



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD
DE URUAPAN

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:

CINDY LARA GÓMEZ

ASESOR:

DRA. ELIA MERCEDES ALONSO GUZMÁN

MORELIA, MICH.

AGOSTO 2006



Í N D I C E

RESUMEN	1
OBJETIVO	3
INTRODUCCIÓN	4
1. ASPECTOS FÍSICOS	
1.1. ZONA DE ESTUDIO	20
1.2. RASGOS CLIMÁTICOS	25
1.2.1. PRECIPITACIÓN PLUVIAL Y HUMEDAD RELATIVA	26
1.2.2. VIENTO	30
1.2.3. TEMPERATURA	31
2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	
2.1. POBLACIÓN Y VIVIENDA	34
2.2. INDUSTRIA Y COMERCIO	35
2.3. TRANSPORTE	36
2.4. SERVICIOS PÚBLICOS	37
3. ACTIVIDAD ECONÓMICA	
3.1. PRINCIPALES SECTORES, PRODUCTOS Y SERVICIOS	40
4. CONTAMINANTES DEL AIRE	
4.1. ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	43
4.1.1. CONTAMINANTES PRIMARIOS	45
4.1.2. CONTAMINANTES SECUNDARIOS	46



4.2. CONTAMINANTES CRITERIO	47
4.2.1. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	47
4.2.2. DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	49
4.2.3. CLOROFLUORCARBONOS (CFC)	49
4.2.4. CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS PELIGROSOS (HAP)	49
4.2.5. PLOMO	50
4.2.6. OZONO (O ₃)	50
4.2.6.1. DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR EL OZONO	51
4.2.6.2. EFECTO SOBRE LOS METALES Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	51
4.2.6.3. EFECTOS SOBRE PINTURAS	52
4.2.7. OXIDO DE NITRÓGENO (NO _x)	52
4.2.7.1. EFECTOS DE LOS ÓXIDOS DE NITRÓGENO	53
4.2.8. PARTÍCULAS	53
4.2.9. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂)	54
4.2.9.1. EFECTOS SOBRE LOS MATERIALES	54
4.2.10. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (VOC)	55
4.3. CONTAMINANTES EMITIDOS POR LOS VEHÍCULOS AUTOMOTRICES	56
4.4. CALEFACCIONES DOMÉSTICAS	57
4.5. CALDERAS INDUSTRIALES DE GENERACIÓN DE CALOR	58
4.6. CONTAMINANTES EMITIDOS POR LA INDUSTRIA	59
4.7. LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DE AIRE	60
4.7.1. EL SMOG	60
4.7.1.1. SMOG INDUSTRIAL	60
4.7.1.2. SMOG FOTOQUÍMICO	61
4.7.2. ISLA DE CALOR URBANA	62
4.7.3. INVERSIÓN TÉRMICA	64
4.7.3.1. INVERSIÓN TÉRMICA DE SUPERFICIE	67



4.7.3.2. INVERSIÓN TÉRMICA EN ALTO	68
4.7.3.3. EFECTOS DE LA INVERSIÓN TÉRMICA EN UNA ZONA URBANA	68
4.7.4. LLUVIA ÁCIDA	69
5. EMISIONES ATMOSFÉRICAS	
5.1. TIPO DE EMISIONES	74
5.2. SISTEMA INTEGRADO DE REGULACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA	76
5.2.1. LICENCIA AMBIENTAL ÚNICA (LAU)	77
5.2.2. CÉDULA DE OPERACIÓN ANUAL (COA)	80
5.2.3. REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES (RETC)	83
5.3. ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES A LOS QUE SE APLICA LA LAU	85
5.4. PROCEDIMIENTO INTEGRADO DE TRÁMITES	86
5.5. PROPÓSITO, PLANEACIÓN Y MÉTODOS DE UN INVENTARIO DE EMISIONES	90
5.5.1. PROPÓSITO DE UN INVENTARIO DE EMISIONES	90
5.5.2. PLANEACIÓN DE UN INVENTARIO DE EMISIONES	92
5.5.3. MÉTODOS Y COSTOS COMPARATIVOS DE LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES	94
5.6. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE Y DE EMISIONES	97
CONCLUSIONES	100

BIBLIOGRAFÍA



AGRADECIMIENTOS

- Ing. Juan Manuel Lemus Soto, Secretario Técnico del Fomix CONACYT-Gobierno del Estado de Michoacán por el apoyo económico en el proyecto No. MICHOACAN-2005-C01-028 “Estudio de la calidad del aire en Morelia, Zitácuaro, Uruapan y Lázaro Cárdenas del Estado de Michoacán y propuestas de remediación en casos de contaminación”.
- Ing. Juan José Alcanzar Rocillo, Encargado de la Estación Climatológica “Barranca del Cupatitzio”, ubicada en el campo experimental de la Ciudad de Uruapan.
- Ing. Sergio Pérez Tapia, Jefe del Departamento Regional de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) de la ciudad de Uruapan.
- Laboratorio de Materiales “Luís Silva Ruelas” de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía en informática (INEGI).
- Biólogo Ernesto Pacheco Hernández por su aportación con información útil a mi trabajo de tesis.
- Geog. José Antonio León Chávez encargado del Observatorio Meteorológico de Morelia, Mich, por su apoyo didáctico.
- M.A. Ing. Wilfrido Martínez Molina por su apoyo a la realización de este trabajo de Tesis.



- Dr. José Carlos Rubio Avalos por su ayuda en la obtención de información.
- Tec. Jesús Zauno Zamudio por su apoyo y comprensión durante el tiempo en el que realicé mi trabajo de Tesis.
- Un especial agradecimiento a mi asesora la Dra. Elia M. Alonso Guzmán por su confianza y el apoyo incondicional, además del valioso tiempo que me brindó para la elaboración de este trabajo.



DEDICATORIAS

A Dios

Por darme el privilegio de la vida para poder realizar una meta más en mi camino y compartirlo con mis seres queridos.

A mis padres

Por amarme con mis errores y virtudes, así como estar a mi lado en todo momento apoyándome y guiándome con sus consejos. Los quiero mucho.

A mis hermanos Omar, Martín y Anelsy

Por llenar mi vida de alegría, por su apoyo y por ser mis mejores amigos.

A mi tía Carmen

Por su cariño y apoyo en todo momento, así como sus sabios consejos que me ayudaron a superarme.

A mi prima Hazzel

Por ser como una hermana y mi mejor amiga, por el tiempo que Dios te permitió estar con nosotros. Te quiero mucho.

A mi abuelita Mamá María

Por el amor, la sonrisa y la enseñanza que siempre me regalo sin pedir nada a cambio. Ahora el cielo brilla más desde que estas allá.

A mi primo Jacob

Por la enseñanza de valor que me ha dado y por que ser mi amigo.



A mis maestros

Por motivarme a la búsqueda del conocimiento, por su orientación y apoyo. Mil gracias por todo.

A mis amigos y compañeros.

Laura, Tita, Alma, Vero, Gaby, Wendy, Mony, Quique, Erick, Hugo, Noe, Zeferino, Ramses, Jorge, Alberto Z, Luís Arturo, Osvaldo, El Güero y Luís. Por los gratos momentos y experiencias que recordaré con mucho cariño.

Al Ing. Roberto Magaña Arreola y al Ing. Javier Calderón Guzmán

Por brindarme la oportunidad de desarrollarme en el ámbito profesional.



RESUMEN.

Esta tesis hace una compilación de los últimos 40 años de los datos atmosféricos de la Ciudad de Uruapan los cuales fueron recopilados de dos Estaciones climatológicas; la primera es la estación "Jicalán" con una latitud de $19^{\circ} 23' 37''$ y longitud de $102^{\circ} 04' 12''$ perteneciente a la Comisión Federal de Electricidad, y la segunda es la estación "Barranca del Cupatitzio" a una latitud norte $19^{\circ}25'$ longitud oeste $102^{\circ}05'$ y una altitud de 1720 m, la cual se encuentra ubicada en el Campo Experimental de la localidad.

Los datos muestran en lo general que el ambiente meteórico puede clasificarse como atmósfera de baja reactividad para provocar la corrosión, en nuestro caso específico la corrosión del acero de refuerzo en estructuras de concreto armado.

Esta misma atmósfera, es también de mediana reactividad para provocar carbonatación de la matriz de concreto hidráulico.

Pero la velocidad y dirección de los vientos dominantes, permite que las partículas antropogénicas sean transportadas y depositadas en las fachadas expuestas de algunos monumentos históricos del Primer Cuadro de la Ciudad y del resto de las construcciones.

La velocidad de los vientos dominantes no es tal que permita el deterioro por abrasión mecánica.

Es un momento propicio para investigar cómo y cuánto es lo que se emite al aire que respiramos vía los vehículos automotores públicos y privados y diseñar una estrategia que permita disminuir las emisiones vertidas a nuestra atmósfera antes de que el problema se agudice.



Estudios como el presente deben continuar realizándose, con otros equipos, en otras ciudades, bajo otras ópticas e incluir otros datos que pudieran obtenerse a futuro para estar en posibilidad de hacer proyecciones a futuro.



OBJETIVO

Esta investigación caracteriza la calidad del aire y meteórica de la Ciudad de Uruapan a fin de que sus habitantes e interesados puedan continuar con la aplicación que les parezca más importante, según su interés sea la salud, el deterioro de materiales, la corrosión, la invención de materiales protectores, la ecología, los combustibles, en fin.

Como ingenieros civiles, nos parece interesante, clasificar de alguna manera el ambiente para considerar los efectos que pueda tener sobre los materiales construcción.

Quizás a los profesionales de la salud les sea útil desde el punto de vista del efecto sobre la salud de sus habitantes.

A las autoridades les dará una idea para tomar decisiones sobre las emisiones contaminantes y sus localizaciones, cómo remediar, prevenir, paliar.

Los efectos específicamente meteorológicos no son manipulables pero si modificables a mediano y largo plazo: controlando las emisiones de los vehículos automotores, reforestando para limpiar la atmósfera de CO₂ y recargar los mantos freáticos, obligando a las empresas contaminantes a hacer trabajos de remediación, de limpieza, destinar parte de sus impuestos a la investigación.

El problema de la contaminación del aire no es grave en la ciudad pero sí es el momento adecuado de ir tomando cartas en el asunto en la prevención y tratamiento del problema.



INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

El aire es un elemento esencial para la existencia de todo ser vivo. Sin agua podríamos sobrevivir algunos pocos días, pero sin aire moriríamos irremediablemente a los pocos minutos.

Nuestro cerebro, compuesto por neuronas, se alimenta principalmente de aire y de glucosa, si tenemos hipoxia nuestras neuronas mueren y perdemos capacidades.

Según el Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán, existen diferentes problemas ambientales como se muestra en la Figura 1.1 en los que se destaca la contaminación del aire.

Figura 1.1 Problemas ambientales del estado de Michoacán



Fuente: Programa estatal de Medio Ambiente y recursos naturales del estado de Michoacán, Septiembre 1999



El aire no puede ser totalmente puro, sin embargo a medida que el hombre “progresas” sobre la faz de la Tierra y descubre nuevas maneras de facilitar su trabajo, su transporte, la producción en serie, la siembra y cosecha masiva, el transporte rápido, vierte más y más desechos a la atmósfera, muchos de los cuales, quedan suspendidos en el aire y los aspiramos, causando daños a nuestra salud, otros desechos en forma de partículas también se mantienen en la atmósfera y cuando hay precipitaciones acidifican el agua causando daños en las flora, la fauna, la especie humana, las construcciones.

Las plantas verdes, que procesan clorofila son capaces de absorber el CO₂ de la atmósfera y convertirlo en O₂, pero a la fecha estamos excediendo la capacidad de los árboles para realizar tal conversión, estamos produciendo una gran cantidad de CO₂, que no ha podido ser absorbida. Se ha dicho que una de las causas de la desaparición de los dinosaurios es que un meteorito que chocó contra la tierra, en Ixquib, en la península de Yucatán, México y que al chocar provocó tal cantidad de polvo atmosférico que la luz del sol fue incapaz de atravesar nuestra enrarecida atmósfera y propiciar el proceso químico de la fotosíntesis y los vegetales fueron incapaces de procesar el CO₂ de la atmósfera convirtiéndolo en O₂, muriendo los vegetales y los pleistosaurios, iguanodontes y sus congéneres, murieron de inanición. [1]

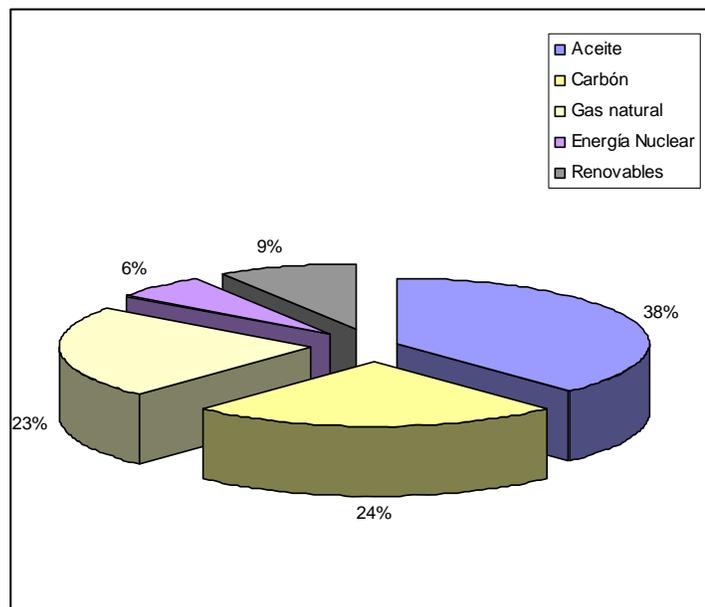
Hay otros compuestos como los fluorocarburos, HCFC, que antes se usaban masivamente para atomizar sustancias en los aerosoles comerciales que se elevaron a la parte superior de la atmósfera formando nuevos compuestos y destruyendo el O₃ de la misma, y que no es posible monitorear por ciudades. Estos compuestos migran hacia los polos, específicamente al Polo Sur, Círculo Polar Antártico y su acumulación se observa ahora en forma de oquedades en la capa de ozono [2].



Diariamente nuestros pulmones filtran, aproximadamente, 15 Kg. de aire atmosférico mientras que solo absorbemos 2,5 Kg. de agua y menos de 1,5 Kg. de alimento una persona adulta inhala de 13.000 a 15.000 litros de aire por día [3].

Según un estudio que la Comisión Europea (CE) presentará en breve y cuyos resultados han sido ya difundidos por la prensa germana, a nivel europeo mueren anualmente 310.000 personas por enfermedades respiratorias y del sistema circulatorio generadas por los gases de escape de motores Diesel y por polvos finos y otras partículas en suspensión [4]. La industria, produce más del 40% de las emisiones mundiales de dióxido de carbono, no sólo por sus procesos químicos de conversión, también por los combustibles fósiles que emplea en su manufactura, los cuales al quemarse emiten azufre y CO₂ [5,6]. En la Gráfica 1.1 se muestra le energía a nivel global consumida por tipo de combustible en el año 2001 [7].

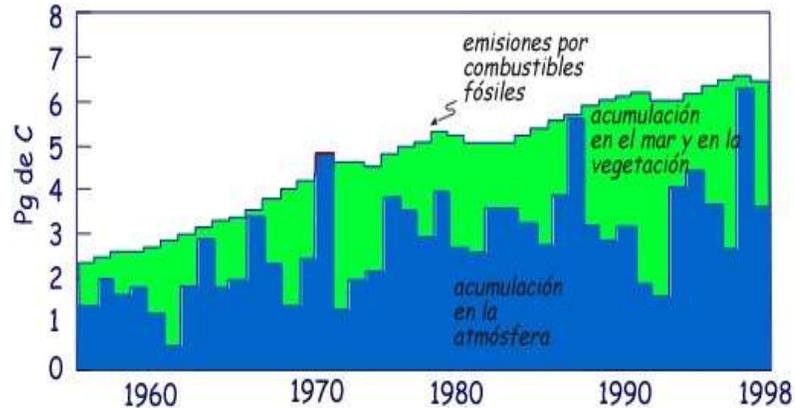
Gráfica 1.1 Energía Global consumida por tipo de combustible (2001)



Fuente: <http://www.lenntech.com/espanol/Efecto-invernadero/combustibles-fosiles.htm>



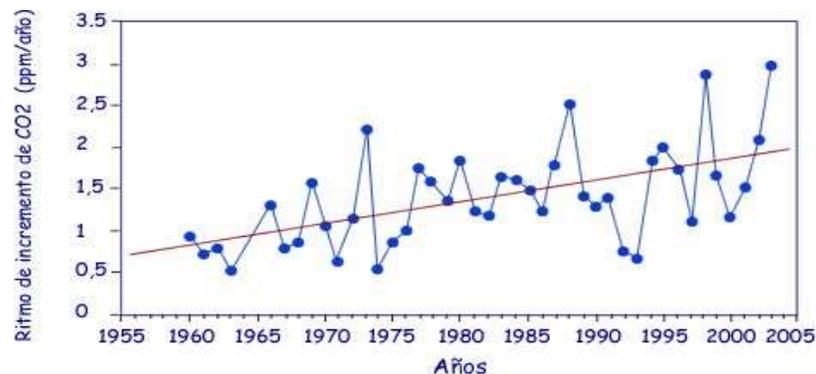
Gráfica 1.2 Emisiones globales antropicas de CO₂ en petagramos de carbono al año



Fuente: IPCC 2001, Climate Change 2001, Cambridge University Press; Quay P., 2002, Ups and Downs of CO₂ uptake, Science, 298, 2344.

Solamente una parte del CO₂ emitido (la mitad aproximadamente) se acumula en la atmósfera (área azul) ya que es considerable la parte del CO₂ que es absorbida fotosintéticamente por el plancton oceánico y la vegetación terrestre (área verde), con lo que aumenta así la biomasa terrestre (ver Gráfica 1.2)[8]. Las emisiones superan ya los 6 PgC/año, pero el incremento atmosférico es muy desigual de un año para otro.

Gráfica 1.3 Aumento anual en ppm de CO₂ desde el año 1959 hasta el 2003 medido en Mauna Loa (Hawai)



Fuente: <http://homepage.mac.com/uriarte/emisiones.html>



En la Gráfica 1.3 se muestra como es el aumento de ppm de CO₂ en un periodo de años de 1959 hasta el 2003 en el Manual Loa (Hawai) [9].

Notas: Pg (Petagramo) = Gt (Gigatonelada) = mil millones de toneladas
Las emisiones vienen dadas en petagramos de carbono. En petagramos de CO₂ son 3.6 veces más. 2.12 Petagramos de carbono equivalen a 1 ppm en la concentración atmosférica de CO₂.

La parte que estudiamos para conocer su calidad del aire es la atmósfera, la atmósfera se divide en tres capas principales:

- 1) TROPÓSFERA: es en la que se desarrolla la vida, llega a una altura de más o menos 10 Km. Su nombre quiere decir zona de turbulencias; dentro de la troposfera se desarrollan los fenómenos climáticos que podemos observar, como vientos, lluvias, temperaturas, y casi toda la formación de nubes, salvo los cúmulos nimbus que son las únicas nubes que superan los 11 Km. de altura.
- 2) ESTRATÓSFERA: alcanza una altura de 80 Km., aquí encontramos al famoso ozono que es una combinación de los radicales libres del oxígeno que nos protege filtrando la radiación ultravioleta.
- 3) TERMÓSFERA: es el límite que nos separa del espacio exterior [10]



Tabla 1.1 Total CO ₂ Emisiones por Países 1995									
Clasificado por emisiones absolutas Ton/año									
País		Ton/año	%	Población	CO ₂ kg/cap	Área Km ²	CO ₂ on/km ²	Satn %	Factor
United States	1	5.98E+09	23.32	261000000	22924	9300000	643.4	30.6	2.38
China	2	3.32E+09	12.96	1191000000	2790	9141000	363.5	17.3	1.35
Russia	3	1.87E+09	7.28	148400000	12580	17075000	109.3	5.2	0.4
Japan	4	1.36E+09	5.3	125000000	10885	378000	3599.5	171.2	13.33
Germany	5	1.20E+09	4.66	81500000	14677	357000	3350.7	159.4	12.41
India	6	9.14E+08	3.56	913400000	1000	3266000	279.7	13.3	1.04
United Kingdom	7	6.28E+08	2.45	58400000	10747	245000	2561.8	121.9	9.49
Canada	8	5.60E+08	2.18	29200000	19184	9976000	56.2	2.7	0.21
Italy	9	4.82E+08	1.88	57100000	8445	301000	1602.1	76.2	5.93
Korea, South	10	4.41E+08	1.72	44500000	9918	99000	4458	212	16.51
France	11	4.33E+08	1.69	57900000	7474	552000	784	37.3	2.9
Australia	12	4.13E+08	1.61	17800000	23176	7713000	53.5	2.5	0.2
Ukraine	13	4.12E+08	1.61	51900000	7935	604000	681.8	32.4	2.52
Poland	14	4.08E+08	1.59	38500000	10598	313000	1303.6	62	4.83
South Africa	15	3.87E+08	1.51	40500000	9564	1221000	317.2	15.1	1.17
México	16	3.85E+08	1.5	88500000	4346	1958000	196.4	9.3	0.73
Spain	17	3.10E+08	1.21	39100000	7940	505000	614.8	29.2	2.28
Brazil	18	2.98E+08	1.16	159100000	1870	8512000	35	1.7	0.13
Iran	19	2.74E+08	1.07	62400000	4384	1648000	166	7.9	0.61
Saudi Arabia	20	2.66E+08	1.04	17800000	14961	2150000	123.9	5.9	0.46
Total de los 20 grupos		2.03E+10		3483000000	5840	75314000	270.1	12.8	
Mundo %		80.9		62.19		37.77			

País		Ton/año	%	Población	CO ₂ kg/cap	Área km ²	CO ₂ Ton/km ²	Factor
United Kingdom	8	628000000	2.45	58400000	10747	245000	2561.8	121.9
Poland	9	408000000	1.59	38500000	10598	313000	1303.6	62
Korea, South	10	441000000	1.72	44500000	9918	99000	4458	16.51
South Africa	11	387000000	1.51	40500000	9564	1221000	317.2	15.1
Australia	12	413000000	1.61	17800000	23176	7713000	53.5	0.2
United States	13	5980000000	23.32	261000000	22924	9300000	643.4	2.38
Ukraine	14	412000000	1.61	51900000	7935	604000	681.8	2.52
Saudi Arabia	15	266000000	1.04	17800000	14961	2150000	123.9	0.46
France	16	433000000	1.69	57900000	7474	552000	784	2.9
Germany	17	310000000	1.21	39100000	7940	505000	614.8	2.28
México	18	385000000	1.5	88500000	4346	1958000	196.4	0.73
China	19	3320000000	12.96	1191000000	2790	9141000	363.5	1.35



Brazil	19	298000000	1.16	159100000	1870	8512000	35	1.7
India	20	914000000	3.56	913400000	1000	3266000	279.7	13.3

Tabla 1.3 CO2 Emisiones clasificadas por ton CO2 / km2								
País		Ton/y	%	Población	CO2 kg/per	Área Km2	CO2 Ton/km2	Satn %
Korea, South	1	441000000	1.72	44500000	9918	99000	4458	212
Japan	2	1360000000	5.3	125000000	10885	378000	3599.5	171.2
Germany	3	1200000000	4.66	81500000	14677	357000	3350.7	159.4
United Kingdom	4	628000000	2.45	58400000	10747	245000	2561.8	121.9
Italy	5	482000000	1.88	57100000	8445	301000	1602.1	76.2
Poland	6	408000000	1.59	38500000	10598	313000	1303.6	62
France	7	433000000	1.69	57900000	7474	552000	784	37.3
Ukraine	8	412000000	1.61	51900000	7935	604000	681.8	32.4
United States	9	5980000000	23.32	261000000	22924	9300000	643.4	30.6
Spain	10	310000000	1.21	39100000	7940	505000	614.8	29.2
China	11	3320000000	12.96	1191000000	2790	9141000	363.5	17.3
South Africa	12	387000000	1.51	40500000	9564	1221000	317.2	15.1
India	13	914000000	3.56	913400000	1000	3266000	279.7	13.3
México	14	385000000	1.5	88500000	4346	1958000	196.4	9.3
Iran	15	274000000	1.07	62400000	4384	1648000	166	7.9
Saudi Arabia	16	266000000	1.04	17800000	14961	2150000	123.9	5.9
Russia	17	1870000000	7.28	148400000	12580	17075000	109.3	5.2
Canada	18	560000000	2.18	29200000	19184	9976000	56.2	2.7
Australia	19	413000000	1.61	17800000	23176	7713000	53.5	2.5
Brazil	20	298000000	1.16	159100000	1870	8512000	35	1.7

Fuente: [http://www.combusem.com/WENCO2.HTM]

En las tablas anterior (Tabla 1.1, 1.2, 1.3) podemos observar que México se encuentra por debajo de las primeras diez posiciones, ya que en el país se encuentra la segunda ciudad más poblada del mundo (Distrito Federal) detrás de Tokio por lo cual podemos decir que es una de las mas contaminadas.

