



Contaminación atmosférica

Tomado de: Problemática ambiental con especial referencia a la Provincia de Córdoba – Capítulo 7. Kopta, Federico. 1999. Fundación Ambiente, Cultura y Desarrollo – ACUDE. Edición auspiciada por UNESCO y financiada por la Embajada Real de los Países Bajos. 203 págs. Córdoba, Argentina. ISBN: 987-9202-12-0. 2.000 ejemplares.

1. Introducción	1
2. Clasificación de la contaminación	3
3. Contaminación atmosférica	4
3.1. Atmósfera	4
3.2. Composición química de la atmósfera	4
3.3. Estructura de la atmósfera	4
3.4. Tropósfera	5
3.4.1. Contaminación troposférica	5
3.4.2. El efecto invernadero	7
3.4.3. La contaminación troposférica en la ciudad de Córdoba	7
3.4.4. El observatorio Ambiental de la ciudad de Córdoba	8
3.4.4.1. Sistema de monitoreo del aire (Si.M.A.) de la ciudad de Córdoba	8
3.4.4.2. Pronósticos de contaminación atmosférica en la ciudad de Córdoba	11
3.4.5. Contaminación acústica	11
3.4.5.1. El ruido en la ciudad de Córdoba	12
3.4.6. Contaminación por olores	13
3.5. Estratósfera	13
3.5.1. Contaminación estratosférica. La reducción de la concentración de ozono estratosférico	14

1. Introducción ⁽⁴³⁾

La contaminación ambiental es el efecto de la alteración en forma nociva de la composición química o microbiana o de las características físicas del ambiente. Se trata de un problema de vieja data, ya que está ligado a fenómenos naturales y a toda actividad humana. Desde un punto de vista antrópico, a través del tiempo, la gravedad de los episodios ha dependido de las características del medio físico, de la

densidad de la población y de las pautas socio-culturales de cada comunidad. Sucesos puntuales en un comienzo, los problemas de contaminación se fueron generalizando paralelamente al desarrollo de las urbes. Las ciudades grandes del mundo antiguo y las del medioevo, fueron víctimas de terribles epidemias de peste y viruela, consecuencia del hacinamiento, de la acumulación de basura y de la contaminación del aire y del agua. No obstante, los problemas estaban circunscritos geográficamente.

Actualmente, la contaminación se ha agravado adquiriendo niveles preocupantes, tanto en lo que respecta a situaciones locales como por su extensión a escala global. A partir del siglo XIX, como consecuencia de la revolución científico-industrial, el hombre comenzó a movilizar cantidades de recursos materiales y energéticos cada vez mayores, encontrándose ante la posibilidad y esto es un hecho novedoso, de perturbar seriamente los ciclos de la materia que regulan el funcionamiento de la biosfera.

Hay diferentes criterios en la literatura científica a la hora de definir qué es un poluente y qué es un contaminante. Para algunos autores un **poluente** es una sustancia presente en una concentración mayor que la natural, como resultado de las actividades humanas y que tiene un efecto negativo sobre el ambiente o alguno de los elementos que lo constituyen, mientras que un **contaminante** es una sustancia que produce una desviación en la composición normal del aire, suelo o agua, sin que *necesariamente* traiga aparejado efectos negativos. Otros autores obvian esta diferenciación, usando ambos términos como sinónimos; tal será el criterio a seguir en este trabajo.

La contaminación de un determinado sistema ambiental aparece cuando ocurren desbalances geobioquímicos que determinan la circulación de los materiales de dicho sistema ambiental. Los materiales fluyen a través del sistema ingresando por una **fuerza** o "boca de entrada" y abandonándolo a través de un **sumidero** o "boca de salida". Durante el tránsito entre la fuerza y el sumidero los materiales sufren una serie de **procesos físicos, químicos y biológicos**, que constituyen diferentes etapas del ciclo biogeoquímico. Las actividades humanas, principalmente en las últimas décadas, han introducido interferencias a nivel de las fuerzas, aportando mayores cantidades de una sustancia dada al ambiente, por ejemplo, incorporando a los cursos de agua importantes cantidades de materia orgánica provenientes de los efluentes cloacales. También, el hombre puede afectar a nivel de los sumideros, por ejemplo, interceptando los procesos de autodepuración del agua al destruir la microflora.

Una misma sustancia puede ser o no contaminante dependiendo las circunstancias. El ozono en la estratosfera es fundamental para proteger a los seres vivos de las radiaciones ultravioletas perjudiciales, pero a nivel de la superficie terrestre es un contaminante de alta toxicidad. Las sales de fosfatos no son tóxicas sino todo lo contrario, pero al acumularse en los lagos producen proliferación de algas, las que generan sustancias tóxicas y serios problemas en las plantas potabilizadoras.

Otras veces, la ciencia ha podido determinar que sustancias que se creían inofensivas son causantes de serios problemas ambientales, como los freones y halometanos. Estas sustancias son totalmente inocuas para los seres vivos, muy estables químicamente y muy eficientes como gases de refrigeración, por lo que se usan en una larga serie de procesos industriales. Sin embargo, después de varias décadas de liberación masiva de estos gases a la atmósfera, se pudo comprobar que contribuyen a la destrucción del ozono estratosférico.

