómicas y test nucleares, otras fuentes son derrames o accidentes con radioisótopos provenientes de la medicina nuclear o el xenón que se libera durante el reprocesamiento nuclear de combustible nuclear ya usado, otra es debido a accidentes en centrales nucleares.

Los niveles de contaminación pueden ser bajos o altos, cuando son bajos pueden aún ser detectados por los instrumentos, y se deja que los radioisótopos decaigan (pierdan su radiactividad si son de corta vida) pero si son de lento decaimiento se procede a la limpieza, ya que bajas radiaciones por tiempos muy prolongados pueden ser perjudiciales para la salud.

Altos niveles de radiación son más peligrosos para las personas y el medio ambiente. Las personas pueden estar expuestas niveles letales de radiación, ambas externamente e internamente, debido a accidentes o deliberadamente implicando grandes cantidades de material radioactivo. Los efectos biológicos de exposición externa a contaminación radioactiva no son distintos a las fuentes de radiación como máquinas de rayos x, y son dependientes de la dosis absorbida.

Los efectos biológicos del depósito de radioisótopos depende en gran medida de la actividad (del radioisótopo) y la biodistribución y tasas de eliminación de los radioisótopos, también depende del elemento químico. Los efectos también dependen de la toxicidad química del material depositado, independientemente de su radioactividad. Algunos radioisótopos se distribuyen en todo el cuerpo y son rápidamente removidos, como es el caso del agua tritiada. Algunos órganos concentran ciertos elementos y también los radioisótopos de sus variantes radioactivas. Esto lleva a una menor tasa de eliminación de los radioisótopos. Por ejemplo, la glándula tiroides acumula un gran porcentaje de yodo que entra al cuerpo. Grandes cantidades de yodo radioactivo pueden dañar o destruir la tiroides, mientras que otros tejidos son afectados en menor medida. El yodo radioactivo es un producto común de la fisión nuclear; fue uno de los mayores componentes radioactivos liberados en el accidente de Chernóbil dejando nueve casos pediátricos de cáncer tiroideo y hipotiroidismo. Durante el accidente nuclear de Fukushima I el gobierno japonés entregó dosis de yodo a la población afectada para prevenir casos de cáncer tiroideo.<sup>50</sup> Por otro lado, el yodo radioactivo es utilizado en el tratamiento de muchas enfermedades de la tiroides precisamente por lo receptiva que es la tiroides al yodo.

En 1945 para el fin de la segunda guerra mundial se produce en Japón los ataques nucleares sobre Hiroshima y Nagasaki, estos ataques revelaron al mundo la devastación que producen las bombas y su contaminación radioactiva. Se estima que hacia finales de 1945, las bombas habían matado a

140.000 personas en Hiroshima y 80.000 en Nagasaki,<sup>52</sup> aunque solo la mitad había fallecido los días de los bombardeos. Entre las víctimas, del 15 al 20 % murieron por lesiones o enfermedades atribuidas al envenenamiento por radiación.<sup>53</sup>

Uno de los casos más famosos que se produjo en una planta de energía nuclear en Ucrania, fue el accidente de Chernóbil ocurrido el 26 de abril de 1986, durante una prueba en el reactor nuclear 4 que llevó a un sobrecalentamiento en el centro del reactor y que evolucionó en una fusión de núcleo, lo que produjo una explosión de hidrógeno que liberó a medioambiente materiales radiactivos o tóxicos. Se estimó fue unas 500 veces mayor que el liberado por la bomba atómica arrojada en Hiroshima en 1945, causó directamente la muerte de 31 personas y forzó al gobierno de la Unión Soviética a la evacuación de 116 000 personas provocando una alarma internacional al detectarse radiactividad en, al menos, 13 países de Europa central y oriental.<sup>54</sup> Luego del accidente se inició una masiva descontaminación con la participación de 600 000 personas denominadas liquidadores, el reactor n.º 4 que fue destruido totalmente y fue aislado con un sarcófago de hormigón armado para prevenir el escape adicional de la radiación, se aisló una zona en un radio de 30 km al rededor del reactor denominada Zona de alienación. Poco después del accidente varios países europeos instauraron medidas para limitar el efecto sobre la salud humana de la contaminación de los campos y los bosques. Se eliminaron los pastos contaminados de la alimentación de los animales y se controlaron los niveles de radiación en la leche. También se impusieron restricciones al acceso a las zonas forestales, a la caza y a la recolección de leña, bayas y setas.<sup>55</sup>

