



ESTUDIO DE LAS CAUSAS Y EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE, UNA RESPONSABILIDAD SOCIAL

Araceli Salazar Peralta

Araceli_salazar_p@hotmail.com

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán

Rosa Hilda Chávez Torres

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

José Alfredo Pichardo Salazar

josealps@gmail.com

UNITEC Campus Toluca

Palabras clave:

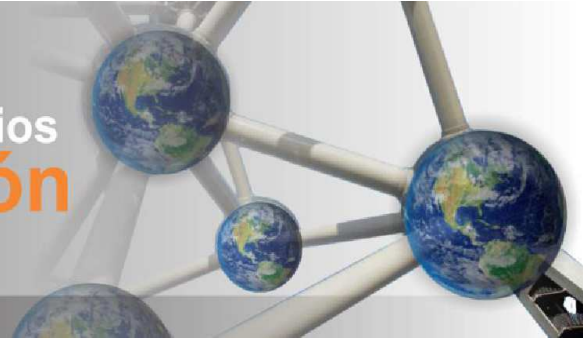
antropogénicas, gases, salud,
México, emisiones, reducción.

RESUMEN

El propósito de este trabajo es dar a conocer la problemática que existe actualmente por la contaminación del aire ocasionada por las diferentes actividades antropogénicas, principales contaminantes y sus efectos a la salud, así como la responsabilidad social que debe imperar en cada individuo para la reducción de las emisiones desde el lugar donde se desarrolla diariamente. Se investigaron los tipos de contaminantes atmosféricos en la Ciudad de México y otros estados del país con datos proporcionados por el segundo informe de la calidad del aire en ciudades mexicanas 1997 del Instituto Nacional de Ecología (INE). También se hizo un ensayo piloto en un horno de cocción de tabique de la localidad de Metepec, con fines comparativos a las emisiones de gases contaminantes emitidos por los vehículos automotores de fuentes móviles que usan gasolina como combustible y se proponen medidas de reducción de emisiones contaminantes.

Fecha de recepción: 19/05/2015

Fecha de aceptación: 21/08/2015



STUDY OF THE CAUSES AND EFFECTS OF AIR POLLUTION, A SOCIAL RESPONSIBILITY

Araceli Salazar Peralta

Araceli_salazar_p@hotmail.com

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán

Rosa Hilda Chávez Torres

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

José Alfredo Pichardo Salazar

josealps@gmail.com

UNITEC Campus Toluca

Key words:

anthropogenic, gases, health,
Mexico, emissions, reduction.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to communicate the problems that currently exists for air pollution caused by various anthropogenic activities, main pollutants and their health effects, as well as social responsibility that should reign in each individual for reduction emissions from the place where daily performs. Types of atmospheric pollutants in Mexico City and other states were investigated with data provided by the second report of air quality in Mexican cities 1997 from the Instituto Nacional de Ecología (INE). There was also a pilot study in a brickkiln of Metepec town, it was used to compare the emissions of gas pollution emitted by motor vehicles from mobile sources that use gasoline as fuel, and air pollutant emissions reduction measures are proposed.

INTRODUCCIÓN

El medio ambiente es un sistema muy complejo y frágil en el que juegan un papel importante múltiples factores de distinta naturaleza (Brown, 1994). Las alteraciones graves pueden modificar las condiciones de vida del planeta y poner en peligro la vida en la Tierra (Canadian Environmental Agency, 1997).

La calidad del aire está emergiendo como un tema significativo a nivel mundial para las décadas futuras. Los compromisos internacionales dirigidos a tratar con el cambio climático están exigiendo considerablemente a los países y sus comunidades industriales, tomar las medidas necesarias para la reducción de la contaminación atmosférica (Dan and Dunn, 1997). Las autoridades locales están solicitando a las plantas industriales, que son potencialmente responsables de la contaminación, el monitoreo de manera regular y exacta para reducir las emisiones (González, Jaime y Volmar J., 2001). Para los propietarios y operadores de las plantas el desafío no solo es contribuir positivamente con el medio ambiente a través de optimizar el proceso de producción, sino también cumplir con un número creciente de obligaciones reglamentarias.

La contaminación, junto con el consumo de recursos, son unas de las principales causas de los problemas ambientales que actualmente se ciernen sobre el planeta (Schmidheiny, 1997, Schwalb, 2003).

En la última década, el incremento del número de seres humanos sobre este planeta y el uso que se hace de las nuevas tecnologías, está causando importantes cambios en nuestro medio (Houghton, Callander , Varney, 1990).

Esto se debe al continuo incremento en la explotación de los recursos que, al sobrepasar un límite, pierden su capacidad de regenerarse correctamente (Lashof, Dan, 1997).

Contaminación del aire en la Ciudad de México. (Segundo Informe de la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas del Instituto Nacional de Ecología (INE) 1997).

A nivel nacional, la contaminación atmosférica se limita a las zonas de alta densidad demográfica o industrial. Las emisiones anuales de contaminantes en el país son superiores a 16 millones de toneladas, de las cuales el 65 % es de origen vehicular. En la Ciudad de México se genera 23.6 % de dichas emisiones, en Guadalajara el 3.5 %, y en Monterrey el 3 %. Los otros centros industriales del país generan el 70 % restante. La atmósfera es determinante para la aparición de la vida en la Tierra. Las continuas agresiones que padece se manifiestan de distintas maneras, y su degradación puede afectar al resto de los medios. La atmósfera es el recurso natural sobre el cual los problemas ambientales se hacen más evidentes.