Los contaminantes pueden ser **primarios**, cuando son emitidos directamente de fuentes identificables o **secundarios**, cuando se trata de especies formadas a partir de los contaminantes primarios mediante transformaciones químicas.

2. Clasificación de la contaminación ⁽⁴³⁾

Los criterios de clasificación de la contaminación son variados y se eligen según convenga. **Según el origen**, se puede hablar de:

a) Contaminación natural: aumento indeseado de la concentración de sustancias de origen natural como consecuencia de procesos que ocurren sin la intervención del hombre. Por ejemplo, la contaminación con arsénico en las aguas subterráneas de gran parte del centro - Este de nuestra Provincia, que trae aparejada la enfermedad denominada "hidroarsenicismo"; o la contaminación provocada durante las erupciones volcánicas, por la emisión de diversos gases y cenizas.

b) Contaminación antropogénica: aumento indeseado de la concentración de sustancias de origen natural o sintéticas como consecuencia de las actividades humanas. Un ejemplo es la contaminación del agua con arsénico proveniente de las explotaciones mineras.

Hasta hace relativamente poco, las fuentes naturales de contaminación fueron mucho más importantes, consideradas a nivel planetario, que las de origen antropogénico. Esto sigue siendo así para muchos contaminantes, pero para otros, como los metales pesados o los óxidos de azufre, las fuentes naturales han sido francamente superadas. Por otra parte, existen contaminantes íntegramente producidos por las actividades humanas, como los plásticos y *biocidas*.

De acuerdo con el lugar de emisión o detección, se estudia la contaminación de **a) el aire o atmósfera; b) el agua o la hidrosfera; c) el suelo o litosfera y d) la biosfera**, que comprende a los seres vivos más la suma de los tres ámbitos anteriores.

Esta clasificación puede ser ambigua en algunos casos, ya que en función de las interacciones dinámicas existentes entre el agua, el aire, el suelo y los seres vivos, una vez que un contaminante ingresa a uno cualquiera de estos reservorios, se distribuye más o menos rápidamente entre los otros tres.

3. Contaminación atmosférica ⁽⁴³⁾

3.1. Atmósfera ⁽⁴³⁾

La atmósfera es la envoltura gaseosa protectora que rodea al planeta, extendiéndose desde nuestros pies hasta una altitud aproximada de 400-500 km. La presión y la densidad disminuyen exponencialmente a medida que se asciende, por lo que la mitad de su masa se encuentra por debajo de los 5,5 km y el 99% por debajo de los 30 km de altitud. Protege a la biosfera de los rayos cósmicos y de la radiación solar de alta energía (rayos ultravioleta). Es la fuente de dióxido de carbono para la fotosíntesis y de oxígeno para la respiración, proveyendo además del nitrógeno que las bacterias nitrificantes del suelo fijan bajo la forma de compuestos nitrogenados esenciales para la vida. Transporta el agua desde el mar hacia los continentes a través del ciclo del agua y cumple además el papel fundamental, conjuntamente con los océanos, de distribuir el calor del sol y regular la temperatura del planeta.

3.2. Composición química de la atmósfera ⁽⁴³⁾

La composición de la atmósfera terrestre es única en el sistema solar y está determinada por los procesos biológicos que se producen en concordancia con los cambios físicos y químicos. Al mismo tiempo, su composición tan particular parece ser esencial para el desarrollo de la vida, tal como la conocemos.

La composición media normal de la atmósfera es la siguiente: nitrógeno = 78,1%; oxígeno = 20,9%; agua: en cantidades variables hasta un 5%; dióxido de carbono = 0,0335%; cantidades muy bajas de otros gases como metano, amoníaco, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y gases nobles (helio, argón = 0,93%, neón, kriptón, xenón). Con la excepción de los gases nobles y el vapor de agua, todos los otros componentes mencionados tienen un origen biológico o microbiológico.

3.3. Estructura de la atmósfera ⁽⁴³⁾

La atmósfera está dividida en capas según el modo de variación de la temperatura con la altura. Desde la superficie hacia arriba son las siguientes: tropósfera, estratósfera, mesósfera y termósfera. A continuación se hará referencia solamente a las dos más bajas, la **tropósfera** y la **estratósfera**, ya que son las más afectadas por los problemas de contaminación.

3.4. Tropósfera ⁽⁴³⁾

Esta capa de la atmósfera se extiende desde la superficie de la tierra hasta los 10-17 km de altitud, caracterizándose por una disminución de la temperatura a medida que se asciende. Este perfil térmico determina que las capas de aire de las zonas inferiores, más calientes y por lo tanto menos densas, asciendan realizando un importante mezclado vertical de los diferentes gases, lo cual es característico de esta capa. Así, las diferentes sustancias pueden atravesar todo el espesor troposférico en unos pocos días cuando hay buen tiempo o en pocos minutos durante las tormentas. Debido a los fenómenos meteorológicos, principalmente las precipitaciones, el tiempo de permanencia de los contaminantes en la tropósfera es corto, por lo que los efectos de la contaminación son generalmente localizados.

