

00523
31



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

"CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN LA
CIUDAD DE MÉXICO
PROLEGÓMENOS A UNA CIUDAD PURA"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

Q U Í M I C O

P R E S E N T A

GUSTAVO MARCOVICH PADLOG

DIRIGIDA POR:

DR. FEDERICO FERNÁNDEZ CHRISTLIEB

MÉXICO, D.F.



2003

EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA

1



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado asignado:

Presidente	Prof. JOSÉ MARÍA GARCÍA SAIZ
Vocal	Prof. HELIO FLORES RAMÍREZ
Secretario	Prof. FEDERICO GUILLERMO FERNÁNDEZ CHRISTLIEB
1 ^{er} Suplente	Prof. MARÍA ISABEL GRACIA MORA
2 ^o Suplente	Prof. MARÍA DEL CONSUELO SANDOVAL GARCÍA

Sitio en donde se desarrolló el tema:

INSTITUTO DE GEOGRAFÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Federico Fernández Christlieb

Asesor



Gustavo Marcovich Padlog

Sustentante

A mis padres

Al Dr. Garfias

A Mariana

A la Providencia

Agradezco, faltaba más, a mis hermanos por nacer antes que yo y a mis sobrinos por nacer después, a Byron Pérez, a todos mis maestros (en especial a los que de una u otra manera me golpearon y así me enseñaron a golpear a otros maestros), al Cura, al padre Nacho y mis amigos de Puebla (en especial a Moisés Camacho), a mi mejor amigo Román (con todo y mochila amarilla y Ángela) y a su familia y a Eduardo, Oscar, Vidali, Marcial, Juan Cristóbal, Jalón, Diego. También a los amigos de Diseño Industrial, Bob, Alejandra, mis dentistas, la familia Chirinos, Irene y Bonillas, a Valle de Bravo, la familia Farias, la familia Fernández Christlieb, al Gil, a las chicas, a Jorge Mena, Maiki y Renán, la Nena, Rubén, los Gleason, mis vecinos, toda la familia de Mariana, al laboratorista de Química Experimental y Aplicada, al LAFQA, al Andorra y en más allá al Sahara Español, a los Tres Reyes y a todos los que de alguna manera hicieron posible o imposible esto y cualquier otra cosa.

CONTENIDO GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	8
INTRODUCCIÓN	9
PLANTEAMIENTO DEL TEMA	9
OBJETIVOS	10
ENFOQUE	11
CAPÍTULO I. LA CIUDAD	13
LA CIUDAD	14
ORIGEN	17
UBICACIÓN	34
LA INDUSTRIA	36
LOS AUTOMÓVILES	42
CALIDAD DE VIDA	53
CAPÍTULO II. CIUDAD DE MÉXICO	62
ORIGEN	63
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	86
FISIOGRAFÍA, OROGRAFÍA Y GEOLOGÍA	87
HIDROLOGÍA	90
CONDICIONES CLIMÁTICAS	92
USOS DEL SUELO Y VEGETACIÓN	95
POBLACIÓN	98
ASPECTOS ECONÓMICOS	103
INDUSTRIA	107
EL TRANSPORTE	108
LA MEGALÓPOLI	116
EL SIGLO XXI	125
CAPÍTULO III. PERCEPCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO	130
CONTAMINACIÓN	131
ATMÓSFERA Y CONTAMINACIÓN	135
LOS CONTAMINANTES EN EL AMBIENTE	137
<i>Inversión térmica</i>	138
<i>Precipitación de los contaminantes</i>	139
<i>Química atmosférica</i>	140
CONTAMINACIÓN EN INTERIORES	141
CONTAMINACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO	143
ACCIONES GUBERNAMENTALES	151
PERCEPCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN	158
PERSPECTIVAS	164
CAPÍTULO IV. CONTAMINACIÓN AUDITIVA	167
LOS SONIDOS	168
ULTRASONIDO O SONIDO DE ALTA FRECUENCIA	170
LA AUDICIÓN	172
EL RUIDO	173

EFFECTOS EN LA SALUD.....	175
REGULACIONES.....	180
LA CIUDAD DE MÉXICO.....	181
CAPÍTULO V. CONTAMINACIÓN VISUAL.....	184
LA LUZ.....	184
LA VISTA Y LOS COLORES.....	185
EL CIELO.....	187
AGENTES SÓLIDOS.....	189
<i>Asbesto</i>	194
<i>Carbón negro</i>	195
<i>Pesticidas</i>	197
<i>Sulfatos</i>	198
<i>Nitratos y nitritos</i>	199
<i>Benzo[a]pireno</i>	200
<i>Metales</i>	202
<i>Materia vegetal</i>	214
<i>Bacterias y microbios</i>	219
GASES.....	221
<i>Ozono</i>	221
<i>Hydrocarburos</i>	226
<i>Oxidos de nitrógeno</i>	227
<i>Monóxido de carbono</i>	231
<i>Dióxido de carbono</i>	233
<i>Dióxido de azufre</i>	234
<i>Metano</i>	237
<i>Amoníaco</i>	237
AGENTES ESTÁTICOS.....	238
<i>Anuncios</i>	239
<i>Basura</i>	240
<i>Basura peligrosa</i>	242
VOLVER A VER.....	243
CAPÍTULO VI. EL TACTO.....	245
EL TACTO.....	245
EL CLIMA.....	247
AGENTES QUÍMICOS.....	251
ARTRÓPODOS.....	254
AGENTES INVISIBLES.....	256
<i>Visitantes cósmicos</i>	257
<i>Radiación terrestre</i>	263
<i>Agentes antropogénicos</i>	267
EL DOLOR.....	274
CAPÍTULO VII. EL OLFATO.....	275
LA RESPIRACIÓN.....	275
EL OLFATO.....	276
LOS OLORES.....	278
OLER MATA.....	281
SOLVENTES.....	284
CONTAMINANTES OLOROSOS.....	286

<i>Pútridos</i>	286
<i>Aromáticos</i>	287
<i>Cloroformicos</i>	291
<i>Eféreos</i>	294
<i>Picantes</i>	295
<i>Plásticos</i>	297
<i>Corporales</i>	298
VIRUS.....	301
EL OLOR CITADINO.....	302
CAPÍTULO VIII. EL GUSTO	305
EL GUSTO.....	305
SABORES.....	306
PROTOZOARIOS Y AMIBAS.....	309
EL MAL GUSTO.....	311
CAPÍTULO IX. CONTAMINACIÓN EN INTERIORES	313
CONTAMINACIÓN EN INTERIORES.....	313
<i>Compuestos orgánicos volátiles y formaldehído</i>	315
<i>El humo del cigarrillo</i>	316
<i>Subproductos de la combustión</i>	319
<i>Contaminantes biológicos</i>	320
<i>Fibras minerales</i>	322
<i>Naftaleno</i>	322
<i>Amoniaco</i>	323
<i>Cloro</i>	324
<i>Cloroformo</i>	325
<i>Solventes</i>	326
<i>Acetona</i>	326
<i>Acroleína</i>	327
<i>Xileno</i>	327
<i>Emanaciones corpóreas</i>	327
<i>Basura</i>	328
RECOMENDACIONES.....	328
CAPÍTULO X. CONCLUSIONES	332
LA CIUDAD.....	333
LA CONTAMINACIÓN.....	338
SOLUCIONES TÉCNICAS.....	342
EPÍLOGO.....	349
BIBLIOGRAFÍA	351

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición del aire terrestre.....	136
Tabla 2. Contribución de contaminantes por sector en el AMCM (en %)	146
Tabla 3. Decibeles de algunos sonidos comunes	169
Tabla 4. Riesgos a la salud asociados con distintos niveles de decibeles	177
Tabla 5. Emisiones de benzo[a]pirenos de algunas fuentes principales.....	201
Tabla 6. Efectos sobre la salud humana de varios niveles de plomo en la sangre.....	206
Tabla 7. Concentración de plomo en el aire de varios medios.	206
Tabla 8. Intensidad de las fuentes de frecuencias de radio y microondas, daños que ocasionan a la salud y regulaciones.....	270
Tabla 9. Dosis de nicotina.....	318

INTRODUCCIÓN

"La vida es lo cotidiano." Héctor Marcovich

"A la ciudad, como al cónyuge, no se lo quiere... se lo extraña." Gustavo Marcovich

"La ecología es un problema de la clase media." P. Ch.

"Ni la fuerza de las botas ni la parsimonia de los votos." Gustavo Marcovich

"El agente contaminante más peligroso es la estupidez." Gustavo Marcovich

Planteamiento del tema

La Ciudad de México está contaminada, no es ningún secreto. Muchos estudios señalan que es de las ciudades más contaminadas del mundo. Triste honor. La contaminación apareció hace muchos años en este Valle y parece prácticamente imposible eliminarla. Todos la padecemos pero también todos contribuimos a producirla y es obligación de todos ayudar a disminuirla.

Para comprender el problema de la contaminación ambiental en la Ciudad de México es indispensable conocer sus características históricas, geográficas, económicas y sociales. Para llegar al punto climático de opinar cómo debe ser la ciudad primero se debe profundizar en el análisis de cómo es.

Como la gran metrópoli que es, en esta compleja ciudad se congrega una parte importante de la actividad económica, política, administrativa y cultural del país; así como una vasta población. Este hábitat urbano, conformado por millones de individuos y sus actividades, también es la capital de México. Es productora y consumidora de grandes cantidades de recursos; y es destructora del medio.

Los contaminantes no caen del cielo sino que se generan y elevan del suelo, de donde nosotros los producimos. Todo lo que hace el ser humano contamina. Moverse, comer, producir energía o cualquier artículo genera contaminación. Los científicos trabajan a marchas forzadas para reducir los niveles de contaminación, las instancias

gubernamentales crean y aplican leyes para combatirlos, los ciudadanos aceptamos, generalmente a regañadientes, las medidas y sufrimos a diario el embate del ambiente urbano. Pero parece que todo es inútil: la contaminación no disminuye a la velocidad deseada. Pero no se puede ser pesimista y aceptar nuestra derrota. Todos debemos afrontar la lucha contra este calambre de la civilización y, como ante cualquier problema, lo primero es tratar de conocerlo a fondo. Citando a Albert Shaw, "Los actuales males de la vida urbana son temporales y remediabiles... Las condiciones y circunstancias que conforman las vidas de las masas de habitantes de las ciudades modernas pueden adecuarse a las necesidades de éstas, de modo que abarquen el desarrollo superior de la especie, en lo físico, en lo intelectual y en las características morales. Los denominados problemas de las ciudades modernas no son otra cosa que fases distintas de esta única cuestión fundamental: ¿cómo conseguir la adecuación óptima del medio al bienestar de las poblaciones urbanas? Y la ciencia puede afrontar y dar respuesta a cada uno de estos problemas"

Del conocimiento de la problemática ambiental del Distrito Federal y de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México es sobre lo que versa este trabajo.

Objetivos

El presente estudio persigue cuatro objetivos fundamentales

- Analizar las características físicas, históricas, económicas y culturales de la ciudad que están en relación directa con la producción de contaminantes.
- Tratar de explicar la cultura de los contaminantes: no sólo cómo han progresado físicamente, sino cómo ha evolucionado nuestra percepción cultural de ellos.
- Distinguir y conocer los contaminantes que nos afectan directamente en este entorno urbano.

- Proponer medidas para reducir el impacto de los contaminantes en la vida de los habitantes de la Ciudad de México.

Enfoque

Hace más de medio siglo que el geógrafo francés Georges Chabot¹ empleó por primera vez la expresión "fenómeno urbano" para caracterizar el prodigioso desarrollo de las ciudades en la época contemporánea. El fenómeno urbano es enorme y complejo; abarca realidades múltiples y heterogéneas y puede ser estudiado con varios enfoques y con preocupaciones muy diferentes por las diversas disciplinas. En la actualidad, las distintas disciplinas que se encargan de estudiar el fenómeno urbano (geografía, demografía, historia, psicología, sociología, economía, climatología, geología, biología, etc.) debe, indiscutiblemente, incluir a la química porque es la ciencia que otorga el conocimiento de los materiales que conforman la ciudad así como de los desechos que produce.

La contaminación del ambiente, del sitio donde habitamos, es abordada desde la óptica de los sentidos, que son nuestro enlace con el mundo. Se pretende entender cómo percibimos la contaminación, cómo afecta a nuestros sentidos y cómo podemos distinguir los contaminantes a través de ellos, cuando esto es posible. Desde esta óptica se debe contemplar la interacción de los contaminantes con los sentidos como una interacción dinámica: los percibimos pero alteran nuestra percepción, modifican nuestros sentidos y perturban nuestro cerebro, nuestro estar en el mundo. El sujeto que conoce "a través de los sentidos" no lo hace en sentidos compartimentados ni realiza una integración que tiene mucho más de cerebral que de intelectual: en este proceso de conocimiento opera la educación y la cultura. No percibimos y después procesamos lo percibido: el proceso de registrar siempre está afectado por la cultura.

¹ Derycke, Pierre-Henri, *La Economía Urbana*, p. 38.

El estudio se ha estructurado en diez capítulos. En los primeros dos capítulos se analiza el concepto de Ciudad (origen, objetivos y estructura) y el caso específico de la Ciudad de México con sus características. A partir del tercer capítulo se estudia el problema de la contaminación ambiental con un enfoque eminentemente sensorial. Del cuarto al octavo se describen brevemente los sentidos y se detallan algunos contaminantes que se relacionan con los determinados procesos sensoriales. Primero se analizan los sentidos físicos (oído y vista), luego el fisicoquímico (tacto) y por último los eminentemente químicos (olfato y gusto). En el capítulo noveno se analiza el caso de la contaminación en interiores, que también son parte de la ciudad. En las conclusiones, se pretende dar un panorama del estado actual de la Ciudad de México y de las posibles soluciones conceptuales a los problemas planteados.

CAPÍTULO I. LA CIUDAD

"Ay los que juntáis casa con casa, y campo a campo anexionáis, hasta ocupar todo el sitio..." Isaías, Capítulo V, Versículo 8

Vivir en una ciudad, en una como la Ciudad de México por ejemplo, parece ser una fatalidad. Entre la variedad de problemas reconocidos que se asocian con la vida en la ciudad (falta de vivienda, tráfico, escasez de agua, desempleo, violencia y un largo etcétera) en los últimos años ha destacado el de la contaminación atmosférica. Presumiendo que el objetivo de vivir en una ciudad es elevar el nivel de la calidad de vida de los seres humanos, estos problemas requieren de inmediata solución y, para ello, primero hay que entender las circunstancias dominantes de la vida ciudadana. Antes de pretender refundar la ciudad se debe analizar cómo es en la actualidad.

Es posible pensar que la aglomeración es culpable en gran medida de la mayoría de los males urbanos pero, evidentemente, el problema es más complejo ya que en un hormiguero la densidad de habitantes es mayor pero sus problemas son menos graves (con la excepción de un niño con manguera). Cada ciudad tiene problemas propios que se remontan a su origen (propósito y ubicación) y al desarrollo histórico a que han sido sometidas sus naciones (situaciones claramente políticas y económicas). Sin embargo parece haber problemas comunes a ciertas ciudades, ya sea por similitudes geográficas (como la Ciudad de México y Santiago de Chile) o económicas, como es el caso de los países subdesarrollados donde el crecimiento urbano no mantiene correspondencia con el crecimiento económico que acompañó la primera urbanización en los países capitalistas industriales.² Las metrópolis también tienden a padecer problemas similares directamente relacionados con su despiadada magnitud.

² Castells, Manuel. *La cuestión urbana*, p. 22.

En medio de la controversia sobre la tétrica situación urbana —escasez de vivienda, dificultad para la recreación, falta de transporte, confusión de las autoridades, creciente delincuencia, deficiencias en la educación y contaminación del agua, del aire y de la tierra— se tiende a olvidar, de hecho, que de lo que realmente se habla es de nuestro lugar para vivir, del jardín de nuestros hogares, y la calidad de este lugar determina la calidad de nuestra vida.³ Los ciudadanos, como dueños de esta Ciudad, tienen la obligación de arreglarla, limpiarla y decorarla a su entero gusto. Si van a vivir en ella, y sus hijos y los de ellos, es justo que vivan bien. Como bien dijo Aristóteles “el impulso no sólo de congregarse en ciudades para vivir sino de permanecer viviendo la buena vida”.

La ciudad

“La ciudad es la más bella obra de arte de la historia de la humanidad.” Hegel

La ciudad es un objeto voluminoso delimitado físicamente por su contorno pero infinito en su contenido y de alcances mayores sobre el territorio externo —los alrededores, el país y el mundo— cuyo objetivo primordial es albergar una comunidad de personas y procurarles protección contra el “salvaje medio” y los enemigos históricos o los que se acumulen. Es fácilmente definible por el contraste con el campo que la rodea⁴ y está conformada por calles pavimentadas bordeadas por aceras, casas que se tocan entre sí y que se extienden en altura para economizar espacio, tiendas, luces que hacen la noche más clara que el día y el movimiento constante de hombres y vehículos. Para los romanos la “urbe”, el espacio delimitado materialmente (calles y construcciones) difería del concepto de “ciudad”, del vocablo latino *civitas* y este a su vez del griego

³ Van Eckardt, Wolf. *La crisis de las ciudades*, p. XII.

⁴ Fácilmente si se tiene la suerte de poder llegar a sus límites.

⁵ *Urbs* significaba la ciudad, es decir, Roma en oposición a los campos de Lacio. (Chabot, Georges. *Las ciudades*, p. 9).

polis, que implicaba el concepto de "los ciudadanos". En la actualidad, "urbe" y "ciudad" se utilizan indiscriminadamente como sinónimos.⁶

La demografía define a la ciudad numéricamente al fijar un determinado número de habitantes por encima del cual una aglomeración recibe ese nombre. Esta cifra no es absoluta porque cambia según el país y la época.⁷ Para el geógrafo, la ciudad es, ante todo, un paisaje, un paisaje de geografía humana, y como tal se reconoce y clasifica precisamente por su aspecto exterior. Para el urbanista Chabot, la ciudad se opone al campo por su género de vida; mientras que el hábitat rural está definido por ser el de aquellas personas cuya principal ocupación es cultivar la tierra, el hábitat urbano es el de aquellos que no cultivan la tierra, o que, por lo menos, no es su actividad principal.⁸

En resumen, la ciudad es el tremendo ropero donde es guardado todo lo que implica una civilización. Tiene una realidad económica, social y cultural; es el centro de capitales, de conocimientos, de técnicas y tiene también una vida social. En palabras de Lefebvre, es una productora de obras que resulta ser una obra en sí misma.⁹ Es "el medio" donde habitamos y es nuestra realidad: la realidad urbana. Reúne los frutos de la tierra en sus mercados, recrea la naturaleza en sus jardines y permite la producción de obras, de objetos, de actos y de situaciones.¹⁰

Afuera de "nuestra casa", está "la ciudad", ese conjunto extraño de calles, personas, signos, señales innumerables y símbolos que generan una esencia citadina única y distinta a otras ciudades, que la hace sentir propia o ajena. Aparte de los innumerables problemas y molestias, de que muchos la habitan por el simple azar de

⁶ Los términos "urbanamente" y "civilizadamente", cuyas raíces son urbe y ciudad, dan la idea de cierto comportamiento que se contrapone a la forma de vida de los que no habitan en estos conglomerados humanos.

⁷ Hay "pueblos" que sobrepasan la cifra establecida y siguen siendo "pueblos". Asimismo, hay ciudades que son consideradas como tales por su pasado, aunque actualmente se encuentren prácticamente deshabitadas.

⁸ Chabot, G., *Op. cit.*, p. 14.

⁹ Lefebvre, Henri. *De lo rural a lo urbano*, p. 215.

¹⁰ *Ibidem*, p. 267.

haber nacido en ella o porque allí trabajan, en la gran ciudad existe la diversidad que no pueden ofrecer las pequeñas ciudades o los pueblos: "... bienes que ambicionar, oficios que aprender, amigos que frecuentar, amores que conquistar", en palabras de Lefebvre. Al igual que Hegel, el urbanista Gastón Bardet señala que la ciudad "por su materialización plástica de las necesidades y de los ideales del hombre, es la más grande obra de arte colectivo".¹¹

Al ser un objeto habitado y diseñado por millones de "dueños", de "homo urbanicus", que en este preciso momento están haciendo uso de ella, sus estructuras y funciones están cambiando continuamente, evolucionan, y su definición finalmente puede resultar efímera porque, como escribió Sato, "la ciudad se identifica cotidianamente en su uso, aunque se desconozcan sus leyes, sus orígenes o su historia."

La situación económica actual, con todas sus desigualdades y la famosa globalización (en primer término de la miseria en todos los sentidos) ha conducido a la ciudad a un estado de inconsciencia en el cual sus habitantes ya no saben realmente por qué viven en ella y se produce un nuevo nomadismo en busca de mejores condiciones de vida. La ciudad real es una ciudad enferma ("un cáncer que goza de buena salud" escribió Le Corbusier) y el pesimismo empieza a cubrir a los ciudadanos porque, como señala Auzelle, "la gran aglomeración ha dejado de asegurar el desarrollo del hombre; al contrario, lo fatiga, lo agobia, lo enferma de anemia, de esclerosis, cuando no lo mata lisa y llanamente, por lento languidecer en sus tugurios o por accidente en sus calles atestadas".¹² De manera parecida se expresaba Le Corbusier en 1925: "Una ciudad es una herramienta. Las ciudades no desempeñan ya esta función. Carecen de eficacia, utilizan nuestros cuerpos, nos entorpecen el alma. La falta de orden que exhiben por doquier nos ofende; su degradación hiere nuestra autoestima y humilla nuestro sentido

¹¹ Bardet, Gastón, *El Urbanismo*, p. 26.

¹² Sato, Alberto, *Ciudad y Utopía*, p. 7.