Otros accidentes como el de Accidente nuclear de Fukushima I iniciado por el terremoto y tsunami de Japón el 11 de marzo 2011, produjeron un gran impacto en la opinión pública. Esto llevó al primer ministro de Japón Naoto Kan a congelar la construcción de nuevas plantas nucleares para el 2030 y a declarar que Japón debería abandonar gradualmente el programa nuclear por los riesgos que implica esta tecnología. Esto significaría un cambio rotundo en la matriz energética de este país.<sup>56</sup> Kan busca promover la energía renovable para Japón.<sup>57</sup> Alemania también dio marcha atrás a su programa nuclear cuando la canciller alemana Angela Merkel decidió cerrar todas sus centrales nucleares para el 2022, y dar un importante impulso a energías más eficientes y renovables, manteniendo sus objetivos de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Este giro en la política energética fue influenciado por el accidente nuclear en Japón sumado 30 años de movimientos ciudadanos en contra de la energía nuclear.<sup>58 59</sup>

Las emisiones del motor de los vehículos es una de las primeras causas de la contaminación del aire.<sup>60 61 62</sup> China, Estados Unidos, Rusia, México, y Japón son los líderes del mundo en las emisiones de contaminantes del aire.

La contaminación del aire por la agricultura viene de la tala y quema de vegetación natural, también por el rociado de pesticidas y herbicidas.<sup>63</sup>

Son gases en la atmósfera que absorben y emiten radiación solar dentro del rango infrarrojo. Este proceso es la causa fundamental del efecto invernadero.<sup>64</sup> Los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre son el vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno, y el ozono. En el sistema solar, las atmósferas de Venus, Marte, y Titán también contiene gases que causan efecto invernadero. Los gases de efecto invernadero afectan fuertemente a la Tierra; sin ellos, la superficie de la Tierra sería 33 °C (59 °F)<sup>65</sup> más fría que el presente.<sup>66 67 68</sup>

Si bien todos ellos —salvo algunos compuestos como los CFC— son naturales, en tanto que existen en la atmósfera desde antes de la aparición de los seres humanos.

Desde el comienzo de la revolución industrial, la quema de combustibles fósiles ha contribuido al incremento de los óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono en la atmósfera, este último de 280 ppm a 390 ppm, a pesar de la absorción de una gran parte de las emisiones a través de diversos "sumideros" naturales presentes en el Ciclo del carbono.<sup>69 70</sup> Se estima que también el metano está aumentando su presencia por razones antropogénicas (debidas a la actividad humana). Además, a este incremento de emisiones se suman otros problemas, como la deforestación, que han reducido la cantidad de dióxido de carbono retenida en materia orgánica, contribuyendo así indirectamente al aumento antropogénico del efecto invernadero. Asimismo, el excesivo dióxido de carbono está acidificando los océanos y reduciendo el fitoplacton.

El Protocolo de Kioto intenta reducir las emisiones de seis gases de invernadero CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos, Perfluorocarbonos y Hexafluoruro de azufre a los niveles de 1990. Para noviembre de 2009, eran 187 estados los que ratificaron el protocolo.<sup>71</sup> Sin embargo este protocolo vence en el 2012.

Los gases que reducen la capa de ozono son de dos tipos: de origen natural y de origen humano. Los naturales se deben a la presencia de radicales libres como monóxido de nitrógeno (NO), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidroxilo (OH) Cloro atómico (Cl), y Bromo atómico (Br)) que se liberan a la atmósfera desde fuentes naturales.