3.4.1. Contaminación troposférica ⁽⁴³⁾

La contaminación del aire constituye una amenaza creciente para la salud de las personas y del resto de los seres vivos, como así también para la preservación de muchos materiales de valor económico importante. Una persona adulta consume diariamente en promedio, 13,5 kg de aire. Si se lo compara con la ingesta de 1,2 kg de alimentos y 2 kg de agua, resulta clara la importancia que puede llegar a tener la presencia de contaminantes tóxicos en el aire.

Aún antes de la existencia del hombre sobre el planeta había contaminación del aire: los contaminantes naturales provienen de las erupciones volcánicas, de las plantas (polen, partículas y sustancias volátiles como los terpenos), del suelo (polvo transportado por el viento) y de los incendios forestales o de pastizales producidos naturalmente. Con las actividades humanas se han incrementado la cantidad de estos contaminantes naturales, pero también se han introducido otros inexistentes en la naturaleza, particularmente a través de la agricultura con los *biocidas* y de la industria, con una larga lista de productos naturales y sintéticos.

El hombre es capaz de liberar a la atmósfera accidental o intencionalmente casi todas las sustancias gaseosas conocidas y algunos sólidos, bajo la forma de aerosoles y particulados. El plomo ingresa al aire a partir del tetraetilo de plomo que se incorpora a las naftas como antidetonante. Aunque las formas de contaminación son numerosas, las más importantes están relacionadas con la combustión de los combustibles fósiles, responsables de más del 50% de toda la contaminación atmosférica.

Los principales contaminantes **primarios** del aire son:

Monóxido de carbono: es un gas altamente tóxico y muy peligroso por ser incoloro e inodoro. Las fuentes naturales son mucho más importantes que las antropogénicas, pero no se acumula en los ambientes naturales debido a su rápida descomposición por acción de las bacterias del suelo. La mayor cantidad del producido por las actividades humanas se debe a la combustión incompleta de los combustibles fósiles, del carbón vegetal y de la leña. Se han detectado

concentraciones elevadas en las ciudades durante las horas de tráfico intenso. Produce dolor de cabeza y en dosis altas, la muerte.

Hidrocarburos: los motores de combustión son la principal fuente derivada de las actividades humanas. Se trata de combustible sin quemar, liberado por los caños de escape. La mayoría de los hidrocarburos no son particularmente tóxicos, pero dan lugar a contaminantes secundarios peligrosos cuando hay formación de smog. Otros, como el alfa-benzopireno y el metil colantreno son cancerígenos poderosos. En el caso del metano, hay otras fuentes importantes derivadas de la fermentación de vegetales. Así, su concentración está subiendo por el aumento de la población de ganado (por la descomposición de sus excrementos), la expansión de las áreas cultivadas de arroz y de las praderas, lo que favorece la proliferación de termitas, productores importantes de metano.

Oxidos de nitrógeno: se forman por la combinación química del nitrógeno y el oxígeno del aire por las elevadas temperaturas imperantes en los motores de combustión. Los que interesan son el monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno. Este último, marrón rojizo, es el responsable del color oscuro del aire durante las horas pico en las calles con mucho tránsito. No son tóxicos a las concentraciones habituales, pero son ingredientes importantes en la formación del smog.

Oxidos de azufre: se forman por la combustión del azufre presente en el petróleo, en el carbón y en sus derivados. Atacan las vías respiratorias, pudiendo producir la muerte cuando las concentraciones son elevadas. Son muy perjudiciales para la vegetación. Producen ácido sulfúrico como contaminante secundario, responsable, junto con otras sustancias, de las lluvias ácidas.

Particulados: son partículas lo suficientemente pequeñas como para permanecer en suspensión. Su composición es muy variada: hollín, ácido sulfúrico, óxidos metálicos, sales, etc. Las fuentes antropogénicas, menos importantes que las naturales, son principalmente la quema de combustibles fósiles, los procesos industriales, los incendios forestales y la quema de basura. Producen irritación persistente en las vías respiratorias y en los pulmones; además contribuyen a aumentar los casos de enfisema pulmonar. Son el vehículo de metales pesados, como el plomo proveniente del antidetonante de las naftas, en cuyo caso pueden tener efectos tóxicos a largo plazo. Además, aceleran la corrosión y favorecen la formación de neblinas.

Los contaminantes **secundarios** pueden ser muchos y variados, pero por su extensión e importancia, los más significativos son los asociados con el "smog".

El smog: el smog está formado por una serie de contaminantes secundarios y algunos primarios, derivados de los gases de combustión de los vehículos. Los ingredientes esenciales para la iniciación de las reacciones fotoquímicas que determinan la formación del smog son: la luz solar, los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (nafta sin quemar). Por la acción de la luz solar sobre los óxidos de nitrógeno se forma el ozono, el que reacciona con los hidrocarburos a través de una larga y compleja secuencia de reacciones químicas. Los productos finales son aldehídos, peróxidos orgánicos, nitrato de peroxiacetilo (PAN) y otros compuestos, que unidos al ozono hacen una mezcla muy irritante de las mucosas del tracto respiratorio. La presencia de dióxido de nitrógeno es la responsable del color marrón característico. El smog es perjudicial para la salud de las personas y resulta altamente

tóxico para los vegetales, produciendo daños importantes en los cultivos y en los bosques. Además, genera cuantiosos daños materiales por su alto poder corrosivo y oxidante.

