

1.2. FUENTES DE CONTAMINACION ATMOSFERICA E INVENTARIOS DE EMISIONES

Humberto Bravo A.
Rodolfo Sosa E.

1. INTRODUCCION

Las fuentes de contaminación atmosférica se clasifican en naturales y antropogénicas. Las naturales siempre han existido, mientras que las antropogénicas, como su nombre lo indica, son causadas por las actividades humanas.

Sobre una base global, las emisiones por fuentes naturales son, con algunas excepciones tales como CO y SO₂, significativamente mayores que las originadas por fuentes antropogénicas. Sin embargo, las fuentes antropogénicas están concentradas en zonas urbanas y es por lo tanto en estas áreas en donde su contribución es dominante.

2. FUENTES NATURALES

Una erupción volcánica emite partículas y contaminantes gaseosos, tales como bióxido de azufre, ácido sulfhídrico y metano. Estas emisiones, así como el daño al ambiente, pueden ser de gran magnitud y alcanzar distancias considerables. Las nubes de partículas y gases originados por los volcanes han permanecido en la atmósfera durante largos periodos.

Los incendios forestales son usualmente clasificados como fuentes naturales, aunque puedan ser originados por actividades humanas. En este caso se genera gran cantidad de contaminantes en la forma de humo, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y cenizas.

Las tolvaneras¹ contienen grandes cantidades de partículas y constituyen una fuente natural común de contaminación atmosférica en muchas partes del mundo. La reducción de la visibilidad durante las tolvaneras es, frecuentemente, causa de accidentes de tránsito y puede afectar el tránsito aéreo.

Los océanos emiten continuamente aerosoles a la atmósfera en la forma de partículas de sal, las cuales son corrosivas para los metales y pinturas. La acción de las olas reduce el material rocoso a arena, la cual puede pasar eventualmente a la atmósfera.

¹ Tolvaneras: grandes cantidades de polvos y materiales de desecho levantados por fuertes vientos.

Las plantas verdes, aunque juegan un papel determinante para la vida en el mundo, constituyen la mayor fuente de hidrocarburos. Otro problema de contaminación, lo constituyen las partículas de polen, las cuales causan afecciones respiratorias y alergias en los seres humanos.

Otras fuentes naturales, como son los lagos alcalinos y de agua salada, tienen efectos locales sobre el ambiente (1).

3. FUENTES ANTROPOGENICAS

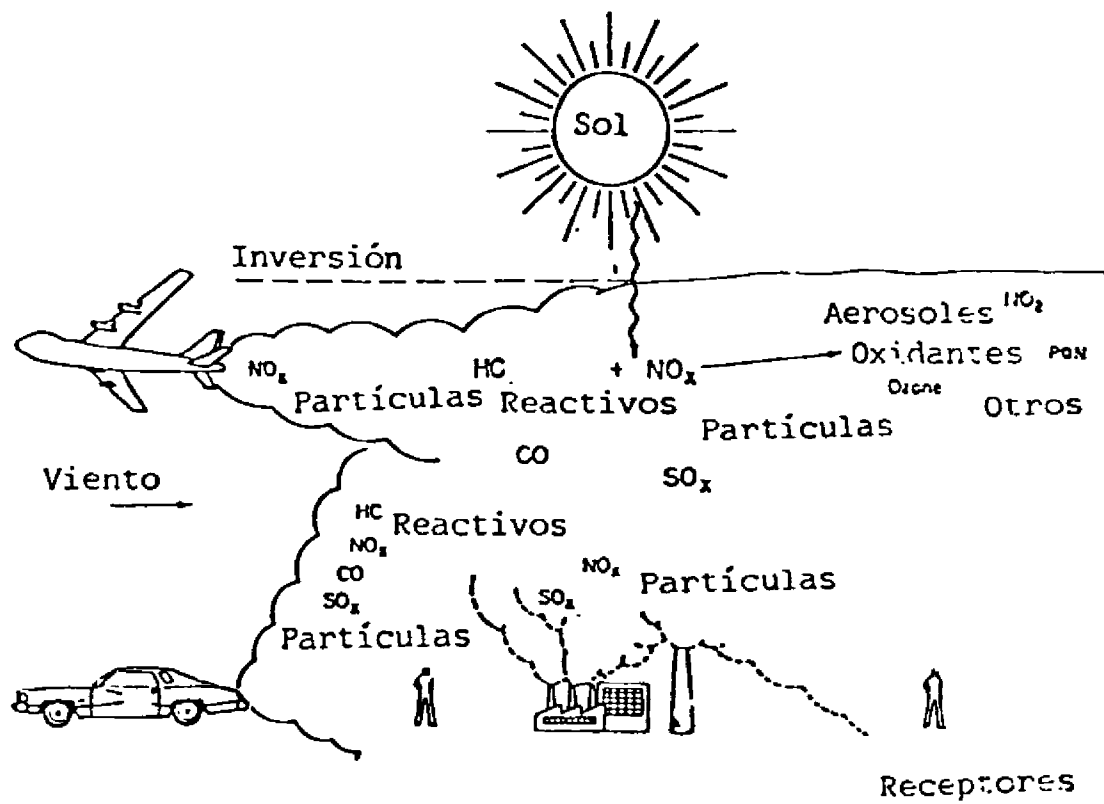
Las fuentes antropogénicas de contaminantes atmosféricos se dividen en fuentes móviles y fuentes fijas. Las móviles incluyen vehículos, aviones, barcos y trenes. Las fijas incluyen plantas energéticas comerciales y domésticas, refinerías e industrias de proceso (Figura 1).