Se calcula que, aproximadamente, la temperatura media aumentará unos cuatro grados en los próximos 100 años). Como consecuencia del mismo, se producirá un deshielo de las zonas polares, aumentando el nivel medio de mares y océanos. Esto ocasionará a futuro graves consecuencias que ya se comienzan a sufrir en determinados lugares, como: inundaciones, ciclones, pérdida de la zona costera litoral; un ejemplo actual es la lluvia del día miércoles 06 de mayo de 2014, en la Ciudad de Toluca, la cual causó inundaciones como la del puente de Alfredo del Mazo, ocasionando congestión vehicular durante 2 horas.

Principales problemas globales del medio ambiente

- a) El cambio climático
- b) El efecto invernadero.
- c) El agujero de la capa de ozono.
- d) La acidificación del suelo y el agua.
- e) La contaminación de las aguas
- f) La contaminación de los suelos
- g) Los residuos urbanos
- h) Los residuos industriales.
- i) Los residuos sanitarios.
- j) Los residuos agrícolas y ganaderos
- k) El deterioro del medio natural
- l) La pérdida de la biodiversidad en el mundo
- m) El agotamiento y contaminación de los recursos hídricos
- n) La deforestación y desertificación

a) El cambio climático

El aire limpio está compuesto principalmente por nitrógeno y oxígeno, en pequeñas proporciones se puede encontrar vapor de agua y dióxido de carbono. La contaminación del aire proviene de la adición de sustancias emitidas a la atmósfera que causan un desequilibrio en la composición original. El aire contaminado contiene gases, polvos, olores y humos en grandes cantidades que dañan la salud de las personas, animales y plantas. Además, deteriora la infraestructura urbana y algunos materiales de uso cotidiano. Existen dos tipos de contaminantes:

1. Los que son arrojados directamente a la atmósfera como resultado de un proceso de combustión se llaman contaminantes primarios; estos son el dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), vapores de combustibles y solventes, plomo (Pb) y partículas suspendidas (WMO, 1986, WCED, 1990).
2. Una vez en el aire, algunos contaminantes primarios reaccionan con otros compuestos y forman contaminantes de igual o mayor toxicidad, estos se denominan contaminantes secundarios, como el ozono (O_3), el dióxido de nitrógeno (NO_2) y algunos tipos de partículas.

b) El efecto invernadero

La energía solar que llega a la Tierra, al tomar contacto con el suelo, se refleja sólo en parte, siendo el resto absorbido por el suelo. El efecto de esta absorción es un calentamiento del mismo y se manifiesta por una emisión de calor hacia el exterior de la Tierra. Sin embargo, al viajar hacia la atmósfera se encuentra con los gases, que actúan de freno, produciéndose un choque y una vuelta hacia la Tierra. Esto evita que la energía se escape hacia el exterior, calentando más el suelo del planeta.

La disminución de la capa de ozono tiene graves consecuencias para el desarrollo de la vida en la Tierra, y está provocando un aumento en el cáncer de piel, mutaciones genéticas, etc. Los principales causantes de la destrucción de la capa de ozono son:

- Fuentes artificiales de Cloro y Bromo, presentes en los circuitos de refrigeradores industriales y domésticos, aerosoles, etc.
- Óxidos de nitrógeno (NO_x), presentes principalmente en fertilizantes.

Los principales gases que provocan el efecto invernadero son:

Dióxido de carbono (CO₂). Procede de la combustión del petróleo y sus derivados emisiones de vehículos, industrias, etc.

Metano (CH₄). Procede de los residuos ganaderos, agrícolas, y de las industrias del petróleo. El metano es un gas de efecto invernadero relativamente potente que contribuye al calentamiento global del planeta Tierra ya que tiene un potencial de calentamiento global de 23 (IPCC. 2001). Esto significa que en una medida de tiempo de 100 años cada kg de CH₄ calienta la Tierra 23 veces más que la misma masa de CO₂; sin embargo, hay aproximadamente 220 veces más dióxido de carbono en la atmósfera de la tierra que metano por lo que el metano contribuye de manera menos importante al efecto invernadero. El metano no es tóxico. Su principal peligro para la salud son las quemaduras que puede provocar si entra en ignición. Es altamente inflamable y puede formar mezclas explosivas con el aire. El metano reacciona violentamente con oxidantes, halógenos y algunos compuestos halogenados. El metano también es asfixiante y puede desplazar al oxígeno en un espacio cerrado. La asfixia puede sobrevenir si la concentración de oxígeno se reduce por debajo del 19,5 % por desplazamiento. Las concentraciones a las cuales se forman las barreras explosivas o inflamables son mucho más pequeñas que las concentraciones en las que el riesgo de asfixia es significativo. Si hay estructuras construidas sobre o cerca de vertederos, el metano desprendido puede penetrar en el interior de los edificios y exponer a los ocupantes a niveles significativos de metano.

