

SALUD Y MEDIO AMBIENTE

El ambiente desempeña un papel importante en la salud. Si tenemos en cuenta que éste es el resultado de numerosos factores como el clima, la geografía, la economía, la cultura y la contaminación entre otros, cada uno de ellos por separado va a actuar sobre la línea que separa la salud de la enfermedad.

Aunque el ser humano, gracias al avance tecnológico que le acompaña, es capaz de sobrevivir en los climas más inhóspitos, desde siempre se conoce que en cada zona del planeta existen enfermedades endémicas como la fiebre amarilla o el dengue, frecuentes de lugares cálidos, o la uncinariasis, producida por un parásito que vive en tierra húmeda a la sombra a 29° C, y que penetra a través de la piel si se camina descalzo.

Los ingresos económicos altos también se relacionan con salud, disminuyendo la desnutrición o las enfermedades infecciosas.

El nivel cultural es importante, porque permite la prevención y la educación para la salud, así como evita costumbres culturales muy arraigadas que pueden ser dañinas para la salud, por ejemplo no utilizar nuevos alimentos, aferrándose sólo a los conocidos.

La contaminación es en la actualidad un factor importante a tener en cuenta, porque modifica el ambiente, de tal forma que puede provocar una mayor susceptibilidad en las personas frente a la enfermedad. La contaminación puede estar en diversos medios, como la atmósfera, el agua, el suelo o los alimentos.

CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS

En aire, agua y suelo, existen sustancias de diversa procedencia que pueden pasar a los alimentos contaminándolos. Muchos de estos productos son conocidos, pero sus efectos no lo son tanto, puesto que están condicionados por el tipo de sustancia, la sensibilidad de la persona, el órgano al que afecta, la concentración y el tiempo de exposición. Pese a esta dificultad, se han establecido dos tipos generales de efectos según la duración de los mismos:

- Agudos, siendo de corta duración pero que en ocasiones pueden acarrear la muerte del individuo por intoxicación.
- Crónicos, al permanecer durante mucho tiempo en el individuo, y son del tipo de la bronquitis o el cáncer.

Según los efectos que se producen pueden ser:

- Tóxicos, si al atacar a alguna estructura molecular impiden realizar algunas funciones vitales.
- Mutagénicos, al afectar a la estructura del ADN no sólo del individuo sino de los descendientes, y puede conducir a la aparición de cáncer, calculándose que entre un 75 y 80% de los casos se producen por contaminantes ambientales.

a) Metales pesados

La toxicidad depende de la forma química en la que se encuentren, por ejemplo, se puede engullir medio kilo de mercurio sin que provoque efectos graves, sin embargo unos miligramos de clo-metil-mercurio pueden producir trastornos importantes. También depende de la vía de entrada al organismo; así, el mercurio que se ingiere sin peligro, puede ser mortal si llega a los pulmones tras inhalar sus vapores. El mercurio afecta a riñones y sistema nervioso, pudiendo causar la muerte.

Otro metal tóxico es el plomo, que se puede encontrar en el aire, agua y alimentos, absorbiéndose más fácilmente por el cuerpo el que se introduce por las vías respiratorias. Una pequeña intoxicación provoca malestar muscular, fatiga, irritabilidad y dolor de cabeza, pero una fuerte acumulación ataca al cerebro, hígado, riñones y órganos sexuales. El cadmio ingresa principalmente a través de los alimentos, aunque también va en el humo del tabaco y en la combustión de plásticos; los efectos son alteraciones óseas y renales.

b) Pesticidas

Utilizados para combatir diversas plagas, su uso incontrolado puede afectar a las

personas que participan en su fabricación, a las que lo aplican, a las personas que viven próximas a la zona de uso y a los consumidores de productos contaminados. Entre ellos se encuentran los organoclorados, los organofosforados, los carbonatos, los cianuros, los sulfuros, y los hidrocarburos halogenados. Entre los síntomas se encuentran vértigos, temblores, convulsiones, fallo respiratorio o muerte.

Si se produjese la intoxicación o envenenamiento hay que llamar rápido al médico, conservando el envase y etiqueta del plaguicida. Mientras llega el médico es conveniente seguir las siguientes normas:

- quitar la ropa mojada de producto y lavar con agua las partes afectadas,
- si se ha tragado producto provocar el vómito, haciéndole beber agua templada en cantidad disolviendo en ella bicarbonato, sal o sulfato sódico,
- si muestra síntomas de asfixia llevarlo a un sitio donde respire aire puro, aflojar la ropa o realizar respiración

artificial,

- si ha perdido el conocimiento no se le suministrará ninguna bebida ni medicamento,
- en ningún caso se le darán bebidas o alimentos grasos o aceitosos, pues pueden ser peligrosos.

c) Toxinas naturales

se encuentran en muy pequeña cantidad en los alimentos y la mayoría son eliminados por distintos tratamientos aplicados a los mismos. Pueden ser peligrosas para personas que ingieren muchos alimentos crudos, gran cantidad de un mismo alimento o alguna planta tóxica. Por ejemplo, la patata contiene un alcaloide que interfiere la transmisión nerviosa, de modo que la cantidad de patatas consumidas en un año por una persona tomada en un solo día sería mortal para la misma.

d) Microorganismos y otros seres vivos

Al igual que para el hombre, los alimentos constituyen una fuente de nutrientes para los microorganismos, de ahí que se desarrollen en ellos alterándolos o transformándolos, constituyendo el vehículo hasta el hombre a quien le provoca graves intoxicaciones y toxiinfecciones. Se sabe que más del 60% de los brotes de enfermedades alimentarias son debidas a microorganismos.