Las fuentes que involucran una combinación de fuentes móviles y fuentes fijas, como son las zonas urbanas, se denominan fuentes compuestas. Las fuentes que representan una concentración apreciable de fuentes móviles asociada con su operación se denominan fuentes indirectas, entre las cuales podemos mencionar carreteras, centros comerciales, complejos deportivos, etc.

Algunas fuentes indirectas pueden incluir emisiones de fuentes fijas. Los aeropuertos, por ejemplo, tienen fuentes fijas asociadas con las operaciones de carga de combustible así como con la calefacción. Además las propias operaciones de los aviones contribuyen a las emisiones totales. Los aeropuertos son casos de fuentes indirectas compuestas.

Para propósitos de modelamiento, las fuentes son clasificadas de acuerdo a las siguientes configuraciones geométricas: punto, línea y área. Ejemplos de fuentes puntuales son las chimeneas industriales. Las carreteras y líneas de tráfico aéreo son clasificadas como fuentes lineales, mientras que los complejos industriales, refinerías de petróleo y zonas residenciales son casos típicos de fuentes de área (2).

Figura 1. Fuentes de contaminación atmosférica



Fuente: Rau, J. G. y Wooten, D. C. *Environmental Impact Analysis Handbook*, 1980.

Una lista de las fuentes más comunes y los principales contaminantes asociados con cada una se presentan en el Cuadro 1, indicándose si se trata de fuentes primarias o secundarias.

CUADRO 1
TIPOS DE FUENTES COMUNES^a

FUENTES	HC	NO _x	CO	SO _x	Part
<u>FUENTES PUNTUALES</u>					
Plantas generadoras de electricidad (combustibles fósiles)	2º	1º	2º	1º	1º
Calderas industriales	1º	1º	1º	1º	1º
Plantas de proceso	1º	2º	2º	2º	1º
<u>FUENTES LINEALES</u>					
Autopistas, carreteras	1º	1º	1º	2º	2º
Trayecto de las líneas de vuelo	2º	1º	1º	2º	1º
Líneas de ferrocarriles	2º	1º	1º	1º	1º
<u>FUENTES DE AREA</u>					
Fuentes indirectas	1º	1º	1º	2º	2º
Refinerías	1º	2º	1º	1º	2º
Zonas residenciales	2º	1º	2º	1º	2º
Pavimentación	1º	1º	1º	2º	2º

^a 1º = fuente primaria; 2º fuente secundaria.