¹³ Auzelle, Robert, *Técnicas del Urbanismo*, p. 7.

de dignidad. No son dignas de la era en que vivimos; ya no son dignas de nosotros.” En la Carta de Atenas de 1943, Le Corbusier señala: “Hoy, el mal está hecho. Las ciudades son inhumanas, y de la ferocidad de algunos intereses privados ha nacido la desgracia de innumerables personas.”¹⁴ Se puede afirmar que actualmente la ciudad es un campo de especulaciones y que sus problemas no tienen nada de éticos ni estéticos y sí de sociales y económicos.¹⁵ La ciudad actual se contrapone al utópico Punto 75 de la Carta de Atenas que señala que “La Ciudad debe asegurar, tanto en el plano material como en el espiritual, la libertad individual y el beneficio de la acción colectiva.” Según Sato, “la misma ciudad es la generadora de los males sociales que deben ser erradicados”.¹⁶

En la televisión mexicana se puede ver un programa conducido por Cristina Pacheco que lleva por nombre “Acá nos tocó vivir”, título con aroma de fatalidad, donde describe la vida de los habitantes de la Ciudad de México y, en cierta forma, de la ciudad misma, ya que los habitantes de una ciudad son su espejo porque, como escribió Lefebvre, “la ciudad es la proyección de la sociedad global sobre el terreno”. Efectivamente, acá nos tocó vivir o acá queremos vivir y no podemos abandonarla porque, en palabras de Van Eckardt, “una ciudad es un lugar donde puede suceder cualquier cosa, razón de sobra para salvarla.”¹⁷

Origen

“La ciudad es el gigantesco laboratorio de la historia”. Marx

La ciudad está hecha por el hombre y para el hombre y su historia es la historia del hombre. Citando a Spengler “la historia universal es historia ciudadana”, y, desde que el hombre abandonó un estilo de vida nómada y gracias a la agricultura se asentó, la

¹⁴ Ramón, Fernando, *La ideología urbanística*, p. 100.

¹⁵ Ramón, F., *Op. cit.*, p. 41.

¹⁶ Sato, A., *Op. cit.*, p. 8.

¹⁷ Van Eckardt, W., *Op. cit.*, p. 51.

ciudad ha sido testigo no tan mudo del desarrollo de la civilización. Fundada en principio como zona de seguridad, su evolución le permitió convertirse en centro religioso¹⁸ y cultural para terminar, en la actualidad, como centro económico.

La ciudad, por una parte, organiza su propia vida, cuida sus calles, levanta inmuebles, organiza los servicios de agua y de electricidad. Por otro lado, desempeña su papel comercial, industrial y militar; fabrica los utensilios de la civilización, negocia las transacciones y envía las órdenes administrativas. Este conjunto de actividades desarrolladas en la ciudad responde a la razón por la cual la ciudad fue fundada y se denomina "la función urbana". Lo que distingue a las áreas metropolitanas de las formas anteriores no es sólo su dimensión sino la variedad de las actividades y funciones en el espacio.¹⁹ Una aglomeración sólo se considera una ciudad cuando desempeña una o varias funciones urbanas que le imponen su modo de vida y su razón de ser.²⁰ Las funciones propias de la ciudad son numerosas y se pueden clasificar de la siguiente manera:²¹

- a) Función militar. Ciudad-fortaleza que se rodeaba de murallas para defenderse de las invasiones y así mantener segura su función administrativa o comercial. Otro caso es el de los Puertos Militares creados para vigilar ciertos puntos y que, posteriormente, dieron lugar al nacimiento de ciudades.
- b) Función comercial. La actividad principal de las ciudades fue en todas las épocas el comercio. La ciudad-mercado es indudablemente tan antigua como la ciudad-fortaleza; pero, mientras los progresos del arte militar reducían la importancia de las ciudades-fortaleza, los núcleos urbanos se dedicaban al

¹⁸ "Los griegos crearon sus ciudades religiosas, según dice Vincent Scully, como un "diálogo sin par entre unicidad y diversidad, hombres y naturaleza, hombres y hechos de la vida, hombres y dioses". (*Ibidem*, p. 300).

¹⁹ Castells, M. *Op. cit.*, p. 28.

²⁰ Cuando un pueblo se ha transformado en ciudad, se debe a un cambio en sus funciones: a la vida rural se ha superpuesto una actividad comercial o industrial.

²¹ Chabot, G., *Op. cit.*, p. 18-75.

- comercio al pie de sus ciudadelas abandonadas. El incesante desarrollo del comercio dio lugar a la formación de ciudades cada vez más importantes y diferenciadas. Esta función se desarrolló a través de mercados locales²², ciudades de comercio lejano como puertos marítimos o en grandes plazas comerciales.
- c) Función industrial. La industria se fue instalando de forma progresiva en las ciudades, pero, al contrario que el comercio, la industria no es esencialmente urbana. Considerado en conjunto, el trabajo industrial muestra desde hace tiempo una clara tendencia a concentrarse afuera de las ciudades, tendencia que se ve aún más reforzada por la rápida evolución de la técnica.
 - d) Función terapéutica (salud, vacaciones y turismo). Sitios a donde se asiste para descansar o divertirse, como balnearios, playas, ciudades turísticas, etc.
 - e) Función intelectual y religiosa. Hay ciudades cuya existencia sólo se explica por razones de índole religiosa, aunque algunas de ellas ya no ejercen, propiamente hablando, funciones religiosas. Las ciudades universitarias guardan cierto parentesco con las ciudades santas: en el dominio de los valores espirituales, los estudios intelectuales han sido, con frecuencia, una prolongación de los estudios religiosos.
 - f) Función administrativa. La capital, centro político y administrativo de un país, agrupa todos los servicios necesarios para el ejercicio del poder y constituye, generalmente, un centro urbano importante.

Las funciones enumeradas pueden evolucionar, reemplazarse entre sí o superponerse. Algunas aglomeraciones, incluso, pueden llegar a concentrar todas las

²² Para el sociólogo Max Weber, se considera ciudad a toda aquella aglomeración humana en la cual "la población radicada satisface una parte económicamente importante de sus necesidades diarias en el mercado local, en gran medida con productos que la población local y la de los alrededores fabrica o adquiere para ofrecerla en el mercado". La marca distintiva para la ciudad es, por lo tanto, el mercado. Sin embargo, no todo poblado que posee un mercado es una ciudad sino sólo aquel en el cual la actividad económica de los habitantes se orienta preponderantemente hacia el movimiento mercantil local. (Bahrdt, Hans P., *La moderna metrópoli*, p. 48).

su carácter. Las ciudades se han visto sometidas a un proceso continuo de remodelación a través del tiempo y la gran variedad de formas es el resultado de las múltiples fuerzas que dominaron durante los periodos sucesivos de la historia.” En resumen, y citando a Fernando Ramón, “la forma de las ciudades es el resultado fatal de la sociedad que las ocupa”.

Para la historia, la aparición de la ciudad ha constituido el acta de nacimiento de las civilizaciones. Los primeros asentamientos sedentarios, relativamente densos, de la población humana ocurrieron en Mesopotamia, Egipto, China e India al final del período neolítico, cuando el estado de la técnica y las condiciones sociales y naturales del trabajo permitieron a los agricultores producir más de lo que ellos mismos necesitaban para subsistir. A partir de ese momento se desarrolla un sistema de repartición del producto que demuestra una determinada capacidad técnica y un cierto nivel de organización social. Las ciudades son la forma de residencia adoptada por aquellos miembros de la sociedad cuya permanencia directa sobre el lugar de cultivo no era necesaria. Es decir que estas ciudades sólo podían existir sobre la base del excedente producido por el trabajo de la tierra.²⁵

En Egipto las ciudades se crearon hace cinco mil años para albergar a los trabajadores de las pirámides.²⁶ En el valle del Indo, hacia el año 3000 a.C., existía la bastante floreciente ciudad de Mohenjo-Daro.²⁷ En Babilonia, en el 2100 a.C., el rey Hammurabi escribió su famoso Código en el cual incluyó la primera reglamentación para la construcción urbana que castigaba al constructor irresponsable. En esos tiempos, en general, las ciudades estaban construidas para satisfacer la raigambre religiosa y la vanidad de sus monarcas mediante suntuosas edificaciones. Tal es el caso de Menfis,

²⁵ Gallion, A.B. y Eisner, S. *Urbanismo: planificación y desarrollo*, p. 14-16.

²⁶ Castells, M. *Op. cit.*, p. 18.

²⁷ Como es el caso de la pirámide de Sesotris II que originó la ciudad de Illahun, actual Kahun, en 1897-1879 a.C. (Chueca Goitia, Fernando, *Breve Historia del Urbanismo*, p. 44).

²⁸ *Ibidem*, p. 49.

Tebas y Tel-el-A-marna en Egipto²⁹, y de Nínive en Babilonia, que eran verdaderas ciudades-templo. En el siglo VI a.C., Babilonia era una gran ciudad atravesada por el río Éufrates y bien guarnecida por lienzos rectilíneos de fuertes murallas.³⁰

En las islas del mar Egeo floreció una cultura en la cual los reyes no eran Dioses y sus ciudades resultaban más humanas, tal es el caso de Cnosos y, en la Grecia continental, de Tirinto y Micenas.³¹ En la ciudad-estado de la antigua Grecia, el Estado era la ciudad y la ciudad el Estado. El problema de la ciudad como tal, se trasladaba al problema de la situación o estado político de sus habitantes: los ciudadanos. Con el desarrollo de la democracia en las ciudades-estado de Grecia, aparecen nuevos elementos urbanísticos que indican una colaboración mucho más estrecha del pueblo en los asuntos de la comunidad. Aparte de los templos, que para los griegos representaban la culminación de su mundo espiritual y el orgullo mayor de su creación artística, surgen en la ciudad diversos edificios dedicados al bien público y al desarrollo de la democracia, generalmente situados en torno al ágora o plaza pública, que en principio albergaba al mercado y que luego constituyó el verdadero centro político de la ciudad. Así la ciudad pasa de ser un amasijo de viviendas humildes dominadas por el palacio-templo de un rey divinizado a una estructura más compleja en la que dominaban aquellos elementos que eran del disfrute general como plazas, mercados, pórticos, edificios de la administración pública, teatros, estadios, etc. Y ya no aparecen tremendos palacios que representen el poder o la autoridad de un jefe.³²

Bajo el ambiente filosófico que se vivía en Grecia surgió una teoría racional de la ciudad como una organización ideal que resolviera las deficiencias de la ciudad natural o histórica que se había creado a través de los años. Esta tarea fue llevada a cabo

²⁹ Fundada por Amenophis (1369-1354 a.C.), esta ciudad presenta un trazado rectangular y casas construidas de piedra. (*Ibidem*, p. 44).

³⁰ *Ibidem*, p. 47.

³¹ Gallion, A.B. y Eisner, S., *Op. cit.*, pág. 22.

³² Chueca Goitia, F. *Op. cit.*, p. 43-50.

por Hipodamos, natural de Mileto, que se puede considerar como el primer urbanista con criterio científico y a quien Aristóteles atribuye el mérito de haber puesto en práctica la doctrina de una lógica distribución de la ciudad. A este urbanista se le asigna la creación de la ciudad en cuadrícula, aunque ya existía en las civilizaciones indostánicas, egipcias y mesopotámicas, y de haber trazado los planos del Pireo y de Rodas. Durante la época helenística surgieron numerosas ciudades desde la Cirenaica hasta el Indo. Aparte de Atenas, los principales centros de cultura son Rodas, Pérgamo, Antioquia y, sobre todo, Alejandría. Pero lo más importante es que fue una cultura eminentemente urbana y cosmopolita.”

De las humildes ciudades helénicas, que servían a sus ciudadanos, se pasó a grandes y populares urbes como Siracusa y Candahar, lujosas muestras de poderosos imperios. Si bien Babilonia alcanzó los 350 mil habitantes en el siglo VI AC y Siracusa los 400 mil en ese mismo siglo, la ciudad mayor de la antigüedad fue la Roma de los Césares que en su apogeo alcanzó aproximadamente 1.5 millones de habitantes.” Los romanos se caracterizaron por su organización y por resolver los problemas técnicos ocasionados por la alta densidad de población: redes de distribución de agua, drenaje, calefacción y caminos empedrados. El fin del imperio romano en occidente supuso la desaparición de Roma como ciudad, ya que no era un sitio de producción sino de gestión y dominación (sede del aparato político administrativo) porque sus funciones se perdieron y, rotos los lazos con el campo por la cesión de la dominación social a los señores feudales, no hubo otra justificación para la existencia de las ciudades, salvo, eventualmente, el sostén de la autoridad eclesiástica.” El desarrollo del urbanismo en Roma fue un fenómeno gradual ininterrumpido. La vida urbana fue fomentada por todos los emperadores del siglo I, principalmente por Augusto y Claudio. Las ciudades del

³³ *Ibidem*, p. 53-57.

³⁴ Derycke, Pierre-Henri, *La Economía Urbana*, p. 11.

³⁵ Castells, M., *Op. cit.*, p. 19.

Imperio Romano fueron herederas de la cultura urbanística helénica, de la que tomaron todos sus refinamientos técnicos: alcantarillado, abastecimiento de agua, baños, pavimento, servicios de incendios, mercados, etc. Su trazado regular era el de todas las ciudades coloniales de Occidente, donde domina el sentido práctico y organizador sobre todo otro imperativo espiritual o estético.³⁶

Cuando el Imperio Romano sucumbe a las hordas bárbaras, la civilización urbana parece derrumbarse: las grandes ciudades quedan deshabitadas y las poblaciones urbanas se dispersan por todo el área rural. Los monasterios aparecen como nichos de protección y autodefensa en formas urbanas fortificadas y replegadas sobre ellas mismas.³⁷ Así, la ciudad medieval nace de la unión de una fortaleza preexistente en torno a la cual se había organizado un núcleo de habitación y de servicios, y de un mercado, sobre todo a partir de las nuevas rutas comerciales abiertas por las cruzadas. La ciudad se organiza de manera más autónoma con respecto al exterior y sus fronteras la definen como un sistema social.³⁸ La ciudad medieval era una comuna comercial e industrial que habitaba dentro de un recinto fortificado, gozando de una ley, una administración y una jurisprudencia excepcionales que hacían de ella una personalidad colectiva privilegiada.³⁹ Las ciudades medievales no eran demasiado grandes. Al final de la Edad Media, de la población que conformaba el Imperio Germánico, unos 12 millones de habitantes, sólo el 10 o el 15% vivía en las ciudades. Aunque el número de ciudades era de tres mil, sólo 10 o 15 rebasaban los 10 mil habitantes.⁴⁰

La ciudad de los tiempos medios no aparece como tal hasta comienzos del siglo XI y se desarrolla fundamentalmente en los siglos XII y XIII. Antes de este momento dominaba completamente la organización feudal agraria de la sociedad. El crecimiento

³⁶ Chueca Goitia, F. *Op. Cit.*, p. 58-63.

³⁷ Derycke, P.H., *Op. cit.*, p. 12.

³⁸ Castells, M., *Op. cit.*, p. 20.

³⁹ Pirenne, Henri, *Medieval Cities: Their origin and the Revival of Trade*, p. 82.

⁴⁰ Chueca Goitia, F. *Op. cit.*, p. 89-90.

de las ciudades se origina principalmente por el desarrollo de grupos específicos de tipo mercantil y artesano. El verdadero motivo que da nacimiento a la ciudad medieval y que en cierto modo es el fundamento de toda sociedad en general, es el comercio y la industria, que comienza a despuntar pasado el año 1000, cada vez con mayor fuerza. Con el desarrollo del comercio en los siglos XI y XII se va conformando una sociedad burguesa compuesta por mercaderes viajeros y por comerciantes asentados permanentemente en los centros donde se desarrolla el tráfico de mercancías: puertos, ciudades de tránsito, mercados importantes, villas artesanales, etc. En estas ciudades también se establecen las personas que ayudan a los menesteres que el desarrollo de los negocios exige. Así la ciudad va atrayendo un número cada vez más considerable de personas del medio rural que allí encuentran un oficio y una ocupación que en muchos casos los libera de la penosa servidumbre del campo. Esta incipiente sociedad burguesa es el estímulo de la ciudad medieval. La ciudad medieval, aunque gozaba de todos estos privilegios, no era una ciudad aristocrática, a diferencia de la ciudad antigua que era asiento de la nobleza. La ciudad europea occidental de la Edad Media se personifica como ciudad antinobiliaria, como sede del estado llano. En las ciudades regulares del final de la Edad Media está el esbozo de la gran tarea urbanística hispanoamericana, que llenó un continente de ciudades trazadas con rigor geométrico y amplitud de planteamiento muy superiores a lo que podía hacerse en el viejo y trabajado solar de la metrópoli.⁴¹

El medioevo finaliza con el movimiento de emancipación de las ciudades y el progreso de las primeras universidades, especialmente en Italia. A partir del siglo XII, las ciudades de más de 100 mil habitantes, como París, Venecia, Milán y Florencia, son la excepción debido a las guerras y epidemias. En el siglo XV, Londres y Bruselas

⁴¹ *Ibidem*, p. 91-107.

alcanzan una población de 40 mil personas pero predominan las villas de mediana importancia que se extienden bastante uniformemente por el territorio europeo.⁴²

En gran parte la actividad urbanística durante los siglos XV y XVI se refiere a reformas en el interior de las viejas ciudades que, en general, alteran muy poco la estructura general. Mientras el pensamiento utópico elabora geométricas ciudades ideales, la vida se desenvuelve en los viejos ambientes medievales, en las plazas irregulares y pintorescas y en las estrechas y tortuosas callejuelas de otros tiempos. La apertura de algunas nuevas calles con edificios solemnes y uniformes y sobre todo la creación de nuevas plazas regulares o casi regulares, para servir de marco a un monumento destacado, para honrar la estatua de un rey o de un príncipe o para representaciones o festejos públicos son las empresas urbanas más favorecidas que luego el periodo barroco continuará todavía en mayor escala.⁴³

Muchas de las ideas urbanísticas del Renacimiento, que no pasaron de doctrina, utopía o ejercicio ideal del intelecto en los países de Europa donde se originaron, tuvieron su campo de realización real en América, en la ingente obra de colonización española. "El esquema urbano —según Leonardo Benévolo— ideado en América en las primeras décadas del 500 es el único modelo de ciudad producido por la cultura renacentista y controlado en todas sus consecuencias ejecutivas. Este modelo continúa funcionando por cuatro siglos, ya sea en América como en otros lugares, y después de ser generalizado en el cuadro de la cultura neoclásica servirá como base para la más grande transformación de la época moderna: la colonización y la urbanización de los Estados Unidos de América". La primera ciudad americana trazada con rigor y concepto geométrico es Santo Domingo, fundada en 1496. Las primeras fundaciones de ciudades en la segunda década del siglo XVI, como La Habana, Guatemala, Campeche y

⁴² Derycke. P.11.. *Op. cit.*, p. 12.

⁴³ Chueca Goitia. F. *Op. cit.*, p. 116.

Panamá, siguen la misma línea: planos sencillos y prácticos trazados a cordel y adaptados al lugar. El sencillo plano ajedrezado de la colonizada Ciudad de México no indica aportaciones nuevas. El hecho de que los grandes edificios públicos; catedral, audiencia, palacio, etc., estuvieran en el mismo centro ceremonial azteca no es suficiente como para imprimir carácter a un nuevo concepto urbano. En 1573, Felipe II promulga las famosas Ordenanzas que posiblemente sean la primera legislación urbanística que conoce el mundo. En estas leyes se consagra el plano regular ajedrezado, con lo que se consolida lo que ya era una realidad. Estas leyes especificaban que “se debe dejar un compás abierto para que, aunque la población vaya en gran crecimiento, se pueda siempre proseguir y dilatar en la misma forma”. El plano de la ciudad americana es el resultado de conjugar las ideas humanísticas con la tradición del plano de ciudad militar adoptado en la Edad Media en todo el occidente europeo para las nuevas poblaciones. En los trazados de ciudades de Hispanoamérica no encontramos ni variedad grande, ni deseo expreso de conseguir otra cosa más que resultados prácticos, facilidad de replanteo, distribución y defensa. No se hallan ni la variedad de los esquemas especulativos de los tratados del renacimiento ni su deseo de belleza arquitectónica. Tampoco evolucionaron durante el siglo XVIII siguiendo las novedades europeas de la ciudad barroca. La cuadrícula era universal y unánimemente aceptada.”