La contaminación del aire existe cuando los elementos que lo conforman sufren alteraciones o cuando se presentan sustancias extrañas en el mismo. Los contaminantes presentes en el aire pueden ser sólidos y gaseosos.



La contaminación destruye los materiales de construcción [11]. Las mayores pérdidas provienen del deterioro causado en los frentes de edificios, metales, textiles y pinturas, ciertas piedras y mármoles utilizados en edificios, especialmente los de naturaleza calcárea se deterioran cuando el contenido de bióxido de carbono es anormalmente elevado, si la humedad del aire es alta, pueden producirse soluciones ácidas que terminan por atacar y decolorar las piedras. Además cuando el aire es húmedo y contiene bióxido de azufre este puede oxidarse transformándose en trióxido de azufre y dar lugar a neblinas o nieblas ácidas que perjudican seriamente al hierro y otros materiales. Otro aspecto adverso de los óxidos de azufre es que otorgan una pátina de óxido verdoso sobre las superficies de cobre. Los óxidos de azufre y el ácido sulfúrico resultante deterioran papeles y textiles que se tornan amarillentos y quebradizos. El hollín y otras partículas oscuras se adhieren fácilmente a paredes y cielorrasos dándoles un aspecto desagradable y ruinoso.

Los contaminantes ambientales en la atmósfera urbana son varios y numerosos, y causan serio daño a los monumentos históricos. Los procesos de deterioro y transformación de los diferentes componentes del material son mayormente debidos a contaminantes sulfúricos, metales pesados, alquenos de la combustión de petróleo, residuos animales, hongos, etc., todos ellos con las condiciones ambientales. El principal proceso de alteración ocurre en la superficie del material. Estudios diferentes han mostrado que las capas superficiales de los materiales ornamentales pueden contener muchos compuestos del medio ambiente y/o de los procesos de alteración [12,13,14,15]

Se han realizado muchos estudios acerca de las condiciones ambientales en el deterioro de los monumentos europeos. Mayormente, la atención está dirigida a los efectos del deterioro inducido antropogénicamente [16,17]. El deterioro antropogénico es el inducido por el hombre, en este caso por el uso de vehículos que emplean combustibles fósiles y su uso se ha generalizado a partir de la segunda mitad del siglo XX. [18]. Es ampliamente creído que los porcentajes de deterioro se han acelerado



desde los últimos 50 años. Cuantificar los porcentajes de deterioro de diferentes tipos de rocas encontrados en edificios históricos es un importante paso en la formulación de estrategias para reducir el deterioro [19,20].

Desde los modelos automotores modelo 1995, se están emitiendo 75 % menos CO, 70 % menos HC y 65 % menos NO que los modelos anteriores [21] y desde el período 1991-1994, México ha instituido muchas nuevas iniciativas para reducir las emisiones ligeras incluyendo un agresivo programa para renovar el parque vehicular de los carros de alquiler y una fase nacional de reducción de estándares de emisiones para los nuevos vehículos de gasolina comenzando a partir de los modelos 1989 [22]; a partir de 1999 el Instituto Mexicano del Petróleo inició un intenso programa de investigación tendiente a minimizar en lo posible las emisiones de contaminantes que han disminuido de entre 600 y 800 ppm de azufre [23]. La Ciudad de Uruapan no es una ciudad con gran número de industrias; la mayor parte de los contaminantes provienen de los vehículos automotores y del servicio público de transporte, teniéndose un total de 70,625 vehículos por día en la Ciudad, esto incluye a los vehículos que emplean diesel; esto también ocurre en otros sitios turísticos en el mundo, como lo mostró el Programa Nacional Italiano de Energía para 1989, que informó que ~50 % del polvo es debido al sector transporte [24].

Los mecanismos por los cuales los contaminantes del aire dañan los materiales pueden clasificarse como:

1) Abrasión. Las partículas sólidas de tamaño suficiente viajan a grandes velocidades y pueden causar abrasión destructiva.

2) Depositación y remoción. Las partículas sólidas depositadas sobre una superficie pueden no causar ningún daño directo, otras causan decoloración, pero la remoción del depósito causa algún deterioro. Además, la presencia de partículas de



basura en una superficie aumentan los efectos producidos por los gases contaminantes provocando un gran número de centros de reacción.

3) Ataque químico directo, algunos contaminantes aéreos reaccionan irreversiblemente con las superficies causando daño; por ejemplo los óxidos de azufre, especialmente el trióxido de azufre (SO_3) puede reaccionar directamente con el mármol o la caliza (CaCO_3) para producir yeso.

4) Ataque químico indirecto, ciertos materiales absorben contaminantes y se dañan cuando los contaminantes se someten a cambios químicos. El dióxido de azufre (SO_2), por ejemplo, absorbo en la piel (cuero) se convierte en ácido sulfúrico que la debilita.

5) Corrosión electromecánica, los gases ácidos como el dióxido de azufre (SO_2) y el trióxido de azufre (SO_3) en presencia de humedad aumentan la superficie conductora de hierro, acero y otros metales, acelerando la corrosión [25].

Se toma más tiempo para que los contaminantes aéreos solos, dañen los materiales. Una cantidad de otras condiciones ambientales fuertemente influyen la relación a la cual los contaminantes dañan los materiales: 1) Humedad; como se hizo notar antes, la humedad se requiere para causar la corrosión del hierro y acero, en presencia de óxidos de azufre. Las muestras de acero en ambientes secos que contienen dióxido de azufre no se corroen. 2) Temperatura; cualquier reacción química de deterioro se incrementará con la temperatura, además, una superficie que está debajo del punto de rocío de temperatura causará condensación en la superficie y aumentará la reacción con gases contaminantes solubles. 3) Congelamiento y deshielo; si las temperaturas están por debajo del punto de congelamiento del agua, los ciclos de congelamiento y deshielo causan grietas y exfoliación de las rocas, exponiendo nuevas superficies a los contaminantes reactivos [26].



Entre otros muchos problemas la nuestra es una ciudad que presenta ya niveles de contaminación considerables. Hablar de este tema no únicamente debe remitirnos hacia la agresión que a diario propiciamos en contra de nuestra atmósfera. La contaminación visual y auditiva también pone en riesgo la salud de los uruapenses.

Lo cierto es que Uruapan fue diseñada y construida a lo largo del paso del tiempo para un número de habitantes muy inferior a los que actualmente vivimos en ella, situación que ya de entrada complica la habitabilidad en su interior. Crecimiento urbano desordenado, vialidades insuficientes y sin la posibilidad inmediata de mejora, marginación, pobreza y desempleo, pésimo servicio de transporte público y un aumento en los vehículos que circulan a diario en la ciudad son tan sólo algunas aristas de la problemática urbana de la ciudad. La contaminación es un tema que debería interesarnos a todos por igual. Considerando que en la capital de nuestro estado Michoacán (Morelia) diariamente circulan cerca de 220 mil vehículos (cifra del parque vehicular) por las maltrechas calles y avenidas estrechas es ponderar la gravedad del caso. Tan sólo basta compararnos con la ciudad de León, Guanajuato, que con todo y sus vialidades y puentes elevados de primera, cuenta entre su parque vehicular con cerca de 150 mil vehículos. Sin embargo el asunto no es complicado únicamente por el número, sino por las condiciones en que se encuentra un porcentaje importante del parque vehicular. La tremenda concentración de motores en una porción de tierra pequeña como lo es nuestra ciudad comienza a contaminar seriamente nuestro medio ambiente. Nuestra responsabilidad es no permitir que los niveles alcancen condiciones incontrolables cuando ya nada haya que hacer. Desde 1997 el Protocolo de Kyoto advierte del peligro en el que se encuentra nuestro planeta producto del calentamiento global y la emisión de gases efecto invernadero, y se constituye como un instrumento que pone reglas jurídicas internacionales vinculantes entre las naciones y al mismo tiempo de observancia necesaria e impostergable.

Entre algunas de las metas importantes del mencionado protocolo está la que dicta que los países industrializados deberán reducir sus emisiones de gases de



efecto invernadero a cinco por ciento menos de lo que emitían en 1990; las metas deberán ser alcanzadas entre los años 2008 y 2012. En México, 65 por ciento de los gases de efecto invernadero corresponden a los sectores energético, industrial y de transporte, dato que nos debe alertar y no sólo preocupar sino ocupar. La emisión de gases de los miles de vehículos que circulan por esta urbe debe ser supervisada, controlada y en su momento sancionada conforme a la Ley de Equilibrio Ecológico de Michoacán [27]

En nuestro país de acuerdo al las normas oficiales mexicanas (NOM) se miden los niveles máximos permisibles de exposición los siguientes contaminantes atmosféricos: bióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), bióxido de nitrógeno (NO_2), ozono (O_3), partículas suspendidas totales (PST), partículas menores a 10 micrómetros de diámetro (PM10) y plomo (Pb). Para cada uno de estos contaminantes se cuenta con un estándar o norma de calidad del aire. Las normas de calidad del aire establecen las concentraciones máximas de contaminantes en el ambiente que no debieran sobrepasarse más de una vez por año, para que pueda garantizarse que se protege adecuadamente la salud de la población. La integración de los resultados correspondientes a los diferentes parámetros que ayudan a concebir en conjunto la calidad del aire se denomina índices de calidad.

En México al igual que en otros países, se han desarrollado índices de contaminación que son entendidos más fácilmente. En nuestro país se usa el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), según el cual la concentración que señala la Norma de Calidad del Aire para cada contaminante le corresponde a 100 puntos IMECA.

En el estado de Michoacán las siglas IMECA durante el periodo de 1995 y 2000, fueron remplazados por ICAM (Índice de Calidad de Michoacán), este permite caracterizar tanto meteorológica como estadísticamente cada uno de los parámetros a medir en cada municipio.



Las normas vigentes de calidad del aire fueron publicadas por la Secretaría de Salud y son elaboradas por ésta, en coordinación con la SEMARNAT y con la participación de representantes de la academia, de los sectores productivos y de grupos ambientalistas.

En la actualidad los efectos de la contaminación del aire en el estado de Michoacán se comienzan a manifestar en los principales centros urbanos, como son; Morelia, Lázaro Cárdenas, Zamora, Zitácuaro, Uruapan y Apatzingán. Las causas principales de este fenómeno son: el uso de combustibles impuros, la cantidad y calidad de los vehículos automotores, deficiencia en el mantenimiento vehicular, intensidad energética en los procesos industriales y la quema de carbón de leña y madera para la obtención de combustible y preparación de alimentos, así como, la falta de reglamentos eficientes en materia de calidad del aire, monitoreos que prueben la contaminación, existencia de pocas estaciones de monitoreo.

Hasta ahora, el monitoreo de las condiciones atmosféricas que se realizan en el estado es incipiente para conocer la calidad del aire e implementar las acciones previas y correctivas. Morelia es la primera ciudad que ha planteado un esfuerzo de registro, pero, lamentablemente ha sido poco significativo por la falta de equipo e infraestructura para dichas acciones.

Según el Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán en Septiembre de 1999, en 1994 se generaron los primeros datos de un diagnóstico ambiental para Morelia, Zamora, Zitácuaro, Uruapan y Lázaro Cárdenas, esta información no fue del conocimiento público y, desafortunadamente, no se puede establecer un punto comparativo para programas que se realicen en un futuro.





CAPÍTULO 1

ASPECTOS FÍSICOS

1 ASPECTOS FÍSICOS

1.1 ZONA DE ESTUDIO

Breve resumen histórico

Fray Juan de San Miguel fundó esta próspera entidad, en el año 1533, reuniendo a los indios purépechas de las diversas comunidades; los instó al cultivo de la tierra, los organizó en barrios que tenían, cada uno, su pequeño templo, y creó, entre ellos una fuerte alianza. Los moradores de cada barrio se hacían visitas y se



ofrecían canacuas (coronas), frutos, panes, flores y tamales de diversos sabores, para demostrarse, mutuamente, por medio de estos presentes, su solidaridad.

Durante la guerra de Independencia, Uruapan fue asiento del Primer Congreso de Anáhuac y, a la consumación de éste, alcanzó la categoría de municipio y cabecera de distrito.

Durante la intervención francesa, esta ciudad dio asilo a los poderes del Estado, y al igual que en todas las luchas posteriores a la Independencia, los uruapenses demostraron su enorme valor. Hombres notables han nacido en Uruapan, como don Antonio Florentino Mercado, jurisconsulto liberal que escribió El Libro de los Códigos; Manuel Ocaranza, Pintor del siglo XIX; Manuel Pérez Coronado, pintor también; y don José María Izazaga, secretario del Generalísimo Morelos.

Principales atractivos:



Foto 1.1 Parque Nacional Eduardo Ruiz. Es uno de los paseos naturales más hermosos del país. Debe su nombre a este célebre historiador, que escribió con amor las leyendas del lugar. Es todo un espectáculo en una de las zonas más generosas y productivas del Estado.

La Rodilla del Diablo. Nacimiento del Rio Cupatitzio; Tzetángari, que significa muchacha bonita, caída de agua que refleja la vegetación del parque, y el Baño Azul, donde canales de transparente líquido riegan las huertas de esta próspera región, forman el paisaje, presente y futuro, de un Michoacán que ha encontrado su propio camino.

La Huatapera. Fundada por fray Juan de San Miguel para que funcionara como hospital, en beneficio de los indígenas se encuentra junto al exconvento de San Francisco. Ubicada en el actual centro de la ciudad y que tenía la usanza de los franciscanos varias funciones: era hospital, era convento para los religiosos que



dirigían la evangelización de la región, era lugar de reunión para deliberar los asuntos, organización y gobierno de Uruapan, además era un lugar de albergue para los viajeros que recorrían la comarca la requerían de un sitio para comer, beber o pasar a noche.



Foto 1.2 La Huatápera.- El primer recinto construido, tal vez en forma muy rústica, fue lo que los indios llamaron Huatápera, el cual significa "Lugar de reunión, sitio donde se pueden reunir o a donde pueden llegar".

Muestra en su fachada, de marcada influencia mudéjar dentro de lo plateresco, un arco de medio punto enmarcado en un alfiz, que tiene en su parte superior un nicho con la efigie del fraile fundador. Actualmente es Museo de Artes Populares y sirve como punto de reunión para los naturales de los pueblos circunvecinos.

La capilla de la Magdalena. Esta es otra de las edificaciones que propiciara fray Juan de San Miguel y corresponde al segundo tercio del siglo XVI.

Guarda en su interior, un inmenso cuadro del siglo XVIII que representa escenas del purgatorio; una cruz de ese mismo siglo, recuerdo de misiones, y la venerada imagen de San Nicolás, cubierta de exvotos.

La Tzaráracua. Al sur de Uruapan, río abajo, 10 kms por la carretera a Apatzingán, se localiza esta extraordinaria cascada que ha sido y es punto de admiración de propios y extraños, rodeada de frondosa vegetación. Puede llegarse a ella, disfrutando de un agradable paseo a pie o a caballo.





Foto 1.3 Cascada "La Tzaráracua", sobre el río Cupatitzio con sus múltiples caída de agua cristalina causa el asombro del espectador por su plasticidad y belleza incomparable.



Foto 1.4 Fabrica de hilados y textiles San Pedro en Uruapan, Mich, constituyó uno de los proyectos más importantes de la industria textil del Estado durante el siglo XIX.

El proyecto inició en 1886 y para 1911 el total de los edificios de esta fábrica estaban concluídos y en funcionamiento, manufacturando algodón, lino y seda.

El edificio de la Fábrica corresponde cabalmente al estilo ecléctico imperante en la época y fue construido básicamente en piedra con remates de ladrillo y de cantera con techumbre de madera y teja.

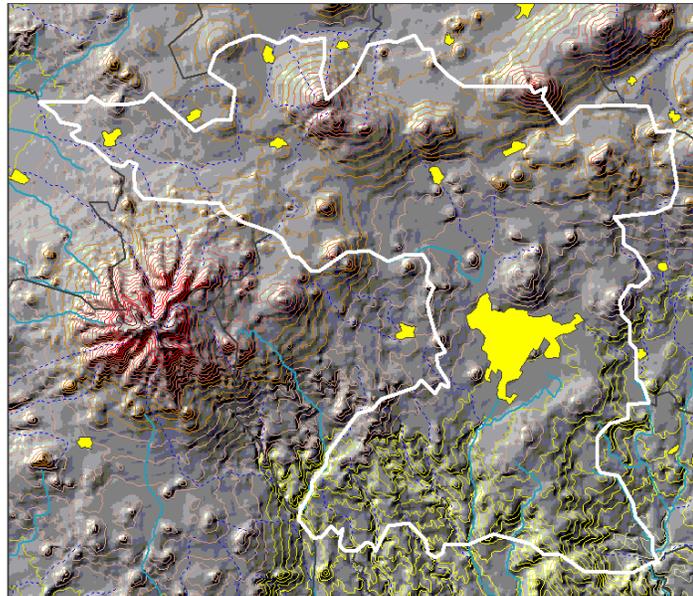
Localización

La Ciudad de **URUAPAN**, está situada en la vertiente sur de la sierra de Uruapan, prolongación de la de Apatzingan, formando parte del eje volcánico. Su altura sobre el nivel del mar se considera 1634 metros y queda situada a los 19° 24'56" de latitud Norte y 102°03'46" de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, Limita al norte con Charapan, Paracho y Nahuatzen, al este con Tingambato, Ziracuaretiro y Taretan, al sur con Gabriel Zamora, y al oeste con Nuevo Parangaricutiro, Peribán y Los Reyes. Su distancia a la capital del Estado es de 120 km. [28].



En la Figura 1.2 se muestra un mapa hidrológico donde se ubica la zona urbana del municipio, los límites de la ciudad de Uruapan se encuentra en la mancha de color amarillo

Figura 1.2 Mapa Hidrológico del municipio de Uruapan con la traza urbana



Fuente: Centro de Investigación en geografía y geomática, Ing. Jorge L. Tamayo

Extensión

Su superficie es de 954.17 km² y representa 1.62 por ciento del total del Estado.

Orografía

Su relieve lo conforman el sistema volcánico transversal, y los cerros de Charanda, la Cruz, Jicalán y Magdalena.

Hidrografía



Su hidrografía se constituye por el río Cupatitzio, las presa Caltzontzin, Salto Escondido y Cupatitzio y la cascada conocida como La Tzaráracua.

Principales Ecosistemas

En el municipio domina el bosque mixto, con pino y encino, y el bosque tropical deciduo, con parota, guaje, cascalote y cirián. Su fauna se conforma principalmente por coyote, zorrillo, venado, zorra, cacomixtle, liebre, tlacuache, conejo, pato, torcaza y chachalaca.

Recursos Naturales

La superficie forestal maderable es ocupada por pino encino y oyamel, en el caso de la no maderable, es ocupada por matorrales de distintas especies.

Características y Uso de Suelo

Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, terciario, cuaternario y eoceno, corresponden principalmente a los del tipo podzólico. Su uso es primordialmente el campo le sigue forestal y en menor proporción ganadero.

1.2 Rasgos climáticos

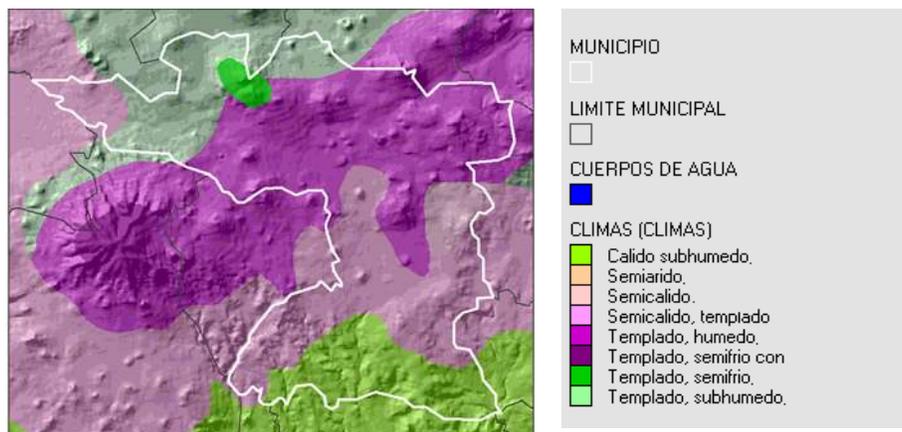
Las características geográficas y climáticas de una localidad, se consideran como uno de los principales factores que condicionan la acumulación o dispersión de los contaminantes generados por procesos antropogénicos. En la Figura 1.3 se muestra un mapa climatológico del municipio de Uruapan.