4. INVENTARIO DE EMISIONES

Un "inventario de emisiones" es una lista de las cantidades de contaminantes, de todas las fuentes, que son enviadas a la atmósfera durante un tiempo determinado. Deben ser establecidos los límites del área a considerar para conocer las fuentes responsables de las emisiones de contaminantes.

Los inventarios de emisiones son muy útiles tanto para las agencias de control como para las de planeación, para que de esta manera lleven a cabo las estrategias necesarias para obtener la calidad del aire deseada. Con el apoyo de modelos matemáticos apropiados y el inventario de emisiones, es posible determinar el grado de control necesario para cumplir con las normas de calidad del aire.

Para desarrollar un inventario de emisiones en una área, se deben considerar los pasos siguientes:

1. Listar los tipos de fuentes existentes en el área.
2. Determinar el tipo de contaminantes que son emitidos.
3. Revisar en la literatura, los factores de emisión para cada una de las fuentes localizadas en el área.
4. Determinar el número y tamaño de cada fuente; en el caso de industrias es la capacidad de producción, para los combustibles es común manejar su consumo, etc.
5. Estimar las emisiones a la atmósfera multiplicando los valores encontrados en los incisos 3 y 4.

En el caso de instalaciones industriales las emisiones son estimadas por la siguiente expresión:

$$\text{Emisión} = \begin{array}{c} \text{Factor de emisión} \\ \text{(Tabulado)} \end{array} \times \begin{array}{c} \text{Capacidad de operación} \\ \text{(Información de} \\ \text{la industria)} \end{array}$$

Aplicación de factores de emisión:

Como se indica, los factores de emisión ya han sido determinados y se encuentran tabulados para varios procesos industriales; sin embargo, debe considerarse que en algunos países no se han llevado a cabo los estudios que permitan establecer dichos factores, por lo que es necesario recurrir a información del extranjero.

Para aplicar adecuadamente un factor de emisión es necesario conocer el tipo de proceso, el equipo de control en caso de existir y, las condiciones de operación (3). En algunas ocasiones, en que no se encuentre referido en los cuadros de los factores de emisión, o las condiciones de operación reales sean descritas en forma diferente a las que se consideran en la literatura, es necesario hacer la estimación por balance de materia, el cual variará dependiendo del tipo de procesos de que se trate.

Además, se debe tener cuidado en no utilizar indiscriminadamente los factores de emisión. Esto es, los factores no pretenden calcular exactamente las emisiones de contaminantes a la atmósfera, por lo que únicamente un monitoreo en la fuente podrá proporcionar los datos suficientemente exactos y precisos para diseño y compra de equipos de control o la realización de acciones legales.

5. FUENTES INTERIORES

Con frecuencia al determinarse la calidad del aire en interiores sin actividad industrial, se suele encontrar que las emisiones intramuros son elevadas. Esto es muy cierto en situaciones industriales y ocupacionales, pero también puede serlo en otro tipo de situaciones.

Entre las principales fuentes internas de contaminación no industrial, podemos mencionar: procesos de combustión, hábito de fumar, materiales de construcción, máquinas de oficina y limpiadores domésticos de aire.

Combustión:

Las mayores fuentes de combustión en las casas son los equipos de gas, tales como, estufas, hornos y pilotos de control, y que generalmente no se ventilan al exterior, por lo que contribuyen a los niveles interiores de CO, NO, NO₂ y HCHO.

Estudios sobre emisiones en interiores, se han llevado a cabo en países como Estados Unidos, Japón e Inglaterra. Las estufas que utilizan leña presentan una combustión menos completa en comparación con las que utilizan petróleo o gas, por lo que sus emisiones serán mayores.

Hábito de fumar:

El humo del tabaco contiene gran variedad de materiales potencialmente peligrosos y es una fuente muy importante de contaminación en los interiores.

Máquinas de oficina y limpiadores domésticos del aire:

Pruebas efectuadas en máquinas fotocopadoras y limpiadores electrostáticos del aire, tanto domésticos como industriales, han demostrado que estos equipos constituyen fuentes emisoras de ozono en interiores.