La ciudad del Renacimiento sigue siendo la ciudad medieval, con pequeños cambios superficiales, consecuencia del refinamiento artístico impuesto por las elites. El Estado nacional moderno, que había surgido de la estructura agraria de la civilización medieval, acaba por destruirlo, modificando profundamente el orden antiguo de las cosas y trae el desequilibrio en la distribución de la población y la gran ciudad se reinstaura como elemento político y social decisivo dejando atrás el concepto unitario

⁴⁴ *Ibidem*, p. 126-130.

de nación surgido por la distribución igual y continua de la población en el occidente europeo. El Estado con todos sus elementos ya no podía mudarse fácilmente, el monarca y sus colaboradores ya no podían vigilar todo por sí mismos y era necesario crear un aparato burocrático impersonal para delegar responsabilidades. De este modo nació una burocracia permanente asentada en una corte también permanente y así surge la capital, creación enteramente moderna, barroca. Antiguamente ya existían gigantescas metrópolis como Antioquía, Alejandría, Roma y Bagdad, pero estas ciudades no eran la capital en el sentido moderno; eran entidades políticas, en cierto modo autosuficientes, encarnación de la ciudad-estado. En este punto, después de que surgió la nación como consecuencia de ese *continuum* campesino feudal de la Edad Media, la capital tiene que ser algo representativo; imagen y condensación de la realidad nacional. En el mundo barroco el estado nacional era el hecho primario y la ciudad la condensación localizada de los instrumentos políticos exigidos por el Estado. La ciudad era un hecho secundario, un reflejo de una realidad superior que ella representaba y materializaba en una forma visible.⁴⁵

Con el nacimiento de la gran ciudad, capital política del estado barroco, la estructura del mundo medieval se altera profundamente y muchas de sus instituciones antiguas son asfixiadas por las nuevas del Estado y de la ciudad burocrática. El poder del rey se perfecciona gracias a una burocracia organizada, la creación de ejércitos profesionales y al desarrollo del capitalismo mercantilista. Así cesó la multiplicación de las ciudades y la ciudad dejaba de ser un medio para conseguir la libertad y la seguridad. Era un medio para consolidar el poder político en un solo centro bajo la supervisión directa del rey e impedir cualquier desacato de las regiones más alejadas. La ley, el orden y la uniformidad son productos esenciales de la capital barroca. Ley creada

⁴⁵ *Ibidem*, p. 136-7.

para asegurar los privilegios de las clases dominantes, orden basado en la sumisión al principio régente y uniformidad creada por la burocracia para regular y sistematizar el pago de impuestos. La obligatoriedad de este modelo de vida se apoya en el ejército; el brazo económico es la política mercantil y capitalista y sus instituciones más típicas son el ejército, la bolsa, la burocracia y la corte. Así se crea a una nueva forma de vida social: la ciudad barroca⁴⁶ y, a partir del siglo XVI, se registra en toda Europa un rápido crecimiento de las ciudades

Según Werner Sombart, las primeras urbes mundiales han sido creadas por la concentración del consumo. Los comerciantes e industriales no salen del círculo de las pequeñas ciudades. Las ciudades productoras no son las que crecen desorbitadamente, sino por el contrario, las eminentemente consumidoras. La Capital consume mucho más de lo que produce y puede pagar, absorbe todas las energías sin realizar trabajo productivo alguno, motivo del odio de las provincias. La ciudad productora se siente explotada, víctima de la gran capital. Pero la Capital no es tal por un hecho fortuito, es un ente artificial, abstracto que representa al Estado y a toda la nación, por lo que se le debe considerarla aparte de las demás ciudades. La capital no es de nadie y es de todos y quienes más partido sacan de ella son los provincianos.⁴⁷

Durante el siglo XVII y XVIII se trató de racionalizar la ciudad, de pensarla más geoméricamente, por considerar que todo lo anterior no era sino obra del azar. El racionalismo dio nacimiento a la ciudad como obra de arte.⁴⁸

En los albores de la Revolución Industrial, la base urbana ya es sólida: las ciudades se han desarrollado gracias al esfuerzo progresivo de los burgueses, comerciantes y banqueros; así como al del artesanado preindustrial. Sin embargo la

⁴⁶ *Ibidem*, p. 138-9.

⁴⁷ *Ibidem*, p. 144.

⁴⁸ *Ibidem*, p. 28.

industrialización hace estallar las estructuras urbanas tradicionales." En Europa, a finales del siglo XIX y principios del XX, la ciudad del pasado se convierte en la ciudad industrial moderna, en un gran mercado de trabajo. Invadida por el proletariado industrial, la ciudad pierde su unidad hipotética y deja de ser un burgo de burgueses para convertirse en el escenario de la lucha de clases."

Junto con la división del trabajo, la mecanización y la posibilidad de obtener fuentes de energía, el desarrollo de los medios de transporte fue otro de los factores fundamentales para que prosperara el industrialismo y con ello, los grandes centros fabriles. El transporte era el instrumento que permitía la expansión del mercado económico, imprescindible para la producción en masa. El sistema industrial dependía del transporte, tanto para la aportación de materias primas como para la distribución a los consumidores del producto terminado. Antes de la invención de la máquina de vapor el transporte pesado tenía que servirse de las vías marítimas y fluviales."

La revolución industrial afectó en gran escala a todo el desarrollo urbano. Revolución que dejó inerte a las ciudades ante la tiranía de los instrumentos de la producción. Las factorías fueron las dueñas y señoras del suelo urbano y suburbano. La ciudad actual tiene sus bases en la industrialización, en la Revolución Industrial. De la industria se genera una nueva ciudad con cualidades distintas a los sistemas urbanos anteriores. La urbanización ligada a la primera Revolución Industrial, es un proceso de organización del espacio que se basa en dos hechos fundamentales: primero la descomposición previa de las estructuras sociales agrarias y la emigración de la población hacia los centros urbanos ya existentes, proporcionando la fuerza de trabajo esencial a la industrialización, y segundo el paso de una economía doméstica a una economía de manufactura y después a una economía de fábrica, lo que significa al

⁴⁹ *Ibidem.*, p. 13.

⁵⁰ Ramón, F., *Op. cit.*, p. 25.

⁵¹ Chueca Goitia, F. *Op. Cit.*, p. 168.

mismo tiempo la concentración de mano de obra, la creación de un mercado y la constitución de un medio industrial.”

El desarrollo del capitalismo industrial no provocó el fortalecimiento de la ciudad, sino su casi total desaparición como sistema institucional y social relativamente autónomo y organizada en torno a objetivos propios.” La industria fue motor de la urbanización y lo sigue siendo y, como consecuencia, las grandes urbes de nuestra época no son, en absoluto, la voluntaria cristalización de una creencia o de una idea imperialista, como lo fueron Roma, Babilonia y Bizancio, sino una consecuencia de la industrialización; aún cuando ésta última no es el mero producto de una irreflexiva actividad manufacturera sino una realización de la burguesía occidental. Pero del espíritu de la industrialización y también del capitalismo no surge necesariamente que los hombres deban convivir apiñados de a cientos de miles. La burguesía industrial consideró monstruoso este desarrollo desde un principio y, en lo posible, siempre trató de situar a las masas obreras en pequeñas colonias fuera de la ciudad. En realidad, se hizo todo lo posible para evitar el surgimiento de la metrópoli, pero esto fracasó en parte a causa de los problemas del transporte y de la energía de la temprana industrialización y en parte, también, porque el desarrollo fue demasiado rápido como para permitir su orientación.”

En los inicios de la segunda revolución industrial, la generalización de la energía eléctrica y el uso del tranvía, permitieron la ampliación de las concentraciones urbanas de mano de obra en torno a unidades industriales de producción cada vez más amplias. Los transportes colectivos aseguraron la integración de las distintas zonas y funciones de la metrópoli, distribuyendo los flujos internos mediante una relación tiempo-espacio aceptable. La difusión del automóvil permitió la dispersión urbana en las grandes zonas

⁵² *Ibidem.*, p. 21.

⁵³ Castells, M., *Op. cit.*, p. 21.

⁵⁴ Bahrdt, H.P., *Op. cit.*, p. 143-144.

de residencia individual, extendidas en toda el área y ligadas por vías rápidas de circulación a las diferentes actividades (trabajo, comercio, etc.).”

El proceso de industrialización, sin embargo, no constituye el único factor determinante de la nueva situación urbana; paralelamente se produce un progresivo aumento de la población en las ciudades. Este crecimiento acelerado de las aglomeraciones se debe a dos factores esenciales: a) el aumento de la tasa de crecimiento, tanto urbana como rural; y b) la migración rural urbana. El primer factor es sobre todo la consecuencia del descenso de la mortalidad provocado por la difusión repentina del progreso de la medicina⁵⁵ y por los avances tecnológicos, tanto en la producción de alimentos como en las cuestiones sanitarias, que permiten que la humanidad se multiplique bíblicamente y este crecimiento de la población implica migración del campo hacia las ciudades y la concentración en grandes urbes” donde se hallan las fuentes de trabajo y de subsistencia. La afluencia a las ciudades es considerada generalmente como resultado de un “empuje” rural más que de un “jale” urbano, es decir mucho más como una descomposición de la sociedad rural que como una capacidad de dinamismo por parte de la sociedad urbana. La despoblación de numerosas superficies agrarias por la migración a las ciudades provoca una serie de problemas sociales, económicos y urbanísticos. Los censos muestran el incremento en la población urbana y el descenso de la población rural. Se abandona el campo sin prever los resultados. El campo suele ser sinónimo de pobreza y de atraso.⁵⁶ Dado que la migración a las ciudades no responde a una demanda de mano de obra, sino a la búsqueda de una mayor probabilidad de supervivencia en un medio más diversificado,

⁵⁵ Castells, M., *Op. cit.*, p. 29.

⁵⁶ *Ibidem*, p. 57.

⁵⁷ Hall, Peter. *Las grandes ciudades y sus problemas*, p. 12.

⁵⁸ Boix Gene, José. *Urbanismo*, p. 165.

el proceso no puede ser más que acumulativo y desequilibrado.” De este modo, la población aumenta y no se distribuye uniformemente sobre la Tierra y este creciente aumento de la población urbana rompe la estructura de la ciudad, la desborda.” El mismo Leonardo Da Vinci postuló en el siglo XV que el crecimiento urbano no constituye necesariamente una ventaja sino que debe y puede ser deliberadamente limitado.”

Después de la segunda guerra mundial aparecen por todas partes nuevos organismos estatales de “planificación urbana”. Los “planes” de los estados capitalistas implican la cobertura de la expansión capitalista y, en lo que a la Ciudad se refiere, de la continua especulación del suelo: todas las ciudades del mundo son “zonificadas” y “rezonificadas”, de acuerdo con los intereses dominantes, o sea los de la clase dominante.” En la *Decadencia de Occidente* el filósofo Spengler escribe que “si bien la época primitiva significa el nacimiento de la ciudad y la época posterior la lucha entre la ciudad y el campo, la civilización representa la victoria de la ciudad. La civilización se libera del solar campesino y corre a su propia destrucción. Desarraigada, desasida del elemento cósmico, entregada irremisiblemente al imperio de la piedra y del espíritu, la civilización desenvuelve un idioma de formas que representa todo su ser íntimo: los rasgos no de un producirse, sino de un producto, de algo concluso, que puede cambiar pero no desarrollarse.””

Es cierto que la industrialización es el punto de partida de todo tipo de fenómenos como crecimiento, planificación, etc., pero no hay que olvidar, como

⁵⁹ Castells, M., *Op. cit.*, p. 58-60.

⁶⁰ En la Edad Media, y bien avanzada la Edad Moderna, era muy elevado el índice de mortalidad en las estrechas ciudades, o mejor, que se volvieron estrechas con el correr de los años. Todavía a mediados del siglo XIX los habitantes de la ciudad fallecían a menor edad que los campesinos. Hoy en cambio el promedio de vida es algo más elevado en la ciudad que en el campo. Además en el Medioevo la natalidad era menor en la ciudad que en el campo. (Bahrdt, H. P., *Op. cit.*, p. 23).

⁶¹ Van Eckardt, W., *Op. cit.*, p. 301.

⁶² Ramón, F., *Op. cit.*, p. 95.

⁶³ Bahrdt, H. P., *Op. cit.*, p. 17.

escribió Lefebvre, "que la ciudad y la vida urbana preexisten a la industrialización".⁶⁴

El gran desarrollo de las ciudades y de las formas de vida urbana es uno de los fenómenos que mejor caracterizan nuestra civilización contemporánea. La ciudad no es un hecho nuevo pero lo que resulta nuevo es la transformaciones verificadas a lo largo de los últimos dos siglos, que ha tenido por consecuencia que la población mundial predominantemente rural se haya convertido en predominantemente urbana. Antes de 1800 sólo había 21 ciudades en todo el mundo que pasaban de 100 mil habitantes y todas en Europa. En 1927 había 537 que pasaban de 100 mil, de estas la mitad en Asia y 90 en Norteamérica.⁶⁵ Las ciudades han entrado en una fase de transformación incongruente porque el ritmo de crecimiento es muy superior a las posibilidades de previsión de las autoridades, a su capacidad de asimilar los problemas, y generalmente a su cortedad de créditos para acometer las reformas de gran empeño que son las que ayudan a crear nuevas estructuras eficaces sin malgasta el dinero en reformas eventuales y de circunstancias.

La ciudad, como la realidad histórica, no es nunca independiente de las etapas por las que pasó en su evolución: es actualización de ellas y su proyección hacia el porvenir.

Ubicación

"Tenemos necesidad urgente de comprender los lugares antes de perderlos, de aprender a verlos y tomar posesión de ellos". Charles M. Moore

La ubicación de la ciudad, el sitio de su fundación, es vital para entender el panorama de cómo viven sus habitantes porque el funcionamiento de una ciudad depende en gran medida de los factores naturales (clima, sismos, vegetación, hidrología y orografía).

⁶⁴ Lefebvre, H., *Op. cit.*, p. 215.

⁶⁵ Chueca Goitia, F., *Op. cit.*, p. 86.

Como dijo Vidal de La Blache, "La naturaleza prepara el sitio, y el hombre lo organiza de tal manera que satisfaga sus necesidades y deseos".

En palabras de Chueca Goitia, "La ciudad no se sitúa sobre el terreno sin más, se funda sobre la tierra propicia que han señalado los dioses. Cuando los romanos fundaban una ciudad, cavaban un pequeño foso, llamado *mundus*, y en él los jefes de las tribus que iban a constituir esta nueva ciudad iban depositando un puñado de tierra del suelo sagrado donde yacían sus mayores. De este modo la nueva ciudad también era *terra patrum*, patria. La tierra donde la ciudad se implanta es siempre patria. Tito Livio decía de Roma: No hay ninguna plaza en esta ciudad que no esté impregnada de religión y que no esté ocupada por alguna divinidad... los dioses la habitan."

El medio ambiente provee las condiciones físicas de las que el hombre depende para desarrollar sus actividades de producción, consumo, recreación, descanso, residencia, paseo, etcétera. La satisfacción de estas necesidades, así como cualquier proceso o actividad que el hombre desarrolle supone una transformación de estas condiciones (base de recursos naturales) y también una alteración del entorno ambiental. Todo ello significa, en una u otra forma, un uso del ambiente. El sistema urbano es el ecosistema más abierto, con entradas y salidas de materiales, de energía y de información. También es mucho más dependiente en cuanto a la provisión de alimentos porque su productividad biológica es extremadamente reducida. Este sistema también produce un impacto sobre los alrededores que alcanza hasta miles de kilómetros. Por todo esto, di Castri considera que "la ciudad se impone autoritariamente sobre todos los ecosistemas para esconder su ya conocida fragilidad".⁶⁷

El sustento vital de los ciudadanos depende totalmente del abasto de agua y alimentos, que pueden obtenerse localmente o ser transportados desde grandes

⁶⁶ *Ibidem*, p. 32.

⁶⁷ di Castri, Francesco, *Nuevas perspectivas para la Ciudad*, p. 8-10.

distancias. Pero las personas también requieren de un piso estable y de un aire respirable. Los peligros de los terremotos, huracanes o inundaciones son conocidos por todos y, en algunos casos, resultan minimizados. El aire puro hoy en día es un poco más difícil de conseguir y depende, aparte de la cantidad de contaminantes emitidos localmente a la atmósfera, de las condiciones climáticas, de la orografía local así como de la vegetación imperante.

La mayoría de las ciudades fueron fundadas hace mucho tiempo, en otras condiciones socioeconómicas que no resultan idóneas para las ciudades actuales y, si bien es casi imposible cambiar por completo de locación a las ciudades, es imprescindible conocer sus características geográficas para predecir el grado de sustentabilidad de su población así como para poder tomar las medidas pertinentes enfocadas a reducir los riesgos implícitos; entre los que sobresale la distribución y permanencia de los contaminantes como se explicará más adelante. No existe un modelo único para resolver los problemas de las ciudades porque cada una es única y como tal debe tratarse. Sin embargo, la industria y los automóviles han logrado abrirse camino para convertirse en problemas comunes a casi todas las ciudades del mundo a tal grado que las nuevas generaciones ya no distinguen qué fue primero: la ciudad o la industria y los autos.

La industria

“Las huellas digitales de la industria posadas están sobre los males de nuestra civilización. Culpable o inocente, qué más da... Dios sin caparazón de nuestro “mundo”, del cual todos tomamos partido, sacando provecho de sus beneficios y rehuendo prestamente a la parte de culpa que nos corresponde.” José Boix

La ciudad atrae a la industria por tres factores esenciales que reducen los costos: mano de obra considerable, mercado accesible y abastecimiento veloz; y, a su vez, la industria

atrae nueva mano de obra y nuevos servicios.“ En ambos casos, el elemento dominante es la industria, productora de enormes beneficios para los usuarios de productos (y más para los dueños de las fábricas), que ha dominado por completo la conformación de las ciudades y la vida de sus habitantes durante ya varios siglos.

La llegada de la electricidad fue lo que impulsó el desarrollo de la industria de manera decisiva y con ello la transmutación de toda la estructura urbana, pues el auge e impulso industrial convirtió, en pocos años, en grandes ciudades a pueblos que durante siglos estaban dedicados a labores agrícolas o artesanales. Casi a la par que se comenzaron a edificar los centros de trabajo muy cercanos a la población, apareció alrededor de cualquier núcleo industrial un creciente movimiento migratorio que desarrolló rápidamente la retícula ciudadana. De este modo surge el hacinamiento entre viviendas y fábricas, sin tomar en cuenta que estas industrias son, en general, ruidosas, insalubres y peligrosas para las moradas colindantes. Por más que las industrias se establecieron en las “afueras” de las ciudades, de inmediato fueron rodeadas por viviendas que se transformaron en pueblos que pasaron a integrarse a la ciudad, con mayores problemas de infraestructura urbana que beneficios. Al quedar las fábricas dentro de la ciudad, las viviendas se mudaron a las afueras de la ciudad con lo cual se permutan los factores: industria al interior y las viviendas alrededor de la ciudad.

Ahora bien, la industrialización no es un fenómeno netamente tecnológico, sino que se da en un modo de producción determinado: el capitalismo. Según Engels, “un orden específico, el de la producción industrial manejado por la burguesía engendra un desorden específico: el desorden urbano”⁶⁸; para Castells entonces, el “desorden urbano” no es tal desorden, sino que representa la organización espacial suscitada por el mercado

⁶⁸ Ward, Barbara y Dubos, René, *Una sola tierra*, p.53.

⁶⁹ El mismo Engels pensaba que “la gran ciudad industrial es, efectivamente una fuente de inmoralidad y una escuela de crimen”.

y deriva de la ausencia de control social de la actividad industrial.⁷⁰ Es un hecho que la concentración de población acompaña a la de los medios de producción.

No es sino hasta época reciente cuando se ha podido observar que la civilización industrial es una seria amenaza para la integridad ecológica, cuestionándose, inclusive, los beneficios de la industrialización, puesto que la falta de regulación y planificación en el proceso industrial ha provocado efectos nocivos lo mismo inmediatos que mediatos.⁷¹ Los mayores problemas que ocasiona la industria que se instala dentro de las ciudades o en sus alrededores son: expansión urbana, crecimiento de la población de las ciudades, contaminación que afecta la salud y riesgo para los habitantes.

En cuestiones demográficas, el desarrollo de la industria fomentó el crecimiento de la población en las ciudades por la migración de la gente del campo hacia las fuentes de trabajo en la industria. Pero, pasado el tiempo, la industria comenzó a desplazarse hacia los alrededores de las mayores ciudades y a concentrarse en aglomeraciones donde se multiplicaron enormemente las desventajas y calamidades de los desperdicios y los efluentes. Las condiciones insalubres aumentaron como resultado de la pobreza y la desesperada promiscuidad en que vivían los trabajadores urbanos. Las enfermedades y la muerte eran compañeros visibles de la vida diaria. Las tasas de mortalidad en las ciudades permanecían a niveles constantemente más altos que en el campo, y limitaban la tasa de crecimiento de la población. El humo asfixiante y la espesa niebla resultaban letales para las personas que padecían enfermedades del aparato respiratorio. Las enfermedades se propagaban y extendían incluso hacia las clases altas. Así cualquier persona que pudiera escapar de la mugre, de las enfermedades y del ruido del corazón

⁷⁰ Castells, M., *Op. cit.*, p. 22-57.

⁷¹ Secretaría de la Presidencia, *Medio Ambiente Humano, Problemas Ecológicos Nacionales*, p. 26.

de las ciudades industriales, iniciaba el éxodo. Para mediados del siglo XIX, el desplazamiento hacia los suburbios estaba en plena marcha.⁷²

La gran ciudad es más conveniente para la pequeña industria que para los grandes complejos. La gran fábrica, siendo en mayor medida autosuficiente, encuentra un lugar más apropiado en zonas aisladas o junto a pequeñas poblaciones. En la actualidad, la realidad indica que los servicios son la verdadera vitalidad de la ciudad, su verdadera base económica.

El principal problema de la industria es que contamina y que es un factor de alto riesgo. Las industrias provocan una gran acumulación de tráfico pesado, ruidos, malos olores, humos y emanaciones. Contaminación que vicia la atmósfera hasta extremos alarmantes para la salud pública. Si las fábricas no contaminaran y no produjeran ese sentimiento de temor entre sus vecinos, serían bienvenidas en las ciudades como productoras de fuentes de trabajo y de bienes para la comunidad. Ambos problemas son causa de malos o inexistentes procesos para controlar, abatir y desaparecer tanto la generación de residuos contaminantes como los factores de riesgo. En los países en vías de desarrollo, la mayoría de las industrias (de cualquier tamaño y condición) no cuentan con métodos anticontaminantes apropiados y, generalmente, se privilegia más la supervivencia de la industria que la de las personas. Esta falta de control genera aire envenenado, que flota sobre las ciudades que poseen varias industrias, procedente de las fábricas donde chimeneas o extractores despiden humos, vapores, polvos y, también residuos sólidos y acuosos que, o se convierten en basura o circulan por las alcantarillas públicas emanando malos olores, que pueden llegar a ser nocivos. Aparte de los problemas en la salud de los humanos asociados con la contaminación, también la vegetación y los animales sufren las consecuencias.

⁷² Ward, B. y Dubos, R., *Op. cit.*, p. 53-54.

En las áreas muy industrializadas, generalmente se puede ver la contaminación de las fábricas como niebla o nubes que flotan en el aire. Estos contaminantes escapan al cielo y crean muchos problemas kilómetros a la redonda en todas direcciones. La industria siempre genera basura (sólida, líquida o gaseosa) que si no es correctamente tratada o dispuesta, se convierte en contaminación. Pero no se puede olvidar que “la industria”, la transformación masiva y en serie de materias primas en productos útiles, es el origen y el fin de casi todas las sociedades urbanas.