Además de los síntomas específicos de cada germen, en general inciden de forma negativa sobre la nutrición por provocar pérdida de apetito, vómitos, reducción de la ingesta y de su asimilación, pérdida de elementos nutritivos y de células, y retención o desviación de nutrientes, con el consiguiente desperdicio de los mismos.

Los microorganismos se encuentran generalmente en el agua y en el suelo, y de ahí pasan al aire, al polvo, a las superficies de preparación de alimentos, etc. En los alimentos de origen vegetal pueden pasar a ellos por el agua de riego, el suelo o el aire, aunque también durante su manipulación. El material empleado también es una fuente de contaminación si no está bien limpio o si se utiliza simultáneamente con alimentos crudos y cocinados. El intestino de animales y el hombre también es un foco importante de contaminación, por lo que al eviscerar a los animales hay que tener cuidado de no desgarrar los intestinos, ya que los gérmenes contenidos en ellos pueden extenderse al resto del animal. Los manipuladores de alimentos también pueden ceder gérmenes y contaminar los alimentos.

Los microorganismos presentes en los alimentos pertenecen a diversas categorías:

- Virus. Como necesitan células vivas para poder reproducirse, no se multiplican en los alimentos cuyas células están muertas, pero sí pueden vehicularse a través de ellos, como el virus de la poliomielitis o el de la hepatitis infecciosa, siendo los manipuladores de alimentos o el agua infectada en el caso de las verduras las principales fuentes de contaminación. Los virus intestinales pueden persistir en numerosos alimentos, sobre todo refrigerados o congelados, y verse protegidos por ellos como en el caso de los productos lácteos, la clara de huevo o los embutidos. Para eliminarlos se emplean tratamientos térmicos suaves. Su detección es complicada y laboriosa.
- Bacterias. Son seres unicelulares procariotas que en algunas especies pueden formar esporas que les permite sobrevivir en condiciones adversas. Como ejemplos citar el vibrión del cólera, la *Escherichia coli* indicadora de contaminación fecal en aguas y alimentos, la *Salmonella* productora de la salmonelosis, y el *Clostridium* que puede producir el tétanos o el botulismo.
- Mohos. Pertenecen al reino de los hongos y son por tanto eucariotas. Suelen crecer bien a baja temperatura y en medios ácido y producen descomposición de los alimentos. Algunos, como los del género *Penicillium*, participan en la elaboración de quesos madurados por mohos como el cabrales, el roquefort o el azul. Las levaduras se utilizan para la elaboración de pan, vino o cerveza.
- Protozoos. Son seres unicelulares o pluricelulares sencillos, eucariotas y heterótrofos que suelen habitar en las aguas o en el intestino de algunos animales. La toxoplasmosis es producida por un protozoo y se adquiere, entre otras fuentes de contaminación, al

consumir carne contaminada por los quistes. Los síntomas suelen confundirse con los de un resfriado o una gripe, pero en los fetos puede causar alteraciones serias como retraso mental o ceguera

– Algas microscópicas. Pertenecen junto con los anteriores al reino Protista. Un ejemplo es el mitilismo o intoxicación parálítica, provocada por una toxina (saxitoxina) producida por un alga. Los moluscos bivalvos que se alimentan por filtración de estas algas actúan de vectores de este microorganismo, cuya toxina actúa al cortar la transmisión del impulso nervioso. Los síntomas aparecen rápidamente y comienzan con picor de boca y hormigueo en la cara, que se extiende a manos, pies y músculos, concluyendo con muerte por asfixia a las 6–12 horas si no se evita con respiración asistida.

– Metazoos parásitos. Son seres pluricelulares de pequeño tamaño que habitan en el interior de animales destinados a la alimentación humana. Como ejemplos la hidatidosis, la triquinosis producida por un gusano Nematodo o las alteraciones hepáticas producidas por las duelas o Trematodos, sin olvidarnos de las tenias.