3.4.2. El efecto invernadero ⁽⁴³⁾

Gracias al efecto "invernadero" es posible la vida sobre nuestro planeta. Esta denominación designa la capacidad que tiene la atmósfera de retener parte del calor que emite la tierra, de forma análoga a lo que hace un invernadero de jardín. Los gases de invernadero naturales en la atmósfera, principalmente vapor de agua y dióxido de carbono, elevan la temperatura media de la tierra en alrededor de 35 °C por encima de la que tendría si estos gases no estuvieran presentes. Sin estos gases la tierra sería inhabitable, con una temperatura media de -15 °C. La radiación que nos llega del sol es predominantemente visible (98%) y ultravioleta (2%). Esta energía solar es absorbida por la superficie de la tierra, opaca a este tipo de radiaciones y también por el agua de los océanos, siendo posteriormente distribuida por la circulación oceánica y atmosférica, desde abajo hacia arriba. Por el balance térmico de la tierra, toda la energía recibida del sol es emitida nuevamente hacia el espacio exterior como radiación infrarroja. Los gases de invernadero absorben algunas de estas radiaciones y las reemiten en todas direcciones. Como resultado, la superficie de la tierra pierde menos calor hacia el espacio exterior permaneciendo más cálida de lo que estaría en ausencia de dichos gases. Este fenómeno de "atrapamiento" del calor es lo que se denomina efecto invernadero.

Las actividades humanas, principalmente la quema de combustibles fósiles y la deforestación, están produciendo un aumento dramático de dióxido de carbono con respecto a los niveles pre-industriales, lo que está determinando un aumento en la temperatura media del planeta. Las actividades humanas también son responsables del incremento de otros gases invernadero, como el metano.

La predicción de los incrementos futuros de dióxido de carbono en la atmósfera y sus efectos globales sobre el clima requiere un conocimiento más acabado del ciclo biogeoquímico del carbono, esto es, el proceso mediante el cual el carbono bajo las formas de dióxido de carbono, carbonatos y compuestos orgánicos es ciclado entre los distintos reservorios: la atmósfera, los océanos, la biosfera, las rocas y los sedimentos.

3.4.3. La contaminación troposférica en la ciudad de Córdoba

En cualquier lugar, el aire contaminado se puede renovar en forma horizontal por acción de los vientos y en forma vertical por ascenso del aire, que calentado a nivel del suelo se eleva hacia alturas superiores de la atmósfera porque es más liviano, transportando de esta forma a los contaminantes.

La topografía de la ciudad de Córdoba favorece la acumulación de contaminantes, porque se halla en un valle (el del Río Suquía), disminuyendo la

acción de los vientos para la renovación del aire. Por otro lado, su clima soleado favorece las reacciones fotoquímicas que originan el smog.

El aire de Córdoba se visualiza ostensiblemente contaminado durante el invierno, en particular por la mañana. Ello se debe a un fenómeno denominado "inversión térmica", que impide la renovación vertical del aire. Habitualmente existe un gradiente térmico en la tropósfera, de forma tal que el aire es más frío a medida que se asciende. La "inversión térmica" se produce cuando el aire a nivel del suelo es más frío que en las capas superiores, debido a la acumulación del mismo en cuencas o valles (por ser más pesado) en horas sin irradiación solar que permita su calentamiento; además este fenómeno es notorio en invierno, debido a que no hay suficiente calor acumulado en el suelo durante las horas del día, que pueda calentar el aire de noche. Esto hace que se suspenda la renovación vertical del aire, hasta tanto la radiación solar haya calentado lo suficiente el suelo y las partes bajas de la atmósfera para reanudar la renovación vertical, lo que habitualmente suele suceder cerca del mediodía. Este enfriamiento nocturno del aire próximo al suelo es particularmente notorio en el invierno cordobés debido al clima seco habitual en esta estación. Como el agua posee una gran capacidad calorífica, su presencia modera las variaciones de temperatura; ya que en Córdoba los inviernos son secos se produce una notable amplitud térmica entre el día y la noche.

Quedan entonces en el aire de la ciudad, por el fenómeno de "inversión térmica", los contaminantes producidos durante la noche y sobre todo aquellos producidos en las primeras horas de la mañana cuando la ciudad "despierta", con una gran actividad sobre todo vehicular. A ellos se suman los contaminantes secundarios producidos por reacción fotoquímica de los primeros, generando el "smog".

Como ya se mencionó, la "inversión térmica" se suele "romper" próximo al mediodía por calentamiento solar. Sin embargo, hay veces que por fenómenos meteorológicos particulares la misma se mantiene durante varios días, con poca renovación del aire, agravando la contaminación.