El municipio se encuentra rodeado por barreras montañosas, su clima es templado y subtropical con lluvias en verano. Los datos climáticos de precipitación pluvial y temperatura, se obtuvieron de la estación meteorológica “Jicalan” de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) localizada a una latitud de 19° 23' 37" y una



longitud de 102° 04' 12". Es importante mencionar que en el mes de Marzo del año 1998 al mes de Septiembre del año 2000 la estación dejó de proporcionar información, por lo que no se cuenta con datos en el periodo mencionado, además de que la estación no cuenta con el equipo necesario para tomar los datos de Humedad relativa y velocidad de viento por lo que estos fueron tomados de la estación "Barranca del Cupatitzio" a una latitud norte 19°25' longitud oeste 102°05' y una altitud de 720 m, la cual se encuentra ubicada en el Campo Experimental de la localidad, a cargo del Ing. Juan Jose Alcanzar Rocillo.

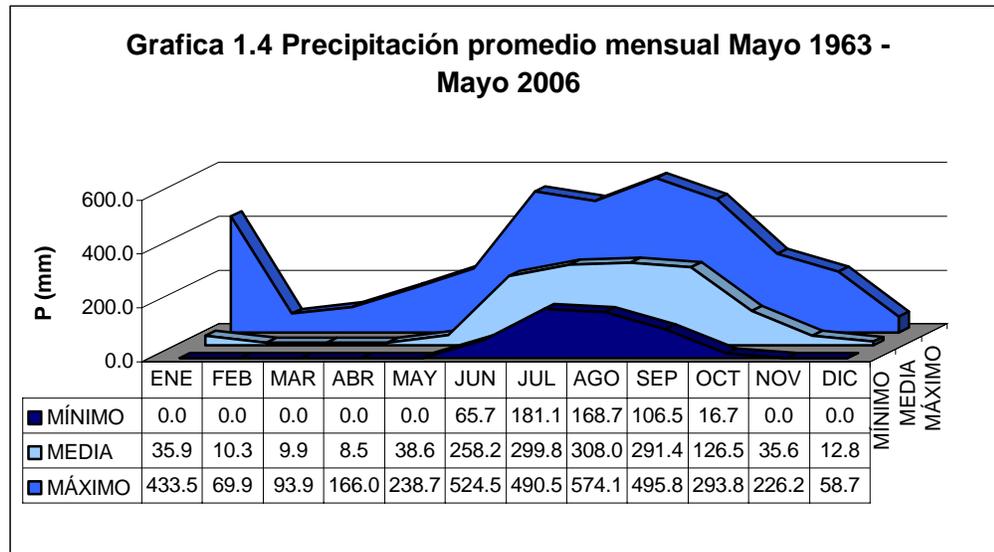
Figura 1.3 Imagen Satelital del clima del municipio de Uruapan



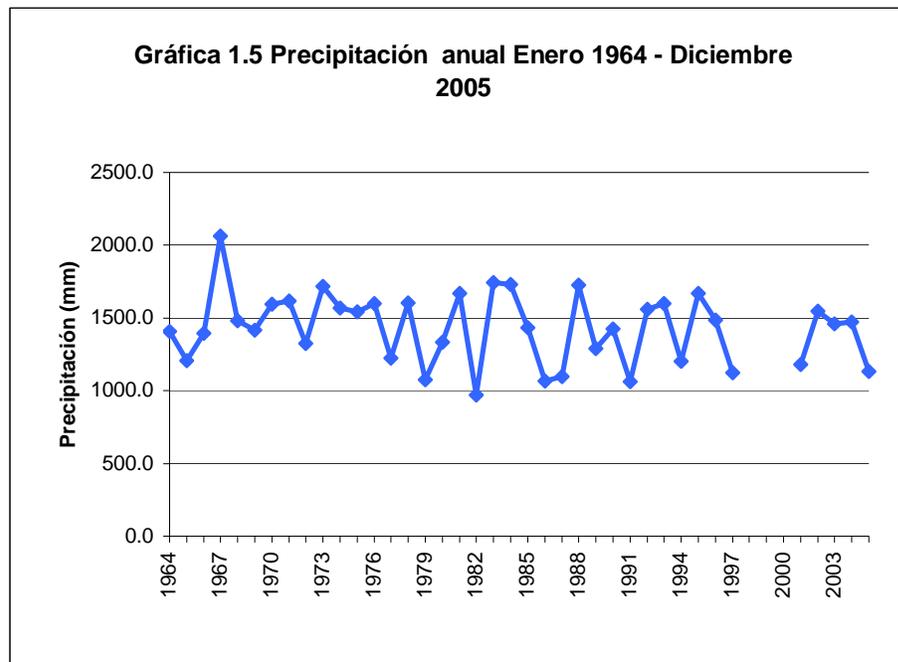
Fuente: Centro de Investigación en geografía y geomática, Ing. Jorge L. Tamayo

1.2.1 PRECIPITACIÓN PLUVIAL Y HUMEDAD RELATIVA

El aumento de las lluvias en los meses de junio a octubre, se asocia a la entrada de aire tropical, con alto contenido de humedad procedente del Océano Pacífico. En los meses de marzo a junio, se registra un periodo conocido como canícula donde hay un intenso calor y las lluvias disminuyen, (Gráfica 1.4), se observa también que el mes de Agosto es el de mayor precipitación con un valor de 574.1 mm como máxima, 168.7 mm mínima y 308.0 mm media.



La precipitación anual considerando el promedio del registro de datos 1964-2005 se tiene de 1,395.9 mm (Gráfica 1.5). A pesar de la abundante lluvia no se tiene registrado inundaciones apreciables por la topografía local. Esto es muy importante ya que la invasión de agua en zona industriales, no previstas como inundables, pueden producir importantes problemas de contaminación al ser arrastrados contaminantes peligrosos por las corrientes [29].



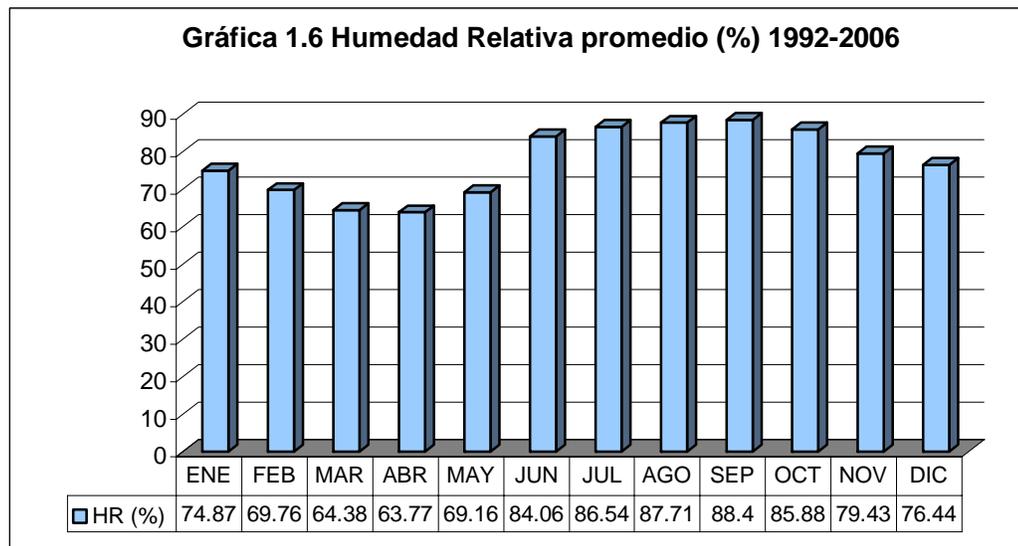
El aumento de la precipitación pluvial propicia una disminución en los índices de calidad del aire de la zona por efecto de “lavado troposférico” y mitiga la emisión de partículas.

Uruapan es una localidad donde llueve todo el tiempo por lo que se tienen problemas en las construcciones por humedad, ya que los materiales de construcción más utilizados son porosos permeables al agua y vapor de agua en un grado que depende de su estructura capilar [30]. El agua es el principal agente de alteración, reacciona con el sustrato pétreo disolviendo sus componentes y actúa como vehículo de transporte. La congelación del agua o condensación del vapor de agua aumenta el volumen de la roca, las tensiones provocadas por el hielo sobre paredes internas y capilares de la roca pueden llegar a romperla y los ciclos de hielo- deshielo originan exfoliaciones. Los efectos provocados por el hielo dependen del volumen del mismo y de su lugar de formación [31].

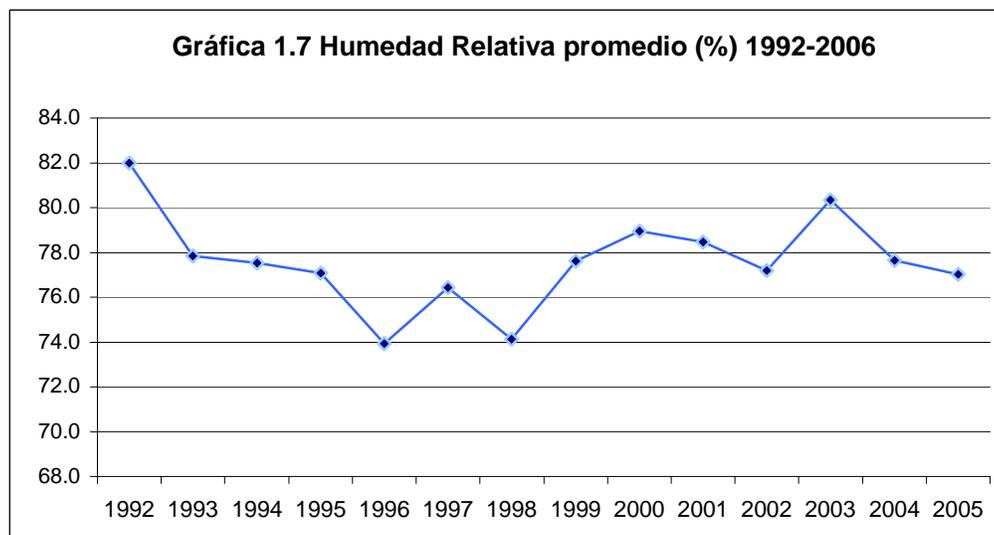
Con respecto a la humedad relativa, tenemos que en un mismo día pueden registrarse valores muy variados, sin que necesariamente tengan un patrón definido



durante el día, como sucede con la temperatura. La tendencia durante el año, es que la etapa de mayor humedad se enmarque durante la temporada de lluvias. En la Gráfica 1.6 se presentan valores altos de esta variable en los meses que van de junio a octubre.



La variación a lo largo de un registro de 13 años de la estación meteorológica de “Barranca del Cupatitzio” (ver Gráfica 1.7) va de 74% a 82%.





La humedad relativa, dada en los informes meteorológicos, es la razón entre el contenido efectivo de vapor en la atmósfera y la cantidad de vapor que saturaría el aire a la misma temperatura. [32]

El periodo de (Junio - Octubre) presentan un alto contenido de humedad por las masas de aire húmedo, lo que propicia la formación de nubes, reduce la insolación y a su vez contribuye a disminuir la formación de ozono, además de provocar lluvias que dan lugar al “lavado atmosférico”.

De lo contrario, en las construcciones donde se tiene un ambiente húmedo se propicia el nacimiento de los hongos, las algas y los líquenes de tal modo que su presencia constituye una amenaza para los materiales porosos pues los ácidos que expulsan las bacterias corroen el interior del material que les sirve de soporte.

- **La corrosión** de la armadura en el concreto consiste en la oxidación destructiva del acero, por el medio que lo rodea. Así, la corrosión ocurre como resultado de la formación de una celda electroquímica, la cual consiste en cuatro elementos principales como son: Un ánodo, donde ocurre la oxidación; un cátodo, donde ocurre la reducción; un conductor metálico, donde la corriente eléctrica es el flujo de electrones y; un electrolito, en este caso el concreto, donde la corriente eléctrica es generada por el flujo de iones en un medio acuoso.

Entre los principales factores que influyen sobre el deterioro de las construcciones se encuentran: [33].

- ❖ La humedad
- ❖ La temperatura
- ❖ La radiación solar



Otro problema es la aparición de eflorescencias que se encuentra una fuerte correlación con los factores climáticos tales como baja temperatura y alta humedad relativa ambiente. Por esto las eflorescencias tienen una mayor tendencia a aparecer en otoño e invierno, luego de lluvias.

La eflorescencia (Salitre) es un depósito cristalino que aparece en las superficies de los emboquillados o juntas, muros o superficies de concreto, es un polvo blanquecino que generalmente no es dañino excepto por su apariencia. La Foto 1.5 muestra la eflorescencia bajo lupa estereomicroscópica [34]

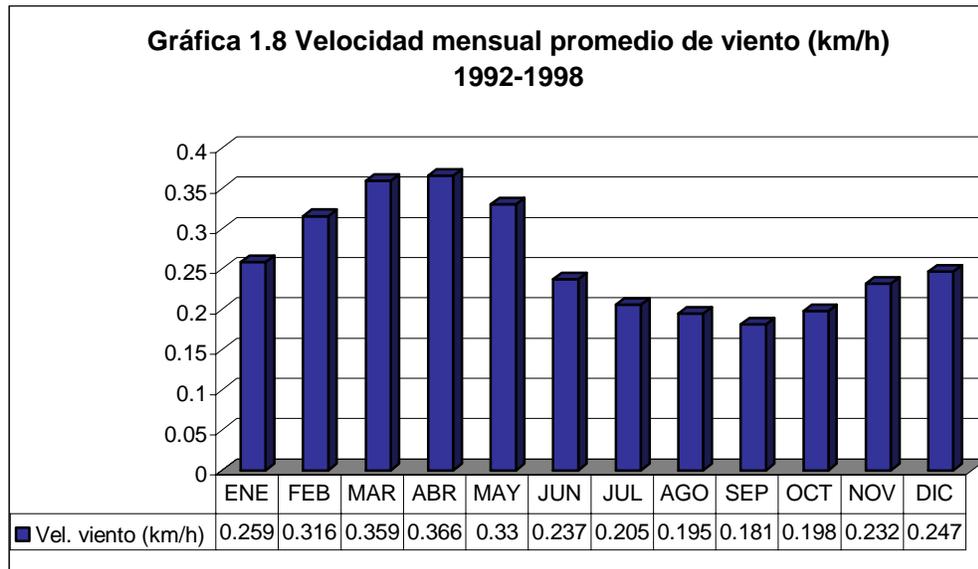


Foto1.5 Bajo lupa estereomicroscópica

Fuente: Artículos publicados por MMSA Materials & methods Standard Assoc.

1.2.2 VIENTO

En la Cd. de Uruapan de acuerdo al registro meteorológico se tiene, la entrada principal del viento se ubica en la zona norte en los meses de Noviembre a Abril y en los meses de Mayo a Octubre se tiene una dirección de norte-este. La berrera montañosa que rodea la ciudad tiende a incrementar más la acumulación de los contaminantes que si fuera una zona plana. Las velocidades del viento de las componentes principales se mantuvieron todo el año generalmente en el rango de 100 – 250 km/mes (Gráfica 1.8). Los vientos con velocidad moderados (con velocidad del aire de menos de 10m/seg) son destructivos, especialmente cuando el aire está contaminado por partículas gruesas provocando la erosión de una construcción [35].

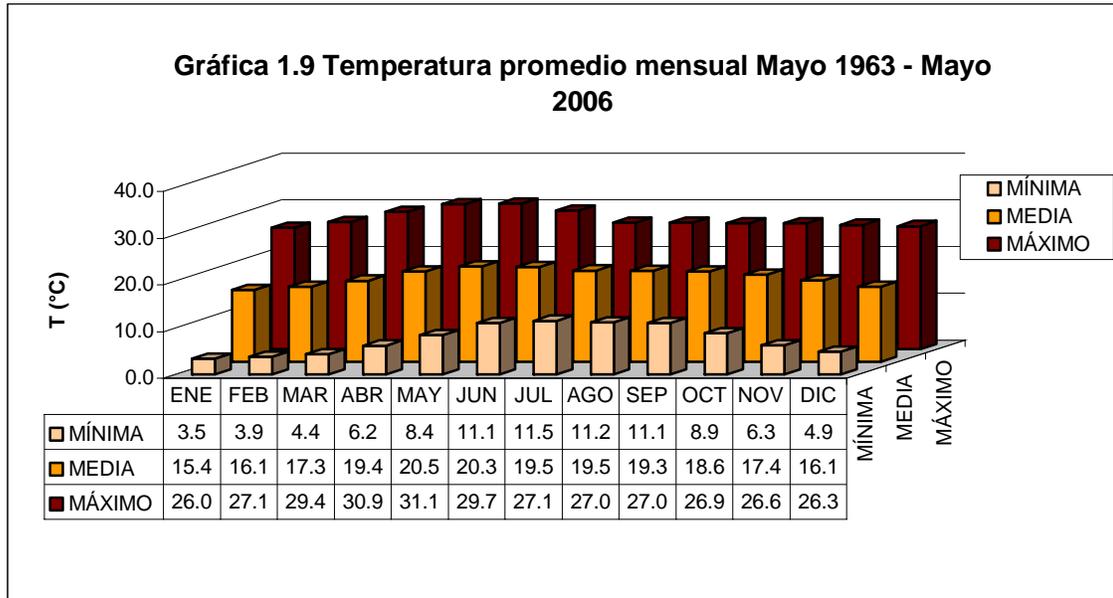


El viento, desde el punto de vista de la contaminación, es uno de los factores meteorológicos climatológicos más importantes, ya que es un medio de transporte de algunos contaminantes para dispersarse éstos en la atmósfera, para posteriormente depositarse.

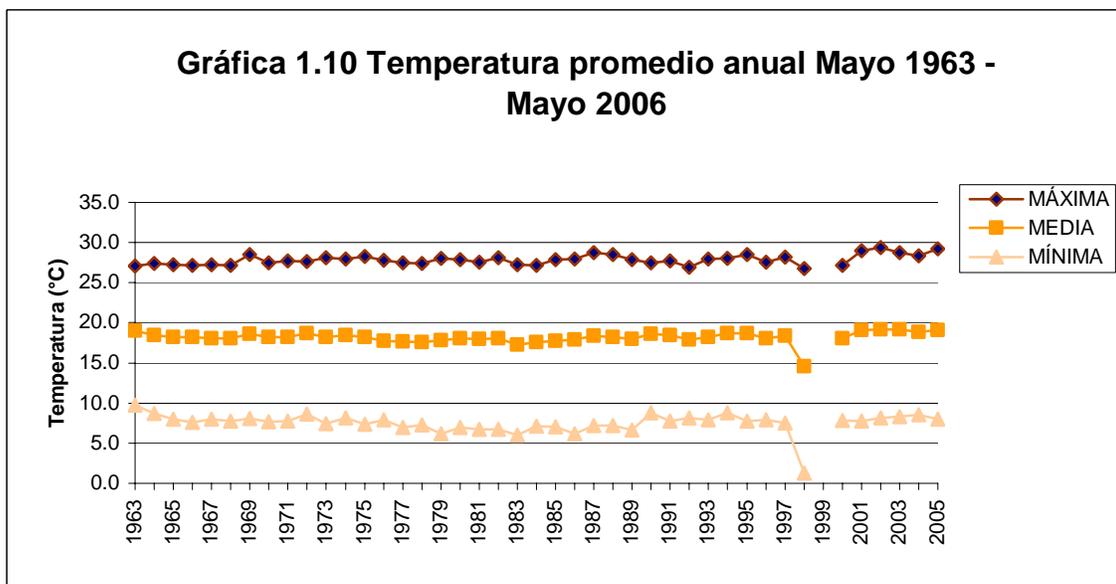
1.2.3 TEMPERATURA

En el municipio, la temperatura máxima se registra de Marzo a Junio y la temperatura mínima de Diciembre a Febrero, en consecuencia los valores moderados se presentan en la época de lluvias.

La Gráfica 1.9 muestra la poca variación estacional de la temperatura máxima y de la temperatura promedio mensual, sin embargo, tal variación es mucho más visible cuando se observan los valores de temperatura mínima mensual, en los que sí se nota claramente un patrón estacional a lo largo del año.



En la Gráfica 1.10 se observa que un periodo de 43 años la temperatura máxima está entre 26°C y 31°C su variación es mínima, la temperatura media varia entre 15°C y 20°C y la temperatura mínima va de 3°C a 11°C, siendo esta la que varia más en el tiempo.





CAPÍTULO 2

ASPECTOS

SOCIOECONÓMICOS



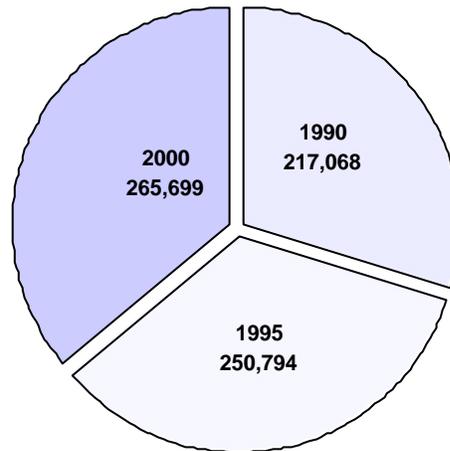
2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

2.1 POBLACIÓN Y VIVIENDA.

Población

La población Uruapan de acuerdo al Censo General de Población y Vivienda 2000 el numero de habitantes es de 225 816 que representa el 84.98% del total del municipio y la población del municipio es de 265 699 habitantes que representa el 6.11 por ciento del total del Estado, su tasa de crecimiento es del 1.16 por ciento anual en el periodo de 1995-2000 y de 2.93 en el periodo de 1990-1995, la densidad de población en el año 2000 es de 320.01 habitantes por kilómetro cuadrado. El número de mujeres es relativamente mayor al de los hombres.

Grafica 2.1 Evolución demografica del municipio de Uruapan



Fuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía en informática (INEGI).

Vivienda

De acuerdo al censo del 2000 el municipio cuenta con aproximadamente 56,392 viviendas edificadas de las cuales el 80.24 por ciento cuentas con los servicios



de drenaje y electricidad, predominan las construcciones de tabique, seguida en menor proporción por la de materiales, adobe, lámina de cartón y otros materiales.

2.2 INDUSTRIA Y COMERCIO

Aunque no es precisamente uno de los grandes emporios industriales, **MICHOACÁN** posee, una industria bastante avanzada; Son muy importantes las industrias forestales que disponen de grandes aserraderos y, sobre todo un turismo activo tanto nacional como extranjero, atraído tanto por las bellezas naturales de la región, como por el incentivo de sus artesanías y pequeñas industrias.