Los óptimos de crecimiento de los microorganismos se encuentran en unos márgenes limitados, aunque algunos tienen capacidad de sobrevivir en condiciones extremas. Respecto a la temperatura, los límites máximos conocidos están entre -34°C y 90°C , pero esto no es lo habitual. El pH preferido por la mayoría de los microorganismos se encuentra en torno a la neutralidad (6,6–7,5) aunque algunos son acidófilos como las bacterias lácticas o, por el contrario, pueden crecer en un entorno alcalino, como algunos estreptococos fecales. En cuanto a la disponibilidad de agua, pocos microorganismos son capaces de vivir en disoluciones con elevadas concentraciones de solutos. Según la disponibilidad de oxígeno pueden ser aerobios estrictos, anaerobios estrictos y anaerobios facultativos (viven mejor a bajas concentraciones de oxígeno y soportan la presencia de CO_2).

Los microorganismos que el hombre trata de evitar en los alimentos son rechazados por dos motivos, porque causan enfermedades o porque causan alteraciones organolépticas en los mismos.

MANIPULADORES DE ALIMENTOS

Un buen control de la calidad microbiana debe comenzar en la producción, cultivo y cosecha de los mismos, pero hasta que llegan a los consumidores hay un mantenimiento, embalaje, distribución y venta o incluso una preparación que supone la manipulación por parte de numerosas personas. Hoy se sabe que el mayor porcentaje de recontaminaciones se debe a los manipuladores.

Hasta el 1984 a los manipuladores se les sometía a exámenes periódicos totalmente ineficaces, porque reflejaban el estado de salud del manipulador en el momento de realizar el examen pero no días después, por ello en la nueva reglamentación se insiste en la educación higiénico-sanitaria de las personas que han de trabajar con los alimentos.

Un manipulador de alimentos entra en contacto con ellos en los siguientes casos:

- En la distribución y venta de productos frescos sin envasar.
- En la elaboración, manipulación y/o envasado de alimentos o productos alimenticios que ocurra de forma manual y sin que posteriormente haya tratamiento para garantizar la eliminación de contaminantes.
- En la preparación culinaria de los alimentos para consumo directo tanto en hostelería y restauración como en cocina y comedores colectivos.

Las condiciones que tienen que cumplir los manipuladores de alimentos son:

- Estar en posesión del carnet de manipulador.
- Tener una absoluta higiene personal, tanto en su indumentaria como en los utensilios, ambos de uso exclusivo para el trabajo.
- Tendrán que lavarse las manos con agua caliente y jabón o detergente tantas veces como lo requieran las condiciones del trabajo, cada vez que se incorporen al mismo y por supuesto después de haber ido al servicio.
- Si se posee alguna enfermedad de transmisión por vía digestiva o se es portador de gérmenes deberá ser excluido de toda actividad relacionada directamente con los alimentos, hasta su total curación clínica y bacteriológica o bien la desaparición de su condición de portador.
- Cuando exista alguna lesión cutánea que pueda ponerse directa o indirectamente en contacto con los alimentos, el manipulador deberá proteger con vendaje impermeable la zona afectada.

Los manipuladores de alimentos tienen una serie de prohibiciones que cumplir durante el ejercicio de su actividad:

- No fumar ni masticar chicle.
- No comer en el puesto de trabajo.
- No utilizar prendas de trabajo distintas a las reglamentarias.
- No deben estornudar ni toser sobre los alimentos.
- Tendrán prohibida su presencia todas aquellas personas que sean ajenas a la actividad

en los locales donde ésta se desarrolla. En el caso de que su presencia sea justificada, se han de tomar las mismas precauciones que con el manipulador.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA

El agua en la aparición de enfermedades puede desempeñar diversos papeles:

a) Puede ser un mecanismo indirecto de transmisión: el hombre o animal enfermo o portador elimina agentes patógenos por las heces y a través del agua se ponen en contacto con los sujetos susceptibles de padecer la enfermedad. Son las enfermedades de transmisión feco-hídrica como el cólera, la hepatitis A, las fiebres tifoideas o la poliomielitis.

b) Puede ser el reservorio de los microorganismos, es decir donde viven y se multiplican. Si estas aguas entran en contacto con animales o seres humanos pueden causar la infección. La infección puede ocurrir por la ingesta de agua contaminada, por consumo de alimentos que incorporan de alguna forma el agua contaminada (verduras regadas con ese agua o leche adulterada), por el empleo de utensilios lavados con agua contaminada o por contacto mucoso o cutáneo con el agua contaminada.

c) El agua puede ser el hábitat natural de multitud de seres vivos que son huéspedes intermediarios de ciertas enfermedades, como es el caso del Plasmodium que vive en el mosquito Anopheles.

Todos aquellos agentes que se eliminan por heces y orina de enfermos y portadores tienen mayor probabilidad de llegar al agua en cantidad suficiente como para producir enfermedades de las denominadas hídricas: la fiebre tifoidea, el cólera o la hepatitis infecciosa. Como el agua no es un buen medio de cultivo y además operan mecanismos naturales de autodepuración, las posibilidades de supervivencia y de multiplicación de los microorganismos son escasas, lo que explica que las infecciones hídricas se producen cuando la transmisión es rápida y no media mucho tiempo entre el momento de la contaminación del agua y su consumo.