3.4.4. El Observatorio Ambiental de la ciudad de Córdoba

El Observatorio Ambiental es una dependencia de la Municipalidad de Córdoba, cuyo "objetivo específico es monitorear el estado en que se encuentran el agua, el aire y el suelo de nuestra ciudad para confeccionar un mapa georeferencial."⁽³⁸⁾ En el mismo funciona el sistema de monitoreo del aire (Si.M.A.) y el laboratorio químico ambiental.

3.4.4.1. Sistema de monitoreo del aire (Si.M.A.) de la ciudad de Córdoba

Desde mayo de 1995 la Subsecretaría de Ambiente de la Municipalidad de Córdoba puso en funcionamiento el Sistema de Monitoreo del Aire (Si.M.A.),



destinado a obtener y registrar información acerca de los contaminantes atmosféricos en la ciudad, lo que permitiría implementar las medidas de control adecuadas.

El Si.M.A. cuenta con dos unidades semimóviles de muestreo de contaminantes atmosféricos vinculadas a una central. Se cuantifican a través del mismo 22 variables físicas y químicas: monóxido de carbono (CO), ozono troposférico (O_3), óxidos de nitrógeno (NO, NO_2 , NO_x), amoníaco (NH_3), dióxido de azufre (SO_2), sulfuro de hidrógeno (SH_2), partículas de polvo en suspensión menores de diez micrones (PM10), hidrocarburos (metánicos, no metánicos y totales), radiación total y ultravioleta (UV), presión, temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, cantidad y pH de la lluvia y nivel sonoro equivalente (ruido). Las estaciones rotan su ubicación de acuerdo a un plan de muestreo, seleccionados de acuerdo a la "distribución demográfica, edilicia e industrial, el tránsito y la seguridad de las estaciones. Una vez ubicados los laboratorios deben permanecer en dicho lugar al menos un mes para que la medición sea representativa de ese punto en esa época del año." ⁽³⁹⁾ Esa información podría ser extrapolada a puntos similares en la ciudad. Hasta noviembre de 1995 las estaciones fueron ubicadas en la Universidad Blas Pascal, Supermercado Carrefour, Estación Central de Policía, Liceo Militar General Paz, Estación Terminal de Ómnibus y luego de las explosiones de la fábrica de explosivos de Río Tercero en dicha ciudad y en Despeñaderos. Entre 1996 y 1997 se sumaron ubicaciones en el Correo Central, San Jerónimo 138, Nuevo Centro Shopping y los Centros de Participación Comunal de Empalme y Villa El Libertador.

A su vez, el Si.M.A. cuenta con dos equipos muestreadores de gran volumen de aire para medir polvo en suspensión, un equipo portátil con idéntico fin, un equipo portátil de medición de dióxido de carbono e hidrocarburos y un equipo de medición de monóxido de carbono.

Para analizar el estado de contaminación se utilizan índices vigentes en Estados Unidos en 1996. "Con el fin de transmitir a la población el estado de contaminación del aire de una manera simple, se ha calculado el índice diario de contaminación del aire (I.C.A.). Los contaminantes utilizados en la confección del I.C.A. son: particulado PM10, monóxido de carbono, dióxido de azufre, ozono y dióxido de nitrógeno. Establecidos estos valores por contaminante, el valor reportado del índice general es el mayor de todos ellos y se informa que el estado de contaminación es bajo, moderado, 1° alerta, 2° alerta, 3° alerta y alerta máxima." ⁽³⁸⁾

"En los meses de funcionamiento del Sistema de Monitoreo del Aire (Si.M.A.) (desde el mes de mayo hasta el mes de octubre de 1995) las mediciones de concentración de contaminantes que es capaz de monitorear el sistema, en casi todos los casos, muestran valores promedios por debajo de los límites aconsejados por los estándares internacionales de calidad del aire (E.P.A., Environment Protection Agency, U.S.A.), excepto el particulado menor a diez micrones de diámetro (PM10) y el monóxido de carbono." ⁽³⁹⁾

"El análisis de las concentraciones de monóxido de carbono (CO), ozono troposférico (O_3), dióxido de nitrógeno (NO_2), amoníaco (NH_3), dióxido de azufre (SO_2), ácido sulfhídrico (SH_2), partículas de polvo en suspensión menores que 10 micrones (PM10) medidos por el Si.M.A., nos permiten concluir que el estado de contaminación del aire, en distintos sitios de la ciudad, durante el periodo diciembre 1995 - diciembre 1997, ha estado preponderantemente en la categoría Moderado.



Es decir, en la mayoría de los días analizados los niveles de contaminación no han sido suficientes para que se detecten problemas de salud en la población. Es de destacar, sin embargo, que en varias oportunidades se registraron estados de contaminación Altos (1° alerta), no sólo en el centro de la ciudad sino en la periferia. Los valores medidos de contaminación en estos días podrían haber producido un aumento de los síntomas en las personas con problemas respiratorios y/o irritación en la población enferma en general. Vemos así, que en los sitios monitoreados la concentración de contaminantes, si bien no alcanzó niveles alarmantes, no siempre estuvieron dentro de lo aceptable."⁽³⁸⁾