Bióxido de azufre (SO₂). Los gases de la familia de los óxidos de azufre (SO_x), entre los que se encuentra el bióxido de azufre (SO₂), son incoloros y de olor irritante; se forman al quemar combustibles con azufre, y tienden a disolverse fácilmente en agua. La fuente primaria de emisiones de SO₂ es la quema de combustibles fósiles que contienen azufre, tales como combustóleo, diesel y carbón.

Las fuentes naturales de SO₂ incluyen erupciones volcánicas, decaimiento biológico e incendios forestales.

El SO₂ es, precursor de otros contaminantes, como el trióxido de azufre (SO₃), el ácido sulfúrico (H₂SO₄) y los sulfatos, que contribuyen a la formación de partículas finas en la atmosfera y de la lluvia acida.

La exposición al SO₂ se ha asociado con daños respiratorios temporales en niños y adultos asmáticos que realizan actividades al aire libre. Se ha observado que la exposición aguda de los individuos asmáticos a magnitudes elevadas de SO₂ al realizar ejercicio moderado, puede causar reducción de la función pulmonar, estado que se puede acompañar de síntomas como estornudos, opresión en el pecho y falta de aire (Evans *et al.*, 2000).

Por otra parte, los efectos que se han asociado con exposiciones crónicas aunadas a concentraciones elevadas de partículas en el ambiente, incluyen enfermedades respiratorias, alteraciones en las defensas pulmonares y agravación de enfermedades cardiovasculares preexistentes.

En la Ciudad de México se encontró que en niños menores de 16 años una exposición a 50 ppb de SO₂ está asociada con un incremento del 5% en el número de visitas a salas de emergencias por sintomatología de asma (Romieu *et al.*, 1995).

Clorofluorocarbonos (CFC y HFC): Son gases usados aún en muchos países en aerosoles, climatizadores, refrigeradores, etc.

Conociendo las fuentes emisoras de estos gases, podremos realizar acciones correctivas que reduzcan, en la medida de lo posible, las consecuencias que lo producen: ahorro y uso racional en el consumo de combustibles, reducción de las emisiones a la atmósfera mediante filtros, utilización de transportes alternativos, etc.

Efectos provocados al Medio Ambiente y a la Salud por la Contaminación del Aire

Partículas Suspendidas (PM₁₀, PM_{2.5}): Las partículas en suspensión varían en tamaño, composición y origen. Se perciben con relativa facilidad, ya que disminuye la visibilidad, alterando las propiedades ópticas del entorno.

El sistema respiratorio humano se encarga por medio de filtros (mucosas de la nariz) de eliminar las partículas más grandes; las más pequeñas, sin embargo, tienen una capacidad de penetración mucho mayor, y su adherencia en bronquios y pulmones puede causar problemas respiratorios como: asma, bronquitis, y dependiendo de su composición e interacción con otros factores pueden causar, a medio y largo plazo, cáncer de pulmón.

Las fracciones que se estudian son las denominadas PM10 (diámetro inferior a 10 micrómetros) y PM2.5 (diámetro inferior a 2.5 micrómetros).

Efectos sobre la vegetación:

Alteran la respiración de las plantas y la acción fotosintética, provocando un menor crecimiento en la vegetación y manchas sobre las hojas.

En ocasiones, como medida correctora de una actividad industrial generadora de gran cantidad de partículas se utilizan barreras de vegetación que ejercen como pantallas que retienen las partículas impidiendo su dispersión. Estos árboles resultan dañados, ya que actúan como filtro.

Pueden producir corrosión, aunque este efecto está relacionado con la composición de las partículas. Grandes concentraciones de partículas en el aire pueden llegar a modificar incluso el clima de la zona, ya que ejercen barrera frente a la radiación solar, lo que puede afectar al albedo terrestre.

Compuestos de azufre (SO_2 , SO_3 , H_2S , H_2SO_4): Se pueden formar óxidos de azufre: dióxido (SO_2) y trióxido de azufre (SO_3), son gases incoloros, teniendo el SO_2 olor acre e irritante. Se producen siempre que haya una combustión de combustibles fósiles sólidos o líquidos; el tiempo de residencia del SO_2 en la atmósfera suele ser bajo, reacciona con facilidad, oxidándose o formando H_2SO_4 o sulfatos. Se puede producir la deposición seca o húmeda (lluvia ácida)

El H_2S es un gas incoloro y con un característico olor a huevos podridos, por lo que es fácilmente detectable a bajas concentraciones. Con un tiempo relativamente largo de exposición se reduce la sensibilidad olfativa a este compuesto. El SO_2 es un gas irritante cuando es inhalado, siendo la población asmática un grupo especialmente susceptible de acusar sus efectos sobre el organismo. Actúa directamente sobre las vías respiratorias altas (nariz, garganta, bronquios), y es más perjudicial si es inhalado durante el ejercicio físico. Sus efectos pueden ser observados con un tiempo de exposición muy corto (10 minutos) y pueden ser dificultades en la respiración, tos, irritación en los ojos. Una exposición a largo plazo al SO_2 gas y a partículas pequeñas de

sulfatos (SO_4) son relacionadas con un incremento en la mortalidad por cáncer de pulmón y desarrollo de asma y obstrucción cardiopulmonar.