La Industria en el campo se es conocida como la mejor, **Uruapan** es conocido como "La capital mundial de aguacate" se le conoce así por su gran aceptación y se transporta a diferentes partes del mundo. El Aguacate se deriva de AHUACACUÁHUITL que significaba para los Aztecas "Árbol de testículos". Los españoles llevaron el fruto a florida, los norteamericanos han logrado cruzas de excelentes características que llamamos aguacates mejorados.

Es rica la región Michoacana en artesanías, producto de la habilidad de sus habitantes. Artículos típicos de singular mérito que han ganado merecida fama en los ámbitos del mercado internacional. Lacas de Uruapan y Pátzcuaro; las afamadas guitarras de Paracho; las reatas y monturas de Chavinda, los artículos forjados de Santa Clara del Cobre: las sedas tejidas de Pátzcuaro , los licores regionales, la multiplicidad de sabrosos dulces regionales, "ates" y "chongos morelianos", etc., forman un importante renglón económico para los habitantes del Estado.

A **Uruapan** se le ha dado una amplia difusión a la gran variedad de artículos de madera que se elabora en toda nuestra geografía michoacana, frente al Parque Nacional se encuentra el Mercado de Artesanías, y es ahí donde diariamente nuestros paisanos artesanos conviven y ofrecen sus servicios al turismo.



2.3 TRANSPORTE

Debido al crecimiento poblacional del municipio, la mancha urbana ha seguido creciendo, haciendo que las distancias y tiempos de traslado dentro de la misma hayan aumentado. Así mismo, la falta de un transporte público eficiente, ha ocasionado que continúe creciendo la flota vehicular de uso particular principalmente, representando al 53% de los vehículos de motor registrados en el municipio (ver Gráfica 2.2).

De acuerdo al anuario estadístico de Michoacán edición 2005 se tienen los siguientes datos.

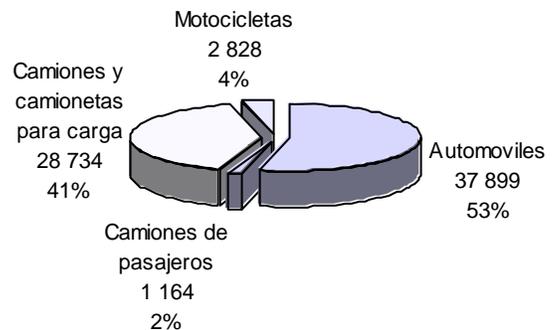
AUTOMÓVILES		
TOTAL	PÚBLICO	PARTICULAR
37 899	2 774	35 125

CAMIONES DE PASAJEROS <i>a/</i>		
TOTAL	PÚBLICO	PARTICULAR
1 164	1 066	98

CAMIONES Y CAMIONETAS PARA CARGA			
TOTAL	OFICIAL	PÚBLICO	PARTICULAR
28 734	10	765	27 959

MOTOCICLETAS	
TOTAL	PARTICULAR
2 828	2 828

Gráfica 2.2 Vehículos de motor registrados en circulación en el municipio de Uruapan



a/ Incluye microbuses

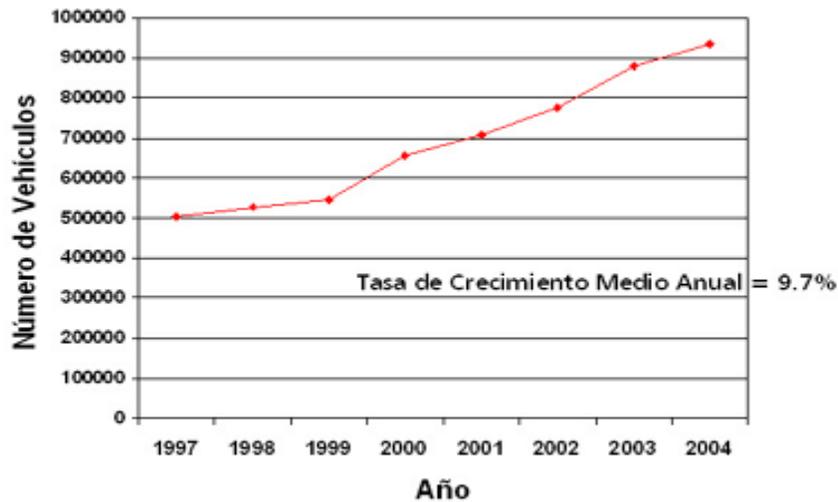
Fuente: Tesorería General del Estado. Dirección de Ingresos.

Independientemente de que ya se registran índices graves de contaminación en horas pico en la capital del Estado y algunos municipios como Uruapan y Lázaro Cárdenas, el Programa de Verificación Vehicular tiene un carácter preventivo. La



tendencia de crecimiento del parque vehicular es mayor al de la propia población de Michoacán. Actualmente en nuestra entidad circulan alrededor de un millón de unidades automotoras, ver Gráfica 2.3 [36].

Gráfica 2.3 Crecimiento del Parque Vehicular en el Estado de Michoacán



Elaborada con datos de la TGE (Dirección de Ingresos)

Fuente: http://www.michoacan.gob.mx/gobierno/verifica_prog.php

2.4 SERVICIOS PÚBLICOS

La cobertura de los servicios públicos de acuerdo a las apreciaciones del Ayuntamiento son:

Agua potable 98%

Drenaje 45%

Electrificación 95%

Pavimentación 35%

Alumbrado Público 80%



Recolección de Basura Si

Mercado 60%

Rastro 70%

Panteón 100%

Cloración del Agua 50%

Seguridad Pública 40%

Vías de Comunicación

El municipio cuenta con ferrocarril línea Salamanca - Lázaro Cárdenas, 142 km., de carreteras de las cuales 67 km, son vías pavimentadas, 63. 4 km., son carreteras secundarias y 11. 3 km, son caminos rurales. Se cuenta con un aeropuerto con una longitud de pista de 2,400 mts, además cuenta con oficinas de telégrafos, oficinas postales y teléfono.



CAPÍTULO 3

ACTIVIDAD ECONÓMICAS



3. ACTIVIDAD ECONÓMICA

3.1 PRINCIPALES SECTORES, PRODUCTOS Y SERVICIOS

Los sectores de económicos se dividen en tres; sector primario, secundario, terciario Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal se tiene la Tabla 3.1

Tabla 3.1 Población Económicamente Activa (PEA) por Sector de Actividad 2000.

SECTORES			% que Representa la PEA Ocupada
Sector Primario	Agricultura, Ganadería y Pesca	9,201	10.07%
Sector Secundario	Minería	86	0.09%
	Industria Manufacturera	13,483	14.75%
	Energía eléctrica y agua	518	0.56%
	Construcción	8,353	9.14%
Sector Terciario	Comercio	21,720	23.77%
	Trasnporte y comunicaciones	6,128	6.70%
	Servicios financieros	655	0.71%
	Actividad gobierno	2,704	2.95%
	Serv. De esparcimiento y cultura	822	0.89%
	Servicios profesionales	1,589	1.73%
	Servs. Inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles	370	0.40%
	Servicios de restaurantes y hoteles	4,826	5.28%
	Otros excepto gobierno	10,417	11.40%
	Apoyo a los negocios	734	0.80%
	Servicios Educativos	4,435	4.85%
	Servicios de salud y asistencia social	2,873	3.14%



Agricultura

Es una actividad preponderante en el municipio, siendo sus principales cultivos: el aguacate, la caña de azúcar, maíz, durazno, café, guayaba y hortalizas como jitomate, chile, calabacita.

Ganadería

La actividad pecuaria tiene una importancia regular, además se cría ganado bovino, porcino, caprino, equino, avícola y abejas.

Turismo

El potencial turístico del municipio es muy importante ya que los recursos naturales y arquitectónicos con los que cuenta aunado a la calidad de gente hacen de Uruapan un polo de desarrollo turístico altamente atractivo.

Comercio

El municipio cuenta con aproximadamente 1,158 comercios clasificados en 80 giros de los cuales el 11.6% son de abarrotes, el 8% farmacias, el 6.6% abarrotes con venta de vinos, el 5.7% tiendas de ropa, el 5.1% refaccionarais y accesorios para autos y aviones, el 4.8% son papelería e imprentas, el 4.5% de zapaterías y el 4.3 por ciento de ferreterías.

Servicios

La capacidad de estos en la cabecera municipal son suficientes para atender la demanda, contando con 378 empresas de servicios representadas de la siguiente forma: 15% cafeterías y restaurantes, 9% hoteles, 7.5% constructoras, 7% de servicios profesionales y el 5% pensiones y estacionamientos.



CAPÍTULO 4

CONTAMINANTES

DEL AIRE



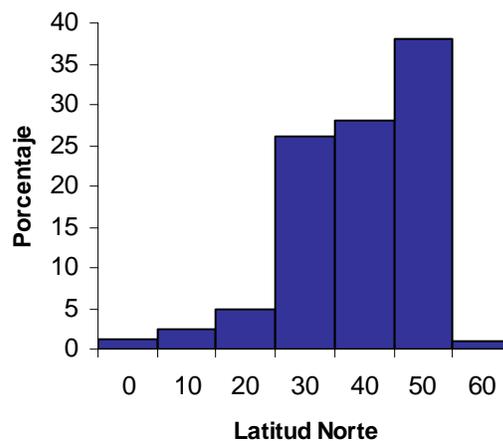
4. CONTAMINANTES DEL AIRE

4.1 ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La contaminación del aire en las grandes zonas urbanas es uno de los problemas más graves y con efectos duraderos sobre la salud de los habitantes, la de los ecosistemas en su conjunto, además de que se produce el deterioro de edificios, monumentos, estatuas y otras estructuras.

La mayor parte de la industria del mundo se encuentra en el hemisferio norte (más del 90%), y la gran mayoría de ésta se encuentre en las latitudes de 30°N y 60°N (Gráfica 4.1) [37]. En esta región, la emisión antropogénica es considerablemente más importante que la emisión natural.

Gráfica 4.1 Distribución del consumo de energía con la latitud para el hemisferio norte.



Fuente: W. Strauss/S.J. Mainwaring, "Contaminación del Aire".



Las principales enfermedades asociadas con la contaminación del aire son: enfermedades respiratorias, cardiovasculares y dérmicas; además, se generan las condiciones favorables para la propagación de epidemias.

El aire es una mezcla de varios gases que rodea la Tierra en una capa de varios kilómetros de altura. Su composición se muestra en la Tabla 4.1 [38].

Tabla 4.1 Componentes del aire

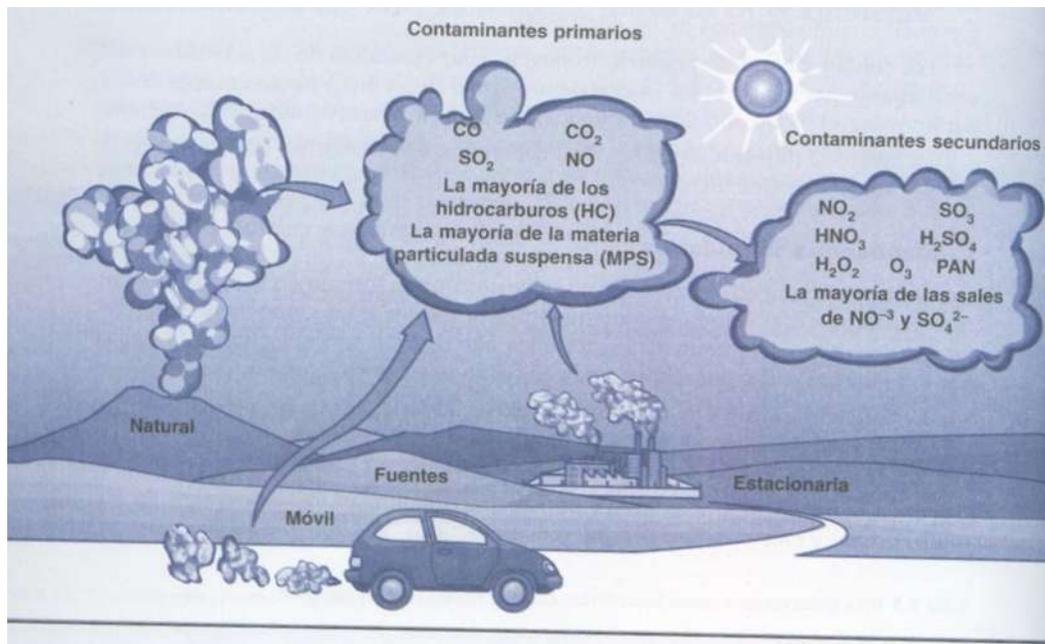
Gas	Porcentaje
Nitrógeno	78.48
Oxígeno	20.95
Argón	0.93
Bióxido de carbono	0.30
Neón	0.0018
Helio	0.0005
Criptón	0.0001
Hidrógeno	0.00005
Xenón	0.000008
Ozono	Variable
Vapor de agua	Variable

Fuente: Aurora Adame Romero, Daniel a. Salín pascual, "CONTAMINACION AMBIENTAL"

Existe la contaminación del aire cuando los elementos que lo conforman sufren alteraciones o cuando se presentan sustancias extrañas en el mismo, de acuerdo con su origen, se pueden clasificar en contaminantes primarios y secundarios (ver Figura 4.1) [39].



Figura 4.1 Origen de los contaminantes primarios y secundarios del aire atmosférico



Fuente: Alfaro/Limón/Martínez/Ramos/Tijerina, "Ciencias del Ambiente"

4.1.1 CONTAMINANTES PRIMARIOS.

Los contaminantes primarios es aquél que se emite a la atmósfera directamente de la fuente y mantiene la misma forma química y pueden ser de origen natural o antropogénico, por ejemplo cenizas de la quema de residuos sólidos. Los contaminantes de origen natural o geogénico son resultados de procesos naturales como el **dióxido de azufre** (SO₂) y partículas sólidas de erupciones volcánicas, el polen de las flores y esencias, como terpenos de las coníferas.

Los contaminantes de origen antropogénico son producto de las actividades del ser humano; por ejemplo, los óxidos de nitrógeno (NO y NO₂) de los escapes de los automóviles, el monóxido de carbono (CO) de las chimeneas de industrias, etcétera. La Tabla 4.2 muestra los principales contaminantes primarios, sus efectos en la salud y sus principales fuentes [39].

**Tabla 4.2** Contaminantes primarios, efectos y fuentes.

Contaminante	Efecto en la salud y el ambiente	Fuentes principales
Óxidos de nitrógeno: NO, NO ₂	Afectan el sistema respiratorio	Plantas generadoras de energía (combustión de carbón y petróleo a alta temperatura)
Monóxido de carbono CO	Impide el transporte de oxígeno en la sangre, causa daños en los sistemas nervioso central y cardiovascular.	
Dióxido de carbono CO ₂	Contribuye al efecto invernadero	Consumo de gasolina petróleo y carbón
Compuestos orgánicos volátiles, semivolátiles e hidrocarburos aromáticos	Algunos tienen propiedades cancerígenas Además participan en la formación de contaminantes secundarios	
Óxidos de azufre SO ₂ y SO ₃	Causan daños en los sistemas nervioso central y cardiovascular Además participan en la formación de contaminantes secundarios	Combustión de carbón, combustóleo y petróleo con azufre
Plomo	Afecta el sistema nervioso y produce enfermedades como el saturnismo	Combustión de la gasolina, industria química
Partículas suspendidas de materia o PSM	Afectan los sistemas respiratorio, nervioso central y renal; sirven como medio de transporte para metales pesados y especies orgánicas tóxicas	Actividades industriales, transporte urbano y origen natural

Fuente: Alfaro/Limón/Martínez/Ramos/Reyes/Tijerina, "Ciencias del Ambiente"

4.1.2 CONTAMINANTES SECUNDARIOS

Los contaminantes secundarios son compuestos que se forman en la atmósfera por reacciones químicas entre los contaminantes primarios y los componentes naturales del aire. Específicamente, las reacciones que ocurren son inducidas o iniciadas por la radiación solar; por ello se conocen como reacciones fotoquímicas, por ejemplo el ozono que se produce cuando los vapores orgánicos reaccionan con los óxidos de nitrógeno en presencia de luz solar.

La concentración de los contaminantes secundarios en la atmósfera depende principalmente de las condiciones climáticas como son; la temperatura, intensidad de la radiación solar, vientos, humedad y de la presencia de los contaminantes primarios.



En la Tabla 4.3 se enumeran los principales contaminantes secundarios, así como su origen y efectos sobre la salud y el ambiente [39].

Tabla 4.3 Principales contaminantes secundarios, origen y efectos sobre el ambiente.

Contaminantes	Origen (precursores)	Efectos sobre la salud y el ambiente
Tritóxidos de azufre, ácido Sulfúrico y sales de nitratos	Dióxido de azufre (SO ₂)	Componentes de la lluvia ácida Causan enfermedades respiratorias
Ácido nítrico y sales de nitratos	Óxidos de nitrógeno (NO Y NO ₂)	Inhiben el crecimiento de las plantas al depositarse como lluvia ácida
Ozono (O ₃) Nitratos de peroxiacilo (PAN)	Compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno y radiación solar	Forman lo que se le conoce como smog fotoquímico Causan irritación en la piel y en las vías respiratorias

Fuente: Alfaro/Limón/Martinez/Ramos/Reyes/Tijerina, "Ciencias del Ambiente"

4.2 CONTAMINANTES CRITERIO

Los contaminantes de aire también se han clasificado como **contaminantes criterio** y **contaminantes no criterio**. Los contaminantes criterio son los que se han identificado como comunes y perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos. Se les llamó contaminantes criterio porque fueron objeto de estudios publicados en documentos de calidad del aire. Los contaminantes criterios son:

4.2.1 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Este gas es una combinación de carbono y oxígeno, inodoro e incoloro. El monóxido de carbono se produce como consecuencia de la combustión incompleta de combustibles a base de carbono, tales como la gasolina, el petróleo y la leña, y de la



de productos naturales y sintéticos, como por ejemplo el humo de cigarrillos. Se lo halla en altas concentraciones en lugares cerrados, como por ejemplo garajes y túneles con mal ventilados, e incluso en caminos de tránsito congestionado.}

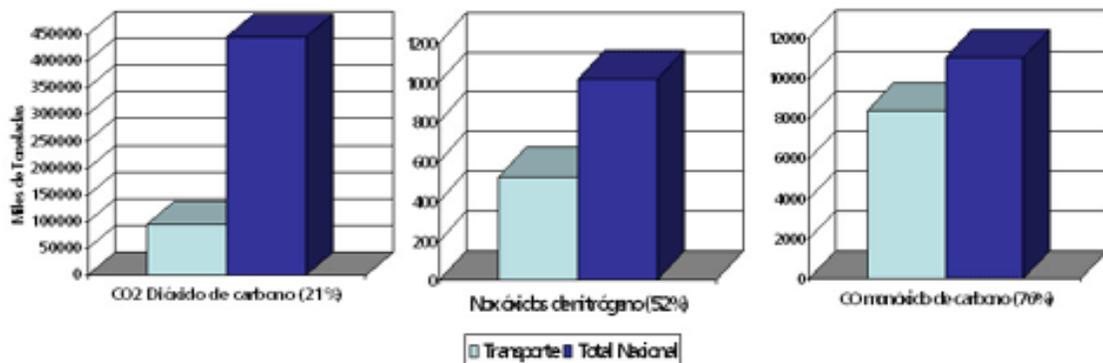
Cuando una persona constantemente respira monóxido de carbono, se crea en ella un estado de intoxicación permanente. Algunos síntomas leves de esta intoxicación son náuseas, debilidad, dolor de cabeza y mareo.



Figura 4.2 De cada 1 000 litros de gasolina quemada por los automóviles, resultan casi 375 Kg de monóxido de carbono expelidos a la atmósfera [40].

Fuente: "Action on Ozone", United Nation Environment Programme", Information and Public Affairs Branch, Nairobi, Kenya, 1993, 26 pp.

Gráfica 4.2 El transporte como fuente generadora de gases de efecto invernadero en el año 1990 a nivel nacional.



Fuente: Semarnat, Instituto Nacional de Ecología, México, D.F. 1999



4.2.2 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂).

Es el principal gas causante del efecto invernadero. Se origina a partir de la combustión de carbón, petróleo y gas natural. En estado líquido o sólido produce quemaduras, congelación de tejidos y ceguera. La inhalación es tóxica si se encuentra en altas concentraciones, pudiendo causar incremento del ritmo respiratorio, desvanecimiento e incluso la muerte.

4.2.3 CLOROFLUORCARBONOS (CFC).

Son sustancias químicas que se utilizan en gran cantidad en la industria, en sistemas de refrigeración y aire acondicionado y en la elaboración de bienes de consumo. Cuando son liberados a la atmósfera, ascienden hasta la estratosfera. Una vez allí, los CFC producen reacciones químicas que dan lugar a la reducción de la capa de ozono que protege la superficie de la Tierra de los rayos solares. La reducción de las emisiones de CFC y la suspensión de la producción de productos químicos que destruyen la capa de ozono constituyen pasos fundamentales para la preservación de la estratosfera.

4.2.4 CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS PELIGROSOS (HAP).

Son compuestos químicos que afectan la salud y el medio ambiente. Las emanaciones masivas –como el desastre que tuvo lugar en una fábrica de agroquímicos en Bhopal, India, pueden causar cáncer, malformaciones congénitas, trastornos del sistema nervioso y hasta la muerte.

Las emisiones de HAP provienen de fuentes tales como fábricas de productos químicos, productos para limpieza en seco, imprentas y vehículos (automóviles, camiones, autobuses y aviones).



4.2.5 PLOMO.

Es un metal de alta toxicidad que ocasiona una diversidad de trastornos, especialmente en niños pequeños. Puede afectar el sistema nervioso y causar problemas digestivos. Ciertos productos químicos que contienen plomo son cancerígenos. El plomo también ocasiona daños a la fauna y flora silvestres.

El contenido de plomo de la gasolina se ha ido eliminando gradualmente, lo que ha reducido considerablemente la contaminación del aire. Sin embargo, la inhalación e ingestión de plomo puede tener lugar a partir de otras fuentes, tales como la pintura para paredes y automóviles, los procesos de fundición, la fabricación de baterías de plomo, los señuelos de pesca, ciertas partes de las balas, algunos artículos de cerámica, las persianas venecianas, las cañerías de agua y algunas tinturas para el cabello.