Según las características del huésped y del agente infeccioso se pueden producir cuatro tipos de infección entérica:

- Por acción de una toxina sobre las células del epitelio intestinal, se aumenta la secreción de líquidos hacia la luz del tubo sin que se interfiera con los mecanismos de absorción intestinal. Estas diarreas las producen E. coli o V. cholerae entre otros.
- Por destrucción inflamatoria de la mucosa intestinal, se estimula indirectamente la secreción de líquidos provocando también alteraciones en la absorción intestinal. En el caso de los virus no se produce inflamación. Estos síndromes se deben por ejemplo a Shigella o Yersinia enterocolitica.
- Destrucción inflamatoria de la mucosa intestinal por acción de citotoxinas.
- Por infecciones mixtas cuando intervienen varios mecanismos.
- Infecciones de mecanismos incierto.

Además de la contaminación biológica del agua, también se puede producir su contaminación química, al llegarle productos de desecho producidos por actividades domésticas, industriales y agrícolas. Según la legislación española se define contaminación del agua como la acción y efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que de modo directo o indirecto impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con sus usos posteriores o con su función ecológica. Según su origen la contaminación se puede clasificar en:

- Aguas negras o servidas: proceden del empleo del agua para uso doméstico y urbano y contienen gran cantidad y variedad de compuestos químicos, de materia orgánica y de microorganismos que consumen oxígeno y lo empobrecen de ese elemento.
- Aguas industriales generadas por industrias más variadas y peligrosas en cuanto a los vertidos que las anteriores. Es frecuente la presencia de sustancias tóxicas, elementos radiactivos, etc., que pueden producir cambios en pH y temperatura lo que desembocaría en procesos de disolución o precipitación.

- Aguas de procedencia agrícola que llevan herbicidas, pesticidas, sales, restos de fertilizantes y una fuerte carga de sólidos.
- Efluentes de explotaciones ganaderas que contienen gran cantidad de materia orgánica y biológica, siendo las granjas porcinas las que mayores problemas ocasionan.
- Accidental : se incluyen en este apartado las alteraciones debidas a accidentes, como es el caso ocurrido en Aznalcóllar.

Según su composición pueden ser:

- Contaminantes químicos biodegradables al ser oxidados fácilmente por acción microbiana. Si estos compuestos se vierten en pequeña cantidad el ecosistema los puede autodepurar, en caso contrario desembocará en la eutrofización.
- Contaminantes químicos no biodegradables como plásticos, pesticidas o metales pesados, son sustancias extrañas al ecosistema por lo que los seres vivos no poseen equipos enzimáticos apropiados para transformarlos y degradarlos. Pueden acumularse en organismos vivos en concentraciones que produzcan efectos graves en ellos. Dos casos conocidos son los envenenamientos por metil-mercurio en la bahía de Minamata y en Niigata, y el síndrome de Itai Itai que afectó a familias agrícolas de Toyama (Japón). El primer caso produjo alteraciones neurológicas a las personas que consumieron pescado en el que se había acumulado el derivado del mercurio, ocasionando 240 muertes de entre un total de 1500 afectados. El segundo caso fue producido al consumir arroz regado con aguas intensamente contaminadas por Cadmio y ocasionaba descalcificación ósea, proteinuria y glucosuria.

De entre los compuestos orgánicos hay que destacar los plaguicidas, que tienen efectos muy perjudiciales en la salud humana y en otros seres vivos; los que presentan mayores inconvenientes son los organoclorados y los organofosforados. Los policlorobifenilos son muy persistentes en el ambiente y de gran acumulación, produciendo efectos teratogénicos, mutagénicos y oncogénicos. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos tienen efecto potencialmente cancerígeno y son el resultado de la degradación de las aguas residuales urbanas e industriales.

- Contaminación física por radiactividad procedente de fuentes naturales como los rayos cósmicos, rocas o suelo, también proceden de fuentes antropogénicas y son importantes por las radiaciones ionizantes que producen, por la bioacumulación y por su vida media.
- Contaminación térmica: la temperatura influye en el desarrollo de diversos fenómenos que ocurren en el agua, como la solubilidad de sales o de oxígeno y las reacciones biológicas que necesitan una temperatura óptima para realizarse . El aumento de temperatura disminuye el oxígeno disuelto en agua y también la capacidad de autodepuración de la misma, además de permitir el desarrollo de organismos patógenos que a menor temperatura no pueden sobrevivir.
- Contaminación por partículas groseras y coloidales que interfieren la penetración de las radiaciones luminosas, provocando disminución en la flora y fauna aerobias e inhibiendo el fenómeno de autodepuración.
- Contaminación biológica que da lugar a enfermedades de transmisión feco-hídrica.