El H_2S en exposiciones agudas (gran concentración en un corto espacio de tiempo) puede causar síntomas derivados de una intoxicación.

En concentraciones cercanas a los 15 mg/m^3 puede causar irritación en los ojos, en torno a los 70 mg/m^3 el daño a los ojos puede ser irreversible. Cuando se alcanzan concentraciones de 225 mg/m^3 se paraliza la percepción olfativa, de tal manera que no podemos utilizar el olfato como indicador de la concentración de este compuesto. En concentraciones cercanas a 400 mg/m^3 existe el riesgo de sufrir edema pulmonar y sobre 750 mg/m^3 sobre estimula el sistema nervioso central causando respiración inconstante, pérdida del conocimiento y convulsiones. A concentraciones de 1400 mg/m^3 es letal.

En exposiciones crónicas se observaron también efectos adversos; como son: fatiga, dolores de cabeza, mareos, pérdida de memoria, ansiedad e irritación en los ojos. Afectan el crecimiento de las plantas y al ser causantes de la lluvia ácida, producen necrosis en partes aéreas y acidificación de aguas corrientes y de suelos. Se observan manchas amarillas y mucha corrosión, sobre todo debido a la formación de lluvia ácida (H_2SO_4) en los materiales con los que tienen contacto.

Compuestos de nitrógeno (NO_x ; NO_2 , NO , HNO_3): Son causantes de problemas respiratorios y los niños que estén expuestos pueden tener más probabilidad de contraer enfermedades respiratorias cuando sean adultos.

El NO_2 es un gas de color amarillento, y junto con el NO suele estar muy ligado al O_3 , produciéndose reacciones fotoquímicas entre ellos, y se puede generar el llamado smog fotoquímico, una niebla de pH muy ácido que se produce cuando hay emisiones en una zona en que las condiciones meteorológicas no favorecen la ventilación, y que puede causar graves problemas respiratorios.

Otro posible problema es la lluvia ácida formada con la combinación de HO y NO_x , formando HNO_3 (ácido nítrico).

Óxidos de carbono: Los compuestos dentro de este grupo son: CO_2 y CO . El primero es inocuo para la salud humana, es uno de los gases causantes del efecto invernadero; sin embargo, el CO puede causar la muerte al ser inhalado.

¿Cómo actúa el CO ?

El CO es un gas incoloro, insípido e inodoro. Al ser inhalado, penetra al torrente sanguíneo uniéndose allí a la hemoglobina, proteína encargada de transportar el oxígeno. Esta unión es muy fuerte, formándose la carboxihemoglobina, si los niveles de CO se mantienen y no se renueva el aire, llega un momento en el que se satura la hemoglobina de la sangre con moléculas de CO , impidiendo que el oxígeno se una a la hemoglobina y, por lo tanto, que sea transportado, con lo que se produce la muerte por asfixia.

En el caso de que la exposición sea a bajos niveles de concentración, pero en tiempo prolongado, los efectos negativos pueden aparecer en el corazón, el cerebro y en el sistema nervioso central. Los grupos de población más expuestos al CO son los que realizan oficios con calderas, los trabajadores en la calle, por el CO emitido por los automóviles y los fumadores.

Ozono: El ozono (O_3), tal y como ya se ha señalado, es un gas invisible e incoloro, altamente corrosivo e irritante, componente natural de la estratosfera, en la que desempeña un efecto filtrante de la radiación ultravioleta muy positivo. Sin embargo, es un contaminante en la troposfera.

El ozono es el oxidante fotoquímico más importante en la troposfera; es un contaminante secundario, ya que se forma por reacción entre otros gases contaminantes (óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COVs) con la participación de la radiación solar. No obstante, existe cierta presencia natural de ozono troposférico, debido fundamentalmente a intrusiones del ozono estratosférico y al nivel de fondo ocasionado por la reacción de los óxidos de nitrógeno naturales y determinados compuestos de origen vegetal. Suele ser más abundante en zonas suburbanas y rurales apareciendo en menores concentraciones en zonas urbanas, ya que, si bien en éstas se encuentran a mayor concentración los precursores, el ozono sufre un proceso cíclico de formación-destrucción por el NO_2 y el NO , respectivamente. En cuanto al O_3

es considerado un problema de contaminación transfronteriza, ya que se desplaza a largas distancias desde los focos contaminantes.

Estudios epidemiológicos han mostrado efectos de exposiciones en un periodo de tiempo corto y exposiciones a largo plazo. Esos efectos se traducen en problemas respiratorios, como asma, irritación en la garganta y problemas en la funcionalidad de los pulmones. Estos efectos se observan sobre todo en los grupos vulnerables de la población, como son los niños y ancianos, pero a altas concentraciones y tiempos de exposición elevados los efectos aparecen en todos los grupos.

Metales pesados: Su principal problema es la acumulación en tejidos de seres vivos, especialmente en la grasa.

Hidrocarburos - Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs): Los hidrocarburos son aquellas especies químicas formadas por átomos de carbono e hidrógeno principalmente, también puede aparecer en sus moléculas halógenos, oxígeno, azufre, fósforo, silicio o nitrógeno.