La industria no incluye en el costo de lo que producen los costos originados por las descargas de efluentes en la atmósfera, la sobrecarga de desechos sólidos sobre la tierra o por la eliminación de sus desechos. La industria química, por ejemplo, ha aumentado enormemente la variedad y el carácter exótico de los efluentes atmosféricos y sustancias tóxicas como el mercurio, el asbesto o el plomo que eran los principales envenenadores para quienes trabajaban en industrias particulares, son ahora dispersados más ampliamente en la atmósfera, por una mucho mayor variedad de usos y tecnologías.” Sin embargo, estas mismas industrias pasan un costo oculto y considerable a la comunidad, que se cubre mediante mayores impuestos y gasto público o contaminan y afean el medio.

Históricamente, el control de las emisiones industriales se ha visto frenado por la necesidad de balancear los intereses económicos de la región con sus necesidades ambientales. Aunque sea paradójico, actualmente es una realidad la existencia de ciudades industriales sin fábricas, sin talleres ni obreros. El hombre puede escoger el lugar donde instalar sus industrias de transformación. En teoría, las zonas industriales deben planearse separadas de la comunidad urbana, en los peores suelos (malos para la agricultura), que se ubiquen en zonas bajas y a sotavento para facilitar las evacuaciones

⁷³ *ibidem*, p. 89.

y para que el viento no empuje los humos e impurezas fabriles hacia la ciudad. También deben situarse cerca de las carreteras y redes ferroviarias y en la vecindad de la mano de obra, energía, agua y materias primas. Esta zona industrial debe estar separada de la ciudad por una espesa zona verde. En la ciudad sólo pueden quedarse las industrias inofensivas que no despidan exhalaciones perjudiciales, molestas o que son poco ruidosas.⁷⁴ Pero, indudablemente, las fábricas prefieren instalarse cerca de las materias primas, de las fuentes de energía, del agua, de la mano de obra, de los capitales, del centro de consumo, de las vías de comunicación. Toda ciudad industrial atrae a las industrias porque presenta facilidades de relación, de abastecimiento de combustible, de reclutamiento de mano de obra. Una ciudad industrial presenta siempre un clima favorable al desarrollo de nuevas industrias. Puede ser, en efecto, ventajoso, situar las industrias fuera de las ciudades y, de este modo, algunas industrias anteriormente radicadas en la ciudad han emigrado al campo o a las pequeñas ciudades vecinas. Toda la industria dispersa en los alrededores mantiene su centro en la ciudad primitiva, que sigue siendo la metrópoli. En cada empresa industrial existe lo que se llama el servicio comercial que en este caso es asumido por la metrópoli.⁷⁵

Para Lefebvre, el paradigma consiste en que no se debe subordinar la vida urbana al crecimiento industrial, que es el que permite las condiciones y los medios de la sociedad urbana.⁷⁶ El estado edilicio de las ciudades no da la impresión de que se construyeran bajo una mano fuerte y ordenada, la misma que intervino en la organización de las grandes empresas. Las ciudades industriales quedan expuestas al humo y a la mezquindad de una política comunal que, sin duda, se beneficiaría con la colaboración constructiva de empresarios inteligentes y poderosos, si éstos mostraran un interés continuado en el bienestar general de la ciudad. Pareciera lógico que quien

⁷⁴ Boix Gene, J., *Op. cit.*, p. 11-18.

⁷⁵ Chabot, G., *Op. cit.*, p. 45-46.

⁷⁶ Lefebvre, Henri, *El derecho a la ciudad*, p. 165.

descalabra toda la vida de una ciudad con la instalación de industrias también tiene la obligación de ocuparse del futuro de aquella. La razón radica ante todo en que los grupos industriales dirigentes, los empresarios capitalistas del pasado y del presente y los ejecutivos de hoy, jamás se sintieron ni fueron en realidad la clase rectora de las ciudades ni, tal vez, ciudadanos. Para Bahrtd, "por grande que sea la deuda de una ciudad con la gran empresa, y aunque le deba su existencia, ésta última será por lo pronto y a causa de su naturaleza un cuerpo extraño en el cuadro social urbano que no será asimilado sin más trámite".

Los automóviles

"...existen numerosos indicios que señalan al automóvil como una institución fuera de control, rebelde a toda disciplina previa e impermeable a la moralización." D. Riesman y E. Larrabee

Por definición, vida significa animación; y animación significa movimiento. Para los humanos, moverse es una necesidad vital y un grave problema. Ya en 1872 Arturo Soria señalaba que "del problema de la locomoción se derivan todos los demás de la urbanización". La ciudad implica circulación, o sea, el intercambio de toda clase de cosas, materiales y espirituales, entre la ciudad, su región, el vasto mundo y en el interior de estos mismos medios, en un mínimo de tiempo y con un mínimo de gastos." Así, la ciudad, concebida como un ente cuyo objetivo es el intercambio, basa su vida en el movimiento, en la movilidad física y social. El sentimiento de un cierto tipo de libertad es uno de los elementos unificadores de nuestra sociedad y, aparentemente, el símbolo sublime de esta libertad, es la posesión de un automóvil propio. La movilidad es la clave social y organizativa del planeamiento, porque la movilidad no abraza

⁷⁷ Bahrtd, H.P., *Op. cit.*, p. 116-124.

⁷⁸ Bardet, G., *Op.cit.*, p. 21.

solamente a los caminos, sino a todo el concepto de una comunidad fragmentaria y móvil. Dos factores resultan indispensables para el movimiento en la ciudad: vías y medios de transporte.

Los caminos son las vías que nos permiten circular de un sitio a otro y trasladar personas y mercancías y que, junto con las líneas principales de energía y los desagües, constituyen la infraestructura física fundamental de la comunidad." Es común que la calle sea usada como camino pero no es su función original porque como dice Lefebvre: "la calle está destinada a la gente que ya está donde quiere estar. La calle es la vida cotidiana... el microcosmos de la vida moderna. Es un espectáculo (del cual también formamos parte) que pocos tienen tiempo de ver"⁷⁹... y es lo que nos encontramos todos los días cuando salimos de casa. La calle es el espacio abierto, al aire libre y, además, común, por lo tanto, espacio libre y de todos, que le convierte, fundamentalmente, en el sitio de la historia.

Entre los medios de transporte ciudadanos es posible diferenciar a los que son de utilidad pública (camiones y camionetas que transportan productos, vehículos de servicios como grúas, trascabos, ambulancias, etc., y los empleados para transportar personas, tipo camiones, taxis, trolebuses y metro), de aquellos de utilidad propia de su dueño como bicicletas, motos y automóviles. El costo de todos estos sistemas de transporte en una metrópoli, desde la calzada común hasta el subterráneo, es enorme en capital, manutención, pérdida de tiempo y de elementos humanos. Todo esto para una actividad que, aún excediendo una escala bastante reducida, produce un rendimiento no proporcional a su intensidad, una actividad que no es de ningún modo productiva, ni

⁷⁹ Nietzsche, Gunter, *La Ciudad: estática o dinámica*, p. 11.

⁸⁰ Lefebvre, H., *Op. cit.*, p. 94.

elevadora del nivel de felicidad; una actividad cuya principal utilidad es la de mantener la centralización de los capitales y de las multitudes."

De todos los medios de transporte, el que más problemas genera es el automóvil"; tanto por su carácter privado como por el lugar físico que usurpa a la ciudad: ocupa espacio, emite ondas sonoras y llena el aire de gases. Es una comodidad privada que afecta los intereses públicos e impide, inclusive, moverse. El automóvil, la movilidad propia, el expandidor y diseñador de la ciudad y el forjador de autistas, también es baluarte del desarrollo y cimiento de la actual economía capitalista que se finca en la industria automotriz y en la petrolera. Ya no importa que el automóvil generalmente no nos transporta a ningún sitio maravilloso, dentro de él no miramos hacia fuera, sólo hacia adelante. Queremos que el vehículo sea el más cómodo, pero no queremos estar dentro de él. ¿Cuántos años de nuestra vida pasamos dentro de un medio de transporte para lograr un ciclo cerrado, de energía o movimiento cero?"

Una parte muy grande del desplazamiento personal del hombre y de su diversión está ligada a las máquinas de combustión interna. Ward y Dubos lo conciben "como una nueva especie de centauro, mitad automóvil, mitad hombre; y es la pesada respiración de su mitad motorizada la que contamina el aire, invade los pulmones y acumula el smog en las ciudades".⁸¹ Según datos de la ONU, en 1992 había 630 millones de vehículos de motor en el mundo que se duplicarían para el 2003, sobre todo en los países en desarrollo y de Europa Oriental.⁸² El coche es defendido con argumentos de política económica, la industria del motor es un sector clave, y se ignora que las críticas no son contra el coche en sí sino hacia su utilización irracional. El incremento en el

⁸¹ Bardet, G., *Op. cit.*, p. 22.

⁸² En 1994, había 500 millones de vehículos de motor en el mundo. A fines de ese milenio pasó de mil millones.

⁸³ De la casa al trabajo o a la escuela y de vuelta a la casa.

⁸⁴ Ward, B. y Dubos, R., *Op. cit.*, p. 89.

⁸⁵ El Nacional, 2 de diciembre de 1992, p. 29.

consumo de combustibles fósiles es importante por razones de protección ambiental, balanza de pagos y seguridad energética. El transporte consume el 60% del consumo total de petrolíferos.

Con el coche conocemos un mundo distinto al acostumbrado, un mundo si se quiere mágico, que nos hace olvidar fácilmente la serena percepción de la realidad (incluida la de la calle). A 50 Km/h, el conductor está aislado del medio por completo. Las indicaciones, las señales de tráfico y la conducción del vehículo monopolizan su atención. No está en condiciones de saludar a un conocido ni hablar con otro conductor o peatón. El abandono de la calle no debe atribuirse únicamente al número de vehículos, sino también a los peligros que ocasiona la velocidad de estos. Todavía hoy se oye, incluso en zonas con poca densidad de habitantes, a los padres decir "niño no salgas solo a la calle". Aislamiento social que es total cuando se separan los distintos tipos de tráfico y la consecuencias extremas son la inseguridad frente a la criminalidad (red de caminos para peatones solitaria por la noche). La falta de responsabilidad social en la calles es un escalón previo a la criminalidad, pero la responsabilidad no puede aumentar si el usuario de la calle no participa de su vida, ya sea porque circula con demasiada rapidez o porque, como peatón, no hace uso de sus derechos. Así se pierde lo público: el intercambio social de mercancías, servicios y de información, amabilidades, miradas, estados de ánimo y participación en la vida de los demás, y ello presupone calma y seguridad para todos los actores. Lo público comienza al salir de la casa. Las vías rápidas no unen vecindarios, los separan. El niño que juega en la calle se comporta normalmente. Su necesidad de participar en lo público, en la calle, es irrenunciable e insustituible para la educación social. Los niños tienen derecho a jugar en la calle. Un ciudadano al que desde chiquito se le ha grabado en la mente que la calle es un territorio

enemigo no tiene ni la más mínima posibilidad de desarrollar un sentido cívico y de solidaridad. Las consecuencias sociales son imprevisibles.

Para Lefebvre "en la ciudad-coche el factor humano se trata con cierto desprecio"⁸⁶ y según Chermayeff "los dueños de los automóviles materializan sus fantasías infantiles en una posesión que no aporta velocidad a nuestros pensamientos ni calma a nuestro espíritu: ninguna virtud se desarrolla ante el volante, más bien se despuntan nuevos vicios".⁸⁷ Resulta casi imposible caminar y pasear sin encontrarse con coches. No sólo vehículos funcionando, sino también los que están estacionados o sus vías que, cual muros de Berlín, nos impiden el paso.⁸⁸ A pesar de que los coches son más seguros y la educación y la técnica del tráfico son mejores, los accidentes graves de tráfico son numerosos. Los peatones y los ciclistas se cuentan entre los más afectados y, sobre todo, los niños, los ancianos y los impedidos. El uso de las calles requiere de los peatones y automovilistas una concentración que los requiere al máximo, impidiendo el surgimiento del sosiego y del sentimiento de libertad que corresponde al accionar en la vía pública. El conductor está condenado a avanzar encolumnado y debe darse por satisfecho si puede detenerse donde lo desea. El peatón, por su parte, está encerrado en la acera como dentro de un tubo; vive en una dimensión. El crecimiento de los niños está amenazado porque carecen de una movilidad segura e independiente. Como bien hizo notar Bahrdt, "las antiguas plazas públicas son degradadas al rango de playas de estacionamiento, perdiendo todo atractivo arquitectónico y representativo".⁸⁹

Aparte de todo el espacio físico que consumen los autos, también son los mayores generadores de ruido y de contaminación, por no hablar de funestos accidentes y graves problemas psicológicos. La gente desea viajar y quiere independencia para

⁸⁶ Lefebvre, H., *Op. cit.*, p. 218.

⁸⁷ Chermayeff, S. y Alexander, Ch., *Comunidad y privacidad*, p. 87.

⁸⁸ En el centro de Los Ángeles, aproximadamente el 66% de la tierra disponible está dedicada al automóvil.

⁸⁹ Bahrdt, H.P., *Op. cit.*, p. 133.

hacerlo y acepta una tasa fantástica de accidentes y de muertes que, si fueran causadas por un peste, darían lugar a una revolución.

Los automóviles, casi en su totalidad funcionan, con motores de combustión interna que queman una mezcla de combustibles fósiles y aire en su interior, provocando explosiones en los cilindros donde los pistones son impulsados hacia arriba y abajo constantemente haciendo girar sus ruedas. Cuando el combustible no se quema completamente en el motor, se producen desperdicios como humos y gases que contienen monóxido de carbono, bióxido de carbono, hidrocarburos sin quemar y óxidos de nitrógeno, entre otras cosas. Estimaciones de 1994 de la Agencia para la Protección del Ambiente (EPA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, indican que el transporte contribuye con el 66% de las emisiones a la atmósfera de monóxido de carbono, 40% de las de óxidos de nitrógeno y con el 35% de los compuestos orgánicos volátiles.⁹⁰ Las emisiones de bióxido de carbono de los vehículos a motor contribuyen con cerca del 15% de las emisiones globales provenientes de combustibles fósiles. Sin embargo, los autos y camionetas nuevos se han ido volviendo más eficientes y menos contaminantes pero el rápido crecimiento de la flota global hace que las emisiones de gases con efecto invernadero continúe creciendo. Si el ritmo continúa, las emisiones de bióxido de carbono de los vehículos llegarán a representar entre el 20 y el 50% para el año 2010.⁹¹

A causa de una planificación errónea, una reglamentación insuficiente o una falta de consideración, surgen conflictos e incompatibilidades que suelen perjudicar principalmente al peatón. La calle debe ser, a la vez, camino para peatones y bicicletas, espacio verde, lugar para que jueguen los niños y para que circulen coches. El ciclista

⁹⁰ Euritt, Mark, A market-based approach for introducing clean air vehicles, en OCDE, *Hacia un transporte limpio: vehículos limpios de bajo consumo*, p. 6.

⁹¹ MacKenzie, James J., *Electric vehicles: the foundation of sustainable transportation*, en OCDE, *Op. cit.*, p. 20.

tiene prioridad sobre el coche y el peatón sobre ambos. Los coches son cada día más seguros, pero las aceras no.

La mentalidad de los individuos cambia según circulen a pie o en un medio de locomoción rígido: desde la bicicleta o la moto hasta el trailer, pasando por autos, camionetas, peseros y autobuses. Para los automovilistas los invasores son los peatones. Para los ciudadanos, los invasores son el tránsito, el ruido y las partículas.

El uso del automóvil provoca que ya no sea agradable caminar, que los árboles no crezcan, que el aire esté contaminado y que estorbosos e inútiles estacionamientos proliferen por doquier. Los automovilistas toman para sí todo el espacio, a pesar de que el mayor medio de transporte en todo el mundo es a pie. Los caminantes son una aplastante mayoría, pues todos los automovilistas son peatones, pero no todos los peatones son automovilistas.⁹² Para Gehl, “la utopía es que la ciudad debe ser para la gente y no para los coches”⁹³, pero la realidad es que el peatón ya no es el caminante, el paseante; actualmente el peatón ya sólo existe frente al automóvil porque, como señaló Fritz Stuber, “el peatón ya no es el que camina sino el que cruza la calle”.⁹⁴ La discrepancia es un problema de velocidades entre el peatón y los vehículos y entre ambos y la velocidad cero del embotellamiento. Desde la aparición de vehículos rápidos, el peatón debe moverse por los bordes y dejar el centro exclusivamente para los coches, que son más fuertes que él. El lema de nuestra época es “mantente pegado a la pared”. En los últimos años no ha aumentado el número de accidentes de peatones, pero esto se ha de deber a la disminución del número de peatones.

Se intenta urbanizar empleando el mínimo de medios y, por tanto, se aplican las mismas medidas económicas para el movimiento de personas que para la planificación de un canal de aguas negras. Mientras la gran preocupación de los planificadores es el

⁹² Algunos nacen con coche pero todos nacemos con piernas.

⁹³ Jan Gehl, *El peatón en el uso de las ciudades*, en SEP e INBA, p. 25.

⁹⁴ SEP e INBA, *El peatón en el uso de las ciudades*, p. 10-15.

automóvil y su movimiento, el transporte público local trata de avanzar penosamente por la misma red de calles que los autos privados. El tiempo de sus recorridos es cada vez más largo en las horas pico y su eficiencia disminuye y se tornan menos rentables. De esta manera, el automóvil resulta necesario por la ausencia o deficiencia del transporte público. Los medios de transporte público urbano se han convertido en un "servicio público", generalmente gubernamental, pero es un servicio por el que hay que pagar el importe del boleto, aunque muchos piensan que debería ser gratuito y ahorraría mucho dinero a la ciudad. Otros servicios, como la salud, la educación y la seguridad personal y social son "gratuitos" (pagados con impuestos). Si no fueran gratuitos tendrían que ser pagados junto con el salario, como costo de la reproducción de la fuerza de trabajo. Lo que hay que plantearse es la sustitución del transporte privado por transporte público y la socialización de éste último; pero por un transporte público cualitativamente diferente del que todos conocemos y padecemos. Se puede inferir que la industria automotriz está fascinada con tales deficiencias e incluso que clame por el alza de los pasajes. Sin darse cuenta que podría obtener mayores beneficios fabricando masivamente vehículos para uso público.

Con la construcción de sistemas de vías rápidas se ha impulsado el cambio de residencia hacia la periferia de la ciudad o al campo. Allí, con grandes superficies, el planificador puede concebir los suburbios adaptados al automóvil. El sector de construcción de viviendas, sobretodo la vivienda social, se concentró en la periferia. De esta manera, gran parte de la sustancia de los núcleos ciudadanos ha sido eliminada. Vivir en el centro de la ciudad llegó a carecer de sentido y de futuro y así el centro se convirtió en zona de comercio y de oficinas, pese a ser inaccesible. El estado actual es la

ciudad monocéntrica, pensada para el automóvil, despoblada en el centro, urbanizada en sus límites, monofuncional, desprovista de valiosas estructuras históricas e informes.”

El automóvil, detonante de la expansión, también se ha convertido en el elemento más perturbador e incómodo de la vida ciudadana. Las autoridades son impotentes para preparar la estructura funcional que el automóvil exige. Las metrópolis al expandirse han recogido en su seno, por anexión o manteniendo su independencia política-administrativa, una serie de antiguos municipios periféricos. Cuando estos municipios no han sido anexados, la ciudad matriz, cuyos servicios disfrutaban igual que los ciudadanos anexados, no percibe ninguna clase de impuestos. Por otra parte, cuando los municipios son anexados, suelen ser de rentabilidad muy pobre y sobre ellos hay que revertir en obras de vialidad y servicios cantidades superiores a las que aportan sus economías. El problema requiere de una buena reorganización administrativa. Mientras tanto, la ciudad matriz no puede llevar a cabo más que obras circunstanciales de efecto inmediato y terribles a futuro, que perjudican las estructuras existentes y que destruyen aspectos valiosos de la ciudad tradicional como el paisaje urbano”

Con el aumento del tráfico y la posición irracional respecto al coche, se produjo un empobrecimiento sin precedente de la calidad urbana. Los automóviles y toda su infraestructura han destruido los espacios públicos y la vida cívica de la ciudad. Los árboles ocultan el bosque y los coches no nos dejan ver la ciudad. Van Eckardt concluye que “hemos llegado al punto en que consideramos que la ciudad es ante todo un problema de tráfico y no un lugar para vivir”.” El tráfico es otro miembro de la mitología urbana, monstruo de mil cabezas de movimientos torpes pero malignos e irresoluble. La planeación urbana, casi en su totalidad, gira en torno a la solución del

⁹⁵ Monheim, Heiner, *Atenuación del tráfico. Comienzo de un cambio en las tendencias de la planificación urbana y del tráfico*, en Paulhans, Peters (Ed.), *La ciudad peatonal*, p. 51.

⁹⁶ Chueca Goitia, Fernando, en SEP e INBA, *Op. cit.*, p. 202.

⁹⁷ Van Eckardt, W., *Op. cit.*, p. 399.

tráfico y se olvida de las otras necesidades de los habitantes. Cuando, en realidad, como señaló Theo Crosby: “el tráfico no tiene importancia. Lo que importa es cómo vive la gente”.⁹⁸

El concepto “tráfico” se identifica con “tráfico de coches”, como máximo se incluye el transporte colectivo local. El ingeniero de tráfico trata de hallar la solución para que los coches circulen con la máxima rapidez y seguridad y con el mínimo consumo. El plan general de tráfico regula las corrientes de coches y las redes de transporte urbano. Es como si no hubiera circulación de peatones en toda la ciudad, la ordenación del tráfico se ocupa casi en su totalidad de los coches y se asegura que la calle esté disponible para que el coche circule con rapidez y seguridad.

Como dijo Aaron Fleisher, “no parece posible que la tecnología pueda contribuir esencialmente a la solución del problema creado por las aglomeraciones humanas y de vehículos que aqueja a la ciudad moderna. La congestión humana no se comporta como un mero síntoma de deficiencias en el funcionamiento ya que, si así fuese, evitarlo sería en gran parte cuestión de aumentar suficientemente su capacidad. Una de las soluciones más socorridas suele ser la construcción de nuevas carreteras; pero la realidad pronto se encarga de demostrar su inutilidad; pues la consecuencia invariablemente suele ser una intensificación del tráfico aún mayor. Al achacar el nuevo desequilibrio al crecimiento de la ciudad o a una redistribución de la circulación rodada, se admite tácitamente que las vías de comunicación no son un elemento pasivo en la determinación del modo en que se repartirá el tráfico. Por lo tanto, no se podrá remediar nunca la congestión urbana mediante simples adiciones de carreteras nuevas a la red ya existente.”⁹⁹

⁹⁸ Crosby, Theo, *Architecture: City sense*, p. 41.