Los efectos de los contaminantes en el agua dependen de las características del receptor, por ejemplo no es lo mismo que el receptor sea un río o un lago; el pH puede favorecer la toxicidad de algunos compuestos como el cianhídrico, que si favorece su disociación aumentará su toxicidad sin necesidad de incrementar la cantidad de dicho compuesto; las reacciones químicas en las cuales pueden intervenir algunos microorganismos pueden aumentar la toxicidad, como ocurre cuando el mercurio inorgánico lo transforman bacterias y hongos presentes en el agua en mercurio orgánico (metil y dimetil mercurio) altamente peligroso; la temperatura elevada puede aumentar la toxicidad; la dureza del agua también afecta, de forma que en general los contaminantes suelen ser más tóxicos en aguas blandas. Habitualmente la concentración en que se encuentra un tóxico en el agua no suele provocar efectos a corto plazo pero si se produce una exposición continuada a los mismos puede plantear problemas a largo plazo. La determinación del

riesgo tóxico que puede suponer un determinado producto o residuo se realiza mediante medidas de la concentración umbral que produce efectos. La OMS ha definido para la contaminación en el hombre los siguientes parámetros:

- Dosis diaria admisible por ingestión (mg/día).
- Dosis semanal tolerable (mg/siete días).
- Valor umbral límite (concentración límite en ppm).

También hay que tener en cuenta que los vertidos suelen contener mezclas complejas de tóxicos cuyo efecto puede ser aditivo, antagónico (cuando se interfieren unos a otros) o, si el efecto conjunto es mayor que el que cabría esperar considerando los efectos individuales, sinérgico.

Los efectos producidos pueden ser directos o indirectos. El que tengan efecto o no sobre un individuo o conjunto de ellos depende de su concentración y del tiempo de exposición, dando lugar a intoxicaciones agudas o crónicas. Las primeras se dan cuando el efecto ocurre en un corto espacio de tiempo o en una dosis única, como es el caso de numerosos contaminantes químicos. Las segundas tienen efectos que se manifiestan al cabo de largo tiempo de exposición y pueden causar la muerte, o bien a dosis menores provocar deterioro en las funciones fisiológicas. Se incluyen en este grupo los compuestos químicos que producen daño en el material genético. Además de los efectos por ingestión directa o contacto directo con el agua, puede influir en la salud al acumularse en organismos que sirvan de alimento al hombre, la acidez excesiva produce destrucción de la vida acuática y daños en las cosechas, la salinidad afecta sobre todo a la agricultura, las partículas en suspensión disminuyen la penetración luminosa en el agua y provocan su enturbiamiento.

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud humana son difíciles de establecer, puesto que estamos sometidos a la vez a varios contaminantes, sin embargo hay evidencias de que concentraciones elevadas de contaminantes atmosféricos aparecidas en ciertas situaciones son causa de aumento de la morbilidad y la mortalidad por complicaciones cardiorespiratorias.

El punto de entrada de los contaminantes atmosféricos es el aparato respiratorio, que presenta diversos mecanismos de protección frente a la entrada de sustancias particuladas. Las partículas de más tamaño quedan retenidas en las fosas nasales gracias a los pelos de la mucosa nasal y en la capa mucosa de los conductos respiratorios, donde los cilios de sus células impulsan las partículas y la mucosidad en sentido retrógrado hacia la garganta, desviándolas hasta el aparato digestivo. Estos mecanismos son muy efectivos para tamaños de partícula superiores a 10 micras y prácticamente ineficaces para diámetros inferiores a 5 micras. La proporción de gases atmosféricos que llega a los alveolos depende de su solubilidad. Cuando es alta, como en el SO_2 , el gas se absorbe por la mucosa respiratoria superior incrementando la secreción mucosa y la resistencia al paso del aire. Si la solubilidad es baja, como en el NO_2 o el O_3 , es probable que el contaminante alcance la membrana alveolar afectando al intercambio gaseoso.

Otra zona de entrada es a través de la piel y mucosas, por lo que se verán afectadas por la contaminación además del aparato respiratorio y el cardiovascular.

A continuación se desarrollan los efectos sobre la salud que tienen algunos contaminantes atmosféricos.

1. ÓXIDOS DE NITRÓGENO

De todos ellos los más importantes desde el punto de vista de la contaminación son el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2), ya que otros, como el óxido nitroso (N_2O), no parecen tener una importancia biológica excesiva (Lee, 1980; OMS, 1977 a)

Efectos sobre la salud

Además del importante papel en la formación de la contaminación fotoquímica, por sí solos pueden producir efectos nocivos en la salud. Valores normales en áreas urbanas de todo el mundo están entre 20 y 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo, en las proximidades de plantas productoras de ácido nítrico o explosivos, o en centrales de energía pueden existir niveles muy altos de NO_2 . Excepcionalmente también pueden darse niveles elevados en estufas de gas, calderas, cocinas y al fumar cigarrillos.

Los efectos del NO_2 sobre la salud se pudieron comprobar en Tennessee debido a emisiones de una planta de TNT. De 1968 a 1973 se reveló un índice de enfermedades respiratorias sensiblemente más alto en familias residentes en esa zona que en familias de áreas menos contaminadas. En 1973 una huelga de dos meses produjo una disminución de la concentración de este contaminante así como una reducción en la incidencia de enfermedades a un tercio respecto al año anterior.