4.2.6 OZONO (O₃).

Este gas es una variedad de oxígeno, que, a diferencia de éste, contiene tres átomos de oxígeno en lugar de dos. El ozono de las capas superiores de la atmósfera, donde se forma de manera espontánea, constituye la llamada “capa de ozono”, la cual protege la tierra de la acción de los rayos ultravioletas. Sin embargo, a nivel del suelo, el ozono es un contaminante de alta toxicidad que afecta la salud, el medio ambiente, los cultivos y una amplia diversidad de materiales naturales y sintéticos. El ozono produce irritación del tracto respiratorio, dolor en el pecho, tos persistente, incapacidad de respirar profundamente y un aumento de la propensión a contraer infecciones pulmonares. A nivel de medio ambiente, es perjudicial para los árboles y reduce la visibilidad.

El ozono que se halla a nivel del suelo proviene de la descomposición (oxidación) de los compuestos orgánicos volátiles de los solventes, de las reacciones entre sustancias químicas resultantes de la combustión del carbón, gasolina y otros combustibles y de las sustancias componentes de las pinturas y spray para el



cabello. La oxidación se produce rápidamente a alta temperatura ambiente. Los vehículos y la industria constituyen las principales fuentes del ozono a nivel del suelo.

4.2.6.1 DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR EL OZONO

A pesar de que el dióxido de azufre sigue siendo uno de los contaminantes mas importantes en la degradación de materiales, hay otros contaminantes (el ozono uno de ellos) cuyo efectos están cobrando importancia debido al descenso de las emisiones de SO₂. El ozono junto con otros foto-oxidantes químicos daña materiales de muchos tipos atacando tanto su funcionalidad como su estética. El ozono es lo suficiente activo químicamente que incluso afecta materiales expuestos a bajas concentraciones.

4.2.6.2 EFECTO SOBRE LOS METALES Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

En contraste con el efecto provocado en los materiales orgánicos, el ozono por si solo tiene poca capacidad de afectar a los materiales inorgánicas. En este caso, el impacto del ozono en metales o materiales de construcción es básicamente el resultado de impacto del ozono en metales o materiales de construcción es básicamente el resultado de una sinergia con el SO₂. La corrosión de metales como el zinc, aluminio, níquel, cobre y hierro se ve acelerada en las presencia de ozono y SO₂. Sin embargo, el ozono por si solo, parece tener poco efecto en la corrosión de los metales.

El mecanismo por el cual se produce la sinergia es que el ozono reacciona con los enlaces débiles del azufre en la superficie del metal. La formación del sulfato crea una disolución electrolítica que tiene un poder corrosivo en la superficie del metal. La formación del sulfato crea una disolución electrolítica que tiene un poder corrosivo en



la superficie oxidada protectora del metal, exponiendo el metal sobre la capa a la acción de la corrosión.

Los materiales de construcción como el mármol, arenisca, caliza, ladrillo, hormigón y grava también se ven afectados por la sinergia que existe entre el ozono y el SO_2 . El ozono se comporta como oxidante que transforma el dióxido de azufre en sulfato, el cual reacciona con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ o el CaCO_3 formando yeso que cristaliza en los poros del material de construcción.

4.2.6.3 EFECTOS SOBRE PINTURAS

El ozono tiene la capacidad de erosionar superficies revestidas de pinturas o lacas reaccionando con basa o con el pigmento de forma similar a como la hacían con los materiales elásticos. El resultado del daño ocasionado se muestra como erosión de la pintura, agrietamiento, desconchaditas y decoloración.

El ozono solo provoca agresión a elevadas concentraciones. Las pinturas domesticas en base aceites son las mas susceptibles ante el ozono, mientras que los acabados y pinturas de automóviles solo los mas resistentes ante el ozono.

Otros factores que contribuyen a la erosión de las pinturas es la temperatura, humedad y duración de la humedad, insolación, velocidad del viento y la presencia de otros contaminantes ambientales. Estos factores tienen un mayor efecto en la erosión de pinturas que el ozono únicamente.

4.2.7 OXIDO DE NITRÓGENO (NO_x).

Proviene de la combustión de la gasolina, el carbón y otros combustibles. Es uno de los principales causas del smog y la lluvia ácida. El primero se produce por la reacción de los óxidos de nitrógeno con compuestos orgánicos volátiles. En altas



concentraciones, el smog puede producir dificultades respiratorias en las personas asmáticas, accesos de tos en los niños y trastornos en general del sistema respiratorio. La lluvia ácida afecta la vegetación y altera la composición química del agua de los lagos y ríos, haciéndola potencialmente inhabitable para las bacterias, excepto para aquellas que tienen tolerancia a los ácidos.

4.2.7.1 EFECTOS DE LOS ÓXIDOS DE NITRÓGENO

El dióxido de nitrógeno no causa daños directos en circunstancias normales, pero sin embargo, reacciona con el agua para dar ácido nítrico (HNO_3), que resulta ser un ácido fuerte y un agente corrosivo. Por lo tanto, afecta a los materiales acelerando la corrosión de los metales.

El NO_2 deteriora las piedras calcáreas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ y CaCO_3) mediante ataque ácido. El NO_2 se oxida en presencia de agua para formar nitrato calcio, que es soluble y es rápidamente eliminado de la superficie de la piedra.

El NO_2 en presencia de SO_2 produce un efecto sinérgico en los daños por corrosión producidos por este último [41].

4.2.8 PARTÍCULAS.

En esta categoría se incluye todo tipo de materia sólida en suspensión en forma de humo, polvo y vapores. Además, de reducir la visibilidad y la cubierta del suelo, la inhalación de estas partículas microscópicas, que se alojan en el tejido pulmonar, es causante de diversas enfermedades respiratorias. Las partículas en suspensión también son las principales causantes de la neblina, la cual reduce la visibilidad.



Las partículas de la atmósfera provienen de diversos orígenes, entre los cuales podemos mencionar la combustión de diesel en camiones y autobuses, los combustibles fósiles, la mezcla y aplicación de fertilizantes y agroquímicos, la construcción de caminos, la fabricación de acero, la actividad minera, la quema de rastrojos y malezas y las chimeneas de hogar y estufas a leña.

4.2.9 DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂).

Es un gas inodoro cuando se halla en bajas concentraciones, pero en alta concentración despide un olor muy fuerte. Se produce por la combustión de carbón, especialmente en usinas térmicas. También proviene de ciertos procesos industriales, tales como la fabricación de papel y la fundición de metales. Al igual que los óxidos de nitrógeno, el dióxido de azufre es uno de los principales causantes del smog y la lluvia ácida. Está estrechamente relacionado con el ácido sulfúrico, que es un ácido fuerte. Puede causar daños en la vegetación y en los metales y ocasionar trastornos pulmonares permanentes y problemas respiratorios.

4.2.9.1 EFECTOS SOBRE LOS MATERIALES

Cada vez se está prestando más atención, tanto por sus repercusiones económicas como por los daños irreparables que causa sobre los objetos y los monumentos de alto valor histórico-artístico, a los efectos que la contaminación atmosférica produce sobre los materiales.

La acción de los contaminantes atmosféricos sobre los materiales puede manifestarse por la sedimentación de partículas sobre la superficie de los mismos, afeando su aspecto externo, o por ataque químico al reaccionar el contaminante con el material. Los SO_x causan daños a muchos tipos de materiales, bien directa o indirectamente. Un alto contenido de SO_x en el aire produce la aceleración de la corrosión de los metales tales como el acero al carbono, zinc, acero galvanizado,



compuestos del cobre, níquel y aluminio. Esta aceleración se ve favorecida por la presencia de partículas depositadas por la humedad y por la temperatura.

En general, puede señalarse que la corrosividad de una atmósfera depende de condiciones meteorológicas y factores de contaminación. Se han observado correlaciones entre tasas de corrosión en metales y concentraciones de SO_2 en la atmósfera, dándose las tasas altas de corrosión en zonas industrializadas. Las nieblas de ácido sulfúrico procedentes de la conversión catalítica del SO_2 a SO_3 en la atmósfera, atacan a los materiales de construcción como el mármol, la caliza y la argamasa, convirtiendo los carbonatos en sulfatos solubles en el agua de lluvia. Esto unido a que el volumen específico de los sulfatos es mayor que el de los carbonatos, hace que en la piedra aparezcan escamas y se debilite mecánicamente.

Los compuestos de azufre pueden producir daños en pinturas plásticas, papel, fibras textiles y sobre los contactos eléctricos de los sistemas electrónicos, dando lugar a deficiencias en su funcionamiento. La acción de los oxidantes fotoquímicos se produce sobre todo en los cauchos y elastómeros en los que causan un rápido envejecimiento y agrietamiento. Los óxidos de nitrógeno decoloran y estropean las fibras textiles y los nitratos producen la corrosión de las aleaciones de cupro-níquel [42].

4.2.10 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (VOC).

Son sustancias químicas orgánicas. Todos los compuestos orgánicos contienen carbono y constituyen los componentes básicos de la materia viviente y de todo derivado de la misma. Muchos de los compuestos orgánicos que utilizamos no se hallan en la naturaleza, sino que se obtienen sintéticamente. Los compuestos químicos volátiles emiten vapores con gran facilidad. La emanación de vapores de compuestos líquidos se produce rápidamente a temperatura ambiente.



Los VOC incluyen la gasolina, compuestos industriales como el benceno, solventes como el tolueno, xileno y percloroetileno (el solvente que más se utiliza para la limpieza en seco). Los VOC emanan de la combustión de gasolina, leña, carbón y gas natural, y de solventes, pinturas, colas y otros productos que se utilizan en el hogar o en la industria. Las emanaciones de los vehículos constituyen una importante fuente de VOC. Muchos compuestos orgánicos volátiles son peligrosos contaminantes del aire. Por ejemplo, el benceno tiene efectos cancerígenos.

Para cada contaminante criterio se han establecido **normas** que establecen las concentraciones máximas permisibles de los contaminantes atmosféricos durante un período definido (Tabla 4.4). Son los valores límite diseñados con un margen de protección ante los riesgos. La finalidad de las normas es proteger la salud humana y proteger el bienestar del ser humano y los ecosistemas. En el capítulo 5 se describen la especificaciones de cada norma.

Tabla 4.4 Normas para evaluar la calidad del Aire en México

CONTAMINANTE	NORMA
O ₃	NOM-020-SSA1-1993
CO	NOM-021-SSA1-1993
SO ₂	NOM-022-SSA1-1993
NO ₂	NOM-023-SSA1-1993
PST	NOM-024-SSA1-1993
PM-10	NOM-025-SSA1-1993
Pb	NOM-026-SSA1-1993

4.3 CONTAMINANTES EMITIDOS POR LOS VEHÍCULOS AUTOMOTRICES

En las últimas décadas, el automóvil ha aparecido de forma masiva en las ciudades, contribuyendo a incrementar los problemas de contaminación atmosférica como consecuencia de los gases contaminantes que se emiten por los tubos de



escape. Los principales contaminantes lanzados por los automóviles son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos no quemados (HC), y compuestos de plomo.

No todos los vehículos lanzan los distintos tipos de contaminantes en las mismas proporciones; éstas dependerán del tipo de motor que se utilice. Los vehículos que emplean gasolina como carburante emiten principalmente monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y compuestos de plomo. La emisión de este último tipo de contaminante se debe a la presencia en algunos tipos de gasolina de tetraetilo de plomo, aditivo que se añade para aumentar su índice de octano.

Los principales contaminantes emitidos por los vehículos que utilizan motores de ciclo diésel (camiones y autobuses, por ejemplo) son partículas sólidas en forma de hollín que da lugar a los humos negros, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno y anhídrido sulfuroso procedente del azufre contenido en el combustible.

4.4 CALEFACCIONES DOMÉSTICAS

Las instalaciones de calefacción domésticas son una de las principales fuentes de contaminación atmosférica de las grandes ciudades. Este tipo de fuentes puede contribuir con un 20 a 30% de las emisiones totales a la atmósfera en áreas urbanas. Los principales contaminantes producidos dependen del tipo de combustible empleado [43].

En el caso del carbón los principales contaminantes producidos son: anhídrido sulfuroso, cenizas volantes, hollines, metales pesados y óxidos de nitrógeno. Cuando el combustible empleado es líquido (gasóleo o gasoil), los principales contaminantes emitidos son: SO₂, SO₃, NO_x, hidrocarburos volátiles no quemados y partículas carbonosas.



El gas natural es el combustible más limpio de los actualmente disponibles para calefacción, siendo su producción de contaminantes despreciable respecto a los otros combustibles. A la introducción masiva del gas para calefacciones domésticas, sustituyendo al carbón y al gasoil anteriormente utilizado, se debe en gran parte el éxito del Plan de Descontaminación Atmosférica de la ciudad de Londres (Gran Bretaña).

4.5 CALDERAS INDUSTRIALES DE GENERACIÓN DE CALOR

Entre las distintas fuentes de contaminación atmosférica de origen industrial, la combustión de combustibles fósiles para la generación de calor y electricidad ocupa un lugar preponderante, tanto por la cantidad como por los tipos de contaminantes emitidos. Especial atención merecen las centrales térmicas de producción de electricidad.

Los combustibles utilizados por este tipo de instalaciones son el carbón y el fuel-oil. La producción de contaminantes depende en gran medida de la calidad del combustible, en especial de las proporciones de azufre y cenizas contenidas en el mismo y del tipo de proceso de combustión empleado.

Durante el proceso de combustión se libera a la atmósfera el azufre contenido en el combustible en forma de anhídrido sulfuroso. Junto con otros contaminantes como óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, metales pesados y una gran variedad de sustancias. Cuando se utiliza como combustible el carbón, se emiten abundantes partículas finas que pueden ser trasladadas a grandes distancias.



4.6 CONTAMINANTES EMITIDOS POR LA INDUSTRIA



La contaminación de origen industrial se caracteriza por la gran cantidad de contaminantes producidos en las distintas fases de los procesos industriales y por la variedad de los mismos. Por otra parte, en las fuentes de emisión industriales se suelen combinar las emisiones puntuales, fácilmente controlables, con emisiones difusas de difícil control [44].

Los tipos de contaminantes producidos por las fuentes industriales dependen fundamentalmente del tipo de proceso de producción empleado, de la tecnología utilizada y de las materias primas usadas. Las actividades industriales que producen contaminantes atmosféricos son muy variadas, pero los principales fuentes están en los procesos productivos utilizados en las industrias básicas. Entre los sectores que dan lugar a la mayor emisión de contaminantes atmosféricos podemos destacar:

La siderurgia integral. Produce todo tipo de contaminantes y en cantidades importantes, siendo los principales: partículas, SO_x , CO, NO_x , fluoruros y humos rojos (óxidos de hierro).

Refinerías de petróleo. Producen principalmente: SO_x , HC, CO, NO_x , amoníaco, humos y partículas.

Industria química. Produce, dependiendo del tipo de proceso empleado: SO_2 , nieblas de ácidos sulfúrico, nítrico y fosfórico y da lugar a la producción de olores desagradables.

Industrias básicas del aluminio y derivados del fluor. Producen emisiones de contaminantes derivados del flúor.



4.7 LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DE AIRE

4.7.1 EL SMOG

El smog es una mezcla de contaminantes, acumulados por un tiempo prolongado en el aire de una ciudad, y que se percibe como una niebla o humo asfixiante. El estancamiento de los contaminantes en una ciudad es consecuencia de las condiciones meteorológicas locales y puede verse favorecido por las condiciones geográficas del lugar [44].

La formación de smog se presenta con mayor frecuencia en las grandes zonas urbanas ubicadas en valles y rodeadas por montañas. Si los vientos están en calma, los contaminantes pueden quedar atrapados por efectos de la **inversión térmica**.

4.7.1.1 SMOG INDUSTRIAL

También se conoce como smog de Londres y se debe a los ácidos de azufre (SO_2 Y SO_3) y partículas suspendidas de materia (PSM). Su color es grisáceo y se presenta en invierno, en las ciudades donde se genera eléctrica a partir de combustibles con alto contenido de azufre. Este problema se presentó a principios del siglo XX, Chicago y Pittsburg, donde se quemaron grandes cantidades de carbón y petróleo pesado con impurezas de azufre, en plantas industriales para generar energía eléctrica y calefacción [45]. En la actualidad, rara vez se manifiesta este tipo de contaminación ya que se ha desarrollado tecnología para evitar o reducir al máximo la emisión de óxidos de azufre durante la combustión de carbono y petróleo. No obstante, este no es el caso para unos países como China, Polonia y otros de Europa oriental.

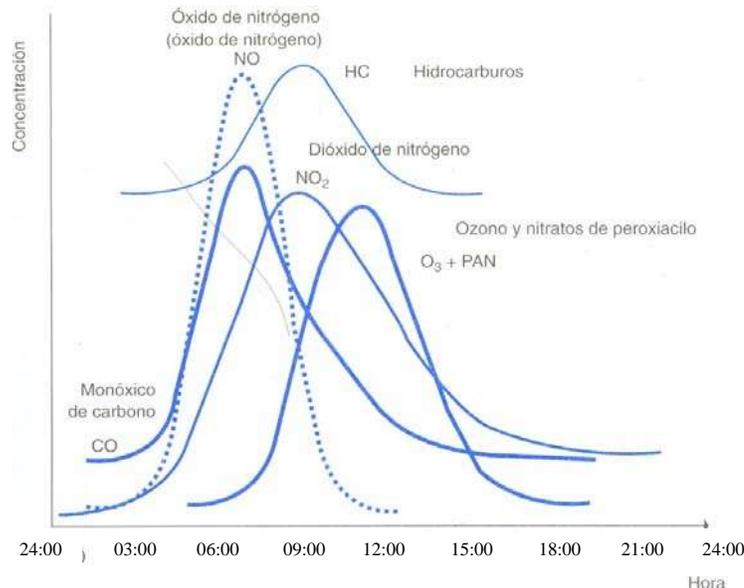


4.7.1.2 SMOG FOTOQUÍMICO

También se conoce como smog de los Ángeles o de la Ciudad de México. Sus principales constituyentes son el ozono (O_3) y los nitratos de peroxiacilo (PAN) que se generan por la acción de la luz solar sobre hidrocarburos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno. De hecho en todas las ciudades modernas se presentan problemas de smog fotoquímico, que se intensifican en verano y cuando se presenta un alto tráfico vehicular.

La formación de ozono y de nitratos de peroxiacilo requiere una serie de reacciones químicas y fotoquímicas que tienen lugar por las mañanas cuando se combina el intenso tráfico vehicular con la radiación solar. La Figura 4.3 ilustra la variación temporal de los óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, ozono y PAN en la atmósfera de una ciudad occidental típica [46].

Figura 4.3 Variación temporal de los contaminantes fotoquímicos en una ciudad típica



Fuente: Enkerline E., Cano, G., et al., "Ciencia Ambiental y Desarrollo Sostenible", Internacional Thomson Editores, México, 1997



La reacción que da inicio a la formación del smog fotoquímico ocurre por las mañanas, dentro del motor de los automóviles, cuando al ponerlos en marcha ocurre la combustión de la gasolina y la emisión de oxido de nitrógeno y de compuestos orgánicos de la gasolina que no se alcanzan a quemar. La concentración de estos gases llega a su máximo entre 6:00 y 7:00 a.m. En esta hora, el tráfico vehicular es intenso, debido a la movilización de las personas hacia sus lugares de trabajo o de estudio (Figura 4.3). Con la aparición de los rayos solares ocurre, la conversión de oxido de nitrógeno en dióxido de nitrógeno (NO_2), este ultimo alcanza su concentración máxima a las 10:00 a.m.

El proceso concluye con las reacciones que forman el ozono y los nitratos de peroxiacilo. Estas se inician alrededor de las 10:00 a.m., cuando existe una elevada concentración de dióxido de nitrógeno, de compuestos orgánicos y la radiación solar es intensa. La concentración máxima de los contaminantes fotoquímicos se produce cerca del mediodía.

Por la tarde, conforme disminuye la intensidad de la radiación solar, baja los niveles de O_3 y PAN en la atmósfera. Esta situación se origina, a pesar de que el tráfico vehicular se intensifica una vez más (alrededor de las 6:00 p.m.), cuando las personas regresan a sus actividades.

4.7.2 ISLA DE CALOR URBANA

Conforme las áreas urbanas crecen o se fusionan y forman áreas metropolitanas, aumentan los problemas ambientales. Un problema que a menudo pasa desapercibido para los habitantes de una gran área urbana es la alteración del clima local. Se ha demostrado que la temperatura, la precipitación y la nubosidad suelen ser mas altas en las áreas urbanas que en los suburbios y zonas rurales vecinas.



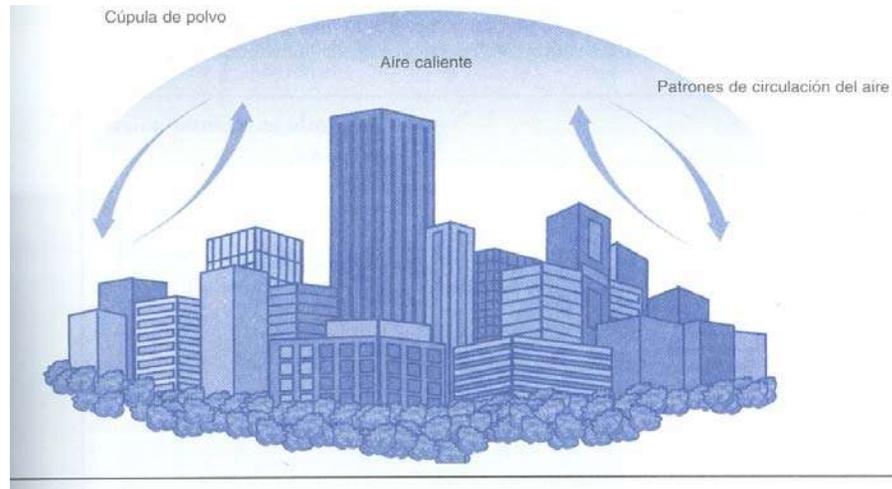
En una gran ciudad se combinan diferentes ingredientes para el almacenamiento de calor. Por un lado, se tienen automóviles, fabricas, sistemas de calefacción, alumbrado y los habitantes, que generan calor. Por otro lado, los edificios altos, el asfalto de las calles y de grandes áreas como los estacionamientos absorben el calor y obstruyen el paso de los vientos refrescante. En caso de lluvias, el agua escurre con rapidez, de modo que se reducen las posibilidades de un enfriamiento del aire por evaporación.

Este calentamiento atmosférico se conoce como “isla urbana de calor” y es un efecto microclimático típico de las grandes ciudades, que son “isla de calor” en comparación con los alrededores rurales tanto en verano como en invierno. La región así atrapada en la isla posee una cúpula de calor, en donde se quedan atrapados contaminantes, en especial partículas sólidas suspendidas, creando una cúpula o domo de polvo sobre las áreas urbanas. La Figura 4.4 muestra los diferentes componentes de una isla urbana de calor [39].