Los Compuestos Orgánicos Volátiles están formados por los hidrocarburos volátiles (hidrocarburos alifáticos, aromáticos e hidrocarburos clorados; aldehídos, cetonas, éteres, ácidos y alcoholes) y son especies altamente reactivas, que pueden formar oxidantes fotoquímicos cuando reaccionan en presencia de luz solar, pudiendo formar ozono en la troposfera. A su vez, el etileno al combinarse con los NO_x produce nitrato de peroxiacetil (PAN) y O_3 . Todo ello, mezclado con una situación de alta estabilidad atmosférica da lugar al smog fotoquímico, una niebla ácida altamente contaminante que puede ocasionar graves episodios de intoxicaciones respiratorias.

El más abundante es el metano (CH_4), que es inerte en la troposfera, así que no incide de manera directa en la salud humana, pero contribuye al cambio climático. El grupo más peligroso es el formado por hidrocarburos aromáticos, como el benceno (C_6H_6), éste es producido por las emisiones de vehículos en el refinado del petróleo, la industria petroquímica y en la industria de goma sintética. Se ha demostrado que es mutagénico y carcinogénico.

Los oxidantes fotoquímicos producen necrosis en plantas, menor crecimiento y producción y, en el hombre y otros animales, cefaleas, irritación del aparato respiratorio y otros daños. Otros compuestos peligrosos son, por ejemplo, acetaldehído, butadieno, formaldehído, benzopireno.

Metodología

1. Se investigó documentalmente los tipos de contaminantes atmosféricos en la Ciudad de México, y otros Estados del País de datos proporcionados por el segundo informe de la calidad del aire en ciudades mexicanas 1997 del Instituto Nacional de Ecología (INE).
2. El muestreo en el horno Experimental, se hizo utilizando contenedores metálicos de 5 litros de capacidad, una bomba de vacío marca GAST, un embudo de vidrio Pyrex de 10 mm de diámetro, De acuerdo con la Norma NMX-AA-009-1993-SCFI.
3. La evaluación de los gases emitidos se hizo utilizando un cromatógrafo de gases marca VARIAN, 3700 con un registrador VARIAN modelo 9176 de 1 mV de amplitud de escala, utilizando la técnica de cromatografía de gases (Anexo 1), para cada tipo de contaminante como se enumera enseguida:
 - 3.1 Determinación de CO₂: Se utilizó una alícuota de 1 ml, detector de conductividad térmica a 233 mA, con una sensibilidad para el aire de 128x5, y 32x0.05 para el CO₂, obteniéndose los resultados de la tabla 1.
 - 3.2 Determinación de CH₄: Se utilizó una alícuota de 1 ml, detector de flama a 50°C, y una columna de Porapak N, con una sensibilidad de 64x 10⁻¹² (ver tabla 1).
 - 3.3 Determinación de CO: Se utilizó una alícuota de 1 ml, detector de conductividad térmica a 236 mA, con temperatura de filamentos a 200°C, temperatura del detector a 120°C, y temperatura del inyector de 120°C con una sensibilidad para el oxígeno y el nitrógeno de 64 x 5, y para el CO de 8 x 0.05. (ver tabla 1).

- 3.4 Determinación de SO_2 y H_2O : Se realizó con una alícuota de 1 ml, columna empacada con Cromosorb 107, a 100°C y temperaturas del detector e inyector de 120°C , con una sensibilidad para el aire de 128×5 y sensibilidad para el agua de 32×0.05 (ver tabla 1).
- 3.5 El tamaño de partícula se determinó por medio de un Microscopio electrónico de barrido marca JEOL JSM 6510LV.

Análisis de resultados

1. Los resultados de más de 188 instrumentos instalados en las 34 estaciones de monitoreo distribuidas por toda la Zona Metropolitana del Valle de México se procesan cada minuto de manera electrónica y se transmiten vía telefónica hasta el Centro de Información de la Calidad del Aire (CICA) en donde se difunden como Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) en la página de Internet. El Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT) cuenta además con 39 equipos que toman muestras de aire, partículas suspendidas y agua de lluvia. Estas son analizadas con métodos químicos en el Laboratorio de Análisis Ambiental para saber si contienen compuestos tóxicos o para evaluar el grado de acidez del agua de lluvia.
- 1.2 Calidad del aire en las zonas metropolitanas y ciudades medias del país

En los últimos años, se ha venido consolidando la instalación y operación de redes de monitoreo en las principales ciudades del país. Así, la Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey, Toluca y Cd. Juárez cuentan desde hace algunos años con sistemas modernos de medición continua que registran parámetros primarios de calidad del aire: ozono (O_3), bióxido de azufre (SO_2), bióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO), partículas suspendidas totales (PST), partículas menores a 10 micrómetros de diámetro (PM10) y plomo (Pb); de igual manera Tijuana y Mexicali ya han empezado a generar información continua y validada, para conocer la calidad del aire que prevalece en esas ciudades. Por otra parte, las redes de Aguascalientes, Manzanillo, Querétaro, Coahuila de Zaragoza, Cananea, Nacozari y San Luis Potosí, que aún no se encuentran totalmente conformadas, sólo generan datos sobre mediciones de algunos contaminantes primarios (O_3 , SO_2 , NO_2 , PST y PM10), cuyo análisis permitirá en el futuro

determinar el número y ubicación deseable de estaciones de monitoreo adicionales que debieran instalarse.