Los gases de origen humano son los clorofluorocarbonos (abreviados como CFC), son gases que reducen el ozono presente en la atmósfera provocando el agujero de ozono en los polos terrestres, mediante una reacción fotoquímica que se produce en la estratosfera debido a la presencia de los rayos UV-C solares. Los CFC se utilizaban como gases de refrigeración y en propelentes de aerosoles.

Actualmente se prohibió el uso de estos gases mediante el Protocolo de Montreal, que es un tratado internacional que prevé la recuperación de la capa de ozono para el año 2050 si se cumple el tratado.<sup>72</sup>

El smog es una forma de contaminación atmosférica derivada de la combustión vehicular de los motores de combustión interna y las emisiones industriales, que reaccionan en la atmósfera con la luz solar para formar un contaminante secundario que se combina con las emisiones primarias para formar smog fotoquímico.

El smog fotoquímico fue descubierto en 1950, y es una reacción de la luz solar con óxidos de nitrógeno y Compuestos orgánicos volátiles en la atmósfera, que deja material particulado en suspensión y ozono troposférico.<sup>73</sup>

El smog fotoquímico es considerado un problema en la industrialización moderna. Está presente en todas las ciudades modernas, aunque más comúnmente en ciudades soleadas, cálidas, de clima seco y con una gran cantidad de vehículos a motor.<sup>74</sup> Por ser contaminación atmosférica puede viajar con el viento, afectando otras poblaciones que no produjeron este smog. La principal manera de reducir este tipo de contaminación es reducir o regular el transporte de vehículos y las emisiones industriales.

La calidad del aire adverso puede matar a los organismos, incluyendo al hombre. La contaminación con ozono puede producir enfermedades respiratorias, enfermedades cardiovasculares, inflamaciones de garganta, dolor de pecho y congestión nasal. La contaminación causa muchas enfermedades y estas dependen del contaminante que las cause; generalmente son enfermedades de los ojos y del aparato respiratorio como la bronquitis, el asma y el enfisema pulmonar.

La contaminación del agua causa aproximadamente 14 000 muertes por día, la mayoría debido a la contaminación de agua potable por aguas negras no tratadas en países en vías de desarrollo. Un estimado de 700 millones de hindúes no tienen acceso a un sanitario adecuado, 1 000 niños hindúes mueren de enfermedades diarreicas todos los días.<sup>78</sup> Alrededor de 500 millones de chinos carecen de acceso al agua potable.<sup>79</sup> 656 000 personas mueren prematuramente cada año en China por la contaminación del aire. En India, la contaminación del aire se cree causa 527 700 muertes cada año.<sup>80</sup> Estudios han estimado en cerca de 50 000 muertes en Estados Unidos por contaminación del aire.<sup>81</sup>

Los derrames de petróleo pueden causar irritación de piel y eflorescencia. La contaminación acústica induce sordera, hipertensión arterial, estrés, y trastorno del sueño. El envenenamiento por mercurio ha sido asociado al trastornos del desarrollo en niños y síntomas neurológicos. La gente mayor de edad está más expuesta a enfermedades inducidas por la contaminación del aire. Aquellos con trastornos cardíacos o pulmonares están bajo mayor riesgo. Niños y bebés también están en serio riesgo. El plomo y otros metales pesados se ha visto que generan problemas neurológicos. Las sustancias químicas y la radiactividad pueden causar cáncer y también inducir mutaciones genéticas que provocan enfermedades congénitas.