⁹⁹ Chueca Goitia, F. *Op. cit.*, p. 203-6.

Se han perdido aspectos esenciales de la vida ciudadana. El tráfico también es comunicación, es vida, es ir a las propias ocupaciones con los conciudadanos, es observarse mutuamente, encontrarse, es la libertad de pararse y de cambiar de dirección, es conciencia de participación en la vida de los demás. Esta superposición de las más diversas funciones que crea lo público, antes tenía lugar en la calle y con toda naturalidad. El coche veloz ha desplazado a las demás funciones de la calle. Se debe de convivir pues con el tráfico. Como contraparte, como utopía, en una ciudad habitable, los valores sociales, económicos y estéticos son más importantes que los caminos. Para que una ciudad sea humana, el movimiento debe ser humano, no el movimiento de máquinas que pasan como exhalación a decenas de kilómetros por hora, sino el movimiento de gente a pie.

La ciudad moderna se ha dejado llevar demasiado a menudo por la tiranía del tráfico. Para algunos urbanistas y administradores el tráfico es lo primero y a su solución debe posponerse cualquier otra consideración. No se gana nada con reducir unos pocos minutos el tiempo de transporte si al final se llega a un lugar de residencia insatisfactorio. No se gana nada con lograr un lugar de estacionamiento adecuado para todo el mundo si eso conlleva tener que recorrer media milla a través del asfalto para llegar a una tienda. No tiene sentido planificar para el tráfico sin planificar aún más intensamente para otras necesidades humanas. Si no podemos aceptar o absorber la destrucción de nuestras viejas ciudades para acomodarlas a nuestras aspiraciones, debemos establecer un sistema de prioridades.¹⁰⁰

En la actualidad, la función social de la calle está amenazada de muerte. El ruido, los gases residuales y el constante peligro llevan a las personas a permanecer lo menos posible en las calles. El mundo urbano sólo se contempla desde la perspectiva de

¹⁰⁰ Crosby, T., *Op. cit.*, p. 41.

la ventanilla del coche, o se procura cruzarlo lo más rápido posible. Esta percepción fugaz no basta para crear impresiones o lazos duraderos. Se pierde la identidad social y espacial con nuestra calle, nuestro barrio y nuestra ciudad. Las formas no motorizadas de desplazamiento son comprimidas por el coche. A ellas se les obliga a realizar los recorridos más largos, a pesar de ser más sensibles a las distancias. Los peatones son empujados a estrechas aceras o a subterráneos. A los ciclistas se les roba su red de caminos. Andar a pie o en bicicleta son las formas de desplazamiento más peligrosas y menos atractivas. A pesar de la poca importancia del tráfico de automóviles, los planificadores sólo piensan en un tráfico fluido y rápido al cual subordinan las necesidades de los peatones, los ciclistas y el transporte público local. Los planificadores y los gobernantes andan en coche, claro. El automóvil es divino y nuestro deber es dejarlo fluir. No importan las causas y consecuencias de la motorización y es profano pensar en estrategias para la reducción del tráfico de coches.

Calidad de vida

“La caótica fealdad urbana de nuestro ambiente moderno dista muchísimo de la unidad y belleza de las ciudades antiguas, preindustriales” Walter Gropius

El hombre crea su propio entorno. Es un hecho. Desde que construyó y manejó su primer herramienta, el hombre se ha dedicado a transformar el medio para su “beneficio”. Aparentemente, el hombre nunca se ha sentido demasiado a gusto en la naturaleza y ha luchado por controlarla y mantenerla sometida. Así ha creado un medio donde habitar: el medio urbano. Este medio le permite mantenerse alejado de los peligros de la naturaleza y asegurar la supervivencia de la especie. Por desgracia, nuevos peligros se forman en las ciudades: enfermedades, epidemias, contaminación, violencia y hambre, entre otros. Indudablemente, la salud del hombre como especie

depende de su respuesta orgánica, fisiológica, neurológica y emocional al medio; y por tanto, el medio debe ser saludable.

La ciudad no es un mecanismo físico, ni una construcción artificial solamente. Está implicada en el proceso vital del pueblo que la compone; es un producto de la naturaleza y particularmente de la naturaleza humana.¹⁰¹ La ciudad es su gente y lo que la rodea. La civilización no puede medirse sólo por los inventos realizados, sino más bien por el grado en que el pueblo se ha visto beneficiado por ellos. El objeto fundamental de la ciudad no es ser un estacionamiento ni un parque industrial, es la creación de un sitio donde los seres humanos puedan habitar. En las ciudades más grandes del mundo, en promedio, el uso de suelo que consume más tierra urbana es el habitacional, entre 40 y 50%, las actividades productivas entre el 10 y el 15%, el equipamiento y los espacios abiertos alrededor del 25%; y la vialidad un 20%.¹⁰²

Entre los males crónicos del desarrollo de las ciudades modernas, es necesario destacar los focos insalubres; los cuchitriles miserables y privados de luz que se reproducen espontáneamente en la economía capitalista; el ruido; la evacuación y destrucción de la basura y los desechos.¹⁰³ Asimismo, el humo de las fábricas, los gases de los automóviles, el ruido y la nerviosa dinámica, caracterizan a una época concreta que todos conocemos. Y cada periodo, también, determina sus enfermedades peculiares. Antes el tifus, la tuberculosis, las pestes y el cólera diezaban las poblaciones. Hoy en día el cáncer, las enfermedades del corazón y los accidentes de coches incrementan las listas de fallecimientos en niveles peores a los de una cruenta guerra. En *La incógnita del Hombre*, Alexis Carrel dice que “las ciudades son biológicamente los medios enemigos y destructores de la vida. Es lógico que en las ciudades antiguas, sin sobrados

¹⁰¹ Chueca Goitia, F., *Op. Cit.*, p. 35.

¹⁰² Grajales, Gabriela, Uso del suelo y conformación territorial, en Garza, Gustavo (Coord.), *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*, p. 511.

¹⁰³ Bardet, G., *Op. cit.*, p. 24.

recursos higiénicos, las pestes e infecciones causarían verdaderos estragos pero, superadas aquellas enfermedades por los avances sanitarios, conviene fijarnos en los males de nuestra época, porque ellos surgen como consecuencia de algo que no funciona bien, de defectos que ahora arrastramos aminorando la salud y los años de vida.”¹⁰⁴

En poco tiempo las ciudades crecen ilimitadamente y sin conocer siquiera un planeamiento racional para cada una de sus zonas. Desde las casas de una sola planta en las calles anchas de poco tránsito hasta los empinados rascacielos situados en arterias estrechas que no se dan abasto con el tráfico automotor. Desde la progresiva circulación a motor dentro de una planta casi medieval, al niño que recorre varios kilómetros para ir de su casa a la escuela. La ciudad ha crecido desordenadamente y no puede ser dominada por sus habitantes.¹⁰⁵ Se ha vuelto desordenada, confusa, inexpressiva.

Si la ecología (del latín *ecumene* que a su vez proviene del griego *oikos*, morada) es la ciencia “de la capacidad que tienen las estructuras vivientes y su medio para estar juntos”¹⁰⁶, entonces estamos frente a un problema netamente ecológico y, en específico, de ecología humana, que es materia de estudio de geógrafos, etnólogos, sociólogos y economistas. Cuando la distribución del hombre y sus grupos sociales tiene lugar en la ciudad, tenemos la denominada “ecología urbana”, que es un término redundante porque la palabra *oekologie*, acuñada hace casi 150 años por el zoólogo alemán Ernst Haeckel, deriva del griego *oikos*, que significa “casa” o “un lugar para vivir”.

En la ciudad los hombres viven confinados en un área pequeña, en relación con la vastedad de territorios ocupados por la humanidad. Aunque en esta pequeña área no pueden hallarse diferencias naturales, climáticas, altimétricas, ambientales, que segreguen a los hombres por razones biológicas, sí hallamos un campo de competencia

¹⁰⁴ Boix Gene, J., *Op. cit.*, p. 156.

¹⁰⁵ *Ibidem.*, p. 25.

¹⁰⁶ Chermayeff, S. y Alexander, C., *Op. cit.*, p. 10.

aguda que los agrupa hombres de diversa manera, de acuerdo con sus condiciones sociales, económicas y culturales. La variabilidad de la adaptación social al espacio es mayor en la ciudad que en parte alguna.¹⁰⁷

El medio condiciona a los individuos y su comportamiento, mismo que está en función de las dimensiones del espacio donde se mueve. Las reacciones provocadas por esa causa son instantáneas. El medio urbano nos rechaza y nosotros poco hacemos por congraciarnos con él. Atacamos al medio con toda clase de acciones devastadoras y el medio nos responde con enfermedades físicas y mentales. La especie es amenazada por variedad de peligros: terremotos, inundaciones, sequía, toda clase de enfermedades y devaneos cerebrales que se manifiestan en neurosis, paranoia y altas dosis de violencia.

La calidad del "decorado de la ciudad" puede causar múltiples sentimientos, desde la euforia a la repulsión.¹⁰⁸ El estado mental alterado de los ciudadanos escasamente se ve compensado con satisfactores para su psique. El tiempo libre se convierte no en un necesario complemento de la producción, sino únicamente en una "recuperación" de las energías consumidas en los esfuerzos productivos —no sólo en la fábrica, sino también en las oficinas, en el comercio, en el transporte, en el ocio, en la diversión, etc.—, y se transforma en una huida general de la ciudad, hacia un territorio que cada vez más asume los aspectos "alienados" de la ciudad misma.¹⁰⁹ El estado actual de destrucción de la ciudad tiene mucho que ver con nuestro estado de salud mental y nuestro nivel de vida. La presión de la vida citadina también ha logrado mermar el espíritu de comunidad que en algún momento le dio sentido a la ciudad. Cada individuo vive en su ciudad, en su itinerario y escasamente interactúa con otros individuos. La televisión nos aísla de la casa y el coche de la ciudad. Vivimos con miedo de nuestros vecinos y nos encerramos en pequeños castillos porque, como escribió Chermayeff, "ya no tenemos

¹⁰⁷ Chueca Goitia, F., *Op. cit.*, p. 221.

¹⁰⁸ Auzelle, R. *Op. cit.*, p. 29.

¹⁰⁹ Aymonino, C., *Orígenes y desarrollo de la Ciudad Moderna*, p. 82.

capacidad para estar juntos, nos la han ido borrando".¹¹⁰ Una de las grandes cosas de una buena ciudad es que siempre hay cosas que ver. Nada es comprable con una buena ciudad en lo de dar una sensación de comunidad y al mismo tiempo proteger la vida privada.¹¹¹

La base del orden urbano es la conservación y la creación de un sentido de lugar. La ciudad ideal, definida por unos límites físicos, sede del esfuerzo y del trabajo de una numerosa colectividad, no se reconoce a sí misma en la realidad: sus fábricas, sus trabajadores y sus desempleados han sido segregados a sus apretados suburbios. Los suburbios quedan ya tan lejos como en su día estuvo el campo; la ciudad no se reconoce en ellos aunque tampoco es que sean campo; en realidad los suburbios siguen siendo ciudad, pero los nuevos ciudadanos, los "suburbanos", han sido físicamente privados del ejercicio físico de su ciudadanía. Y, como Sert reconoce "...los suburbios han llegado a ser mayores que la propia ciudad, y en algunas naciones la masa de la población se ha convertido en suburbana.... Mientras tanto la ciudad se disgrega y pasa a ser tan sólo un lugar para trabajar y sufrir...un lugar al que es forzoso ir, pero que se desea abandonar lo antes posible." El hueco dejado por el trabajo y los trabajadores al ser expulsados de la ciudad se ha convertido en el "foro", en el "ágora" del Estado capitalista. "La ciudad -dice Fernando Ramón- ha sido expropiada por el capital financiero para su uso exclusivo y se ha convertido en el centro burocrático del poder capitalista y de la maquinaria estatal controlada por éste. Burocracia y mercado han suplantado a la Vida; hasta los mismo burócratas, acabada su jornada de trabajo, tienen que abandonar la ciudad hacia los profundos suburbios, donde tratan de recomponer la vida dentro de los límites de su familia. Porque, de puertas para afuera, en los suburbios

¹¹⁰ Chermayeff, S. y Alexander, C., *Op. cit.*, p. 10.

¹¹¹ Van Eckardt, W., *Op. cit.*, p. 323.

la vida tampoco puede prosperar, la colectividad ha sido atomizada y el sentido de la vida resulta inescrutable."¹¹²

Con el desarrollo de las grandes naciones y con la economía industrializada supraterritorial y fuertemente interconectada, muchos temas políticos y sociales se desplazan de la esfera pública comunal hacia la nacional y la internacional. El ciudadano pierde, en cierta medida, interés político en la comuna y desconoce buena parte de la ciudad en que vive. La desenfrenada dinámica del desarrollo convierte a la ciudad en una jungla impenetrable, cesando con ello su carácter público. La ciudad aparece como un monstruo amenazador, un motivo más para retirarse a la esfera privada que adquiere más y más carácter de refugio o escondrijo donde nadie puede hallarnos.¹¹³

Los ciudadanos van perdiendo el don para comunicar sus ideas y sentimientos y se aíslan viviendo la vida a través de los ojos y voces de los medios de comunicación. En 1951 José Luis Sert, alerta que "la radio, el cine, la televisión y la información impresa están absorbiendo hoy todo el campo de comunicación entre los hombres y, cuando estos elementos están controlados por unos pocos, la influencia de estos es mucha porque los ciudadanos deben depender de fuentes de información controladas y les hace más fácilmente gobernables por la voluntad de unos pocos. Sin dejar de reconocer las enormes ventajas y posibilidades de estos medios de telecomunicación, los lugares de reunión pública tales como plazas, paseos, cafés, etc., donde la gente puede encontrarse libremente, estrecharse las manos y elegir el tema de conversación que sea del agrado, no son cosas del pasado y, debidamente adaptadas a las exigencias de hoy, deben tener un lugar en nuestras ciudades. No estamos hablando de cosas que sean completamente nuevas, ya que tales centros existieron otrora en nuestras ciudades, y fue en ellos donde se moldeó nuestra civilización. La libertad de pensamiento no se fraguó en las regiones

¹¹² Ramón, F. *Op. cit.*, p. 108-109.

¹¹³ Bahrdt, H.P., *Op. cit.*, p. 93-138.

rurales, ni tampoco es producto de la prensa, la radio o la televisión; debe mucho más a la mesa de café que a la escuela y, aunque en su formación colaborasen otros factores, fue difundida principalmente por medio de la palabra y tuvo su origen en los lugares donde la gente tenía posibilidad de encontrarse y de cambiar impresiones. A través de los siglos, las personas han venido congregándose en los parques públicos, en los mercados, en los paseos y en las plazas. Modernamente, en las oficinas, bancos, supermercados, estaciones de metro, las paradas de autobuses e incluso los aeropuertos, se han convertido también en lugares de reunión.¹¹⁴ La gente va allí para ver y ser vista, para encontrarse con amigos y enamorados, para adquirir nuevas relaciones, para hablar de sus vidas, amores y aventuras, o para comentar con los demás los resultados de la jornada futbolera... El corazón de la ciudad tiene la función de ofrecer, en forma imparcial, posibilidades para las manifestaciones espontáneas de la vida social. Ha de ser el lugar de reunión de la gente y el escenario de sus manifestaciones. Ha de ser también la válvula de escape para cualquier imprevista expresión de sentimientos colectivos, haciendo posible la realización de toda clase de actividad espontánea dictado por un estado emocional tanto transitorio como decisivo. La creación de estos centros de reunión es tarea del gobierno. Su existencia no puede dejarse al arbitrio de la especulación privada, porque son fundamentalmente necesarios a la ciudad e incluso a la nación; por consiguiente, deben ser financiados con fondos públicos. El carácter y condiciones de esta vida cívica consciente no dependen exclusivamente de la existencia de un marco favorable, sino que están ligadas a la estructura política, social y económica de cada comunidad. Si esta estructura política, social y económica es de tal naturaleza que permite un libre y democrático intercambio de ideas, los centros cívicos servirán para consolidar los gobiernos democráticos, mientras que la carencia de tales

¹¹⁴ Generalmente en filas eternas para pagar algo.

centros y el hecho de que los ciudadanos deben depender de fuentes de información controladas, les hace más fácilmente gobernables por la voluntad de unos pocos.”¹¹⁵

A estas alturas, citando a Boix Gene, “muy pocos ciudadanos se dan cuenta que una ciudad puede ser una obra de arte, pues sus calles, avenidas, plazas, viviendas, jardines, fuentes o monumentos ocupan un espacio y originan un conjunto de líneas, contornos, formas y volúmenes. Sobre ellos el color subraya la estructura otorgando un carácter distinto a cada aspecto urbano. La armonía de los colores es incluso más importante que la armonía de las formas. Debe existir la unidad, la composición y el equilibrio. Así se evita la monotonía y se logra una variedad que da a la vida ciudadana un atractivo singular. El aire, el sol y la vegetación han de penetrar en la ciudad de manera generosa, sin mezquinas limitaciones. Nuestra época se caracteriza por la indudable decadencia del espacio libre urbano y el rápido incremento de personas que, a la menor provocación, huyen de la ciudad en busca de estos tres elementos.”¹¹⁶ La ciudad, como dijo Lefebvre, es “nuestra área común y es el sitio prohibido”.¹¹⁷

Es cierto que los niveles promedio de vida y el índice de longevidad han aumentado, pero ya es hora de preocuparnos también por vivir bien en un entorno urbano libre de contaminantes que, si bien no matan de manera fulminante, limitan nuestra salud y la calidad de vida. Vivir en una ciudad es vivir en un sistema urbano frágil ante sismos, erupciones, huracanes, inundaciones, deslaves, revueltas, derrame de sustancias tóxicas, explosiones, incendios y contaminación. La mayoría de las ciudades modernas están asentadas sobre antiguas ciudades creadas para otra escala, tanto de número de habitantes como de movimiento, y no para la absurda y perniciosa mezcla de ruidos, humos, personas, máquinas y de peligros constantes actuales. Es un problema de higiene, de salubridad. La explosión demográfica puede que no sea un

¹¹⁵ Ramón, F. *Op. cit.*, p. 109-113.

¹¹⁶ Boix Gene, J., *Op. cit.*, p. 71 y 145.

¹¹⁷ *Ibidem*, p. 10.

problema pero la mala distribución de la gente es terrible. La contaminación no aumenta de manera directamente proporcional al aumento de población; más bien está directamente relacionado con el crecimiento económico desarrollado por el capitalismo industrial, con los avances tecnológicos y con el proceso de urbanización que conduce a las megalópolis.¹¹⁸ No hay en el mundo actual fuerzas ecológicas más influyentes que la idea occidental de progreso y las aspiraciones y valores sociales relacionados con la sociedad de consumo. La ciudad actual es, en palabras de Boix Gene, "la negación pura y simple de un forzado presente dentro de un pretérito urbanismo."¹¹⁹ A largo plazo, los ecosistemas urbanos deben encontrarse en un estado de equilibrio ecológico con los sistemas de la biosfera de la que dependen y satisfacer las necesidades materiales, sociales y existenciales de sus habitantes. Es el hombre quien, por ignorancia, negligencia o irresponsabilidad (o porque no le queda de otra), se pone en situación de riesgo, construyendo socialmente el desastre.

¹¹⁸ Los países más preocupados por la contaminación son los de menor crecimiento demográfico.

¹¹⁹ Boix Gene, J., *Op. cit.*, p. 157.

CAPÍTULO II. CIUDAD DE MÉXICO

La Ciudad de México, objeto de innumerables estudios, es el centro político, comercial, financiero y cultural de México. Es un compendio del país y un resumen de su historia. Es de las más grandes del mundo, por su extensión y cantidad de población, y es portento de endeble sustentabilidad que la caracteriza. Colosal conjunto de obras, de infraestructura y de servicios que permiten su funcionamiento. Megaurbe que combina las ventajas y la belleza de una gran ciudad con infinidad de problemas. Es un desastre urbano que representa fielmente a las megalópolis de los países dependientes.

Ciudad que cambia cotidianamente así como cambia su nombre según el sentido que se le quiera dar. Ciudad que tiene su centro en la Plaza de la Constitución y que abarca las 16 Delegaciones del Distrito Federal que, según el Estatuto de Gobierno del Distrito Federal, es la Ciudad de México misma y sede de los poderes de la Unión y capital de los Estados Unidos Mexicanos. Pero también comprende los 40 municipios del Estado de México y uno de Hidalgo, Tizayuca, para formar lo que se denomina el Área Metropolitana de la Ciudad de México (AMCM).

La capital de México, con su numerosa población de funcionarios, empleados y soldados, representa un centro de consumo importante y al mismo tiempo constituye el centro hacia el que todo el país se siente atraído, el centro cuyo ritmo de vida marca el de las provincias y en el que se concentra gran parte de la vida artística y cultural. También es la fábrica y el almacén, la oficina de negocios, la clínica, la escuela y el teatro, el centro de los medios de comunicación. Casi todos los mexicanos tienen un pariente en el Distrito Federal.