"Por otra parte, los resultados obtenidos muestran que los principales contaminantes fueron el monóxido de carbono y el polvo en suspensión. El monóxido de carbono se produce principalmente por las emisiones vehiculares pero su razón de producción depende mucho del combustible utilizado. El polvo en suspensión es también emitido por los vehículos pero puede tener además orígenes muy diversos. En particular al estar Córdoba en una región semiárida muchas veces los registros de polvo en suspensión se ven aumentados como consecuencia de la erosión del suelo. Es importante destacar que los valores máximos de PM10, los cuales fueron medidos en noviembre de 1996 y agosto de 1997, coincidieron con dos grandes tormentas de polvo. Por lo tanto, podemos concluir que en los sitios monitoreados, el tráfico vehicular es una de las principales causas de contaminación, pero que los factores naturales también han degradado la calidad del aire. Por este motivo, sería conveniente que antes de legislar sobre tan delicado problema, como es el control de la contaminación, se establezcan primero cuáles son los valores normales producidos por los factores naturales, los cuales evidentemente no son factibles de mejorarse."⁽³⁸⁾

"Finalmente, es importante recalcar que la concentración de las distintas sustancias presentes en el aire, dependen fuertemente de la topografía del terreno y de las fuentes locales de emisión. Es así que los resultados alcanzados hasta el presente no permiten afirmar que en otros sitios de la ciudad el índice de contaminación no pueda haber alcanzado niveles superiores a los medidos. En particular, en el microcentro de la ciudad existen arterias que por su elevado tráfico vehicular y altos edificios circundantes pueden haber tenido una calidad de aire inferior a las registradas en otros lugares. Por lo tanto, es sumamente necesario que estos estudios se extiendan a otros sitios para poder realizar un buen diagnóstico del estado general de la calidad de aire de la ciudad de Córdoba."⁽³⁸⁾

Polvo atmosférico: uno de los contaminantes que en un momento del muestreo superaron los estándares es el polvo atmosférico, que puede tener un origen tanto antropogénico local como geológico. Este último se ve favorecido por los inviernos secos y ventosos característicos de la Provincia, como por un mal manejo del suelo en la zona rural. En distintos muestreos puede prevalecer polvo de uno u otro origen. Por otro lado, dicho polvo puede afectar las vías respiratorias, ingresando a distintos puntos de la misma según su diámetro (mientras más pequeño más profundo).

Monóxido de carbono: en referencia a este otro contaminante que en un momento del muestreo superó los estándares internacionales, se puede citar que se produce en combustiones incompletas, afectando a la salud al reducir la capacidad de transporte de oxígeno de los glóbulos rojos a distintos puntos del organismo.



Por otra parte, en la ciudad de Córdoba desde mayo de 1995, ha comenzado a aplicarse la inspección técnica vehicular que, entre otras cosas, controla la emisión de gases de los vehículos. También, a partir de mayo de 1997 se está llevando a cabo un proyecto sobre monitoreo y control de emisiones contaminantes por fuentes móviles, para control de emisiones de gases y particulados de vehículos.

3.4.4.2. Pronósticos de contaminación atmosférica en la ciudad de Córdoba

El pronóstico de contaminación atmosférica que realiza el Observatorio Ambiental de la ciudad de Córdoba se calcula en función de la proyección de los valores de monóxido de carbono y polvo atmosférico, los cuales son los contaminantes que han tenido niveles altos en Córdoba. Se basa en el pronóstico del Servicio Meteorológico Nacional de las 24 horas siguientes y los datos de las últimas 24 horas del Observatorio Meteorológico Córdoba. Estos datos permiten confeccionar información meteorológica de un par de días (el presente y el siguiente) que se compara con pares de días asentados en una base de datos de la Facultad de Matemáticas, Astronomía y Física. Luego, se hace una selección de acuerdo al día de la semana a pronosticar (laboral o feriado). Finalmente, se analizan los valores de contaminación del primer día, para predecir la contaminación del día siguiente. Como resultados, se ha acertado en el pronóstico en un 81% de los días (según los datos de 1997).

3.4.5. Contaminación acústica

Un sonido se convierte en ruido no sólo por sus características acústicas sino por el factor subjetivo de quien lo percibe. En general, los ruidos que más afectan son los fluctuantes y los que se producen en horas de descanso. A su vez, las personas de mayor nivel socioeducativo son más sensibles a la molestia.

El incremento del ruido está ligado, entre otras cosas, a la urbanización, la industrialización, el mayor consumo de elementos que producen ruidos, a la falta de normas que los regulen y a una cultura ruidosa. "Quizás, el ruido, por ser un contaminante tan sutil, no es enfocado y analizado en sus reales dimensiones."⁽⁴⁰⁾ Los efectos del ruido "pueden ser fisiológicos, psicofisiológicos y patológicos. De los efectos fisiológicos se ha detectado la fatiga auditiva, cambios en el ritmo cardíaco, dilatación de la pupila del ojo, alteraciones en el flujo de la sangre y líquidos corporales y efectos sobre el sistema endocrino. Y entre los efectos psicofisiológicos se incluye la pérdida del sueño, sensación de agotamiento, cansancio nervioso (stress), agresividad."⁽⁴¹⁾