Se ha probado recientemente que la contaminación puede reducir la fertilidad tanto en hombres como mujeres. En hombres reduce la calidad del semen y puede producir esterilidad. En la mujeres menores a 40 años puede provocar una menopausia precoz debido a una reducción radical de su reserva ovárica.<sup>82</sup>

La contaminación se ha encontrado presente ampliamente en el medio ambiente. Existe un amplio número de efectos debido a esto:

- Biomagnificación: describe situaciones donde toxinas (como metales pesados o contaminantes orgánicos persistentes, etc.) pueden pasar a través de niveles tróficos, convirtiéndose exponencialmente en toxinas más concentradas en los niveles tróficos más altos.
- La emisión de dióxido de carbono causa el calentamiento global por aumento en su concentración en la atmósfera, y la acidificación de los océanos el decrecimiento del pH de los océanos de la Tierra debido a la disolución de CO<sub>2</sub> en el agua.
- La emisión de gases de efecto invernadero conduce al calentamiento global que afecta a ecosistemas en muchas maneras.
- Especies invasoras pueden competir con especies nativas y reducir la biodiversidad. Plantas invasivas pueden contribuir con desechos y biomoléculas (alelopatía) que pueden alterar el

suelo y composiciones químicas de un entorno, o incluso reduciendo especies nativas por competitividad.

- Óxidos de nitrógeno son removidos del aire por la lluvia y fertilizan la tierra y pueden cambiar la composición de especies en un ecosistema.
- El smog y la neblina pueden reducir la cantidad de luz solar recibida por las plantas para llevar a cabo la fotosíntesis y conducir a la producción de ozono troposférico que daña a las plantas.
- El suelo se puede volver infértil e inviable para plantas. Esto afectará a otros organismos en la cadena trófica.
- Dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno pueden causar lluvia ácida que baja el valor de pH del suelo y las aguas en donde se precipita.
- El enriquecimiento de un ecosistema acuático con nutrientes artificiales trae aparejado una eutrofización, que es un crecimiento desmedido de una especie generalmente algas verdes unicelulares que afloran en forma desmedida ecosistemas acuáticos, impidiendo el desarrollo de otras especies tanto vegetales como animales. Esta afloración de algas se suele dar por la contaminación difusa de fertilizantes agroindustriales, desechos de alimento o fecales de la ganadería industrial, desechos forestales, o desechos orgánicos de una ciudad (aguas servidas).

El ozono es un gas presente en la atmósfera, se forma en la estratosfera por la acción de los rayos ultravioletas (UV) en las moléculas de oxígeno, el ozono absorbe parte de la radiación ultravioleta (UV), y no permite que la peligrosa radiación UV-B llegue a la superficie de la Tierra. La reducción en la capa de ozono de la estratosfera trae aparejado un incremento de UV-B que llegan a la superficie. Se sospecha una variedad de consecuencias debido al incremento de los rayos UV-B por esta reducción, en humanos son cáncer de piel, cataratas, fotoqueratitis y daños en el sistema inmunológico, en la naturaleza, en cultivos y bosques sensibles a los UV-B, daños en la estructura de ADN u oxidación, y reducción de las poblaciones de plancton de las zonas fóticas en los océanos.<sup>84</sup>

Desde la década de 1970 se ha detectado una reducción de la capa de ozono estratosférico. Esto se debe a causas naturales y a causa de la actividad del hombre. Las naturales se deben a la presencia de radicales libres (como monóxido de nitrógeno (NO), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidroxilo (OH) Cloro atómico (Cl), y Bromo atómico (Br)) que se liberan a la atmósfera desde fuentes naturales. En cuanto a las razones antropomórficas son principalmente la liberación de organohalógenos fabricados por el hombre como los clorofluorocarbonos (CFCs utilizados en aerosoles y refrigerantes) y los bromofluorocarbonos.<sup>85</sup> También por el aumento del N<sub>2</sub>O, Cl, Br a causa del hombre. Esto produce la formación del agujero de la capa de ozono en los polos de la tierra, siendo el momento en que se registra menores temperaturas cuando se registra el mayor tamaño del mismo, y siendo el de mayor tamaño el de la Antártida, que en algunas instancias ha llegado al sur de Australia, Nueva Zelanda, Chile, Argentina, y Sudáfrica.<sup>86</sup>

El protocolo de Montreal es un tratado internacional destinado a reducir las emisiones que producen el agujero de ozono.