En consecuencia, la concentración de materia particulada suspendida sobre grandes áreas urbanas con actividades industriales puede ser hasta más de 1000 veces que las que se registran sobre áreas rurales [47]. La cúpula de polvo se puede alargar por la acción de los vientos y formar un penacho de polvo que transporta los contaminantes de las zonas urbanas sobre áreas rurales e incluso hasta otras zonas urbanas localizadas a cientos de kilómetros de distancia.



Figura 4.4 Isla urbana de calor y cúpula de polvo sobre una ciudad



Fuente: Alfaro/Limón/Martínez/Ramos/Tijerina, "Ciencias del Ambiente"

Cuando las grandes áreas metropolitanas crecen hasta fusionarse con otras similares se forma una megalópolis. En estas condiciones se desarrollan islas de calor regionales que afectan el clima de una región y evitan la limpieza adecuada de la atmósfera. Un ejemplo internacional de este fenómeno es la urbanización del espacio abierto entre las ciudades de Boston y Washington. En el ámbito regional, se podría formar una megalópolis al crecer las ciudades de Monterrey y Saltillo, hasta fusionarse.

4.7.3 INVERSIÓN TÉRMICA.

La mayoría de los contaminantes del aire están contenidos en gases que, al producirse por medio de la combustión son mucho más calientes que el aire circundante; en consecuencia, son ligeros y tienden a elevarse, los gases calientes se hacen menos densos y por consiguiente más ligeros que los fríos. Conforme los gases ascienden, se mezclan con el aire que los rodean se vuelven progresivamente más fríos y por lo tanto se elevan más despacio. La elevación de la mezcla de aire y



los gases de desecho que contienen a los contaminantes depende, entonces, de los cambios en la temperatura del aire mediante el incremento de la altura.

En la troposfera, la capa de la atmósfera más cercana a la corteza terrestre, la temperatura decrece con la altura, sobre el clima de montañas muy altas, la temperatura siempre es menor a 0°C y la nieve y el hielo son permanentes. Esto permite la difusión del aire caliente superficial hacia alturas mayores, que se intensifica en presencia de turbulencias. En este caso se considera que la atmósfera es inestable. La altura a la cual el aire caliente se eleva y mezcla con el aire más fresco hasta que encuentre su igual en temperaturas se llama *altura de mezclado*, y es el nivel superior para la dispersión de contaminación del aire.

La altura de mezclado está en función de las estaciones, la temperatura del suelo, la luz solar y otros factores meteorológicos. En un día claro de verano con luz solar, la altura de mezclado puede ser de varios miles de metros, mientras que en el invierno, con temperaturas más bajas para el suelo menos luz solar, puede ser tan solo de cien a doscientos metros, en la figura 4.5 se ilustran las alturas de mezclado para la ZMVM en el año 2004 [48].

Figura 4.5 Altura promedio mensual de la capa de mezclado en la ZMVM en el año 2004



Fuente: Claudia Sheinbaum Pardo, Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, "Inventario de la ZMVM", 2004.



Es obvio que una atmósfera inestable provoca mayor dispersión de contaminantes y una disminución de su concentración a bajas alturas.

Dependiendo del clima y de las condiciones topográficas de la región, se puede presentar el caso contrario es decir, que la temperatura aumente con la altura. En estas condiciones, habrá una capa de aire caliente sobre una de aire frío, lo que impide la difusión vertical del aire. Cuando ocurre esta situación, se dice que hay una inversión térmica. Es un fenómeno natural y representa una atmósfera estable, ya que la presencia de la capa de aire frío cerca del suelo le da gran estabilidad a la atmósfera porque prácticamente no hay convección térmica, ni fenómenos de transporte y difusión de gases y esto hace que disminuya la velocidad de mezclado vertical entre la región que hay entre las 2 capas frías de aire. En las Figuras 4.6 y 4.7 se describen las condiciones para que suceda la inversión térmica.

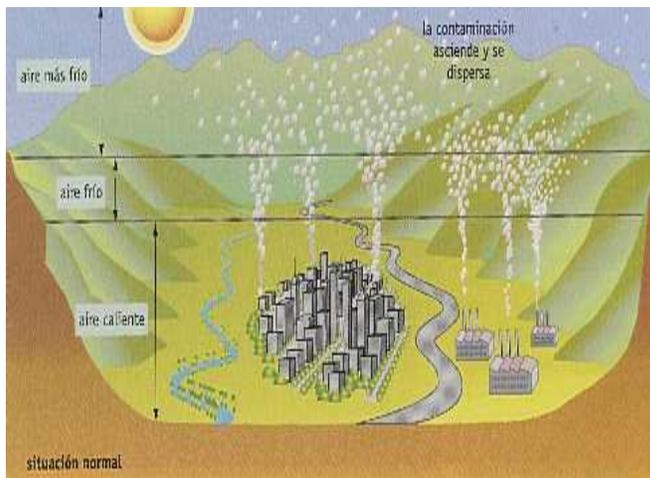


Figura 4.6 En la situación habitual de la atmósfera la temperatura desciende con la altitud lo que favorece que suba el aire más caliente (menos denso) y arrastre a los contaminantes hacia arriba [49].

Fuente: BUENO, J.L, "Contaminación e ingeniería ambiental"/ 5 vol. Oviedo ,1997

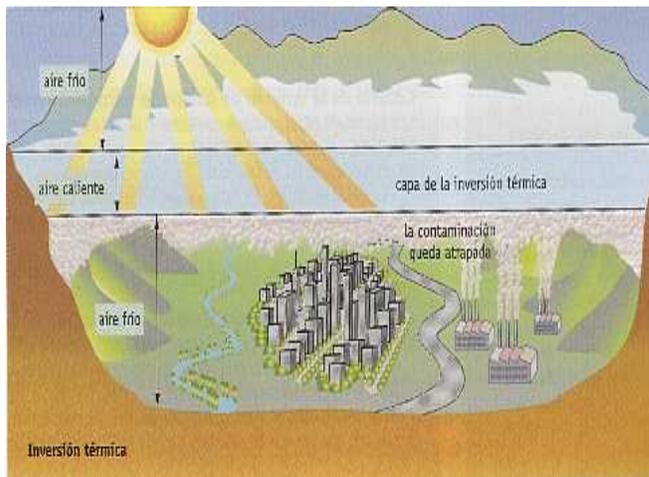


Fig. 4.7 En una situación de inversión térmica una capa de aire más cálido se sitúa sobre el aire superficial más frío e impide la ascensión de este último (más denso), por lo que la contaminación queda encerrada y va aumentando [49].

Fuente: BUENO, J.L, "Contaminación e ingeniería ambiental"/ 5 vol. Oviedo ,1997

4.7.3.1 INVERSIÓN TÉRMICA DE SUPERFICIE

Cuando la inversión térmica se produce a partir del suelo, se conoce como inversión de superficie. En esta situación, los contaminantes permanecen en una capa poco profunda y los vientos son siempre ligeros, de modo que se observan altas concentraciones de contaminantes cuando estos se emiten cerca del suelo.

Una inversión térmica se superficie puede suceder de diferentes formas, las más importantes son:

- Inversión por irradiación: se presenta normalmente por la noche, cuando la superficie terrestre se enfría al no recibir radiación solar y, por tanto, el aire que se encuentra en contacto con la superficie es mas frío que el que esta a mayor altura. Este tipo de inversión es común en noches despejadas y sin vientos. Generalmente, la inversión térmica se termina



(rompe) cuando se calienta el suelo y vuelve a emitir calor lo cual restablece la circulación normal en la troposfera.

- Inversión por advección: ocurre cuando una masa de aire caliente pasa sobre una superficie fría, como un lago o terrenos cubiertos por nieve. Este tipo de inversión sucede en las proximidades de una zona frontal, por ello se conoce también como invasión frontal.

4.7.3.2 INVERSIÓN TÉRMICA EN ALTO

Cuando la inversión se produce en una capa situada a una altura cualquiera, se denomina inversión en altura. La inversión por subsidencia es la más importante de esta clase.

- Inversión por subsidencia: se debe al ascenso de aire caliente cuando es reemplazado por una masa de aire frío que desciende sobre la superficie; los sistemas de altas presiones provocan esta inversión.

4.7.3.3 EFECTOS DE LA INVERSIÓN TÉRMICA EN UNA ZONA URBANA

La inversión térmica es un fenómeno natural que, en principio, se puede presentar cualquier día del año y a cualquier hora del día y que, debido a su carácter natural, no representa riesgo para la salud humana. Termina cuando los rayos solares alcanzan su máxima intensidad o cuando la velocidad del viento es mayor de 20 km/h.

La inversión térmica se vuelve peligrosa en una zona urbana, ya que la capa de aire caliente que cubre la región impide que se desarrollen corrientes de aire ascendentes que dispersarían los contaminantes. Esta situación se agrava en presencia de masas de aire de alta presión, que propician que una inversión se prolongue a varios días. En estas condiciones, los contaminantes del aire en la



superficie llegan a concentrarse hasta llegar a valores nocivos o letales para los seres vivos.

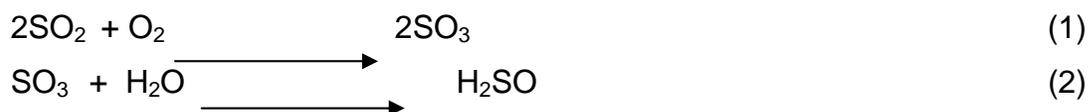
Una inversión térmica también puede ser peligrosa, ya que acentúa los efectos nocivos de las islas de calor urbano y las cúpulas de polvo que se forman sobre las áreas urbanas.

4.7.4 LLUVIA ÁCIDA

El término “lluvia ácida” podría sugerir que se trata de una precipitación líquida con un nivel de acidez más elevado de lo normal, tiene un pH inferior a 5.6 y puede ir hasta 2.5 y excepcionalmente 1.5. En realidad, este término se refiere a la precipitación húmeda o seca de partículas y a la condensación de vapores ácidos sobre la superficie terrestre. Para describir este fenómeno, también se utiliza el término “deposición ácida o deposición” ver Figura 4.8 [39].

El origen principal de la lluvia ácida es la quema de combustibles que contienen azufre. Así, el dióxido de azufre (SO_2), que es emitido como un subproducto de la quema de carbón o combustóleo, en presencia de oxígeno y catalizadores da lugar a la formación de trióxido de azufre (SO_3) y este, a su vez, a la aparición de sales sulfato (SO_4^{-2}) en la atmósfera, mismas que al combinarse con agua (H_2O) producen ácido sulfúrico (H_2SO_4)

Las ecuaciones (1) y (2) describen este proceso de una forma simplificada:



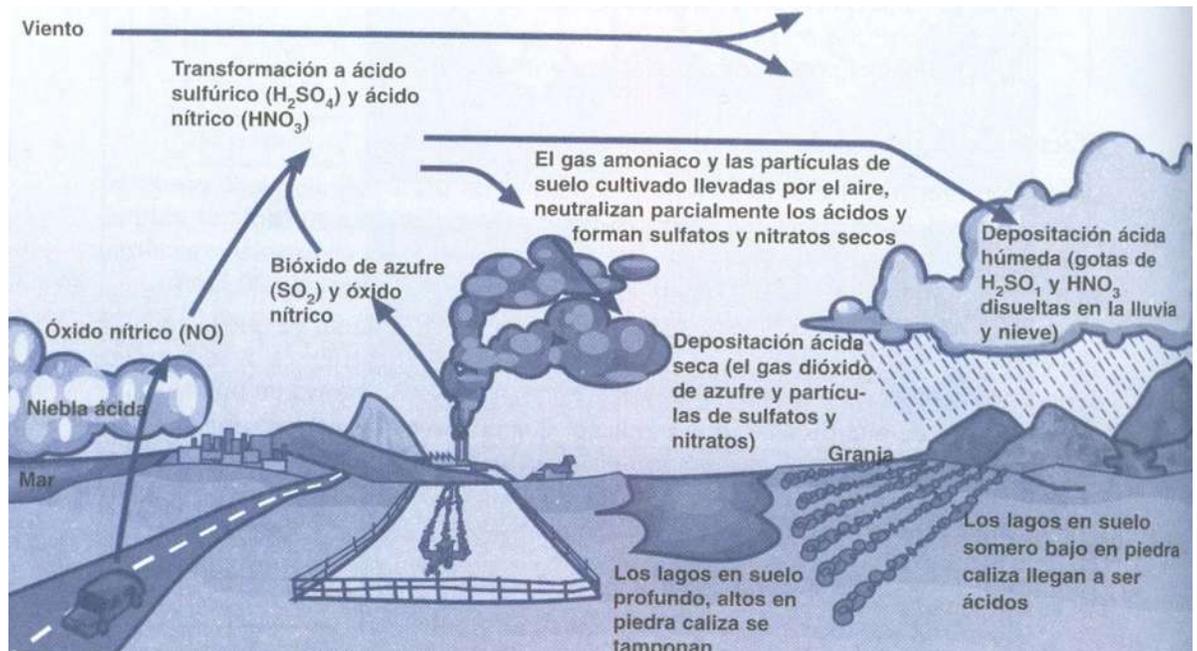
Los óxidos de nitrógeno (NO y NO_2) que se producen en los procesos de combustión a alta temperatura, como en automóviles y centrales eléctricas, también



contribuyen a la lluvia acida, ya que se pueden convertir en acido nítrico en la atmósfera mediante un proceso similar al del SO_2 .

Las principales fuentes móviles son los automóviles y estacionarias las chimeneas que producen materiales que pueden dar lugar a deposición acida, así como los mecanismos de transporte y transformación hasta que llegan a formar parte de deposiciones secas o húmedas, luego de combinarse con el H_2O atmosférico, ya sea en las nubes o al ser arrastrados por procesos de precipitación.

Figura 4.8 Contaminantes precursores de la lluvia ácida.



Fuente: Alfaro/Limón/Martínez/Ramos/Tijerina, "Ciencias del Ambiente".

Cuando las sustancias acidas alcanzan la superficie de la Tierra, se pueden depositar sobre las plantas, edificaciones o en el suelo. Gran parte penetran en los cuerpos de agua y pueden finalmente, conducir a un aumento en la acidez de arroyos, ríos, pantanos y lagos.



De esta forma, los lagos y lagunas tienden a convertirse en depósitos para algunos de estos compuestos ácidos que, además de depositarse con la lluvia, pueden ser transportados por la escorrentía superficial a estos cuerpos de agua. Otra forma de contaminación de los cuerpos de agua con sustancias ácidas ocurren en las temporadas de desaholce, durante la primavera, cuando al derretirse la nieve se libera el material ácido que se había acumulado en ella durante el invierno.

La distancia a la que se transportan los agentes contaminantes en la atmósfera depende de la estructura y de la dinámica atmosférica. Por ejemplo, el ambiente cercano a una planta termoeléctrica (1 a 2 Km.) se ve afectado negativamente por las emisiones ácidas de esta. Se puede presentar una decoloración en las hojas de los árboles o una disminución en las cosechas.

También es posible que los mecanismos de transporte de largo alcance lleven el material ácido hasta 10, 100 o más kilómetros de su origen, antes de su precipitación. Así, se hace difícil asociar los daños causados a la vegetación con la deposición ácida, además de que pueden ocurrir otros procesos químicos en el suelo.

La deposición ácida es un fenómeno conocido desde hace varias décadas, principalmente en las grandes ciudades y en la cercanía de las plantas industriales como las tándoras. En la actualidad, el fenómeno es mucho más extenso; por ejemplo, el pH anual promedio de la lluvia en algunas extensiones del este de Estados Unidos, sureste de Canadá y de Europa oriental varía entre 4 y 4.5. [50]

Casi todas las construcciones que hace el hombre como edificios, monumentos y maquinaria son corroídas por exposición prolongada a ácidos diluidos, sin embargo, sus efectos a largo plazo sobre la naturaleza son más importantes.



Este fenómeno también sucede en el valle de México. Su origen principal son los óxidos de azufre que provienen de la combustión del combustóleo que tiene alto contenido de azufre y es utilizado por la comisión federal de electricidad (CFE) para producir electricidad. Por ello, resulta claro que para las condiciones de contaminación que prevalecen en el Distrito Federal la lluvia resulta benéfica, ya que a su paso arrastra una gran cantidad de contaminantes, que de otra forma respirarían los habitantes de esa gran ciudad.[51]



CAPÍTULO 5 **EMISIONES ATMOSFERICAS**



5. EMISIONES ATMOSFÉRICAS

5.1 TIPO DE EMISIONES

Tradicionalmente se consideran como fuentes emisoras de contaminación atmosférica a dos grupos de gran importancia que se establecen de la siguiente forma [52]:

1. Naturales: erupciones volcánicas, incendios forestales no provocados por el hombre, tolvaneras, polen, bacterias, partículas orgánicas en descomposición y ozona entre otras.

2. Antropogénicas; que a su vez se pueden subdividir en tres grupos:
 - ❖ Fijas: fábricas, talleres en general, instalaciones nucleares, termoeléctricas, refinerías de petróleo, plantas procesadoras de cemento, fábricas de fertilizantes, fundiciones de hierro y acero, baños incineradores industriales, comerciales, domésticos y los de servicio público.

 - ❖ Móviles: plantas de emergencia generadoras de energía eléctrica, plantas elaboradores de concreto, vehículos de combustión interna como: automóviles aviones, locomotoras, barcos, motocicletas y similares.

 - ❖ Diversas: quema a cielo abierto de basura y residuos peligrosas o potencialmente peligrosos, uso de explosivos o cualquier tipo de combustión que produzca o pueda producir contaminación.



Si atendemos a la distribución espacial de la emisión de contaminantes, podemos clasificar las fuentes en: puntuales, tales como las chimeneas industriales aisladas; lineales, por ejemplo, las calles de una ciudad, las carreteras y autopistas; y de área, las aglomeraciones industriales y las áreas urbanas son los ejemplos más representativos.

En la Tabla 5.1 se muestra la proporción entre las emisiones primarias naturales y antropogénicas para los distintos contaminantes [52].

Tabla 5.1

Contaminante	Fuentes de emisión	
	Antropogénicas	Naturales
	%	%
Aerosoles	11.3	88.7
SOx	42.9	57.1
CO	9.4	90.6
NO	11.3	88.7
HC	15.5	84.5

Fuente: José E. Marcano, "Educación ambiental en la República Dominicana", Pagina de Internet <http://www.jmarcano.com/index.html>.

Las cifras anteriores muestran la gran importancia que, en cuanto a emisiones globales, tienen las fuentes naturales de emisión de contaminantes en relación con las antropogénicas, excepto en el caso de las emisiones de anhídrido sulfuroso en que casi se igualan ambas.

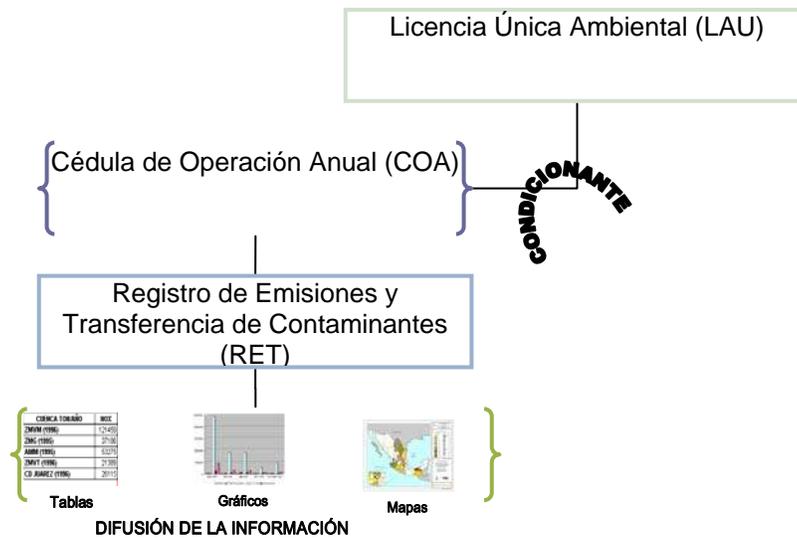


Otra circunstancia a tener en cuenta es que las fuentes de emisión antropogénicas están concentradas, por lo general, en áreas urbanas e industriales. Este conjunto de circunstancias hacen que la contribución de las emisiones antropogénicas al problema de la contaminación atmosférica a escala regional sea predominante.

5.2 SISTEMA INTEGRADO DE REGULACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA

El 11 de abril de 1997 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Acuerdo mediante el cual la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) establece los mecanismos y procedimientos para obtener la Licencia Ambiental Única (LAU), mediante un sólo trámite, así como la actualización de la información de emisiones contaminantes, en el primer cuatrimestre de cada año, mediante una Cédula de Operación Anual (COA).

Figura 5.1 Componentes de la regulación y gestión ambiental de la industria





5.2.1 LICENCIA AMBIENTAL ÚNICA (LAU)

La LAU es un instrumento de regulación directa, para establecimientos industriales de jurisdicción federal y estatal en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, que establece condiciones para su operación y funcionamiento integral conforme a la legislación ambiental vigente. La LAU permite coordinar en un solo proceso la evaluación, dictamen y seguimiento de las obligaciones ambientales de dichos establecimientos en materia de trámites de impacto ambiental y riesgo, emisiones a la atmósfera y generación y tratamiento de residuos peligrosos y residuos no peligrosos, y de servicios hidráulicos.

Características de la LAU

- Única por establecimiento industrial.
- Integra: Impacto ambiental y riesgo.
 - Emisiones a la atmósfera.
 - Residuos peligrosos y no peligrosos.
 - Servicios hidráulicos.
- Es obligatoria para establecimientos de jurisdicción federal y Estatal en materia de atmósfera, nuevos o que deban regularizarse.
- Puede solicitarse de manera voluntaria vía relicenciamiento.
- Se emite por única vez. Deberá renovarse por cambio de giro o de localización. Deberá actualizarse por aumento de la producción, ampliación de la planta o cambio de razón social.



Marco jurídico

De acuerdo a lo que nos marca la ley se establece lo siguiente en materia de la Licencia Única Ambiental.

Ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente (LGEEPA)

Artículo 7.- Corresponden a los Estados, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y las leyes locales en la materia, las siguientes facultades:

III.- La prevención y control de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos industriales, así como por fuentes móviles, que conforme a lo establecido en esta Ley no sean de competencia Federal;

IV.- La regulación de actividades que no sean consideradas altamente riesgosas para el ambiente.

Ley del equilibrio ecológico y protección al ambiente del estado de Michoacán de Ocampo (LEEPAEMO)

Reglamento. Capítulo 2. De la contaminación generada por fuentes fijas.