Localizada en la Cuenca de México, escenografía que, por una parte, favorece su poblamiento por su suave relieve interior, su clima templado y su disposición de agua y de bosques; y, por otra, presenta problemas naturales como el exceso de agua en

temporadas de lluvias que provoca inundaciones, la propensión sísmica y la ubicación en un valle que impide la fácil dispersión de los contaminantes. Esta cuenca tiene una extensión de 9600 Km², el 0.08% de la superficie total de México, de los cuales menos del 20% pertenecen a zonas urbanas donde habita el 22% de la población del país y representa un gran problema ambiental, social y político.¹²⁰

Origen

"Se establecía el canto,
Se fijaban los tambores.
Se dice que así
Principiaban las ciudades:
Existía en ellas la música."
(Código Matritense)

En la cuenca de México se han encontrado restos arqueológicos en Tlapacoya de hace unos 22 mil años.¹²¹ Pero es con el comienzo del desarrollo de la agricultura, hace unos siete mil años, que los grupos humanos en el área se volvieron sedentarios y empezaron a organizarse en pequeños poblados ocupando las partes bajas del valle, en áreas planas que poseían un buen potencial productivo y una adecuada humedad pero, que al mismo tiempo, se hallaban cerca de áreas más elevadas para huir de las inundaciones durante las temporadas de lluvias.

Entre el 2000 y el 1200 a. de c. (Preclásico inferior), se establecieron algunas aldeas al noreste de la Cuenca de México, en las cercanías de los lagos de Chalco y Tetzecoco, como Tlapacoya, El Arbolillo, Zacatenco, Tlatilco, y más tarde Atoto, Xico, Xaloztoc, Coatepec, Tepetlaoztoc, Lomas de Becerra y Copilco. En todo Mesoamérica

¹²⁰ Garza, Gustavo (Coord.), *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*, p. 4-5 y Ezcurrea, Exequiel, *De las Chinampas a la megalópolis*, p. 10.

¹²¹ Ezcurrea, E., *Op. cit.*, p. 31.

se daba la tendencia a establecer aldeas que podían crecer hasta conformar villas, de mayor tamaño y más concentradas, con construcciones cívico-religiosas y cierta planificación. Los poblados adquieren funciones, como centros ceremoniales y también comerciales.¹²² Entre 1200 y 800 a. de c. (Preclásico medio), estas aldeas se convirtieron en pequeñas ciudades urbanizadas con una incipiente organización social¹²³ y otras como Chalco-Xochimilco, Iztapalapa, Texcoco, Teotihuacan, Tenayuca-Cuautitlán y Cuicuilco comenzaron a afianzarse. Hacia el 500 a.C. el área de mayor influencia de la cuenca se localiza en Cuicuilco, en las márgenes del lago Chalco-Xochimilco. Era un centro ceremonial que alcanzó a tener una población de 10 mil habitantes. Alrededor del año 100 d.C. su población comienza a dispersarse por la cuenca, en especial hacia el norte.¹²⁴ Agricultura, caza, pesca y recolección permitieron el crecimiento demográfico en la zona y para el año 100 a.C., inicio del periodo llamado Clásico que dura hasta el 900 d.C.¹²⁵, la población de la cuenca era de aproximadamente 125 mil habitantes, con varios poblados de más de diez mil personas. En esa misma época comenzó el desarrollo del centro urbano y religioso de Teotihuacan, al noreste del lago de Tetzcoco y acertadamente alejado de las áreas más proclives a las inundaciones. Teotihuacan contaba con 30 mil habitantes y cinco siglos más tarde con más de 100 mil.¹²⁶

Hacia fines del siglo IX d.C., la decadencia y el abandono de las ciudades y los centros religiosos existentes señalaron el término del periodo de florecimiento clásico en Mesoamérica. Teotihuacan, metrópoli con cierta forma de imperio, y otras como Monte Albán y las ciudades mayas, dejaron de ser núcleos de irradiación y entraron en

¹²² Ortiz Monasterio, Fernando y otros, *Tierra profundada: historia ambiental de México*, p. 87.

¹²³ Piña Chan, Román, *Las culturas preclásicas del México Antiguo*, en León-Pontilla, Miguel, *Historia de México*, p. 154-5.

¹²⁴ Cuicuilco finalmente termina siendo sepultada por la lava del volcán Xitle. (Ortiz M., F., *Op. cit.*, p. 94).

¹²⁵ *Ibidem*, p. 92.

¹²⁶ Para el comienzo de la era Cristiana, la población de Texcoco, al este de la cuenca, ya era de unos 3500 habitantes. (Ezcurra, E., *Op. cit.*, p. 32-3). Villalobos, Alfredo, *Primeros asentamientos humanos*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 87.

un proceso de completa desintegración. No es del todo claro, pero tal vez las causas fueron la presión de los grupos nómadas provenientes del norte, los cambios climáticos o las posibles transformaciones sociales, políticas y religiosas. Los pueblos se reacomodaron y con el legado cultural de la etapa clásica se alcanzaron nuevas formas de desarrollo político, social y económico para configurar el periodo posclásico que abarca desde los comienzos del siglo X hasta la conquista de los españoles. Sin embargo, es un hecho que la penetración de distintos grupos provenientes del norte, de cultura menos desarrollada, provocaron el inicio de diversos procesos de aculturación y de fusión étnica y lingüística que culminaron con el nacimiento y la consolidación de nuevos señoríos, estados poderosos y aún auténticos imperios como es el caso del "reino tolteca", del estado de Azcapotzalco o del imperio forjado por los mexicas o aztecas.¹²⁷

La proliferación de pueblos y ciudades se convirtió en un elemento característico del posclásico. A la par del desarrollo demográfico, surgieron comunidades de mayor complejidad, nuevos pueblos y ciudades e incluso verdaderas metrópoli. En toda la Mesoamérica civilizada había ciudades con un patrón urbano en ocasiones muy avanzado, como en los valles del Altiplano. Urbanización que podemos llamar ciudadina y que ubica dentro de los límites de la ciudad, los templos, los palacios, y las casas del pueblo.

En el altiplano, los toltecas fundaron la metrópoli de Tula en el siglo X bajo el gobierno del sabio sacerdote y héroe cultural Quetzalcóatl, logrando suplantar, de algún modo, la desaparecida grandeza teotihuacana y legando una gran herencia cultural a los asentamientos que posteriormente surgieron en la zona lacustre de la cuenca. Pero Tula duró poco y hacia el siglo XII el imperio colapsó y su gente se dispersó. Este hecho facilitó la irrupción de nuevas hordas de los llamados grupos chichimecas, procedentes

¹²⁷ León-Portilla, Miguel. *Introducción al periodo posclásico*, en León-Portilla, M. *Op. cit.*, p. 479.

de las llanuras del norte, belicosos inmigrantes en contraste con los pueblos sedentarios y urbanos¹²⁸. Al área de Tula también arribaron en esa época los nonoalcas, originarios de Tabasco, donde establecieron relaciones con los grupos de toltecas-chichimecas.¹²⁹

Desde la caída de Tula hasta el año 1370 d.C., el Valle de México estuvo ocupado por sus habitantes originales y por lo diferentes grupos chichimecas que habían llegado.¹³⁰ La zona de los lagos era atractiva para asentarse por la pesca y la caza y la única resistencia que encontraron los chichimecas provenía de la gente de Culhuacán, quienes finalmente cedieron. Los primeros en llegar fueron los seguidores de Xólotl, que se establecieron en Tenayuca, y más tarde, a fines del siglo XIII, los tecpanecas al noroeste, en Azcapotzalco; al norte, en Xaltocan, los otomazahuas, y al oriente, en Coatlichan, los acolhuas. Tlotzin, príncipe mestizo chichimeca-tolteca y nieto de Xólotl, reinrodujo la agricultura al valle y su hijo Quinatzin fundó Tetzaco, futura metrópoli en la que culminaría el proceso de aculturación y florecería nuevamente la herencia tolteca.¹³¹ De esta manera, el sistema lacustre en el fondo de la cuenca fue rodeado paulatinamente por un cúmulo de pequeños poblados. La parte sur del valle era la más densamente poblada; Chalco contaba con la mayor población por las condiciones microclimáticas de la zona: abundancia de ríos, manantiales y lagos de agua dulce, que aparte de asegurar el abastecimiento de agua dulce, favorecía a la agricultura.¹³²

Durante este periodo se dio un gran crecimiento de la población como consecuencia del desarrollo de nuevas técnicas agrícolas basadas en el riego por inundación del subsuelo y de la construcción de canales que servían como eficientes

¹²⁸ Entre las decenas de pueblos chichimecas existían los llamados popolocas, equivalente prehispánico de bárbaros. (León-Portilla, Miguel, *Los chichimecas de Xólotl*, en León-Portilla, M., *Op. cit.*, p. 742).

¹²⁹ Ortiz M., F., *Op. cit.*, p. 113.

¹³⁰ *Ibidem*, p. 114.

¹³¹ León-Portilla, M., *Op. cit.*, p. 743-49.

¹³² Ortiz M., F., *Op. cit.*, p. 114.

vías de comunicación y de drenaje así como para controlar las inundaciones.¹³³ Las islas formadas artificialmente en los lagos y canales con el sedimento extraído de los canales, *chinampas*, permitieron extender la ciudad y producir más alimentos. Las chinampas llegaron a existir en todos los lagos del valle, incluso en los lagos salados de Zumpango y Xaltocan; pero la mayor parte se ubicaba en las aguas frescas del sur, sobretodo en Chalco y Xochimilco donde llegaron a existir 9500 hectáreas de chinampas que cubrían las dos terceras partes de las necesidades alimenticias de la cuenca.¹³⁴

Hacia el año 1327, llegan a la cuenca dos grupos de portadores de cultura que son bien recibidos por Quinatzin: los tlailotlaques y los chimalpanecas quienes aceleran el desarrollo cultural de Tetzcoco. El proceso de fusión cultural se acelera con Techotlala, sucesor de Quinatzin, quien impone el náhuatl como lengua oficial y engrandece a Tetzcoco obteniendo una incipiente madurez cultural. Posteriormente, los tepanecas de Azcapotzalco bajo el mando del temido Tezozómoc, lograron el dominio de la región de Tenayuca, el reino de Xaltocan y hacia el sur, Coyoacán, Chalco y Amecameca, logrando que tributaran las gentes del señorío de Culhuacán. Tezozómoc también había conquistado lugares más alejados como Ocuila y Malinalco al occidente, y Cuauhnáhuac, al sur. Este tlatoani, que se hacía llamar Xólotl, pretendía unificar bajo su mando a todos los estados chichimecas para establecer un imperio por lo que se enfrentó con Tetzcoco y los venció.¹³⁵ Así los chichimecas, a finales del siglo XIV, se establecen firmemente y aprenden una nueva forma de vida holgada y placentera.

Según la leyenda, en 1111 los Mexicas, grupo de chichimecas semicivilizados con ciertos conocimientos de agricultura y del manejo del calendario¹³⁶, partieron de

¹³³ Ezcurrea, E., *Op. cit.*, p. 34.

¹³⁴ Ortiz M., F., *Op. cit.*, p. 114-15.

¹³⁵ León-Portilla, M., *Op. cit.*, p. 750-55.

¹³⁶ Ortiz M., F., *Op. cit.*, p. 114.

Azatlán ("lugar de garzas"), de allí su nombre de aztatecas o aztecas", hacia el sur por orden de su dios Huitzilopochtli . Después de un largo camino, que ni ellos podían recordar, llegaron al Valle de México hacia 1163 donde empezaron un penoso recorrido de inadaptación por Coatepec, Tula, Altitalaquia, Apazco, Zumpango, Cuauhtitlán, Ehecatépec, la sierra de Guadalupe, Tecpayocan, Azcapotzalco y Chapultépec, donde se asentaron un buen tiempo. Sus estancias en estos sitios eran breves y en calidad de invitados "non gratos" porque todas las tierras estaban ocupadas y nadie los quería de vecinos por "ser muy pendencieros, practicar formas crueles de sacrificios humanos y tener la costumbre de robarse las mujeres casadas". En 1319 fueron expulsados de Chapultépec por una coalición de todos los señoríos del Valle de México y fueron confinados en Tizapán, lugar poblado de serpientes, esperando así exterminarlos, pero las eliminadas fueron las serpientes.¹³⁷

Tiempo después, los aztecas se congraciaron con los culhuas, gracias a su participación en una guerra contra los xochimilcas, y les fue permitido establecerse en Culhuacán. Allí edificaron un templo en honor de Hutzilipochtli y pidieron a Coxcoxtli, señor de Culhuacán, una hija "para tenerla como una reina y venerarla como una diosa". El señor culhua aceptó pero los mexicas la desollaron, hecho que enfureció al señor culhua quien ordenó a sus súbditos que los persiguieran sin tregua. Los aztecas huyeron hacia la zona pantanosa de carrizales y tulares que había a orillas de la laguna central, en aquel entonces llamada Metzliapan, en donde encontraron refugio en un islote abandonado. En aquel islote, donde según la leyenda encontraron la señal para

¹³⁷ El pueblo azteca, mexitín, mexicana, chicomoztoque, teochichimeca o atlacachimeca hablaba en náhuatl y obtenían sus alimentos de la pesca, la caza, la recolección y el cultivo. Construían "camellones" o terrapenes para el cultivo, sistemas de riego y chinampas, obras hidráulicas como la presa construida en Coatepec, templos y albarradas para su defensa y usaban las canas como medio de transporte. (Martínez Marín, Carlos, *Peregrinación de los mexicas*, en León-Portilla, M., *Op. cit.*, p. 768).

¹³⁸ Miranda, José, et. al., *Historia de México*, p. 115-117. "Los aztecas mucho se alegraron, cuando vieron las culebras, a todas las asaron, las asaron para comérselas, se las comieron los aztecas". Crónica Mexicáyotl. (Martínez Marín, C., *Op. cit.*, p. 765).

asentarse: una águila reposando sobre un nopal y desgarrando una serpiente””, empezaron a edificar Tenochtitlán (en honor de Ténoch, caudillo sacerdote fundador de la ciudad) o México (en honor de Huitzilopochtli o Mexitli, su caudillo y dios más venerado) en 1325. La isla se encontraba en el centro de la cuenca, elemento de gran importancia para la cosmovisión azteca que se basó en la creencia de que la isla era el eje cosmológico de la región, el verdadero centro de toda la Tierra. Creencia que probablemente reforzó el carácter imperialista de los aztecas, basado en guerreros despiadados y una poderosa casta sacerdotal.¹³⁹

En la época en que fue fundada Tenochtitlan tres eran los reinos que sobresalían: Azcapotzalco, Culhuacán y Coatlichan. El reino de Azcapotzalco, al noroeste de Tenochtitlan, dominaba buena parte de los lagos (incluidos los islotes de Tenochtitlan y Tlatelolco) y sus habitantes, los tecpanecas, ya tenían una gran capacidad de organización política, militar y económica. El reino de Culhuacán se encontraba al sur del de Azcapotzalco y era depositario de la herencia tolteca. En las riberas orientales del lago de Tetzcoco estaba el reino de Coatlichan que dominaba al señorío de Tetzcoco. La geopolítica de la región cambiaría después, cuando Azcapotzalco apoya a Tetzcoco contra Coatlichan, y también derrota a Culhuacán y a otros pequeños reinos como el de Tenayuca y el de Xaltocan, al norte; Chimalhuacán-Atenco, Chalco y Amaquemecan, al sureste; Xochimilco, Mizquic, Cuiláhuac e, inclusive, Cuauhnáhuac (Cuernavaca), al sur.

Desde su establecimiento en Tenochtitlan, los aztecas eran tributarios de Azcapotzalco y fueron obligados a prestar apoyo a los tecpanecas en sus combates de

¹³⁹ El enclave de la señal ha sido localizado por Alfonso Caso en la actual plaza de San Pablo. (*Ibidem*, p. 767).

¹⁴⁰ Ezcurrea, E., *Op. cit.*, p.35.

conquista". Pero el destino de los mexicas era otro ya que Huitzilopochtli les ordenó: "estableceos, haced partición, fundad señoríos, por los cuatro rumbos del Universo...", profecía de lo que llegaría a ser el imperio azteca así como señal de como debía distribuirse el poblado en cuatro sectores originales, a manera de cuadrantes cósmicos. Al noroeste Atzacualco, "en donde está la compuerta del agua". Al noreste Cuepopan, "donde abren sus charolas las flores". Al suroeste Zoquiapan, "en las aguas lodosas". Y al suroeste Moyotlan, "en el lugar de los moscos".

La ubicación del islote, tierra baja e inundable, con sus grandes ventajas defensivas y la privilegiada posición para la intercomunicación vía acuática, planteó desde el principio tres problemas fundamentales que limitaron durante mucho tiempo su expansión urbana: las dificultades para el abastecimiento de agua potable, la falta de tierras cultivables y la amenaza de inundaciones en la temporada de lluvias que elevaban el nivel del agua salada del lago de Tetzco, la cual se vertía sobre los solares y chinampas haciéndolos cada vez más salitrosos.¹⁴¹ Si bien a finales del siglo XIV, Huitzilihuitl, sucesor del primer señor mexica Acamapichtli, logró que el señor de Azcapotzalco permitiera la construcción de un pequeño acueducto desde Chapultepec a Tenochtitlan,¹⁴² los problemas de Tenochtitlan empezaron a resolverse cuando los mexicas obtuvieron su libertad.

En 1428, los tecpanecas guiados por Maxtlaton trataron de conquistar a los aztecas, pero fueron derrotados y, tanto Azcapotzalco como los señoríos que le pertenecían, fueron conquistados por el ejército mexica y sus aliados Tetzco y Tacuba. La liberación de Tetzco y la consolidación de la plena independencia de México-Tenochtitlan marcaron el comienzo de lo que sería el último siglo de esplendor

¹⁴¹ Mismo caso que los tlatelolcas, grupo mexica disidente, que en 1337 se estableció en el islote contiguo a Tenochtitlan.

¹⁴² Lombardo de Ruíz, Sonia, *Evolución de México-Tenochtitlan*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 94.

¹⁴³ León-Portilla, Miguel, *El primer siglo de Tenochtitlan*, en León-Portilla, M., *Op. cit.*, p. 776-84.

de esta cultura,¹⁴⁴ cuyo destino era preservar la vida del Sol mediante la sangre humana de los sacrificios. La acción dominadora de México-Tenochtitlán fue de tal magnitud que, para la llegada de los españoles en 1519, su imperio ejercía dominio sobre varios millones de seres humanos en una amplia porción de Mesoamérica y su ciudad capital, con una población de 300 mil habitantes¹⁴⁵, era tal portento de templos, palacios, mercados, escuelas, cuarteles que causó gran asombro a los forasteros.¹⁴⁶

Narra Miguel León Portilla que "Tlatelolco ya había sido anexada a Tenochtitlan en 1473 y formaba parte de esta gran ciudad, que presentaba una traza cuadrangular de algo más de tres kilómetros por lado y una superficie total de cerca de 1000 hectáreas dividida en barrios o *calpullis*, relativamente autónomos, con amplios espacios verdes. En el interior de la metrópoli las comunicaciones se efectuaban a través de calles y canales. Las dos islas mencionadas, que eran las más grandes y pobladas del lago, ¡Jero! unidas a un grupo de islas menores mediante calles elevadas, formando un gran conglomerado urbano rodeado por las aguas del lago y enlazado con las orillas del lago mediante tres calzadas elevadas de madera, piedra y barro apisonado: la del norte que iba de Tlatelolco hasta el Tepeyácac, la del sur que al llegar a Xóloc se bifurcaba (al suroeste hacia Coyoacán y al sureste hasta Iztapalapa), y la que partía del centro de Tenochtitlan iba al oeste hasta Tlacopan."¹⁴⁷ Dos acueductos construidos con tubos de barro estucado llevaban el agua potable al centro de la capital: uno bajaba de Chapultepec por la calzada a Tlacopan y el otro venía de Churubusco por la calzada a Iztapalapa. Para controlar las inundaciones se construyó un largo albardadón, la presa de Nezahualcóyotl, en la margen este de la ciudad, para separar las aguas de Tenochtitlan

¹⁴⁴ *Ibidem*, p. 785.

¹⁴⁵ Tetzcoaco contaba con 80 mil habitantes e Iztapalapa con 20 mil. (Murria Lacroix, J., *La conquista de México*, en León-Portilla, M., *Op. cit.*, p. 970).

¹⁴⁶ *Ibidem*, p. 496.

¹⁴⁷ León-Portilla, Miguel, *Los aztecas durante el reinado de Motecuhzoma Xocoyotzin*, en León-Portilla, M., *Op. cit.*, p. 914.

de las del gran cuerpo de agua que en esa época formaba el Lago de Texcoco.¹⁴⁸ Para ganarle tierra al lago, la ciudad emprendió la construcción de chinampas o sementeras, que se construían haciendo una especie de armazón con varas y carrizos en donde se amontonaba la tierra y el cieno del lago y que luego eran fijadas y unidas al islote y divididas a veces entre sí por canales. En el periodo de Moctezuma I la ciudad adquiere gran parte de la fisonomía que presentó a la llegada de los españoles. Todos los edificios de la ciudad fueron reconstruidos y se erigió el Templo Mayor. México-Tenochtitlan era la metrópoli del imperio y el centro urbano que articulaba a toda la Cuenca de México como unidad regional.

El conquistador español Hernán Cortés llegó al Valle de México en 1519 por la laguna de Chalco, específicamente al puerto de Ayotzingo desde donde las canoas llevaban los productos provenientes de la costa del golfo de México a Tenochtitlán. De allí siguieron camino por Tezompa, Tetelco, Ixtayopa y Tulyehualco, de donde arrancaba la calzada que dividía los lagos de Chalco y Xochimilco y en la cual se localiza Tlahuac. Por esta calzada llegaron al norte del lago de Xochimilco, por Tlaltenango, y siguieron entre los cerros de San Nicolás y Xaltepec y pasaron al norte del cerro de la Estrella, hasta llegar a Iztapalapa donde fueron recibidos y agasajados por Cuiclahuac, señor de ese lugar. El 8 de noviembre de ese mismo año, Hernán Cortés marchó rumbo a la capital del imperio por la calzada de Iztapalapa, desde donde pudieron observar las poblaciones de Mexicaltzingo, Culhuacán, Huitzilopochco y Coyohuacan, hasta llegar a Xoloc donde tuvo lugar la primera entrevista con Moctezuma. Juntos caminaron por lo que hoy es Pino Suárez hasta un sitio llamado Huitzilan, donde el emperador le rinde pleitesía y, según algunas versiones, le ofrece el trono al confundir a los conquistadores con el esperado regreso de Quetzalcóatl. Días

¹⁴⁸ Ezcurra, E., *Op. cit.*, p. 35-6.

más tarde los mexicanos se rebelan contra los españoles, Moctezuma cae preso y Cuitlahuac es nombrado emperador, pero muere por la viruela, y lo substituye Cuauhtémoc. Moctezuma es lapidado por los aztecas y Cortés debe huir hacia Tlaxcala, desde donde más tarde emprendería el retorno y la conquista total de Tenochtitlán con la ayuda de gran cantidad de pueblos en rebeldía.¹⁴⁹

El sitio de Tenochtitlán comenzó en abril de 1521. Los españoles ya se habían apoderado de las calzadas que comunicaban la ciudad y habían cortado el suministro de agua potable del acueducto proveniente de Chapultepec, mientras los bergantines impedían las comunicaciones acuáticas. La superioridad en armas y número de combatientes de los españoles, encontró una valiente oposición de los tenochcas que nunca se rindieron. Con la aprehensión de Cuauhtémoc finalizó el sitio de Tenochtitlan y la guerra el 13 de agosto de 1521. La batalla causó miles de muertos y prisioneros, feroces epidemias y gran destrucción de la ciudad, que ya nunca fue la misma.¹⁵⁰ "Mientras permanezca el mundo no acabará la gloria de México Tenochtitlan", clamaba un poeta azteca poco antes de que su mundo se destruyera por completo.