Otras fuentes:

Las emisiones procedentes de sustancias amoniacales para limpiar y de germicidas pueden liberar diferentes compuestos orgánicos. El mobiliario, los adhesivos y las pinturas son también fuentes de emisión de productos orgánicos. Otras actividades además pueden producir vapores metálicos y partículas respirables (trabajos con soldadura y metales).

REFERENCIAS

1. Stern, A. C., Boubel, R. W., Turner, D. B. y Fox, D. L. *Fundamentals of Air Pollution*. 2nd. Edition. USA, Academic Pres. Inc., 1984.
2. Rau, J. G. y Wooten, C. D. *Environmental Impact Analysis Handbook*. USA, Mc Graw-Hill Book Company, 1980.
3. Environmental Protection Agency. *Compilation of Air Pollution Emission Factors*. Research Triangle Park, N.C., EPA, Office of Air and Waste Management Office of Air Quality Planning and Standards, 1977. Publication N° AP-42.

**1.3. ASPECTOS GENERALES DE LAS CARACTERISTICAS
DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFERICOS Y SUS FUENTES.
INVENTARIO DE EMISIONES¹**

Formas físicas básicas de los contaminantes atmosféricos	
Partículas	Gases
Pequeñas masas de material sólido o líquido. Ejemplo polvos, humos, neblina y cenizas.	Moléculas ampliamente separadas en rápido movimiento. Sin conformación ni volumen definido. Ejemplo monóxido de carbono, bióxido de azufre e hidrocarburos.

Contaminantes Primarios	Contaminantes Secundarios
Emitidos directamente a la atmósfera por fuentes específicas. Permanecen en la atmósfera en la misma composición con la que fueron emitidos.	Son producto de cambios químicos en la atmósfera como resultado de las reacciones entre dos o más contaminantes y otros agentes naturales como las radiaciones solares.

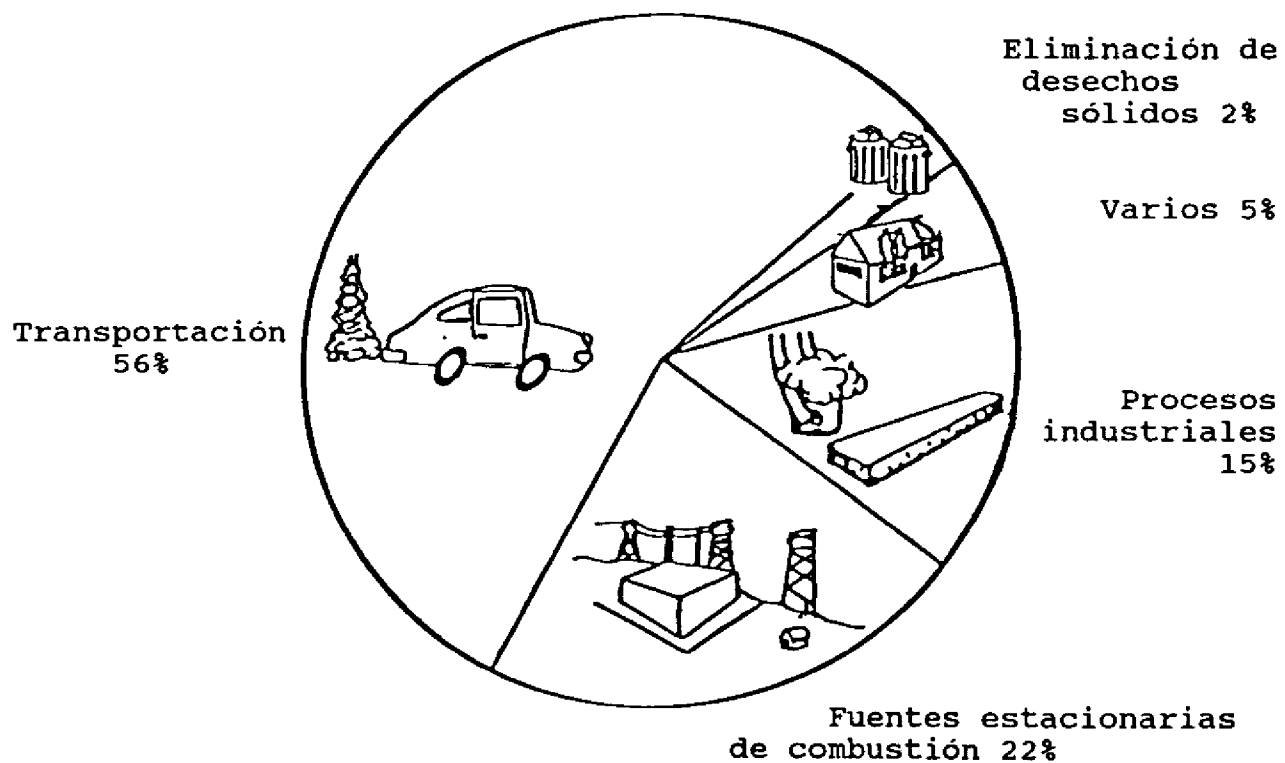
Se consideran contaminantes primarios, aquéllos de amplia difusión, comúnmente identificados en la atmósfera y que se ha encontrado que son nocivos a la salud humana, al ambiente y a los materiales.