De acuerdo a los resultados de los análisis realizados, se tiene que la frecuencia de violaciones a alguna de las normas de calidad del aire en la Ciudad de México en 1997 fue de 92%, muy similar a los valores de los años anteriores, aunque cabe destacar que los eventos de más de 250 puntos IMECA sólo se presentó en tres ocasiones durante ese año. El ozono sigue siendo el contaminante con los mayores niveles, pues no cumplió la norma en el 88% de los días. Las PM10 fueron el otro contaminante que se presentó en altas concentraciones en la ZMVM, excediendo la norma en 44% de los días. Durante 1997, en la Zona Metropolitana de Guadalajara se sobrepasaron los parámetros establecidos en alguna de las normas de calidad del aire en el 58% de los días, presentándose algunos episodios de contaminación de más de 200 y 250 puntos IMECA. En Guadalajara, al igual que en la Ciudad de México, el ozono fue el contaminante que con mayor frecuencia rebasó la norma de calidad del aire (en el 49% de los días), seguido de las PM10 con un 14% de los días del año.

En Monterrey la frecuencia de fuera de especificación de los parámetros establecidos en alguna de las normas de calidad del aire durante 1997 fue del 12% de los días, presentándose ocasionalmente algún evento de más de 150 puntos IMECA. El incumplimiento de la norma de ozono en esta ciudad fue del 10% de los días mostrando un incremento significativo con respecto a 1996. El problema de las PM10 fue menor a otros años, pues el porcentaje de días con excedencia a la norma fue de sólo 3%, comparado con el 12% del año 1996.

2. En la tabla 1 se encuentran los resultados del monitoreo del horno experimental a cielo abierto de la Comunidad de San Bartolomé Tlaltelulco.

3. En la tabla 2 se muestran los valores permitidos de gases efecto invernadero para las diferentes fuentes móviles de emisión.

Tabla 1. Resultados de análisis de emisiones de gases, de horno experimental en San Bartolomé Tlaltelulco Municipio de Metepec.

% CH ₄	% CO	% CO ₂	% SO ₂	Tamaño de partículas suspendidas en micrómetros (µm)
0.0215	0.1408	0.123457	0.0478	0.494
0.0086	0.1407	0.128033	0.0474	0.51
0.00645	0.0125	0.108803	0.0	0.495
0.0129	0.0124	0.12250	0.0560	0.497
0.01075	0.0124	0.121018	0.0568	0.50
0.01075	0.0122	0.123457	0.0564	50
0.01075	0.0	0.124432	0.0517	60
0.01075	0.0	0.122969	0.0517	61
0.0086	0.0	0.123457	0.0508	48
0.01376	0.0	0.18092	0.0	54
0.01075	0.0	0.8717	0.0	61
0.01032	0.0	0.19736	0.0	0.60
0.0537	0.0	0.6085	0.0	45
0.0537	0.0	0.13486	0.0	1.6
0.01376	0.0	0.8634	0.0	55

Los resultados fueron: CO₂ de 0.1210 a 0.8717% en volumen, el CO osciló entre 0 a 0.1408%, el metano fue de 0.00645 a 0.0.0537%, no se encontró presencia de SO₂, lo que favorece al cuidado del medio ambiente.

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-127-ECOL-1998, para los vehículos automotores (fuentes móviles) que usan gasolina como combustible, los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes (Tabla 2), permitió la comparación de los resultados de las emisiones del primer horno experimental, determinando que las emisiones se encuentran dentro de los límites permitidos.

Tabla 2. Límites máximos de emisión permisibles para vehículos automotores.

NOM-EM-127-ECOL-1998

Tipo de vehículo	Hidrocarburos HC (ppm)	Monóxido de carbono (CO) (% V)	Oxígeno (O ₂) (% V)	Dilución (CO + CO ₂) (% V)
Vehículos de pasajeros y camiones comerciales				
1986 y anteriores	500	4	6	7-18
1987/1993	400	3	6	7-18
1994 y posteriores	200	2	6	7-18
Vehículos de usos múltiples o utilitarios.				
1985 y anteriores	600	5	6	7-18
1986-1991	500	4	6	7-18
1992-1993	400	3	6	7-18
1994 y posteriores	200	2	6	7-18
Vehículos en circulación en la ZMVM, que usan gasolina				
1990 y anteriores	300	3	6	7-18
1991 y posteriores	200	2	6	7-18
Vehículos de pasajeros comunes, comerciales, de usos múltiples o utilitarios, camiones ligeros y camiones medianos en circulación, que usan gasolina, utilizados como taxis, colectivos, y microbuses para el transporte público de pasajeros, con placas local, federal o metropolitana. Taxis colectivos o microbuses	100	1	6	7-18
Camiones comerciales, vehículos de usos múltiples o utilitarios, camiones ligeros, camiones medianos y camiones pesados que usan gasolina, en función del año, modelo, con placa local y/o federal, exceptuando los contemplados en el punto anterior	350	3	6	7-18
1993 y anteriores	200	2	6	7-18
1994 y posteriores				

* Los vehículos de cualquier año-modelo que cuenten con bomba de aire como equipo original, tienen un límite máximo en O₂ de 15% en volumen.