"El problema de la contaminación por ruido es función de la intensidad y del tiempo de exposición. La intensidad es a la vez función de la distancia y de las barreras colocadas a la transmisión de la onda; por eso se habla de las mediciones de ruido efectivamente percibido y se mide en decibeles. La nocividad de los ruidos depende de la frecuencia (los agudos, más molestos que los graves) de la duración y

de su repetición. La intensidad sonora alcanza el punto de peligro sobre los 90 decibeles (dB) y se convierte en dolorosa por encima de los 120 dB. La sorpresa y la costumbre juegan un papel importante en este tema y es por eso, que lo que es ruidoso y molesto para una persona, puede no serlo para otra. Como por definición el ruido se considera como un conjunto de sonidos molestos, esta apreciación subjetiva hace difícil la evaluación de la molestia."⁽⁴²⁾

"Respecto del ruido urbano, se puede afirmar sin ninguna duda que el ruido de tránsito es el más rechazado por las personas."⁽⁴⁰⁾

Para mencionar la escala de algunos ruidos, un reactor de avión a 100 m produce unos 120 dB(A); un aparato neumático a pocos metros unos 90 dB(A); el tránsito de autopista a 15 m unos 73 dB(A); un tránsito liviano de autos unos 55 dB(A); un murmullo suave unos 30 dB(A).⁽⁴¹⁾ (Existen distintas escalas de decibeles, los decibeles A miden el nivel de presión sonora compensado para acercarlo a la percepción del oído humano).

Para interpretar más la escala de decibeles, un incremento de tres decibeles significa la duplicación de la potencia del sonido. Por otro lado, en el ámbito laboral no se permite más de 8 horas de exposición diaria en un ambiente de 90 dB(A) sin protección.

Por otra parte, relacionadas con los ruidos están las vibraciones. Puede suceder que el nivel de ruido no sea excesivo, pero sí el nivel de vibraciones. Esta forma de contaminación también debe ser tenida en cuenta, en sitios residenciales próximos a talleres metalúrgicos, pequeñas industrias y lugares con música.

3.4.5.1. El ruido en la ciudad de Córdoba

En Córdoba funciona el Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas (CIAL), dependiente de la Universidad Nacional de Córdoba. De acuerdo a un relevamiento estadístico objetivo y subjetivo del ruido urbano, publicado en 1990,⁽⁴⁰⁾ el Ing. Carlos Frassoni apunta, en comunicación personal, las siguientes conclusiones:

* Los muestreos realizados en barrios de nivel socioeconómico alto (Juniors y Residencial Vélez Sársfield) muestran niveles aceptables de ruido tanto de día como de noche.

* Los muestreos en un barrio de nivel socioeconómico más bajo (Bella Vista) muestran mayores niveles de ruido durante el día, quizás por una mayor actividad social en la calle, pero de noche posee niveles aceptables de ruido.

* Los muestreos hechos en avenidas de acceso a la ciudad (Juan B. Justo y Leandro Alem) muestran niveles muy altos durante el día pero una notable disminución del ruido por la noche.

* Finalmente, los muestreos realizados en el centro de la ciudad muestran altos niveles de ruido durante el día y la noche, lo cual afecta indudablemente al descanso de las personas que habitan el lugar.

Al analizar estos datos se debe tener en cuenta que el parque automotor aumentó ostensiblemente desde 1990, con el consiguiente aumento del ruido producido por el tránsito vehicular.

El Observatorio Ambiental de la ciudad de Córdoba también realiza un monitoreo de contaminación sonora. Para ello, en 1997 se realizó un monitoreo fijo de una semana, entre las 9 y las 12 horas, en vías principales, con valores entre 81 y 83 dB(A); en el área peatonal, con valores entre 70 y 73 dB(A); en calles secundarias, con valores entre 76 y 79 dB(A); y en área residencial, con valores entre 65 y 66 dB(A). También, se hicieron siete muestreos móviles con una persona recorriendo distintos lugares en el microcentro, lo que arrojó valores entre 79 y 81 dB(A).

3.4.6. Contaminación por olores

El olor es una emanación que podemos percibir con el olfato. Las emanaciones están compuestas por moléculas que una determinada fuente libera al aire y que nuestro olfato está capacitado para ser estimulado por las mismas, dando la percepción del olor. La contaminación por olores puede ser por ende bastante subjetiva, dependiendo de cuánto afecte el olor a determinada persona.

Las fuentes de contaminación por olores están ligadas generalmente a una actividad humana propia de un lugar. Puede ser temporaria o permanente, en cuyo caso es más problemático, por ejemplo, con la presencia de criaderos (de pollos, cerdos, etc.), mataderos, plantas de procesamiento de productos lácteos, curtiembres, aceiteras, talleres de pinturas, transportes, industrias químicas o vertidos de distintos efluentes sin tratamientos en los cursos de aguas. Todas estas fuentes se encuentran presentes en la Provincia de Córdoba.

Los lugares habitualmente contaminados por olores no sólo disminuyen la calidad de vida de sus habitantes, sino que disminuyen el valor inmobiliario de las propiedades.

En la ciudad de Córdoba era característico el olor producido por las curtiembres ubicadas en barrio San Vicente, el cual aún se suele percibir. También, generan molestias muy localizadas los numerosos talleres de pintura que funcionan en zonas residenciales.