¹ Resumido por H. Gutiérrez de: Environmental Protection Agency. Unit 1. Air Pollutants and their sources. In: Air pollution training Institute. Air Pollution Control Orientation Course. Triangle Park N.C. Environmental Research Training Center. EPA 1150/2-81-017 a.

Contaminante	Símbolo	Forma física	Tipo
Monóxido de carbono	CO	gas	primario
Oxidos de azufre	SO _x	gas	primario
Bióxido de nitrógeno	NO ₂	gas	primario y secundario
Hidrocarburos	HC	gas	primario
Ozono	O ₃	gas	secundario
Partículas suspendidas totales	PST	partículas	primario y secundario
Plomo	Pb	partículas	primario

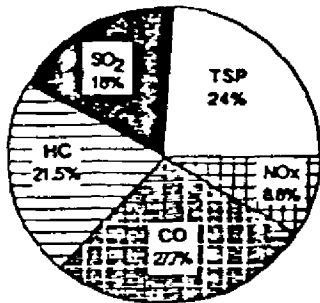
Además de estos contaminantes es recomendable monitorear asbesto, berilio, mercurio y cloruro de vinilo en sus fuentes de emisión correspondientes, debido a que también son de alto riesgo para la salud humana.

FIGURA 1
FUENTES DE EMISIONES LISTADAS POR CATEGORIA

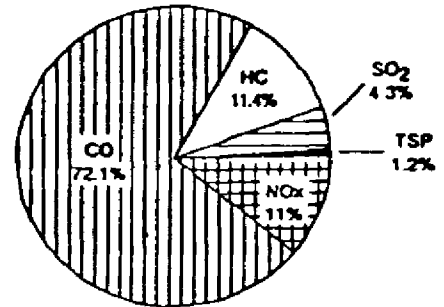


Fuente: US. EPA.