Con la conquista española se puede decir que comenzó el deterioro ambiental en la Cuenca de México. Al llegar los caballos y el ganado europeo, los medios de transporte y la agricultura sufrieron una transformación radical. Muchos de los antiguos canales fueron rellenados para construir sobre ellos calles elevadas, adecuadas para los carros y los caballos, y las chinampas comenzaron a ser desplazadas del centro de la ciudad. La introducción del ganado (vacas, borregos, cabras, cerdos y pollos) trajo a la cuenca una nueva forma de proteína, así como de suciedad, y el uso del suelo cambió al pastoreo para alimentar el ganado. Los densos bosques que rodeaban el lago comenzaron a ser talados para proveer de madera a la ciudad colonial y abrir campos de

¹⁴⁹ León-Portilla, M., *Op. cit.*, p. 970-75.

¹⁵⁰ Gurriá Lacroix, J., *La caída de Tenochtitlan*, en León-Portilla, M., *Op. cit.*, p. 978-1008.

pastoreo. La población de la cuenca sufrió una gran disminución, en parte por las matanzas asociadas a la guerra de conquista, en parte por la emigración de los grupos indígenas disidentes, pero, sobretodo, por la llegada de las nuevas enfermedades infecciosas que trajeron los españoles, contra las cuales los pobladores indígenas no tenían resistencia inmunológica.¹⁵¹ Si para fines del siglo XV, se estima que la población en la cuenca alcanzó el medio millón de habitantes distribuidos en más de cien poblados que seguramente conformaban el área urbana más grande y más densamente poblada de todo el planeta, un siglo después de la conquista la población total de la cuenca había disminuido a menos de 100 mil personas.¹⁵²

Así empezó la vida colonial en la Nueva España que se prolongó a lo largo de tres siglos. Cortés procedió a colonizar y organizar el reino y, contra la opinión de muchos de sus capitanes, decidió fundar México, sede de los nuevos poderes, sobre las ruinas de Tenochtitlán. El encargado de realizar la traza de la nueva ciudad, Alonso García Bravo, sobre el esquema urbano de Tenochtitlán, fundió la retícula prehispánica con el damero romano. Como explica Manuel Toussaint¹⁵³, "Para hacer la traza de la nueva ciudad, García Bravo tenía que sujetarse a los elementos que quedaban de la anterior población: algunos edificios, las principales avenidas y las acequias que no era posible secar de golpe. Las cuatro avenidas o calzadas principales que llegaban a los muros del coatepantli (límite del recinto del templo) vinieron a servir de ejes para la traza, y los dos palacios de Moctezuma, el viejo y el nuevo, que cortés se apropió, y por ende eran intocables, marcaron los derroteros fijos a que tenía que sujetarse. Las acequias le pusieron el límite y así, por el poniente, la que seguía la actual calle de San Juan de Letrán, marcó el lindero de la traza. Dividiendo el espacio comprendido entre

¹⁵¹ Las epidemias más graves se produjeron en los años 1545-48, 1576-81 y en 1736-38 y se cree que eran de viruela, tifo o paperas. (Ortiz M., F., *Op. cit.*, p. 154-55.).

¹⁵² Ezeurra, E., *Op. cit.*, p. 35-40.

¹⁵³ En el estudio histórico *Planos de la Ciudad de México. Siglos XVI y XVII*.

las espaldas de las casas viejas de Moctezuma (actual Monte de Piedad) y la acequia en dos grandes núcleos por medio de una calle (actual de Bolívar), tuvo el tamaño de las calles, más tarde subdivididas de norte a sur, con lo cual quedó la disposición de las calles y cabeceras invertidas en esta parte de la traza. Por el lado del oriente, la calzada de Iztapalapa marcó la dirección y el palacio viejo de Moctezuma fue el módulo. Tomando otra medida igual, trazó su paralela a la calzada de Iztapalapa y así fijó su límite por este lado a la traza en la actual calle de Jesús María. La acequia corría media distancia más al oriente (calle de Roldán), pero venía inclinada. Otro tanto ocurría por el lado del norte, en que la acequia de la calle del Apartado obligó más tarde a desviar esa vía en relación con el resto. Por eso el alarife toma el punto en que la acequia cruza la de San Juan de Letrán y desde allí tira la perpendicular hasta unirla con su límite oriental; por el sur, toma una distancia sensiblemente igual a la que había de las casas nuevas de Moctezuma a su límite norte y por allí cierra su cuadro (calle de San Miguel). En el interior quedaba una acequia inclinada que duró siglos, pues todavía figura en los planos de 1700, pero que corría atravesando los grupos de casas sin formar calle. Así logró el alarife trazar una ciudad de forma regular sujetándose a las condiciones preexistentes". Se puede decir que logró una moderna ciudad con una grandiosa plaza y solares para la iglesia, el ayuntamiento, los conquistadores y los funcionarios. Los indios, antiguos dueños del sitio, fueron obligados a vivir en las afueras.¹⁵⁴

La decisión tomada por los españoles para fundar su ciudad sobre la antigua civilización mexicana, aparentemente obedeció a una cuestión simbólica de orden psicológico: acabar con la resistencia indígena; aunque no se pueden descartar las óptimas condiciones que brindaba el sitio en cuanto a abastecimiento de agua y

¹⁵⁴ Martínez Marín, C., *Los primeros tiempos de Nueva España*, en León-Portilla, M., *Op. Cit.*, p. 1089-90.

alimentos, así como las ventajas defensivas que representaban las montañas y el lago” (pese al azote de las inundaciones) y a que era el centro histórico de acopio de tributos de los pueblos sometidos. Sin embargo, desde el principio de la Colonia fue claro que la nueva traza que querían imponer los españoles a la ciudad era incompatible con la naturaleza lacustre del valle. El relleno de los canales aztecas para construir calzadas elevadas empezó a obstruir el drenaje superficial de la cuenca y empezaron a formarse grandes extensiones de agua estancada. Mientras que el pastoreo y la tala de las laderas boscosas que rodeaban a la cuenca, aumentó la escorrentía superficial durante las intensas lluvias del verano. La primera inundación severa ocurrió en 1553, seguida de otras en 1580, 1604, 1629 y luego se dieron en periodos más cortos. Por otra parte, durante la temporada de secas, los lagos se veían cada vez más bajos.¹⁵⁵

El establecimiento de la Colonia aumentó la complejidad de las funciones urbanas a la par que la población aumentaba con oleadas de inmigrantes, con el consiguiente establecimiento de mercados y de alojamientos para los miembros del ejército, así como para los reconstructores de la ciudad. La religión impuesta a los nativos, insertada simplemente en el primitivo marco religioso, tuvo su centro administrativo en esta ciudad (y lo sigue manteniendo). Pero la función principal de la ciudad era administrativa, como todas las ciudades españolas de América. La nueva dominación se expresa en el acrecentamiento en número y en dimensión de este tipo de ciudades, en su trazado interior, predeterminado según un plan colonial tipificado y, externamente, en su relación más estrecha con la metrópoli que con el territorio circundante. Las ciudades coloniales en América Latina cumplían tres funciones básicas: 1. fijar los nudos para comunicar y vincular las nuevas posesiones con las metrópoli, 2. crear los centros de explotación y control de las riquezas del continente, y

¹⁵⁵ El agua podía asegurar la defensa, ya que al instalarse en medio de numerosas extensiones lacustres estaban protegidos por todas partes.

¹⁵⁶ Ezcarra, E., *Op. cit.*, p. 40-41.

3. crear núcleos poblacionales donde radiquen los administradores europeos y de donde emanen las normas de organización social y territorial hacia las poblaciones indígenas. En consecuencia, la ciudad colonial se convierte en la capital republicana, asume un carácter terciario con una alta concentración de servicios y de estructuras de consumo supeditadas a las necesidades y exigencias de la clase dominante.¹⁵⁷

La ciudad colonial también padeció el terrible azote de las aguas. La ciudad prehispánica México-Tenochtitlan se fundó en un islote en medio del lago de Tetzaco. La rodeaban cinco lagos: Xaltocan, Zumpango, Tetzaco, Xochimilco y Chalco, y, aunque el enorme proceso de desecación llevaba ya milenios, hubo siempre el riesgo de inundaciones. En las crecidas por las fuertes lluvias, las lagunas de Xaltocan y Zumpango desaguaban sobre la de Tetzaco, cuyo nivel subía tanto que anegaba la ciudad. En 1466, bajo el reinado de Moctezuma Ilhuicamina, ocurrió una gran inundación que duró mucho tiempo por lo que el emperador consultó con Nezahualcōyotl de Tetzaco y en 1499 se dispusieron a construir una albarrada de madera, piedra y argamasa, de 12 kilómetros de largo, 4 metros de alto y 3 metros de ancho, obra que luego se amplió hacia el sur bajo el mando de Ahuizotl¹⁵⁸, que dividió el lago en dos partes: el oriente y mayor, el lago de Tetzaco, y el poniente, lago de México, con lo que se logro, además, reservar en el de México el agua dulce que se vertía sobre el salobre lago de Tetzaco. En 1499, bajo el gobierno de Ahuizotl, se construyó un acueducto desde Coyoacán que inundó por segunda vez la ciudad y todavía hubo una tercera inundación en tiempo de Moctezuma II.¹⁵⁹ La poca altura de las montañas al norte de la cuenca y la existencia de pasos casi a nivel entre algunas de ellas, llevaron al gobierno colonial a planear el drenaje de la cuenca hacia el norte, desde los alrededores del lago de Zumpango hasta el área de Huehuetoca. Entre 1520 y

¹⁵⁷ Castells, Manuel, *La cuestión urbana*, p. 56-74.

¹⁵⁸ Ortiz M., F., *Op. cit.*, p. 94.

¹⁵⁹ Moreno, Roberto, *La Ciudad de México*, en León-Portilla, M., *Op. cit.*, p. 1417.

1524 las aguas de la laguna disminuyeron notablemente, por lo que la población creció sobre la tierra desocupada por las aguas. El 17 de septiembre de 1555 cayó una fuerte lluvia que inundó México varios días y el virrey Velasco decidió reconstruir el albardón prehispánico de Nezahualpilli, rebautizado de San Lázaro, más próximo a la ciudad que el antiguo. En todo el siglo XVI, a pesar de la inundación de 1580, sólo se repararon calzadas, se desazolvó y se construyeron diques. En agosto de 1604 llovió tanto que la ciudad nuevamente se anegó, durante casi un año, y se derrumbaron muchas casas. El virrey de Montesclaros rehizo el albardón de San Lázaro e intentó restaurar el sistema de diques prehispánicos, pero las aguas torrenciales acarrearán gran cantidad de sedimentos al lago de Texcoco, elevando el nivel del fondo, por lo que los diques ya no dieron resultado.¹⁰⁰ En 1607 se presentó una inundación aún más seria que derribó edificios aún más grandes y que llevó a la gente a vivir sólo en los segundos pisos. El Virrey Luis de Velasco decidió aplicar el plan de Enrico Martínez que propuso desviar el río Cuautitlán haciendo un tajo hasta Nochistongo, transformando el Valle de México de cuenca cerrada natural en cuenca abierta artificial. El inicio de esta fabulosa, cara y sangrienta obra de ingeniería fue inaugurada desde Huehuetoca el 28 de noviembre de 1607 por el virrey. La obra de 15 kilómetros de longitud en total, dirigida por Enrico Martínez al mando de más de 60 mil indios, comprendió un socavón o galería subterránea en Nochistongo de cerca de 7 kilómetros de largo y 3.5 de ancho por 4 de altura, fue concluida en octubre de 1608¹⁰¹, pero pronto se empezaron a producir derrumbes por lo que Martínez inició el revestimiento de mampostería para el socavón. En 1611, Los enemigos del ingeniero rindieron un informe contrario a la obra y el rey envió en 1614 al holandés Adrián Boot para revisar la obra. El dictamen fue que la obra

¹⁰⁰ Lombardo de Ruiz, Sonia, *Institucionalización de la vida colonial 1600-1750*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 103.

¹⁰¹ Con este canal unió por primera vez la cuenca de México con el océano Atlántico a través de la cuenca del río Tula, en el actual estado de Hidalgo.

no servía, por lo que Enrico Martínez cayó en desgracia. En 1623 el virrey Gelves visitó las obras y decidió experimentar y volver las aguas a sus cauces normales hacia la laguna, con lo que las aguas comenzaron a crecer. El virrey siguiente, el marqués de Cerralvo, ordenó que se reiniciaran las obras, pero ya era demasiado tarde y el aguacero recordado como de "San Mateo", del 21 de septiembre de 1629, inundó por completo la ciudad por más de cuatro años muriendo más de 30 mil indios y se llegó incluso a pensar en cambiar de ubicación a la capital. La obra de Enrico Martínez, quien incluso fue encarcelado, fue continuada durante más de dos siglos hasta que el virreinato abrió canal a cielo abierto conocido como el "Tajo de Nochistongo", con lo que se logró salvar a la ciudad del peligro de las inundaciones y ahogarla en una nube de tierra.¹⁶²

Las obras del drenaje de Huehuetoca, por otra parte, continuaron hasta principios del siglo XX. En principio, el canal sólo funcionaba como un vertedero del exceso de agua de la cuenca, pero con la construcción del canal de Guadalupe en 1796, el sistema de eliminación de aguas hacia Tula se conectó con el lago de Texcoco y las áreas lacustres de la cuenca comenzaron a achicarse rápidamente. En 1769 se dio por primera vez una discusión en el seno del gobierno colonial sobre la conveniencia de secar los lagos. José Antonio Alzate, fue el único en alzar su voz contra el proyecto y sugirió que mejor se emprendiera la construcción de un canal regulador que controlara los niveles del Lago de Texcoco y mantuviera al mismo tiempo las superficies lacustres de la cuenca.¹⁶³

El siglo XVII es el de la estabilización del virreinato y la Ciudad de México, urbe mestiza, era la capital de un territorio cada vez más grande y con una opulenta corte virreinal. Era centro político, administrativo, eclesiástico, económico y cultural. No había ninguna ciudad en el Nuevo Mundo que la igualara en riqueza, calidad edilicia

¹⁶² León-Portilla, M., *Op. Cit.*, p. 1417.

¹⁶³ Ezcurra, E., *Op. cit.*, p. 41-42.

y cifra demográfica. Humboldt quedó deslumbrado por su categoría urbana y su movimiento social, intelectual y mercantil al grado que un viajero posterior la distinguió con el mote de "Ciudad de los Palacios".¹⁶⁴

La ciudad pierde el esquema radial de la isla de Tenochtitlan y se convierte en una península sobre el lago con calles reticulares y manzanas rectangulares. El núcleo central sigue siendo la Plaza Mayor. La catedral era el edificio más alto y la Iglesia Católica era utilizada por la corona para el manejo del gobierno colonial. Así la vida colonial se institucionaliza y alcanza su auge y esplendor en la primera mitad del siglo XVIII.¹⁶⁵

La larga Guerra de Independencia de México, iniciada por Miguel Hidalgo, culminó con la entrada del ejército trigarante encabezado por Agustín de Iturbide a la Ciudad de México el 27 de septiembre de 1821 con lo que se confirmó la independencia de México.¹⁶⁶ Posteriormente, en esta misma ciudad Iturbide fue coronado como emperador de un territorio que se extendía desde California hasta el Istmo de Panamá.¹⁶⁷ La Guerra de la Independencia (1810-1821) produjo pocos cambios en la fisonomía general de la ciudad; pero marca el inicio de la contaminación no política. Las plazas continuaron siendo el centro de la vida cultural, política y religiosa de la ciudad. Las leyes de la Reforma, sin embargo, facilitaron la ruptura de la traza colonial y la ciudad se expandió sobre terrenos que antes pertenecían a la Iglesia, como conventos, colegios, escuelas, potreros, huertas y tierras de labranza. A finales del siglo XIX, la burguesía porfiriana comenzó a edificar un nuevo modelo de ciudad durante el auge de la revolución industrial. Los espacios verdes fueron mejorados, especialmente durante la

¹⁶⁴ Lemoine, Ernesto, *Nueva España a principios del siglo XIX*, en León-Portilla, *Op. cit.*, p. 1666.

¹⁶⁵ Lombardo de Ruiz, S., *Op. cit.*, p. 104-108.

¹⁶⁶ Lemoine, Ernesto, *1821: transacción y consumación de la Independencia*, en León-Portilla, *Op. cit.*, p. 1747.

¹⁶⁷ Crook Castan, Clark, *El Imperio mexicano*, en León-Portilla, *Op. cit.*, p. 1760.

intervención francesa (1865-1867) y la burguesía comenzó a emigrar hacia el oeste de la ciudad.

Durante la Colonia y la Independencia, la navegación por los canales aún se mantenía. Los barcos de vapor partían desde cerca del mercado de la Merced y llegaban hasta Xochimilco y Chalco. El canal de la Viga funcionaba como una buena vía para el transporte de productos agrícolas entre las chinampas de Xochimilco y el centro de la ciudad y era sitio predilecto para el paseo dominical de los capitalinos.¹⁶⁸

En 1824, el federalismo, impulsado por las provincias más alejadas del centro que desconfiaban mucho del Estado de México, urgió la necesidad de erigir el Distrito Federal para albergar los poderes federales y se concluyó que la capital tenía que ser la Ciudad de México por ser la única con toda clase de facilidades, edificios y comunicaciones.¹⁶⁹ El 28 de noviembre de ese año el Congreso Constituyente firmó el Acta Constitutiva de la Federación en el cual se incluía la creación del Distrito Federal.¹⁷⁰

En la primera mitad del siglo XIX, en el centro de la ciudad se encontraban los barrios más populosos: Tarasquillo en Santiago Tlatelolco, Tepito, Necatitlán, Santa Clarita, La Viga, El Juil, el Puente del Pipis, la Candelaria de los Patos, Santa Cruz y Mixcalco. Al norte, y gran parte del este y oeste, se encontraban los barrios más pobres. Hacia el sur se hallan las casas de campo de los grandes propietarios que vivían en el Centro y descansaban en las afueras, en los pueblos de Tacubaya, San Ángel, Tlalpan, Coyoacán, Mixcoac y Tizapán.¹⁷¹ La Ciudad de México era el puerto de entrada de los avances tecnológicos provenientes de Europa y Estados Unidos y como tal fue testigo

¹⁶⁸ Ezcarrá, E., *Op. cit.*, p. 43-45.

¹⁶⁹ Zoraida Vázquez, Josefina, *La República Federal*, en León-Portilla, *Op. cit.*, p. 1786.

¹⁷⁰ Se determinó que quedaría comprendido en un círculo cuyo centro sería la Plaza Mayor, con un radio de dos leguas. En diciembre de 1898, el Congreso de la Unión estableció sus límites actuales. (Aguilar, A., *Op. cit.*, p. 34).

¹⁷¹ Noriega, Cecilia, *La sociedad mexicana*, en León-Portilla, *Op. cit.*, p. 1924-7.

presencial de la primera transmisión telegráfica en el país en 1850 y del lento navegar de los barcos de vapor por el lago de Texcoco hacia 1854. También era testigo de los principales acontecimientos políticos del país, como los arrebatos de Santa Anna, sus subidas al poder y sus alejamientos; así como el paseo solemne de su pierna hacia el panteón de Santa Paula y más tarde su exhumación y despreciativo paseo de la misma que fue arrastrada por la turba en medio de burlas e insultos. Pero no todo eran paseos en barco. Para 1837, la República ya había padecido dos guerras contra los extranjeros y los levantamientos políticos eran la norma. La sociedad estaba ya acostumbrada al caos constante y al desorden, que a menudo eran motivo de jolgorio.¹⁷²

El 7 de agosto de 1847 los norteamericanos avanzaron hacia la Ciudad de México y en septiembre penetraron al Distrito Federal mientras Santa Anna ordenaba la retirada del ejército y la salida de los poderes rumbo a Querétaro. La ocupación de la ciudad tomó algunos días por la desesperada resistencia opuesta por militares y cadetes y para el 15 de septiembre por la noche ya ondeaba en el Palacio Nacional la bandera de Estados Unidos. Fue hasta el 15 de junio de 1848 cuando los poderes federales pudieron retomar la Ciudad de México gracias a la firma del Tratado de Guadalupe Hidalgo con el que México perdió gran parte de su territorio.¹⁷³ La paz no fue muy duradera y, en diciembre de 1857, la ciudad despierta con los cañonazos que marcaron el inicio de la guerra de reforma que acabaría tres años después con la entrada de los liberales a la capital y el regreso de Juárez al gobierno.

Pocos años más tarde, México tuvo que soportar otra guerra de ocupación, ahora por parte de los franceses quienes entraron a la capital en junio de 1863 e impusieron a Maximiliano como emperador de México en 1864.¹⁷⁴ El nuevo imperio duró hasta 1867,

¹⁷² Zornaida Vázquez, J., *Fracaso de la República Central*, en León-Portilla, *Op. cit.*, p. 1820-27.