Orehek y otros en 1976 al estudiar varios casos de asmáticos leves que habían estado expuestos a 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 , sugirieron que este grupo de personas y otros similares podrían estar en peligro de sufrir efectos negativos en su funcionamiento pulmonar ante niveles de NO_2 muy inferiores a los que previamente se consideraban inocuos para sujetos sanos.

La OMS recomienda el nivel máximo de exposición a NO_2 para la protección de la salud pública entre 190–320 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por hora, sin que esto se supere más de una vez al mes.

2. MONÓXIDO DE CARBONO

La principal fuente de emisión es los escapes de los automóviles de gasolina, coincidiendo los niveles máximos en las horas de más tráfico y en las calles más transitadas. También se pueden dar altas concentraciones en refinerías de petróleo, fundiciones de hierro, fábricas de acero, e incineradores de basura. Los niveles de este contaminante disminuyen muy rápidamente al distanciarse de las fuentes de emisión. Las concentraciones de este gas a corto plazo se han observado en espacios limitados como túneles, garajes, naves de carga, aparcamiento y pasos subterráneos, y carreteras estrechas congestionadas. En los niveles encontrados normalmente no se conocen efectos negativos sobre la vegetación y los materiales.

Efectos sobre la salud

El CO tiene una afinidad por la hemoglobina de 200 a 400 veces mayor que la del oxígeno. Al unirse a ella se forma la carboxihemoglobina, que es más estable que la hemoglobina, lo que provoca una reducción de la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, interfiriendo también en la salida del mismo que es llevado a los tejidos. El óxido de carbono es expulsado o absorbido dependiendo del nivel que haya en el ambiente, de la cantidad de carboxihemoglobina que haya en sangre, de la presión atmosférica, de la duración de la exposición y del índice de ventilación de los pulmones.

La causa más común de la alta concentración de carboxihemoglobina en las personas es el tabaco y la inhalación de sus productos por el fumador. Los fumadores tienen un nivel medio del 5% de este compuesto en comparación al 1% de los no fumadores. Los agentes de tráfico, encargados de garajes, taxistas y camioneros experimentan aumentos por encima del 3%. Niveles entre 1 y 2% afectan al comportamiento y pueden agravar los síntomas de pacientes con enfermedades cardiovasculares; niveles entre 2 y 5% producen deterioro del estado de vigilia, de la distinción de intervalos de tiempo, de la agudeza visual, de la distinción de la luz y algunas otras funciones psicomotrices; un índice superior al 5% lleva asociado cambios funcionales cardíacos y pulmonares. Por encima del 10% hay jaquecas, fatiga, somnolencia, reducción de la capacidad de trabajo, coma, fallo respiratorio y al final la muerte. Parece conveniente mantener unos niveles por debajo del 2%, aunque se conoce interferencia en el transporte de oxígeno a órganos tan cruciales como cerebro, corazón o al tejido muscular. Debido a que las actividades personales tales como cocinar con gas, trabajar o viajar en automóvil producen exposición a óxido de carbono que sólo se refleja pobremente en las estaciones de control al aire libre, existe una limitación al usar un estándar de calidad del aire para este contaminante para proteger la salud pública.

3. METALES TÓXICOS: EL PLOMO

Berilio, cadmio, plomo, mercurio y níquel han sido encontrados en el aire y representan un riesgo potencial o real para la salud pública. No obstante, el plomo es excepcional respecto a los otros, debido al uso tan difundido entre el ser humano. Las principales emisiones se deben a usos industriales y tecnológicos del plomo, pero uno de los principales usos es como aditivo de combustibles, alquil plomo para los vehículos a gasolina, aunque también se encuentra en baterías, chapas, tuberías, revestimiento de cables, soldaduras, balas y pintura.

La decisión de varios países de reducir o eliminar el plomo de la gasolina se debe a la preocupación por los efectos directos del mismo en la salud, y el control de otras emisiones gaseosas por mecanismos catalíticos que no funcionan correctamente con la gasolina que contiene plomo.

Además de la asimilación directa o indirecta del plomo ambiental, también se puede ingerir con el agua que ha pasado por cañerías de plomo y ha estado en depósitos revestidos de plomo; en este caso, si a ello se le une que el agua tiene bajo contenido en calcio y magnesio, aparecen elevados índices de plomo en la sangre de personas que han