FIGURA 2
FUENTES DE CONTAMINACION SEGUN ORIGEN Y PORCIENTO DE LA COMPOSICION DE CONTAMINANTES



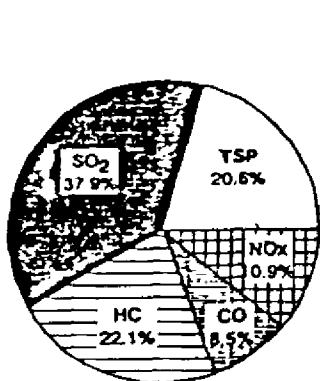
Fuentes fijas
14%



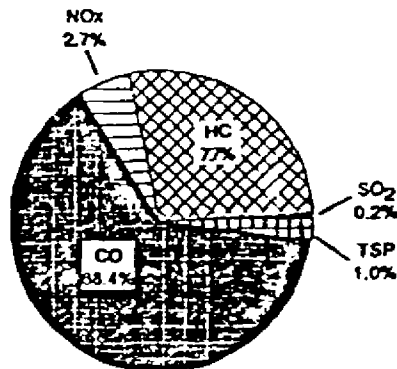
Fuentes móviles
86%

1. São Paulo, Brasil

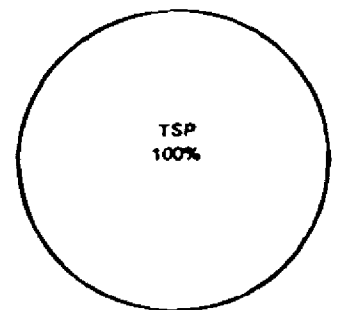
Fuente: Relatório de qualidade do ar na região metropolitana de São Paulo e em Cubatão Série Relatórios, Julho 1989.



Fuentes fijas
13%



Fuentes móviles
82%



Fuentes naturales
5%

2. Ciudad de México (1987)

Fuente: Informe Nacional de Ecología. México. CONADE, 1987.

OXIDOS DE NITROGENO

Diversos gases compuestos por nitrógeno y oxígeno

El bióxido de nitrógeno (NO_2) es de gran preocupación, por ser relativamente más nocivo que otros "contaminantes criterio". El óxido de nitrógeno es relativamente menos nocivo y es el más abundante de todos los óxidos de nitrógeno. La principal fuente de óxidos de nitrógeno es la combustión de combustibles fósiles.

HIDROCARBUROS

Los hidrocarburos se componen solamente de hidrógeno y carbono

Los compuestos volátiles orgánicos incluyen a los hidrocarburos más volátiles. Los compuestos volátiles orgánicos se componen de hidrógeno y carbono, y pueden contener otros elementos como oxígeno, nitrógeno, azufre, cloro y fluor. Los compuestos orgánicos volátiles, sólo incluyen a aquellos compuestos que intervienen en los procesos fotoquímicos, produciendo ozono y otros oxidantes fotoquímicos.

OZONO

El ozono se forma por la interacción de las radiaciones solares con el NO_2 y los compuestos orgánicos volátiles

Factores que afectan la concentración atmosférica del ozono

- nivel de concentración de los contaminantes primarios (HC, NO_x)
- duración de la reacción
- velocidad de la reacción
- temperatura
- dirección y velocidad de los vientos
- lluvia
- ocasionalmente ciertas condiciones climáticas transportan ozono desde la tropósfera junto con las corrientes de aire frío.

PARTICULAS SUSPENDIDAS

Habitualmente se miden como partículas suspendidas totales y son principalmente contaminantes primarios formados por pequeños cuerpos de materia sólida o líquida, cuyo diámetro permite clasificarlos en partículas finas ≤ 5 micrómetros y partículas gruesas ≥ 5 micrómetros.

PLOMO

Metal muy abundante, fácilmente moldeable y de gran resistencia al desgaste y a la erosión química, lo cual ha determinado su gran utilización en la vida humana. Gran parte del plomo se utiliza en la manufactura de baterías y en aditivos para gasolina.

OTROS CONTAMINANTES PELIGROSOS

El asbesto, benceno, cloruro de vinilo, berilio, mercurio y arsénico pueden producir graves riesgos en la salud; habitualmente se consideran alrededor de fuentes específicas, por lo cual su control se ejerce más bien por normas de emisión, que mediante normas de calidad del aire.

INVENTARIO DE EMISIONES

El inventario de emisiones es el estudio de las emisiones de los contaminantes en una área determinada con la finalidad de:

- localizar las fuentes de contaminación atmosférica,
- definir el tipo y tamaño de las fuentes,
- definir el tipo y calidad de emisiones de cada fuente,
- determinar la frecuencia y duración de emisiones de cada fuente, y
- determinar las contribuciones relativas de los diversos tipos de fuentes y de fuentes individuales.

El inventario de emisiones se puede utilizar en combinación con otros datos para:

- seleccionar la ubicación de las estaciones de monitoreo,
- contribuir al análisis de la tendencia de las emisiones,
- establecer y evaluar las normas de emisión,
- determinar el efecto de las emisiones en la calidad del aire, y
- determinar la tasa y cantidad de emisiones de una o varias fuentes.