Artículo 149.- En materia de contaminación atmosférica generada por fuentes fijas, corresponde a la Secretaría el ejercicio de las siguientes atribuciones:

V. Otorgar la Licencia Ambiental Única para operar las fuentes fijas de jurisdicción estatal.



2002 • 2008

Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente
Gobierno del Estado de Michoacán



Relación de Industrias que tienen Licencia Ambiental Única (LAU)

ACTUALIZADA AL 13 DE FEBRERO 2006

No. Ctvo.	No. Resolución LAU	Empresas	Municipio	Domicilio/Tel	Representante Legal
3	SUMA/DOGA/DPA/LA U/003/2003	CHOCOLATERA MOCTEZUMA, S.A. DE C.V.	URUAPAN, MICH.	Boulevard Industrial # 301, Col. Eduardo Ruiz, Tel.01-452-31433/41325	ING. ANTONIO MARTINEZ GARCIA
10	SUMA/DOGA/DPA/LA U/010/2003	POLLOS BAKITY, S.A. DE C.V.	URUAPAN, MICH.	Carretera Taretan-Uruapan Km. 4, Tel.01-452-5198409	C. DOMINGO MERCADO GARCÍA
11	SUMA/DOGA/DPA/LA U/011/2003	ARTIFIBRAS, S.A. DE C.V.	URUAPAN, MICH.	Boulevard Industrial # 445, Col. Eduardo Ruiz, Tel.01-452-5249611	LIC. ALEJANDRO GUTIERREZ ANGELES
18	SUMA/DOGA/DPA/LA U/018/2003	MARVES, S.A. DE C.V.	URUAPAN, MICH.	Boulevard Industrial # 200, Tel.01-452-5247050, fax 01-452-527-5891	ING. JUAN MANUEL HERRERA VARGAS
29	SUMA/DOGA/DPA/LA U/029/2003	HIELO DEL CUPATITZIO, S.A. DE C.V.	URUAPAN, MICH.	Gabriel Cervera No. 30, Col. Ejercito Mexicano, Tel.01-452-80028/ 41139/ 36784	C. NOEMÍ GONZÁLEZ DELUIS
43	SUMA/DOGA/DPA/LA U/043/2004	BEBIDAS PURIFICADAS DEL CUPATITZIO, S.A. DE C.V.	URUAPAN, MICH.	Paseo General Lázaro Cárdenas No. 2471, Tel. 01 -452-524 2600	LIC. GABRIEL DEL MORA CHORA
45	SUMA/DOGA/DPA/LA U/045/2004	PROCESADORA DE AGUACATE Y FRUTAS, S.A. DE C.V.	URUAPAN, MICH.	Agustín Arriaga Rivera #674, Col. Guadalupe Victoria en Uruapan, Tel. 452-5280085	ING. CARLOS GUIDO DODDOLI DE LA MACORRA
48	SUMA/DOGA/DPA/LA U/048/2004	EMPACADORA DE AGUACATES SAN LORENZO, S.A. DE C.V.	URUAPAN, MICH.	Km. 2.5 carretera Uruapan- San Juan Nuevo, Tel. 01-452-5248962/1110263	ARQ. MARIANO LÓPEZ OROZCO
52	SUMA/DOGA/DPA/LA U/052/2004	MISSION DE MÉXICO, S.A. DE C.V.	URUAPAN, MICH.	Libramiento Oriente Km. 1.7 entronque Apátzingan, Tel.01-452-5237077/ 5235353	C.EZEQUIEL GARCÍA UVES
62	SUMA/DIFA/PCA/LA U/062/ 2005	AVOCADO EXPORT COMPANY S.A. DE C.V.	URUAPAN, MICH.	CAMINO VIEJO A RANCHO CHERANGERAN # 501 TEL (452)519-45-94, 527-06-29	ING. MIGUEL TORRES CEBRAIN
70	SUMA/DIFA/PCA/LA U/070/ 2005	COMERCIALIZADORA PAME, S.A. DE C.V.	URUAPAN, MICH.	CALLE UNIÓN # 11C,(452) 523 16 12 (452) 523 16 12	MA. DE LA MERCED SALAS S.
73	SUMA/DIFA/PCA/LA U/073/ 2005	MEXICAN AVOCADOS, S.A. DE C.V.	URUAPAN, MICH.	Calzada Benito Juárez # 2267, Col. Granjas de villavista.452-5193368/ 5232793/ 5193370	Ing. Jaime Sebastian Mauricio
75	SUMA/DIFA/PCA/LA U/075/ 2005	JANESVILLE DE MEXICO, S.A. DE C.V.	URUAPAN, MICH.	Privada de Encino # 243, Col. El colorin norte., C.P. 60120,452-519 8116/ fax 452- 528 5243	L.C. Claudia Leticia Cervantes Soto/ Ing. Azucena Valerio Fernández



5.2.2 CÉDULA DE OPERACIÓN ANUAL (COA)

En correspondencia con el enfoque de la LAU, la COA se constituye en un reporte anual multimedios relativo a la emisión y transferencia de contaminantes ocurridos en el año calendario anterior. Su presentación forma parte de las obligaciones fijadas en la Licencia de Funcionamiento y la Licencia Ambiental Única. Se presenta por establecimiento industrial, tanto para actualizar la información sobre su operación y facilitar su seguimiento por parte de la autoridad ambiental, como para ofrecer información actualizada que contribuya a la definición de políticas ambientales por regiones prioritarias o a escala nacional. La COA deberá entregarse en el primer cuatrimestre de cada año según lo establecido en la Licencia respectiva.

La COA contempla la siguiente información básica:

- Cantidades de emisión y transferencia de sustancias contaminantes a los diferentes medios (aire, agua, suelo).
- Cantidades de transferencia de tales sustancias fuera del establecimiento sea para su tratamiento, reciclaje, reuso y disposición final, en el caso de empresas generadoras.
- Actividades de control y prevención de la contaminación y proyección de los volúmenes de contaminación para el siguiente período de reporte.
- Información sobre métodos de tratamiento *in situ*.

Dado el enfoque multimedios de la COA, la empresa podrá derivar, del análisis de la misma, prioridades en materia de procesos que promuevan el uso de *tecnologías limpias* y la detección de problemas ambientales específicos ocasionados por la transferencia entre medios de los contaminantes. Ello le permitirá ampliar el concepto de lo que actualmente se conoce como tecnologías de control e incorporar



la consideración de la necesidad de sustitución de materias primas y sustancias peligrosas, el cambio o modernización de procesos, la racionalización del uso del agua y la energía, la utilización de mejores combustibles y el reciclaje de residuos o subproductos.

Características de la Cédula

- Genera información anual multimedios sobre la emisión y transferencia de contaminantes.
- Da seguimiento a la operación del establecimiento.
- Permite actualizar, si es el caso, las condiciones de licenciamiento.
- Apoya la toma de decisiones en materia de protección ambiental.
- Contribuye a la formulación de criterios y políticas ambientales.

Cada establecimiento industrial debe preparar la COA para actualizar información sobre actividades y las bases en las cuales recibió la LAU. La COA contiene las secciones siguientes:

Sección I. Información técnica general

Información esencial para la vinculación, comprensión y validación de los datos en las diferentes secciones de la Cédula de Operación Anual (COA)

1. Diagrama de operación y funcionamiento
2. Insumos



3. Productos y subproductos
4. Consumo energético
5. Combustible

Sección II. Registro de emisiones de contaminantes atmosféricos

1. Características de la maquinaria, equipo o actividad que generó la emisión.
2. Características de los ductos y chimeneas por dónde se condujeron.
3. Contaminantes atmosféricos normados.

➤ Las emisiones de:

- Bióxido de azufre (SO₂)
- Óxidos de nitrógeno (NOX)
- Partículas suspendidas totales (PST)
- Monóxido de carbono (CO)
- Bióxido de carbono (CO₂)
- Partículas PM₁₀
- Hidrocarburos Totales (HCT)
- Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)



Sección III. Aprovechamiento de agua, registro descargas y transferencia de contaminantes y sustancias en el agua.

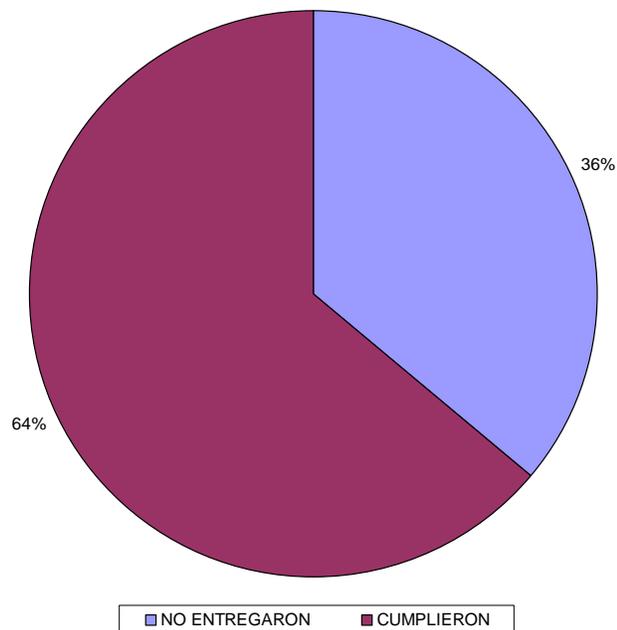
Sección IV. Registro de la generación, manejo y transferencia de residuos peligrosos.



Sección V. Registro de emisiones (aire, agua, residuos) y transferencia (agua y residuos) de otras sustancias.

La COA contribuirá a integrar anualmente el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC). Dicho registro es uno de los componentes del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

Gráfica 5.1 Empresas que cumplieron con la COA correspondiente al año 2004 y entregada en el 2005 a nivel estado.



Fuente: Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente Gobierno del Estado de Michoacán

5.2.3 REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES (RETC)

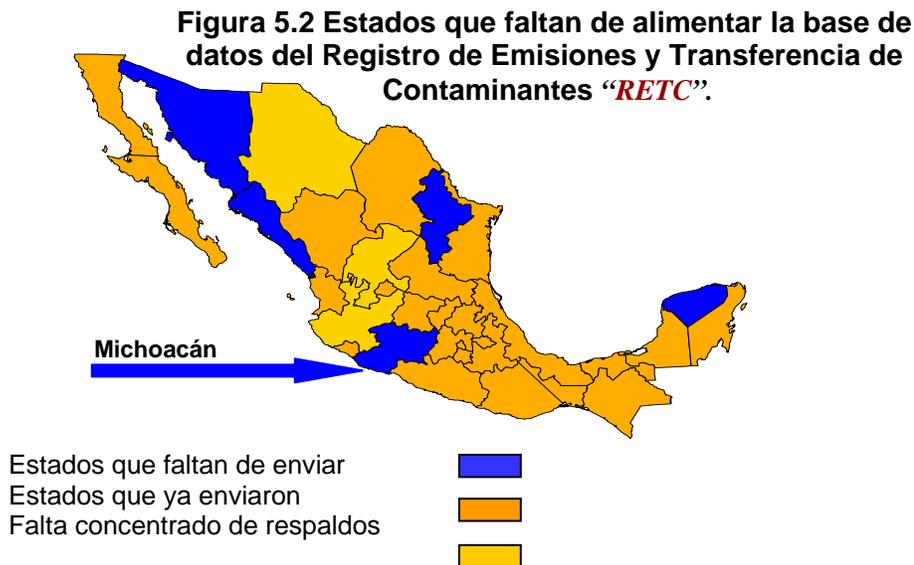
En el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) proporciona datos detallados con respecto a los tipos, ubicación y cantidades de sustancias descargadas en el sitio y transferencia fuera del sitio por instalaciones



industriales que ayudan a definir políticas y acciones locales, regionales y globales como: prevención de la contaminación, reducción la generación de residuos, disminución de emisiones en determinada región, además permite elaborar análisis de información ambiental regional y de otra índole geográfica.

La ubicación geográfica de los establecimientos se obtiene de la información que se proporciona en la COA, ya sea con las coordenadas geográficas de latitud y longitud o, en dado caso coordenadas UTM. Las cuadrícula UTM, se construye con el eje de las X (equis) coincidiendo con el ecuador y el de las Y (yes) con el meridiano central.

En la **Figura 5.2** se muestra que Michoacán es de los pocos estados que faltan de enviar la información para el RETC, por lo que urge tener un control más estricto en la industria.



Fuente: Presentación "Licencia única ambiental" por el Ing. Alberto Vásquez García por parte de la Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA) 14 de Febrero de 2006



5.3 ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES A LOS QUE SE APLICA LA LAU

Conforme a los Artículos 162 de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Michoacán de Ocampo (LEEPAEMO) son fuentes fijas de jurisdicción Estatal en materia de prevención y control de la contaminación a la atmósfera, los establecimientos industriales que se encuentran comprendidos en los siguientes sectores:

1. Petróleo y petroquímica
2. Química
3. Metalúrgica (incluye la siderúrgica)
4. Automotriz
5. Celulosa y papel
6. Cemento y cal
7. Alimenticio y/o consumo humano
8. Artículos y productos plásticos
9. Artículos y productos metálicos
10. Artículos y equipos electrónicos, eléctricos y domésticos.
11. Artículos y productos compuestos de diferentes materiales.
12. Vidrio y cristal
13. Congelación, hielo y productos
14. Prestadores de servicios generadores de residuos peligrosos y/o riesgo



5.4 PROCEDIMIENTO INTEGRADO DE TRÁMITES

El procedimiento integrado de trámites se establece con el objetivo de asegurar la coordinación e integración, en un solo proceso, del conjunto de trámites que integra la LAU. En el caso de la primera etapa de aplicación de la LAU, el proceso se inicia y termina en el Módulo de Regulación Industrial de la Ventanilla de Trámites del INE. En el caso de la COA, su presentación se hace ante la Delegación Federal de la SEMARNAP en el Estado en el que se ubica el establecimiento o ante el Módulo indicado cuando se encuentra en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. El procedimiento cubre tres fases:

1. FASE DE INICIO

La empresa

El gestor o promovente, autorizado por la empresa, se presenta a la ventanilla de trámites, dónde se le dará información sobre los requisitos a cumplir, en nuestro caso en materia de Emisiones a la Atmósfera.

La ventanilla de trámites

Entrega al gestor o promovente la documentación respectiva que con base en la Ley Federal de Derechos, se deberán hacer los pagos respectivos a cada trámite, al iniciar éstos o al recibir la resolución, según el caso.

La empresa

Requisita los documentos y si procede elabora los estudios respectivos. Presenta el expediente ante la ventanilla en original y el número de copias especificado en la solicitud, acompañados del o los comprobantes de pago de derechos que correspondan.



La ventanilla de trámites

Recibe el trámite, asigna al establecimiento el Número de Registro Ambiental (NRA), mediante el cual se le identificará para cualquier trámite o consulta, y envía el expediente a las áreas competentes en un plazo máximo de tres días hábiles a partir de su recepción.

Las áreas competentes

Integran el expediente, contando con un tercio del plazo de respuesta para requerir al interesado, por escrito y por única vez, que subsane las faltas u omisiones detectadas. El plazo de respuesta oscila entre treinta días hábiles, en el caso de emisiones a la atmósfera.

En el caso que exista algún requerimiento, el trámite se suspenderá y se reanudará a partir del día hábil inmediato siguiente a aquél en que el interesado conteste. Cuando el requerimiento no se haga en el plazo fijado, el trámite se dará por recibido. Si el interesado no subsana las faltas u omisiones en un plazo máximo de treinta días hábiles a partir de que reciba el requerimiento, se desechará la solicitud.

Cumplida la integración del expediente, las áreas competentes proceden al análisis de la documentación y emiten su dictamen o resolución dentro del plazo de respuesta.

Emisión de la LAU

Con base en los dictámenes y resoluciones recibidas, el INE consolida los dictámenes y resoluciones; si éstos son favorables emite la LAU. En caso contrario negará la misma, notificándose al interesado. Si es el caso, le señalará las modificaciones a realizar para reiniciar el trámite y lograr la emisión de la LAU. El oficio



de emisión de la LAU va acompañado de los títulos, permisos y autorizaciones a que haya lugar, firmados por la autoridad competente, y se envía a la Ventanilla de Trámites. Se cuenta para todo el proceso con un plazo máximo de siete días hábiles.

En total, desde que se recibe el trámite hasta la emisión de la LAU, transcurren entre cuarenta y setenta días hábiles.

La ventanilla de trámites

Entrega la LAU y sus anexos al gestor o promovente. La empresa recibe la LAU en la comprensión que la misma es un requisito legal mediante el cual se establecen las condiciones de operación y funcionamiento del establecimiento a que queda obligado el responsable del mismo, dentro de los términos que fija la ley, y que las obras e instalaciones que se requieran sólo podrán realizarse, si es el caso, conforme a las condiciones fijadas en la Autorización de Impacto Ambiental. Concluidas las obras e instalaciones, el responsable del establecimiento deberá notificar al INE la fecha de finalización de los trabajos.

2. FASE DE OPERACIÓN INICIAL

La empresa

En el caso de establecimientos nuevos y conforme a las disposiciones legales aplicables, el responsable del establecimiento contará con un período inicial, por un máximo de seis meses, para la puesta a punto de los procesos, maquinaria y equipos, a fin de garantizar que la operación de los mismos cumple con los requisitos legales aplicables. Para ello, deberá notificar al INE la fecha de inicio de operaciones. Además, en este lapso deberá realizar los protocolos de pruebas a que esté obligado de acuerdo con la normatividad vigente, esto es, en el caso de Emisiones atmosféricas:



- Monitoreo y análisis de emisiones a la atmósfera.

La ventanilla de trámites

Recibe los informes y los envía a las áreas competentes, contando con un máximo de tres días hábiles.

Las áreas competentes

Contarán con treinta días hábiles para emitir su dictamen, si es que como resultado del análisis de los informes presentados se deben modificar las condiciones de operación fijadas en la Licencia para asegurar el cumplimiento de la normatividad vigente. En ese lapso, la Secretaría podrá notificar al interesado la realización de una visita de verificación de la información, la cual deberá llevarse a cabo dentro de los quince días hábiles siguientes a la notificación. De no realizarse la visita o de no emitirse la resolución dentro del tiempo fijado, se mantendrán sin cambio las condiciones fijadas en la LAU. Los dictámenes serán consolidados por el INE, contando con un máximo de siete días hábiles para enviarlos a la Ventanilla de Trámites, la que deberá notificar de inmediato a la empresa para que recoja la documentación.

La ventanilla de trámites

Previa su identificación, entrega al gestor o promovente los dictámenes respectivos.

La empresa

Si es el caso, realiza las acciones y/o modificaciones requeridas en los dictámenes y cumple con la normatividad vigente y las condiciones fijadas en la Licencia. En caso que la Secretaría constate que en la operación del establecimiento se incumplen las disposiciones legales aplicables, procederá a revocar la autorización y/o aplicará las sanciones que correspondan.



3. FASE DE OPERACIÓN CONTINUA

La empresa

Presenta en el primer cuatrimestre de cada año la Cédula de Operación Anual del establecimiento, según lo establecido en la Licencia respectiva. Para el efecto se fijará un calendario mes a mes por sectores.

La ventanilla de trámites

Recibe la Cédula y la envía al área competente dentro de los cinco días hábiles siguientes.

Las áreas competentes

Con base en el análisis de la Cédula podrán modificar los niveles máximos de emisión que hubieren fijado, cuando la zona en que se ubique la fuente se convierta en zona crítica y/o existan modificaciones en los procesos de producción empleados. Si es el caso, emiten su dictamen en un plazo máximo de sesenta días hábiles. Los dictámenes serán consolidados por el INE, contando con un máximo de siete días hábiles, a partir de su recepción, para enviarlos a la Ventanilla de Trámites, la que deberá notificar de inmediato a la empresa para que recoja la documentación.

5.5 PROPÓSITO, PLANEACIÓN Y MÉTODOS DE UN INVENTARIO DE EMISIONES

5.5.1 PROPÓSITO DE UN INVENTARIO DE EMISIONES

El tipo de información a considerarse, así como la mayor parte de las características de un inventario de emisiones, se definen en función de su propósito. En muchos casos, un inventario será desarrollado para alcanzar dos o tres propósitos principales. Una vez establecido el propósito de un inventario de emisiones, podrán definirse tanto sus características como los pasos posteriores para la recopilación de datos y la



modelación necesaria para su actualización. Típicamente, los propósitos de un inventario son descritos en un documento de planeación que se elaboran al inicio de los esfuerzos. Con frecuencia, este documento es denominado «plan de trabajo» o «protocolo del inventario de emisiones». Además del propósito, el plan de trabajo deberá incluir una descripción de las características más relevantes del inventario, así como los pasos técnicos propuestos para su desarrollo.

Existen muchos propósitos diferentes para el inventario que varían dependiendo de las necesidades y circunstancias específicas. Por ejemplo, el propósito de un inventario de emisiones de un establecimiento industrial difiere significativamente con respecto al de otro inventario de modelación regional a gran escala. El inventario para un establecimiento industrial puede utilizarse para determinar el grado de cumplimiento con la normatividad, mientras que el de modelación regional puede ser desarrollado para evaluar la calidad del aire en una zona con múltiples fuentes de emisiones. Algunos de los propósitos más comunes para el desarrollo de un inventario de emisiones son los siguientes:

- Estimar los efectos de las emisiones atmosféricas en la calidad del aire a través de estudios de modelación.
- Cumplir los requerimientos de reporte de emisiones como la cédula de operación anual y determinar el grado en que una fuente cumple con las condiciones de la licencia ambiental y las normas de emisiones.
- Estimar los cambios en las emisiones de las fuentes bajo distintos esquemas de regulación ambiental.
- Determinar especificaciones técnicas de equipos de control de emisiones.
- Detectar variaciones de los niveles de emisión en el tiempo.
- Identificar la contribución en las emisiones totales por las diferentes categorías de fuente de emisión o por fuentes específicas.



- Identificar oportunidades y requerimientos para la introducción de derechos de emisión comercializables.
- Desarrollar inventarios de emisiones integrados por sector económico o zonas geográficas.

La identificación del propósito del inventario requiere la participación y opinión de las personas o instituciones relevantes. Primero, la participación de los usuarios finales del inventario es crucial, dado que el uso planeado, así como la facilidad de uso, serán factores significativos en el desarrollo de un inventario de emisiones. Además, debido a que estas herramientas desempeñan un papel fundamental en la gestión de la calidad del aire, debe solicitarse la participación de las entidades regulatorias y gubernamentales pertinentes, y considerarse las políticas relacionadas.

Durante la identificación del propósito del inventario debe hacerse un esfuerzo por considerar las necesidades futuras de la gestión de la calidad del aire, si bien algunas veces pueden ser difíciles de proyectar. En otros casos, sin embargo, estas necesidades serán evidentes, y una pequeña ampliación de los recursos puede incrementar de manera significativa la utilidad final del inventario.

5.5.2 PLANEACIÓN DE UN INVENTARIO DE EMISIONES

Planeación de un inventario de emisiones: nueve pasos necesarios presenta los nuevos pasos técnicos que se deben considerar en la planeación de un inventario de emisiones [53].