consumido dicha agua. Pero el polvo contaminado también puede deberse a pinturas compuestas con plomo y en algunas zonas próximas a fundiciones de plomo. Los síntomas clínicos de envenenamiento con plomo están bastante bien establecidos. La anemia por disminución leve de hemoglobina aparece en adultos a un nivel medio de 50 g/dl y a 40 g/dl en ciertos grupos como niños con ferropenia. Las dificultades cerebrales comienzan en los niños a niveles de 50–60 g/dl, mientras que la encefalopatía aguda o crónica y los problemas de riñón aparecen en niños a 60–70 g/dl y a 80 g/dl en adultos. Los niveles de 10 g/dl en sangre pueden causar sutiles daños neurológicos en ciertos niños sensibles, sin que aparezcan en ningún momento los síntomas clásicos de encefalopatía por plomo. Se pueden percibir ciertas alteraciones en su comportamiento con falta de atención, dificultades en el aprendizaje o trastornos emocionales que impiden sus progresos. Needleman y otros (1979) en las cercanías de Boston compararon los niveles de plomo en los dientes de 2146 niños con la valoración de sus profesores sobre su comportamiento y características educacionales, ratificándose en 1983 los mismos resultados en un

grupo de escolares en Inglaterra, observando además que los niños con niveles más altos de plomo tenían un déficit estadísticamente importante de CI de 7 puntos. Según diversos estudios, parece evidente que la gasolina con plomo contribuye en una significativa y considerable proporción a la acumulación de plomo en adultos y niños.

4. OXIDANTES FOTOQUÍMICOS

Son contaminantes secundarios producidos por la acción del sol en una atmósfera que contuviera hidrocarburos reactivos y óxidos de nitrógeno (Grennfelt y Schjoldager, 1984). Las complejas reacciones fotoquímicas producen varios oxidantes, los más importantes son el ozono y el nitrato de peroxiacetilo (PAN). Las mediciones regulares de concentraciones de oxidantes fotoquímicos ambientales se limitan normalmente al ozono por ser el más abundante en la atmósfera urbana contaminada, aunque probablemente no el más tóxico.

El ozono se puede formar de manera natural, habiendo unas concentraciones medias mensuales de 0,005 a 0,04 ppm dependiendo de la latitud y del mes del año. En contraste, en áreas urbanas y horas punta las concentraciones pueden ser de 0,15 a 0,40 ppm.

El transporte a larga distancia del ozono y sus precursores puede crear problemas en áreas muy alejadas.

Los oxidantes fotoquímicos que produjeron episodios de contaminación o nieblas con resultado de irritaciones oculares y nasales fueron descubiertos por primera vez en Los Angeles a principios de los 40, reconociéndose como problema nacional en los 60. En Europa, Australia y Japón se experimentó contaminación por estos agentes en los 70. En algunos casos, además del aumento de emisiones de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, el problema de contaminación se agravó al haber una fuerte inversión térmica unida a un anticiclón, pudiendo en estos casos dispersarse los contaminantes horizontalmente si existía una topografía adecuada y un régimen de brisas. Así, no toda la culpa de la repentina aparición de una grave contaminación fotoquímica en algunas ciudades puede atribuirse al rápido crecimiento de las emisiones locales. Ball y Bernard (1978a, b) descubrieron que durante el período 1972-76 las fluctuaciones anuales de la frecuencia de los niveles altos de ozono alrededor de Londres estaban estrechamente relacionados con los cambios de frecuencia de los anticiclones sobre el NO de Europa, que dirigían el ozono desde Europa continental hasta el sur de Gran Bretaña. Actualmente la contaminación fotoquímica es reconocida como un problema mundial.

Efectos sobre la salud

El límite de olor es aproximadamente de 0,008-0,02 ppm considerado como concentración media en una hora. La irritación de ojos se produce con 0,10-0,15 ppm, produciéndose una intensificación cuando se superan estos niveles. Otros oxidantes como el PAN, el nitrato de peroxibenzol (PBN) y la acroleína suelen producir más irritación que el ozono. Hammer y otros determinaron después de un estudio realizado en Los Angeles que las concentraciones máximas en una hora fueron: 0,15 ppm para irritaciones oculares, 0,27 ppm para causar tos y 0,29 para producir malestar en el pecho. Se obtuvieron resultados similares en estudios sobre niños en Tokio.

En Septiembre de 1979 se registraron diez días consecutivos con concentraciones de ozono en horas punta que superaban los 0,35 ppm, alarma de segundo grado. Una inspección sanitaria durante este período reveló que, de las personas examinadas, el 83% presentaban malestar o preocupación por su salud, el 57% se quejaba de ardor o irritación en los ojos, el 25% presentaba jaquecas, irritación del aparato respiratorio, dolor de garganta o nariz taponada. Aumentó en un 50% el número de personas ingresadas con enfermedades respiratorias crónicas como enfisema o asma, y las competiciones de atletismo fueron suspendidas en las áreas afectadas.

También se han comprobado los efectos del ozono en la función respiratoria mediante

experimentos controlados de laboratorio. Varones sanos expuestos a concentraciones de 0,1–1,0 ppm presentaron mayor resistencia del tracto respiratorio y menor funcionamiento de la ventilación, comprobándose también que con la dosis más baja los efectos se manifestaron cuando los individuos realizaron ejercicios ligeros intermitentes al aumentarse la “dosis efectiva” recibida. Un resultado desconcertante ha surgido al comparar resultados de diferentes estudios entre individuos que viven expuestos normalmente a este contaminante y otros que no lo están, pues parece que los primeros pueden desarrollar tolerancia a los oxidantes.