Conclusiones

La preocupación por los impactos económicos sociales, ambientales que genera una empresa y la ciudadanía en general se ha incrementado en los últimos años. Se está contribuyendo al calentamiento global. Necesitamos actuar desde el medio en el cual nos desarrollamos cada uno para reducir la contaminación del aire, ya que nos encontramos en un momento histórico, en el cual se han perdido los valores, y el comportamiento que se lleva a la práctica no resulta el más conveniente.

En primera instancia, es necesario evaluar las condiciones en las que nos encontramos realizando cualquier actividad que conlleve a la emisión de gases efecto invernadero, para lo cual necesitamos promover la instalación y operación de redes de monitoreo del aire en lugares estratégicos, para conocer la concentración, tipo de contaminantes, y para poder tomar acciones correctivas para su reducción.

Derivado del ensayo piloto en el horno de cocción de tabique, en donde se determinó la concentración de: metano (CH_4), Monóxido de carbono (CO), Bióxido de carbono (CO_2), Bióxido de azufre (SO_2). Los resultados obtenidos fueron: CH_4 de 0.00645 a 0.0537% en volumen, CO_2 de 2.45 a 12.79% en volumen, el CO osciló entre 0 a 0.08650%, no se encontró presencia de SO_2 , lo que favorece al cuidado del medio ambiente, el contenido de agua fue de 0.2057-0.2677%. El tamaño de las partículas suspendidas osciló de 0.49 a 61 micrómetros. De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-127-ECOL-1998, para los vehículos automotores de fuentes móviles los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes que usan gasolina como combustible permitió la comparación de los gases emitidos por el horno experimental estudiado, determinando que las emisiones de la primera quema se encuentran dentro de los límites permitidos. Sin embargo, es necesario tomar acciones correctivas para reducir las emisiones a la atmósfera tanto de fuentes fijas como de fuentes móviles. Como medidas de reducción de emisiones contaminantes se dan las siguientes recomendaciones: racionalizar el uso de automóvil, dejar de fumar, evitar los incendios forestales, direccionar las emisiones de gases procedentes de las industrias para su tratamiento de acuerdo a las tecnologías aplicables para cada tipo de industrias. Entre dichas tecnologías, se tiene, por ejemplo: Uso de celdas solares para la generación de energía, empleo de columnas

de absorción de gases efecto invernadero en la industria del tabique, captura y almacenamiento de carbono en plataformas petroleras, reducción de desechos sólidos entre otras.

Actualmente no se puede ser socialmente responsable si no aspiramos a un desarrollo sostenible; lo cual significa que nuestra cultura, nuestras conductas diarias y nuestras lógicas económicas, ambientales y sociales se deben alinear coherentemente, para el cuidado del medio ambiente. Nos enfrentamos al desafío de actuar desde nuestro hogar, nuestras empresas y organizaciones con ética y responsabilidad social, para la reducción de las emisiones a la atmósfera de gases efecto invernadero.

Referencias

- Brown, R. L. (1994). La situación en el mundo. Barcelona, Apóstrofe Becker.
- Canadian Environmental Agency. (1997). Environmental Issues.
- Dan. (1997). Global Warming Central: Debate number three.
- Dunn, Seth. (1997). Controlling the Climate experiment.
- Evans, Geraint, Bernard Martin, and Jonatan M. Wooding (eds), Origins and revivals; proceedings of the First Australian Conference of Celtic Studies Sydney: Series (2000).
- Folch, R. (1993). C a m b i a r para vivir. Barcelona, Integral GCCIP. (1997).
- Glick, P. (1997). Global Warming: The high costs of inaction. Sierra Club understanding green markets project.
- Global Climate Change Information Programme.
- González, Jaime y Volmar J., (2001), *Responsabilidad Social de la Empresa. Elementos teóricos y experiencias*. Fundación Corona, Bogotá.
- Guntuzweiny, J.S. (2000). Handbook of chromatography, general data and principles Press Ed, USA. p. 1-25.
- Houghton, J.T., Callander, B.A., and Varney, S.K., (1990). Climate Change: The IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press. pp. 365.
- Houghton, J.T., Callander, B.A., and Varney, S.K., (1992). Climate Change: The Supplemental Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press. pp. 200.