3.5. Estratósfera ⁽⁴³⁾

Esta capa de la atmósfera está separada de la tropósfera por la tropopausa, que es el límite virtual entre ambas y se extiende hasta una altitud aproximada de 30-40 km por encima de ésta. En esta zona la temperatura aumenta con la altura, por lo que las capas de aire más denso se encuentran en la parte inferior y contrariamente a lo que ocurre en la tropósfera, no hay mezclado vertical apreciable, siendo las escalas de tiempo para el transporte de las sustancias del orden de años. Las nubes y otros componentes tienden a distribirse en capas o estratos, de allí el nombre de estratósfera.

Una de las características más importantes de la estratósfera es su intensa actividad fotoquímica, determinante de su perfil térmico. El oxígeno presente absorbe

la radiación ultravioleta de mayor energía transformándose en ozono, el cual a su vez, absorbe las radiaciones ultravioletas de energía menor, convirtiéndose nuevamente en oxígeno. Esta interconversión dinámica determina la formación de una capa rica en ozono localizada entre los 25 y 35 km de altura. La concentración depende de la actividad solar, con sus períodos de once años de duración y del régimen de vientos estratosféricos. La presencia de esta capa impide que la mayor parte de las radiaciones ultravioletas provenientes del sol alcancen la superficie terrestre, lo cual es fundamental para la biosfera, ya que las macromoléculas esenciales para la vida son inestables en presencia de este tipo de radiación.

3.5.1. Contaminación estratosférica. La reducción de la concentración de ozono estratosférico ⁽⁴³⁾

La contaminación estratosférica se produce por la liberación de gases de combustión de los aviones que circulan por arriba de los 10 km, por gases liberados a altas capas de la atmósfera por explosiones nucleares (lo cual tuvo su pico en 1962) y por la difusión desde la tropósfera de componentes lo suficientemente estables como para que puedan llegar hasta allí sin descomponerse.

El efecto más perjudicial de esta contaminación es el desbalance del ciclo del ozono (O_3), produciendo su disminución estacional principalmente en la zona polar del hemisferio Sur, aunque ya hay indicios de disminución a nivel del ártico y en latitudes mayores de ambos hemisferios. Se ha llegado a afectar entonces en el hemisferio Sur no sólo a la Antártida sino al Sur argentino y chileno.

El ozono se produce a nivel estratosférico por un fenómeno fotoquímico, en el que se involucra radiación ultravioleta emitida por el sol. Por ello, el ozono actúa como un filtro de esa radiación que posee efectos mutágenos en los seres vivientes.

El fenómeno de la reducción de la concentración del ozono en la zona polar tras la larga estación invernal se ha dado en llamar **"agujero de la capa de ozono"** aunque no se trata de un agujero propiamente dicho sino de una disminución de la concentración de ozono en la capa estratosférica, situada a unos 25 km de altura.

Son varios los gases liberados por las actividades humanas que aceleran la destrucción del ozono estratosférico, entre ellos algunos óxidos de nitrógeno y el cloro, accediendo este último hasta esas alturas bajo la forma de clorofluorocarbonos (C.F.C.), llamados también freones. Los óxidos de nitrógeno llegaron a la estratósfera producidos y elevados por explosiones nucleares y por escape de aviones supersónicos que vuelan a esa altura. Por otro lado, los C.F.C. llegan a la estratósfera por difusión desde la tropósfera. Allí se disocian con la luz ultravioleta liberando el cloro. Los C.F.C. constituyen un grupo de sustancias químicamente muy estables, que poseen múltiples aplicaciones, como gases de refrigeración de heladeras y acondicionadores de aire y hasta hace poco tiempo como propelentes de aerosoles.

Dado que son impredecibles los efectos de la reducción de la capa de ozono, es necesario tomar medidas para evitar generar contaminantes que atenten contra la misma.



Bibliografía citada

38. Informe de actividades del Observatorio Ambiental de la ciudad de Córdoba. Periodo diciembre 1995 - diciembre 1997. Subsecretaría de Ambiente, Municipalidad de Córdoba. 180 págs.
39. Sistema de Monitoreo del Aire (Si.M.A.). Noviembre de 1995. Informe técnico. Municipalidad de Córdoba - Subsecretaría de Ambiente. 4 págs.
40. Relevamiento estadístico objetivo y subjetivo del ruido urbano. 1990. Mario Serra, Carlos Frassoni, Ana Verzini y Ester Biassoni. Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas (CIAL). Universidad Nacional de Córdoba.
41. Principales problemas ambientales en Venezuela. 1984. Mendoza R. y otros. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables de Venezuela. Págs. 94-99.
42. La contaminación ambiental en el sistema aeronáutico colombiano. 1985. Juan G. Penagós. Memorias del tercer seminario ecológico y del medio ambiente. Aire y vida. Aire y espacio aéreo. Serie vida N°3. Fundación Alma, Bogotá. Págs. 61-66.
43. Contaminación. 1992. Velia Solís, en Módulos de clases del Programa Educar Forestando. 10 Págs.