1. Identificar el propósito de un inventario de emisiones. Como primer paso técnico en la planeación de un inventario de emisiones, es fundamental la identificación de su propósito o uso final. El propósito general ayudará a determinar muchos de los pasos posteriores.



2. Definir las características necesarias para el inventario de emisiones. Cada inventario de emisiones posee características específicas de acuerdo con el propósito que busca alcanzarse (por ejemplo tipos de contaminantes y de fuentes, año base, etc.). Algunos inventarios pueden considerar sólo algunas de estas características, mientras que otros pueden requerir especificaciones muy detalladas.
3. Determinar las fuentes de información para el inventario de emisiones y seleccionar las técnicas y métodos de estimación de emisiones. Una vez que las características requeridas han sido identificadas, es necesario determinar las fuentes de información relacionada con las emisiones, así como seleccionar las técnicas y métodos más adecuados para el desarrollo del inventario.
4. Recopilar la información relacionada con las emisiones y datos de actividad. Después de que las fuentes de información y las metodologías de estimación han sido identificadas, el siguiente paso consiste en recopilar los datos relacionados con las emisiones, que incluyen factores de emisión y parámetros relacionados.
5. Realizar la estimación de emisiones y la modelación necesaria. Una vez que todos los datos necesarios han sido recopilados, se deben hacer los cálculos de estimación de emisiones. Estos cálculos se realizan conforme a la técnica o metodología de estimación de emisiones seleccionada. Los cálculos generalmente se hacen de manera electrónica, especialmente cuando se trata de inventarios más complejos. Después de que las emisiones han sido calculadas, y en caso necesario, debe ejecutarse la modelación del inventario.
6. Aseguramiento de calidad. El aseguramiento de calidad (AC) es un elemento que debe realizarse durante todo el proceso de desarrollo del inventario de



emisiones. En particular, debe iniciar con la recopilación de información y continuar durante los cálculos de las emisiones y la modelación.

7. Evaluar la congruencia e incertidumbre de los resultados del inventario de emisiones. Después de que el inventario ha sido terminado, es necesario analizarlo y evaluar la congruencia e incertidumbre de los resultados. En su momento pueden ser importantes las comparaciones con las expectativas y la experiencia previa en inventarios similares desarrollados anteriormente o para otras regiones geográficas.
8. Almacenamiento electrónico de datos. Uno de los pasos finales del desarrollo de un inventario de emisiones es el archivo de los datos y la información relacionada. Dicho archivo debe conservarse, ya que constituye la base para el desarrollo de inventarios en el futuro.
9. Documentar resultados. El último paso del desarrollo de un inventario de emisiones es la documentación de resultados. Además de los resultados reales del inventario, la documentación también debe incluir las metodologías, datos y supuestos que fueron utilizados en el proceso de desarrollo.

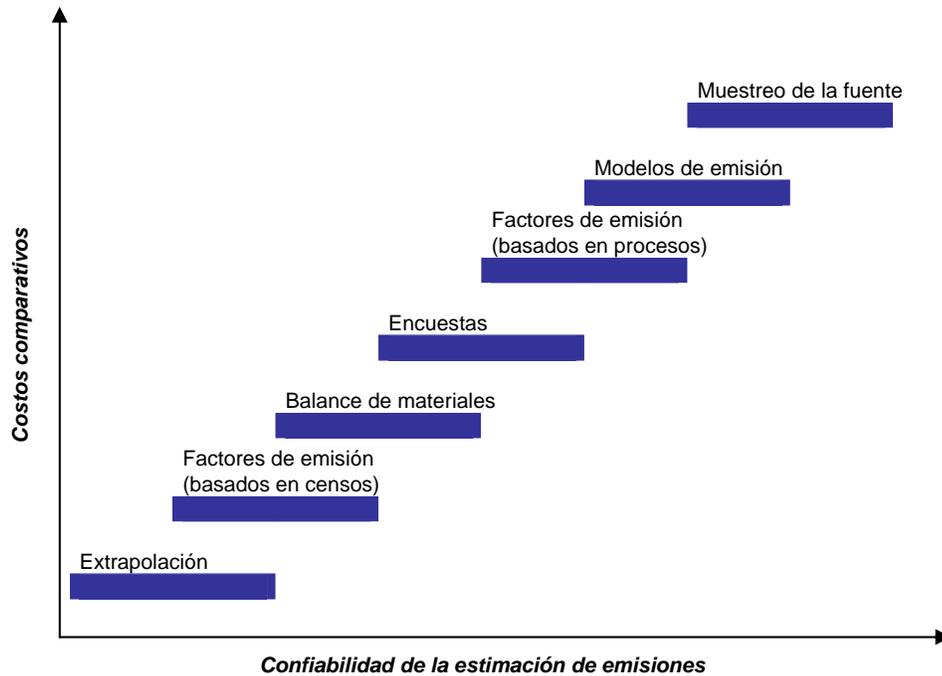
5.5.3 MÉTODOS Y COSTOS COMPARATIVOS DE LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES

El desarrollo de un programa de inventario de emisiones requiere de una combinación de enfoques. En este sentido, no existe un método único que pueda usarse para estimar las emisiones de todas las categorías de fuente. La Figura 5.3 ilustra varios métodos para estimar emisiones cuando se analizan los costos del inventario en relación con la calidad de los resultados. En regiones con serios problemas por la contaminación del aire se deben instrumentar métodos más elaborados y costosos por lo que en aquellas regiones que tienen problemas



ambientales mínimos, el uso de métodos de estimación menos costosos, como el de los factores de emisión, puede ser aceptable [53].

Figura 5.3 Costos y confiabilidad de los métodos de estación de emisiones



Fuente: Guía de elaboración y usos de inventarios de emisiones, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Western Governors' Association, Mayo 2005.

Las seis técnicas para la estimación de emisiones básicas que se describen representan los métodos más comunes para desarrollar inventarios de emisiones y que actualmente se utilizan en Norteamérica, Latinoamérica, Europa y Asia e incluyen criterios y lineamientos desarrollados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EU, la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) y otras instituciones de referencia internacional. Dichas técnicas para la estimación de emisiones son:



1. Muestreo en la Fuente: se trata de mediciones directas de la concentración de contaminantes con información conocida sobre el flujo másico o volumétrico de los gases de salida en la chimenea. Esta técnica es la mejor forma de conocer la cantidad total de emisiones de una industria.
2. Modelos de Emisión: son ecuaciones desarrolladas para el cálculo de emisiones, cuando éstas dependen de multitud de parámetros. Por su complejidad, estos modelos normalmente requieren del uso de programas computacionales. Por ejemplo, el programa TANKS de la EPA es un modelo de emisiones computarizado que se usa para estimar emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) de los tanques de almacenamiento de combustibles o solventes.
3. Factores de Emisión: expresan la relación existente entre la cantidad de un contaminante emitido y una unidad de actividad (por ejemplo toneladas de producto elaborado, horas de operación, área superficial); también pueden relacionarse con información más general obtenida en censos (por ejemplo población, número de empleados, ingreso per cápita, etc.)
4. Balance de Materiales: La comparación entre las cantidades de entrada y salida de un proceso. Este método puede emplearse para estimar las emisiones contaminantes, siempre y cuando sea realizado por personal técnico capacitado y la memoria de cálculo respectiva se conserve para ser presentada al INE, si éste así lo solicita. Es utilizado con mayor frecuencia para fuentes de evaporación de solventes cuando no existe información disponible para utilizar otros métodos de estimación.



5. Encuestas: son cuestionarios diseñados para obtener información sobre emisiones. A menudo son utilizados para recopilar información sobre los establecimientos industriales y de servicios, pero también para obtener información de fuentes de área como parte de un muestreo representativo de fuentes dentro de una categoría dada.
6. Extrapolación: consiste en el cálculo de las emisiones de una fuente con base en las emisiones de otra fuente, por medio del uso de un parámetro de extrapolación conocido para ambas fuentes, por ejemplo, cantidad de producción, área del terreno, número de empleados, etc.

5.6 NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE Y DE EMISIONES

La SEMARNAT tiene la responsabilidad de establecer normas de emisiones a nivel federal de acuerdo a la **LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE** (LGEEPA), Título IV, Artículo 111. Aunque los estados pueden instrumentar normas más exigentes, las normas federales representan un criterio mínimo. Las especificaciones que se incluyen en las NOMs se establecen como límites máximos permisibles -LMP- Existen LMPs para:

- Emisiones de procesos de combustión en establecimientos industriales y de servicios
- Emisiones de fuentes fijas de industrias específicas como son: compuestos orgánicos volátiles [COVs] de la manufactura de automóviles y emisiones de partículas derivadas de procesos industriales en general y de plantas de fabricación de cemento, etc.
- Fuentes móviles en los que se pueden mencionar la opacidad del escape de vehículos diesel, emisiones de vehículos a gas natural y que usan otros combustibles alternos, etc.

Los LMPs de emisiones de chimeneas como resultado de combustión se establecen en la NOM-085-ECOL-1994 para PST, bióxido de azufre (SO₂), y óxidos



de nitrógeno (NOx), y dependen principalmente de la capacidad del equipo de combustión, el tipo de combustible usado, y la región del país. Esta norma también define la frecuencia de la medición mínima de emisiones y el método que se debe emplear para estas mediciones. Además, la Secretaría de Salud (SS) ha establecido las normas de calidad del aire (ver Tabla 5.2). Estas normas están basadas en criterios de protección a la salud humana y representan los niveles de concentración de contaminantes en la atmósfera que se considera no afectan la salud humana. Estas normas son un parámetro importante para determinar si la calidad del aire de una zona determinada es satisfactoria y para establecer programas de mejoramiento de la misma, así como medidas específicas en caso de presentarse condiciones atmosféricas críticas que pudieran afectar la salud de la población.

La redes de monitoreo atmosférico permiten conocer la concentración de contaminantes en una zona determinada y compararla contra la norma respectiva. El mantenimiento y actualización de estas redes es responsabilidad de las autoridades estatales y locales, aunque existe un constante intercambio de la información generada en ellas con la Federación. Dentro de SEMARNAT, el INE centraliza y procesa la información de calidad del aire que proviene de las redes de monitoreo atmosférico que existen en varias regiones del país. Esta información puede consultarse a través del Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA) en la página del INE en internet: www.ine.gob.mx. Este sistema permite conocer los niveles de contaminación atmosférica en las ciudades y zonas metropolitanas que cuentan con equipos de monitoreo.

**Tabla 5.2 NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE PARA CONTAMINANTES ATMOSFERICOS EN MEXICO**

CONTAMINANTE	Norma Oficial Mexicana (NOM)	NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN		
		AGUDA		CRÓNICA
		CONCENTRACIÓN (TIEMPO PROMEDIO)	FRECUENCIA MÁXIMA ACEPTABLE	CONCENTRACIÓN (TIEMPO PROMEDIO)
Ozono	NOM-020-SSA1-1993	0.11 ppm (1 hora) 0.08 ppm	Una vez cada 3 años, 5 máximo en un año	NA
Monóxido de (CO)	NOM-021-SSA1-1993	11 ppm (8 horas prom. renovable)	Una vez al Año	NA
Bióxido de Azufre (SO ₂)	NOM-022-SSA1-1993	0.13 ppm (24 horas)	Una vez al Año	0.03 ppm (PAA)
Bióxido de Nitrógeno (NO ₂)	NOM-023-SSA1-1993	0.21 ppm (1 hora)	Una vez al Año	NA
Partículas PST	NOM-024-SSA1-1993	260 µg/m ³ (24 horas)	Una vez al año	75 µg/m ³ (PAA)
Partículas PM ₁₀	NOM-025-SSA1-1993	150 µg/m ³ (24 horas)	Una vez al Año	50 µg/m ³ (PAA)
Plomo	NOM-026-SSA1-1993	NA	NA	1.5 µg/m ³ (PPA de 3 meses)

m³ = metros cúbicos NA = No Aplica

ppm = parte por

billón

µg = microgramos

PAA = Promedio Aritmético Anual

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 1994.



CONCLUSIONES



CONCLUSIONES.

Este trabajo es parte de una serie de estudios más profundos en el tema de la contaminación en el aire atmosférico.

Las conclusiones son preliminares pues se continuará con este trabajo pero a largo plazo, se puede sin embargo mencionar:

1) La calidad del aire de la Ciudad de Uruapan es aceptable, pero deben comenzar a tomarse providencias para que en el futuro cercano continúe presentando esta calidad, de lo contrario, revertir el comportamiento tomaría muchas acciones remediables que pudieran no ser satisfactorias a corto plazo.

2) La atmósfera de Uruapan no es detonante para los problemas de corrosión en acero de refuerzo ni para los casos de carbonatación de matrices de cemento pórtland, a la fecha como se menciona, no puede predecirse que continuará siendo así, pero sí puede suponerse por razones obvias que la atmósfera tenderá a enrarecerse y contaminarse.

3) Los problemas llamados corrosión por partículas transportadas por el viento que causan desgaste, no puede considerarse tampoco en nuestra atmósfera, dado que la morfología y tamaño de las partículas susceptibles de ser transportadas por el aire, no causan daño mecánico en las obras civiles.

4) Los problemas de formación de pátinas, sí existen a mediana escala, pues las partículas transportadas en función de la velocidad del viento y su dirección dominante, sí provocan que haya depositación en las fachadas expuestas a los vientos dominantes. La mayoría de las partículas son de origen antropogénico.



5) Respecto a la salud, la calidad del aire por el momento no es culpable de todas las enfermedades respiratorias, pero nada nos garantiza que no lo sea en el futuro, otro factor a considerar es los cambios de temperatura, los cuales sí son catalizadores de muchas de estas enfermedades, pues la temperatura exterior fluctúa en más de 20 °C en un día normal.

6) Las temperaturas mínimas y máximas, no son controlables de manera directa por los humanos, puede crearse un microclima, que es lo que ahora tenemos. Los microclimas se ven afectados principalmente por la vegetación del lugar. Si reforestamos, pero de inmediato, quizá pudiéramos lograr que los gradientes de temperatura no fueran tan grandes, es decir que la temperatura ambiental sólo fluctuara en 15 °C en promedio, al reforestar, también se recargan los mantos freáticos y se evitan las inundaciones.

7) El control de calidad, no debe realizarse solamente en función de las solicitudes mecánicas a que están sujetas las obras civiles, deberán también considerarse las condiciones ambientales que provocan deterioro en ellas.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://www.yucatan.com.mx/especiales/dinosaurios/planadinos.pdf>
- [2] Acción Ozono, Publicación Trimestral del IMA del PNUMA, Número 24, Octubre de 1997, ISSN 1020- 1602 pp 1-10
- [3] http://www.varelaenred.com.ar/el_aire.htm.
- [4] http://www.lainsignia.org/2005/febrero/ecol_011.htm
- [5] http://unfccc.int/portal_espanol/essential_background/feeling_the_heat/items/3377.php.
- [6] Schifter, Issac, Comunicación Personal, IPM, 2000
- [7] <http://www.lenntech.com/espanol/Efecto-invernadero/combustibles-fosiles.htm>
- [8] IPCC 2001, Climate Change 2001, Cambridge University Press; Quay P., 2002, Ups and Downs of CO2 uptake, Science, 298, 2344
- [9] <http://homepage.mac.com/uriarte/emisiones.html>
- [10] Leet, D. L., y S. Judson. “Fundamentos de Geología Física”, Editorial Limusa, Decimonovena Reimpresión, 2000, pp. 55-84



[11] Alonso, E., Tesis de Doctorado en Ingeniería Química, Universidad Nacional Autónoma de México, pp 30, México, D. F., Noviembre 2002.

[12] Del Monte, M., C. Sabbioni and O. Vittori, "Urban stone sulphation and oil-fired carbonations particles", *Science of the Total Environment*, Volume 36, 1984, pp 369-376.

[13] Baedecker, P.A., M.M. Reddy, K.J. Reimann and C.A. Sciammarella, "Effects of acidic deposition on the erosion of carbonate stone. Experimental results from the U.S. national acid precipitation assessment program (NAPAP)", *Atmospheric Environment*, Volume 26-B, 1992, pp 147-158.

[14] Perez-Rodriguez, J.L., C. Maqueda, M.C. Jimenez de Haro and P. Rodriguez-Rubio, "Effect of Pollution on Polychromed Ceramic Statues", *Atmospheric Environment*, Volume 32, number 6, 1998, pp 993-998; Saiz-Jimenez, C. "Deposition of airborne organic pollutants on historic buildings", *Atmospheric Environment*, Volume 27-B, 1993, pp 77-85.

[15] Saiz-Jimenez, C. "Deposition of anthropogenic compounds on monuments and their effect on airborne microorganisms" *Aerobiologia* No. 11, 1995, pp 161-17.

[16] Leysen, L., Roekens, E. and Van Grieken, R, "Air-pollution-induced chemical decay of a sandy-limestone cathedral in Belgium". *The Science of the Total Environment*, Volume 78, 1989, pp 263-287.

[17] Fassima, V., "A survey of air pollution and deterioration of stonework in Venice", *Atmospheric Environment*, Volume 12, 1978, pp 2205-2211



[18] Coursimault, A., Donati, J. and Viellard, H. "La pollution Automobile due aux hydrocarbures aromatiques monocycliques á Paris", The Science of the Total Environment, Number 1-3, Volume 169, 1995, pp 17-23

[19] O'Brien, P.F., E. Bell, S. Pavia Santamaria, P. Boyland and T.P. Cooper, "Role of mortars in the decay of granite", The Science of the Total Environment. Volume 167, 1995-a, pp 103-110.

[20] O'Brien, P.F., E. Bell, T.L.L. Orr and T.P. Cooper. "Stone loss rates at sites around Europe", The Science of the Total Environment, Volume 167, 1995-b, pp 111-121

[21] Bishop, G.A, Stedman, D.H, de la Garza, J. and Davalos, F.J. "On-Road Remote Sensing of Vehicle Emissions in Mexico", Environmental Science and Technology, Volume 31, 1997, pp 3505-3510

[22] Diario Oficial de la Federación. NOM-CCAT-004-ECOL/1993. Octubre 22, 1993

[23] Schifter, Issac, Comunicación Personal, IPM, 2000

[24] Realini, M., Negrotti, R., Appollonia, L. and Vaudan, D. "Deposition of particulate matter on stone surfaces; an experimental verification of its effects on Carrara marble", The Science of the Total Environment, Volume 167, 1995, pp 67-72

[25] Alonso, E., Tesis de Doctorado en Ingeniería Química, Universidad Nacional Autónoma de México, pp 17, México, D. F., Noviembre 2002

[26] Yocom, J.E., "Air pollution damage to buildings on the Acropolis", Journal of the Air Pollution Control Association, Volume 29, Number 4, 1979, pp 333-338



[27] <http://www.cambiodemichoacan.com.mx/vernota.php?id=26981>, 13 Julio 2006

[28] "*Los Municipios del Estado de Michoacán*" de la *Enciclopedia de los Municipios de México*, editada en los años de 1987 y 1988 por el entonces Centro Nacional de Estudios Municipales de la Secretaría de Gobernación, en coordinación con los estados y municipios del país.

[29] Mitchel Rosengaus Moshinsky, "Efectos destructivos de ciclones tropicales", Segunda edición, Editorial MAPFRE, S.A., México, noviembre de 2002, pp 211.

[30] T. Stambolov, J. R. J. Van Asperen De Boer, Primera edición, Editorial, Universidad Nacional Autónoma de México, D. F., pp 10.

[31] "Las rocas en la construcción monumental: Su deterioro y Técnicas de intervención" (1ª parte: Deterioro) Pérez Monserrat, E. y Baltuille Martín, J.M. Area de Rocas y Minerales Industriales. Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Madrid.

[32] Biblioteca de Consulta Microsoft ® Encarta ® 2005. © 1993-2004 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

[33] <http://www.pvem.org.mx/contaminacion.htm>

[34] Artículos publicados por MMSA Materials & methods Standard Assoc.

[35] Aurora Adame Romero, Daniel a. Salín pascual, "CONTAMINACION AMBIENTAL", Segunda edición, Editorial Trillas, México, 2000, pp 11.

[36] http://www.michoacan.gob.mx/gobierno/verifica_prog.php



[37] W. Strauss/S.J. Mainwaring, "Contaminación del Aire", Primera edición, Editorial Trillas, México 1990, pp 12-19.

[38] Aurora Adame Romero, Daniel a. Salín pascual, "CONTAMINACION AMBIENTAL", Segunda edición, Editorial Trillas, México, 2000, pp 11.

[39] Alfaro/Limón/Martínez/Ramos/Tijerina, "Ciencias del Ambiente", Primera edición, Editorial Continental, México, 2001, pp 132,133.

[40] "Action on Ozone", United Nation Environment Programme", Information and Public Affairs Branch, Nairobi, Kenya, 1993, 26 pp

[41] Delgado Saborit, Juana María, "Validación e implementación de técnicas de captación pasivas para el estudio de los niveles y efectos de ozono troposférico y bióxido de nitrógeno en un área costera mediterránea", UJI, Departamento de Química Inorgánica e Orgánica, 21-01-2005.

[42] "Los contaminantes", actualizado el día 13 de febrero del 2004, Pagina de Internet Patronato de la calidad del aire de Salamanca, AC, <http://www.prodigyweb.net.mx/redmas/contaminantes.htm>

[43] José E. Marcano, "Educación ambiental en la República Dominicana", Pagina de Internet <http://www.jmarcano.com/index.html>.

[44] Luis Echarri, Libro electrónico "Ciencias de la tierra y del medio ambiente" 1998 Ed. Teide,

[45] Anglada, M. L. "El cambio global en el Médio Ambiente, Editorial Alfa Omega, México, D.F. 1998.



[46] Enkerline E., Cano, G., et al., "Ciencia Ambiental y Desarrollo Sostenible", Internacional Thomson Editores, México, 1997.

[47] Singer, F. S., "Pollution Effects on Global Climate", en The Changing Global Environmetn, Ed. F. S. Singer, D. Reidel, Dordrecht, 1975.

[48] Claudia Sheinbaum Pardo, Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno *del Distrito Federal*, "Inventario de la ZMVM", 2004.

[49] BUENO, J.L, "Contaminación e ingeniería ambiental"/ 5 vol. Oviedo ,1997.

[50] Lluvia ácida <http://www.sagan-gea.org/hojared/Hoja13.htm>

[51]

<http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/00General/Principal.html>

[52] José E. Marcano, "Educación ambiental en la República Dominicana", Pagina de Internet <http://www.jmarcano.com/index.html>.

[53] Jorge Martinez Castillejos, "Guía de elaboración y usos de inventarios de emisiones", Primera edición, Jimenes editores e impresores S.A. de C.V., México, DF., Mayo 2005, pp 63,67.