- IPCC. Tercer Informe de Evaluación de Cambio Climático. (2001).
- Kaufmann, W. J. (1968). Universe. W. H. Freeman & Company, USA. Segunda Edición. Pág. 634.
- Lashof, Dan. (1997). Global Warming Central: Debate number three.
- McIlveen, J. R. (1986). Basic Meteorology. Van Nostrand Reinhold, UK. Pág. 457.
- Miller, G. T. (1991). Environmental Science, Sustaining the Earth. Wadsworth Publishing Company, USA. Tercera Edición. Pág. 465.
- NOM-EM-127-ECOL-1998 Norma Oficial Mexicana de Emergencia que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
- NMX-AA-009-1993-SCFI. Contaminación atmosférica-fuentes fijas-determinación de flujo de gases en un conducto por medio de tubo de pitot.
- Pace Energy Project. (1997). Global Warming Central. Pace University School of
- Pueyo, Ramón, (2007), *La responsabilidad social corporativa en Brasil*.
- Renaut, Anne, (2005), *La Responsabilidad Social de las empresas en Europa: ¿tiene el diálogo social alguna oportunidad?*
- Romieu, I., F, Meneses, et al (1995), Effects of urban air pollutants on emergency room visits for childhood asthma in Mexico City. American Journal of Epidemiology, 141: 546-553.
- Sargent, N.E., (1988). Redistribution of the Canadian boreal forest under a warmed climate, Climatological Bulletin, Vol 22(3), pp. 23-34.
- Schmidheiny, S. (1997), Cambiando el rumbo. Una perspectiva global del empresario para el desarrollo y el medio ambiente, Fondo de Cultura Económica.
- Schwalb, M. y Malca, O. (2003), Responsabilidad social: fundamentos para la competitividad empresarial y el desarrollo sostenible, Universidad de Pacífico, Los Andes de Cajamarca y Yanacocha, Lima.
- WCED. (1990). Our Common Future. Oxford University Press, USA. Pág. 400.
- WMO, (1986). A report of the International Conference on the Assessment of Carbon Dioxide and Other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated Impacts. WMO.

Anexo 1

Cromatografía

La cromatografía de gases es un método físico de separación con el cual los componentes a ser separados son distribuidos en dos fases, una es estacionaria y la otra se mueve en una dirección definida. Los componentes son separados por sus diferentes tasas de migración (IUPAC International Union of Pure and Applied Chemistry). La cromatografía de gases puede ser clasificada por su utilidad y por el material que se utilice como eluyente para separar los solutos. De acuerdo a su utilidad la cromatografía de gases se clasifica en: 1) analítica, utilizada para determinar los compuestos químicos presentes en una mezcla y su concentración; y 2) preparativa, utilizada para purificar grandes cantidades de químicos.

La primera técnica cromatográfica de gases fue ideada por el botánico ruso Mikhail Tswett en 1906 (Guntuzweiny, 2000), quien utilizó alúmina para separar los pigmentos coloreados de las hojas de las plantas.

Tswett en su experimento original, introdujo en un tubo de vidrio un polvo fino (Sacarosa) para construir una columna empacada de altura deseada (Fig. 1). Posteriormente extrajo los pigmentos de las hojas, los colocó en éter de petróleo y agregó un poco de solución dentro de la columna. Cuando toda la solución había pasado a través de la columna, se formó una zona bajo la capa inicial del adsorbente. Después agregó más solvente y aplicó presión en la parte superior de la columna. Al ir pasando el solvente, los pigmentos se fueron separando individualmente. El éxito de la columna de Tswett fue la aplicación de la mezcla dentro de la columna en una zona estrecha y la aplicación del solvente fresco.

En 1931, fue redescubierta por Richard Kuhn al utilizarla para el análisis de polienos. Los primeros en utilizar un gas como fase móvil fueron A. T. James y A. J. Martin en 1952, para separar ácidos grasos cortos. Posteriormente Dabrio, en 1971, la utilizó para separar metilaminas, aminas alifáticas y homólogos de piridina (Guntuzweiny, 2000).

El movimiento de las sustancias a separar durante la cromatografía de gases resulta de la presencia de dos fuerzas opuestas: la fuerza de manejo de la fase móvil y la fuerza resistente o acción de retardo del sorbente. La fuerza de manejo mueve las sustancias del origen de la columna en dirección del flujo de la fase móvil. La acción de retardo impide el movimiento de las sustancias arrastrándolas del flujo y adhiriéndolas al adsorbente. Las moléculas se encuentran alternando entre estar adheridas al adsorbente o desabsorbidas en el flujo, esto da como consecuencia que, a flujo constante, solo una fracción de las moléculas se están moviendo. Las sustancias que se mueven más lentamente se deben a que se unen más fuertemente a la fase estacionaria, mientras que aquellas que se mueven más rápidamente es ocasionado por ser menos solubles o de poca afinidad.

La habilidad de tener una migración diferencial entre los componentes de la mezcla es el resultado de la selectividad del sistema cromatográfico. El flujo de la fase móvil no es selectivo en el sentido de que no afecta el movimiento de los solutos. Como parte del sistema cromatográfico, la fase móvil debe ser selectiva para ayudar a la absorción de los solutos con la fase estacionaria. La fase estacionaria también juega un papel importante dentro del cromatograma debido a su acción resistiva como fuerza selectiva de la velocidad de flujo de los solutos.

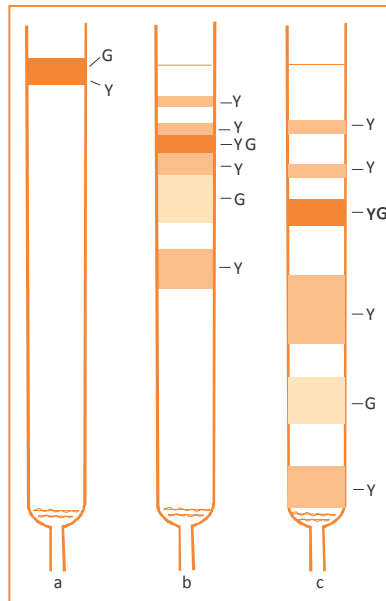


Fig. 1. Columna cromatográfica de Tsweet. Y = amarillo, G = verde