Los efectos a largo plazo se estudian sobre animales a los que se expone de manera continuada a distintas concentraciones; así, a 0,20 ppm o menos se pueden producir cambios estructurales, funcionales y bioquímicos en las vías respiratorias y espacios aéreos adyacentes, cambios análogos a los provocados por enfermedad respiratoria obstructiva crónica juvenil y senil. Con niveles más altos la fibrosis de los pulmones

puede producirse cuando los individuos están continuamente expuestos a concentraciones de 0,50 ppm.

De estos y otros estudios se deduce que para la protección de la salud pública las exposiciones deberían ser de un máximo de 0,06 ppm en una hora o de 0,03 ppm en 8 horas, pero dado que las concentraciones naturales pueden ser más altas y el ozono se traslada a grandes distancias, el factor de seguridad que se proporciona es escaso o nulo.

5. SUSTANCIAS QUÍMICAS TÓXICAS

Existen miles de productos químicos sintéticos y cada año se introducen entre 200 y 1000 nuevos. Aunque se conocen los efectos agudos de algunas de estas sustancias se desconoce o se conoce muy poco sobre los efectos a largo plazo en las personas o sobre el medio ambiente.

Estas sustancias no sólo se emiten por fuentes industriales, sino también por instalaciones comerciales y residenciales, fuentes ambulantes, incineradoras industriales, plantas de destrucción de basuras y de tratamiento de aguas residuales, que emiten sustancias tóxicas a menudo desconocidas.

Desgraciadamente, el reconocimiento público de los efectos perjudiciales de estas sustancias se ha conocido por incidentes ocurridos en plantas que fabrican disolventes, pesticidas, herbicidas y plásticos. A continuación se comentan algunos de ellos.

El 10 de Julio de 1976 en Seveso al norte de Italia hubo una explosión en la fábrica de triclorofenol (TCP) que se utilizaba como herbicida. La nube tóxica, que contenía entre otros dioxina, TCP, etileno-glicol y sosa cáustica, se extendió por el área, muriendo en las dos semanas siguientes animales y plantas, mientras que las personas ingresaban en los hospitales con vómitos y lesiones de piel. Como resultado de esta catástrofe la CEE introdujo la "directiva de Seveso" en 1984, que obliga a que las compañías que fabrican o utilizan una amplia gama de sustancias químicas peligrosas a especificar los riesgos latentes en sus factorías y a comunicar a trabajadores y residentes de la zona en qué consisten dichos peligros. También enumera la cantidad de productos químicos peligrosos que pueden ser almacenados sin peligro a 500 m unos de otros, e informa de las cantidades máximas permitidas, teniendo que dar detalles precisos a las autoridades los dueños de las factorías que almacenen más cantidad de la permitida sobre la planta y sobre las medidas de seguridad que poseen.

En Diciembre de 1984 en Bhopal hubo una fuga industrial de 40 toneladas de metil-isocianato (MIC) (se utiliza en plásticos, tintes y pesticidas) que causó 3.300 muertes y 200.000 lesiones, principalmente problemas respiratorio y daños oculares. La planta estaba rodeada de un arrabal de 200.000 personas que no estaban preparadas para un accidente de este calibre. No había planes de emergencia ni equipamientos, y los médicos sabían poco o nada sobre como tratar a las víctimas o que efecto podría causar el gas a largo plazo. La Unión Carbide pagó 470 millones de dólares a las víctimas y sus familias, pero tal compensación económica no debe ser una alternativa para hacer efectivo dispositivos de control y planes de emergencia en este tipo de plantas.

El poli-cloro difenil (PCB) se usa para fotocopiadoras de papel sin carbón, baños protectores para madera, metal y hormigón, pero su uso más difundido es en líquidos refrigerantes y aisladores en transformadores de alto voltaje. Cuando se queman materiales que contienen PCB, éste se evapora y se dispersa por todo el ambiente y se acumula sobre todo en organismos acuáticos, y pueden haber sido responsables de la desaparición masiva de aves en el Mar de Irlanda en 1969.

El retraso con el que se han conocido los efectos de las sustancias tóxicas se puede ilustrar con el ejemplo del cloruro de vinilo que se utiliza para elaborar el cloruro de polivinilo, un plástico que se usa para envoltorios de comida, envases de bebidas y cañerías y también se utiliza como propelente para sprays e insecticidas. Los trabajadores expuestos a altas concentraciones de esta sustancia durante su fabricación experimentaron un aumento de incidencias de angiosarcoma, un tumor inusual que

aparece en los vasos sanguíneos del hígado. Si se hubiera tratado de otro cáncer más común el riesgo podría no haber sido detectado en muchos años.

Los hidrocarburos orgánicos policíclicos (POM) se producen tras la combustión incompleta de materiales con carbono e hidrógeno como ocurre en los fuegos domésticos o durante la combustión de basura, son considerados carcinogénicos para animales y personas.