¹⁷³ Velasco, Jesús, *La guerra con los Estados Unidos*, en León-Portilla, *Op. cit.*, p. 1882-7.

¹⁷⁴ De la Torre, Ernesto, *La intervención francesa*, en León-Portilla, *Op. cit.*, p. 2064.

cuando Juárez retoma la capital y es elegido Presidente, mientras Maximiliano huye y luego es ejecutado.

Durante la dictadura de Porfirio Díaz, de 1877 a 1911, se da la transición de ciudad colonial a ciudad moderna con la entrada al país de la Revolución Industrial. Se construyeron fábricas y ferrocarriles y la capital se modernizó para beneficio de una pequeña burguesía centralista y muy poderosa que transformó las partes más ricas de la ciudad siguiendo el modelo de las ciudades europeas de aquella época. Es durante esta época cuando se deja de considerar a la Cuenca de México como una serie de ciudades administrativamente distintas, vinculadas más por el comercio que por una administración central, y comenzó a ser considerada como una sola ciudad vinculada por un gobierno central y una industria de importancia creciente; aunque urbanísticamente no se trató como una unidad. Los ferrocarriles comenzaron a traer campesinos a la cuenca en busca de mejores oportunidades en las fábricas y varios pueblos cercanos al centro de la ciudad, como Tacuba, Tacubaya, Azcapotzalco, Mixcoac y Guadalupe, comenzaron a ser devorados por el perímetro urbano¹⁷³, aunque conservaron por bastante tiempo su carácter pueblerino

Entre 1858 y 1910 la ciudad quintuplicó su área urbana y la población se duplicó hasta alcanzar 471 mil habitantes. El crecimiento se dirigió principalmente hacia el oeste y el sur. En el sector poniente el crecimiento invadió los municipios de Tacuba y Tacubaya, pero la zona sólo absorbió el 11% del aumento poblacional del periodo porque se trataba del sector residencial elegante de la capital. El sector sur registra un menor desarrollo con colonias para la clase media. La zona este es la que menos se desarrolló porque era un lugar salitroso, árido, expuesto a inundaciones y cercano al

¹⁷³ Ezcarra, E., *Op. cit.*, p. 47.

canal de desagüe.¹⁷⁶ La ciudad crece pero también las desigualdades sociales; la modernidad sólo alcanza a unos cuantos privilegiados.

En 1910 inicia la Revolución Mexicana y en 1911 Porfirio Díaz renuncia y Madero entra a la capital de la República en medio de una verdadera apoteosis popular.¹⁷⁷ En 1914, Francisco Villa al mando de su División del Norte entra en la Ciudad de México y con Emiliano Zapata (cuyo ejército tenía avanzadas en Xochimilco, Tlalpan, Contreras, San Ángel, Mixcoac y Tacubaya), firma el pacto de Xochimilco para luchar contra Carranza.¹⁷⁸ La toma de la ciudad por los carrancistas al mando de Álvaro Obregón, obligó a mudar la capital hacia Veracruz y México dejó de considerarse capital de la República y pasó a ser la capital del Valle de México, estado de nueva creación. La capital de la República también tuvo asiento en Toluca y en 1916 Carranza declaró por decreto como capital a la ciudad de Querétaro¹⁷⁹ y es hasta el 12 de marzo de 1917 que el Distrito Federal vuelve a ser la capital del país. La promulgación de la Constitución de 1917 pone fin, teóricamente, a la larga guerra de la Revolución Mexicana¹⁸⁰ aunque todavía se siguen sucediendo hechos de violencia política incluido el asesinato de Álvaro Obregón en San Ángel en 1928, en el restaurante "La Bombilla" (donde su grisácea amputada mano fue exhibida en monumento durante varios años).

Durante la Revolución, la Ciudad de México, sufrió pocos daños, ya que el movimiento era fundamentalmente rural, y se convirtió en refugio para familias de la provincia de clase media. La Revolución se institucionalizó con la presidencia de Plutarco Elías Calles en 1924 y la paz volvió a México. La ciudad retomó su proceso acelerado de industrialización y con el se mejoró el sistema de transporte público, con lo que el área urbana se expandió mientras que la densidad urbana descendió. Cárdenas

¹⁷⁶ Morales, María D., *Exposición urbanística entre 1858 y 1910*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 116-17.

¹⁷⁷ Matute, Álvaro, *Madero: del triunfo a la "decena trágica"*, en León-Portilla, *Op. cit.*, p. 2374.

¹⁷⁸ Carbó, Margarita, *El capitalismo*, en León-Portilla, *Op. cit.*, p. 2426.

¹⁷⁹ Langley, Arturo, *La Convención frente al constitucionalismo*, en León-Portilla, *Op. cit.*, p. 2458-61.

¹⁸⁰ Matute, Álvaro, *El Congreso Constituyente de 1916-1917*, en León-Portilla, *Op. cit.*, p. 2474.

creó parques nacionales, en especial en las montañas que rodean la Cuenca de México como el desierto de los leones y las Cumbres del Ajusco, al oeste y sur de la ciudad, y también áreas verdes dentro del perímetro urbano. Pero durante el mandato de Miguel Alemán (1946-1952) una buena parte del Parque Nacional Cumbres del Ajusco fue cedido a las industrial papeleras Loreto y Peña Pobre, que comenzaron un ambicioso programa de tala forestal, con la consiguiente expansión de la traza urbana sobre importantes tierras forestales.

En el siglo XX, la Ciudad de México se convirtió en una metrópoli industrial y comenzó un proceso de inmigración masiva desde el campo a la ciudad. A partir de la década de los 40, la expansión industrial y el deterioro de la vida en el campo motivaron la migración interna hacia la ciudad en una cantidad superior a la demanda de fuerza de trabajo generada por las nuevas industrias. La radicación de la población rural en la ciudad creó los asentamientos espontáneos –llamados marginales– de una población subocupada, dedicada a las actividades terciarias o artesanales.¹¹¹ En aproximadamente 70 años, la población del conglomerado urbano pasó de 700 mil (en el año 1920) a 18 millones (en 1988) y ciudades periféricas como Coyoacán, Tlalpan y Xochimilco fueron incorporadas a la megalópolis. Se construyó un sistema de drenaje profundo para eliminar la torrencial escorrentía que generan miles de kilómetros cuadrados de asfalto y concreto y con este sistema de drenaje se acabaron de secar casi todos los antiguos lechos del lago. La disminución del agua del subsuelo en el fondo de la cuenca, producido por el bombeo de agua y el drenaje, produjo la contracción de las arcillas que antes formaban el lecho del lago y la ciudad se hundió en unos nueve metros entre 1910 y 1988. Las velocidades del viento, extremadamente bajas en la altiplanicie de la cuenca, junto con la intensa actividad industrial y las emisiones de unos 4 millones de

¹¹¹ Segre, Roberto, *Las estructuras ambientales de América Latina*, p. 58.

vehículos automotores, han degradado la calidad de la atmósfera en la cuenca a niveles riesgosos para la salud humana.¹¹²

En resumen, la Ciudad de México, sede del gobierno del país y de todas sus funciones administrativas, fundada sobre la capital del antiguo imperio azteca, refrendó su título de Capital durante la independencia del país porque la unidad nacional se logró en torno a esta región. Así, aunada a todas las funciones que esta ciudad desempeña, por lo que adquiere calidad de metrópoli, la de Capital es la primordial. Esta ciudad es, por tanto, algo más que un simple ente político, administrativo y judicial: expresa la profunda vida de México, así como sus concepciones en materia administrativa, política y estratégica.

Ubicación Geográfica

El Distrito Federal tiene coordenadas extremas que van de 19°03' a 19°36' de latitud norte y de 98°57' a 99°22' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 1486.45 Km² (de acuerdo con el Marco Geoestadístico del INEGI), lo que representa 0.03% de la superficie total del país. Su perímetro, de 169 Km, tiene una forma semejante a un pentágono, orientado de norte a sur. La altitud va aumentando de norte a sur, aunque la altura significativa del Distrito Federal es de 2240 msnm, que corresponde al piso del Valle. Colinda con dos estados de la República Mexicana: el Estado de México al norte, este y oeste, y con Morelos al sur. A partir de 1970, la división política del Distrito Federal incluye 16 delegaciones políticas.¹¹³

Se localiza en el sureste Cuenca de México, que es una unidad hidrológica cerrada o endorreica de carácter lacustre rodeada por elevadas montañas. Esta cuenca tiene una extensión de 9600 Km² de los cuales el 13.8% corresponden al Distrito

¹¹² Ezcarra, E., *Op. cit.*, p. 48-50.

¹¹³ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), *Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 1999*, p. 3.

Federal y el resto pertenece al Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla. Gran parte del territorio del Distrito Federal se ubica en las partes bajas y de escaso relieve de esta cuenca, generalmente en áreas que ocuparon los lagos. El resto se localiza en el piedemonte, es decir, en la transición de la zona plana a la sierra.¹¹⁴

De las 57 unidades espaciales que integran el AMCM sólo cuatro son consideradas de alta vulnerabilidad según el índice general compuesto de vulnerabilidad: Iztapalapa, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero y Ecatepec. La desecación de los lagos ocasionó una radical alteración del ecosistema y una vulnerabilidad adicional al elevar la amplificación sísmica de los suelos blandos arcillosos. En la actualidad existe un riesgo potencial de hundimiento, derrumbe o colapso de viviendas, inmuebles o infraestructura que han sido construidos en terrenos de amplificación sísmica, en zonas minadas, accidentadas, de pendientes escarpadas e inestables potencialmente, inundables y compresibles, por el abatimiento del nivel de los mantos freáticos por la explotación de los mantos acuíferos. Las delegaciones centrales tienen mayor propensión al riesgo sísmico, otras lo tienen a las inundaciones, deslaves y deslizamiento de suelos.¹¹⁵

Fisiografía, Orografía y Geología

De las quince Provincias fisiográficas en las que se encuentra dividida la República Mexicana, la provincia número 10, Eje Neovolcánico, es la que alberga la totalidad del territorio del Distrito Federal. Esta cordillera constituye una orla montañosa transversal de origen volcánico que se extiende entre los litorales del Atlántico y del Pacífico en la región meridional de la meseta central. En dicha alineación volcánica se yerguen la cumbre del Popocatepetl, del Iztacihuatl y del Pico de Orizaba o Citaltépetl.

¹¹⁴ Aguilar, Adrián G., *Localización geográfica de la Cuenca de México*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 32-34.

¹¹⁵ Puente, Sergio, *Riesgo y vulnerabilidad urbana*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 492-5.

Todas las provincias de México se dividen en subprovincias y éstas, a su vez, en sistemas de topoformas para un mejor estudio y delimitación. De la provincia 10 interesa resaltar la subprovincia de Lagos y Volcanes del Anáhuac, donde se encuentra el Distrito Federal que comprende nueve sistemas de topoformas –geoformas geoméricamente reducibles a un número pequeño de elementos topográficos–, es decir, formas accidentadas o no del relieve de un lugar: Sierra volcánica con estrato volcanes, Sierra volcánica de laderas escarpadas, Sierra escudo volcán, Lomerío, Lomerío con cañadas, Meseta basáltica malpaís, Llanura aluvial, Llanura lacustre y Llanura lacustre salina. El Distrito Federal está ubicado hacia la parte meridional de la cuenca de México, abarcando geoformas correspondientes al piso del valle, parte de la Sierra de las Cruces (al oeste) y de la Sierra del Ajusco (al sur), así como pequeñas sierras como la de Guadalupe (al norte) y la Sierra de Santa Catarina (al este).¹⁸⁶

El paisaje orográfico del Distrito Federal presenta alturas que van desde 2240 msnm, en sus áreas planas (las partes centrales), como las delegaciones Cuauhtémoc, Benito Juárez, Azcapotzalco, Iztacalco, entre otras, y elevaciones que pasan de 3 700 msnm, (Tlalpan, Milpa Alta, La Magdalena Contreras y Tlahuac). Al describir al Distrito Federal de norte a sur, se encuentran cuatro sierras:

- La sierra de Guadalupe, situada en la porción central de la cuenca y al norte del Distrito Federal, es un macizo más o menos compacto y aislado en forma de herradura de geoforma volcánica, donde se localizan los cerros de Zacatenco (2550 msnm) y Chiquihuite (2930 msnm) que corresponden a las máximas elevaciones de esta sierra.

¹⁸⁶ INEGI, *Op. Cit.*, p. 5.

- Al oeste, y avanzando hacia el sur, se localiza la sierra de las Cruces, donde están otros cerros, como El Triángulo (3820 msnm) y El Muñeco (3870 msnm). Es una formación que corre de noreste a sureste. La parte que se encuentra en el territorio del Distrito Federal presenta profundas barrancas en sus laderas, disectadas de manera longitudinal y paralelas.
- Al este se localiza la sierra de Santa Catarina, donde resalta el cerro de Guadalupe (2820 msnm) y el cerro La Estrella (2450 msnm), que es un punto importante de referencia. Está integrada por geoformas volcánicas cónicas y cónico truncadas, que originan una unidad geológica alargada.
- Al sur, formando un eje con orientación este-oeste, se localiza la sierra Ajusco-Chichinautzin¹¹⁷ donde se encuentran los cerros Pico del Águila (3890 msnm) y Cruz del Marqués (3930 msnm), que conforman el volcán Ajusco (la montaña más alta del Distrito Federal); también se localiza el volcán Tláloc (3690 msnm), entre otros.

Además de los anteriores, existen cerros aislados como el de Chapultepec (2280 msnm), localizado en la delegación Miguel Hidalgo, el cerro Peñón de los Baños (2290 msnm), en la delegación Venustiano Carranza, y el cerro Peñón del Marqués (2360 msnm).¹¹⁸

Como es sabido, todos estos cerros conforman el Valle de México y limitan la expansión humana y de los contaminantes.

El mapa geológico del Distrito Federal está formado en su totalidad por rocas de la era Cenozoica, donde sólo los periodos Terciario y Cuaternario tienen presencia; las rocas que afloraron durante ese tiempo fueron rocas ígneas extrusivas, que son aquellas donde la lava alcanzó a salir del volcán, se enfrió y solidificó en la superficie. Si se hace

¹¹⁷ Esta sierra fue la que cerró la Cuenca de México con grandes cantidades de material efusivo. (Cervantes Borja, Jorge, F., *Geomorfología*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 55).

¹¹⁸ INEGI, *Op. cit.*, p. 5.

una sobreposición entre los mapas orográfico y geológico, se verá que dichas rocas se encuentran sobre las sierras que rodean al Distrito Federal. La zona lacustre, donde se ubica la gran parte de la zona urbana del Distrito Federal, es una topeforma suave y casi plana, en la que antiguamente se encontraba el gran lago del Valle de México. Este paisaje lacustre se fue perdiendo paulatinamente desde la época Colonial, hasta desaparecer casi por completo en la segunda mitad del siglo pasado. Está constituida por suelos profundos de origen lacustre y aluvial del Cuaternario.¹⁸⁹

Hidrología

El país está dividido en 37 regiones hidrológicas, tomando como base la orografía y la hidrografía. Una región hidrológica es un área que por su relieve y escurrimiento superficial presenta características similares en su drenaje. Para el Distrito Federal, la RH26 Pánuco, es la principal y la que ocupa mayor superficie territorial; las otras dos son la RH18 Balsas y la RH12 Lerma-Santiago, ubicadas hacia el sur y suroeste respectivamente. Las regiones hidrológicas se subdividen en cuencas y éstas a su vez en subcuencas. El área que les proporciona una parte o la totalidad del flujo de agua de una corriente y sus afluentes es considerada una cuenca.¹⁹⁰ La cuenca de México es una unidad hidrológica cerrada (aunque actualmente es drenada artificialmente).

Antes del surgimiento del estado Azteca, el sistema lacustre del fondo de la cuenca cubría aproximadamente 1500 Km², y estaba formado por cinco lagos someros, encadenados de norte a sur: Tzompanco, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco. Los lagos del sur, Chalco y Xochimilco, y los dos del norte, Tzompanco y Xaltocan, eran algo más elevados y sus aguas escurrían hacia el cuerpo de agua central más bajo, Texcoco, donde la escorrentía de toda la cuenca se acumulaba antes de evaporarse a la

¹⁸⁹ *Ibidem*, p. 8.

¹⁹⁰ *Ibidem*, p. 11

atmósfera. El agua de escorrentía, en su camino desde las laderas de los cerros hacia las partes bajas de las cuencas, va disolviendo sales minerales de las partículas del suelo y de las rocas que encuentra a su paso. En la cuenca de México, como en todas las cuencas cerradas, el destino final de estas sales acarreadas por el agua es la parte más baja de la cuenca, donde el agua se evapora y las sales se van acumulando al paso del tiempo. Por esto las aguas del lago de Texcoco eran salobres; y desde el punto de vista geológico formaban un verdadero "mar interior".¹⁹¹

Cuando se fundó Tenochtitlan, el Valle de México contenía un lago en proceso de desecación por asolvamiento. Con el crecimiento de la ciudad, su conquista por los españoles y posterior florecimiento de la ciudad colonial, se aceleró su desecación. A manera de canales, surgieron algunos ríos (Churubusco, Consulado, Los Remedios, La Piedad), que se sumaron a los existentes en las zonas montañosas del oeste y sur del Distrito Federal (arroyos: El Borracho, Texcalatlaco; ríos: Hondo, Los Venados, Cieneguita o La Magdalena), muchos de éstos actualmente entubados, total o parcialmente. Todavía subsisten en la zona de Xochimilco y Tlahuac algunos canales que son vestigios de las áreas de chinampas. Entre los más relevantes se encuentran los canales de Chalco, Nacional, Apatlaco y Santa Cruz.¹⁹²

¹⁹¹ Ezcurren, E., *Op. cit.*, p. 12-14.

¹⁹² INEGI, *Op. cit.*, p. 11.

Condiciones climáticas

"En mi opinión la Ciudad de México tiene un clima intermedio entre frío y caliente, pero un poco húmedo debido a la laguna. Ni durante el invierno se ven obligados los habitantes a recurrir al fuego, ni durante el estío son molestados por el calor, y basta con que se acojan a lugares expuestos por el sol si tienen frío y si tienen más calor del necesario, aún en medio del verano, con que eviten sus rayos. En mayo empiezan las lluvias y duran hasta septiembre; la temperatura en esos meses corresponde a nuestra primavera; entonces casi todas las plantas florecen y dan fruto. Los cuatro meses siguientes se inclinan algo a lo frío; desde febrero hasta mayo crece poco a poco el calor como en tiempo festivo. El cielo es salubre en gran parte, pero debido a la humedad lacustre, como dijimos más arriba, a veces predomina la podredumbre." Francisco Hernández (en *Antigüedades de la Nueva España*)¹⁹³

México es un país de tipo tropical, con alternancia de estaciones lluviosas y secas y, en general, temperaturas bastante elevadas, aunque este esquema climático es modificado notablemente por efectos del relieve y por la altitud sobre el nivel del mar. La circulación atmosférica general determina, según las estaciones, flujos atmosféricos de diversa procedencia. En verano existe un neto predominio de los vientos alisios del NE, que al penetrar en el interior del país se desvían hacia el N y el NO atraídos por las áreas locales de baja presión. Las precipitaciones resultantes disminuyen de E a O. A principios de la estación otoñal las tempestades de origen ciclónico aportan un complemento de humedad y a fines de otoño y hasta la primavera dominan las masas de aire procedentes del O y del N. En general, determinan un tipo de clima más bien seco con posibles invasiones de aire fresco septentrional. La primavera suele ser cálida y escasamente lluviosa.

La meseta del Anáhuac y en general las llamadas tierras templadas, situadas a una altitud sobre el nivel del mar bastante importante, se caracterizan por un clima más

¹⁹³ Publicado en el siglo XVII.

suave con temperaturas medias entre 10 y 20 grados y con precipitaciones anuales que oscilan entre 70 y 1500 mm. Por encima de los 2000 msnm empiezan las llamadas tierras frías.”

El Distrito Federal, que se ubica en la región climático-paisajista de las tierras templadas de las zonas de altitud media, cuenta con cuatro tipos de clima:”

1. Templado subhúmedo (C(w)), ocupa más de la mitad de la superficie, con lluvias en verano, se caracteriza por presentar una temperatura media anual que varía de 12 a 18° C, su grado de humedad es intermedio y tiene una temporada lluviosa en verano, la precipitación total anual se encuentra en rango de menos de 600 mm en el noroeste a menos de 1500 mm en la porción occidental, siendo muy propicio para el desarrollo de asentamientos humanos.
2. Semifrío subhúmedo (C(E)(w)): se localiza hacia el sur y suroeste del Distrito Federal, con lluvias en verano; su grado de humedad es alto y tiene una temporada lluviosa en el verano; mantiene temperaturas medias anuales entre 5 y 12° C y su precipitación total anual se encuentra en un rango de 1200 a menos de 1500 milímetros.
3. Semifrío húmedo (C(E)(m)): se localiza hacia el sureste del Distrito Federal, con abundantes lluvias en verano; se considera la región más húmeda de la capital. En esta zona se presentan temperaturas medias anuales entre 5 y los 12° y una precipitación total anual en un rango mayor a 1200 mm al año.

¹⁹⁴ León-Portilla, M., *Op. cit.*, p. 16-19.

¹⁹⁵ Según la clasificación universal de Koeppen, tiene al menos dos climas: el semiárido de la porción centro y noreste de la planicie de la Cuenca de México y el templado subhúmedo de las partes sur y poniente, donde la precipitación es más abundante. (Jauregui, Ernesto, *Clima*, en Garza. G., *Op. Cit.*, p. 69). INEGI. *Op. Cit.*, p. 11.

4. **Clima semiseco templado:** localizado hacia la zona noreste, tiene como límite el Vaso de Texcoco, y ocupa tan sólo 10% del territorio. Este clima es semiseco templado, con lluvias en verano, temperaturas medias anuales entre 12° y 18° C, con una precipitación total anual menor de 600 mm.

En general, se puede decir que La Ciudad de México tiene un clima semi-tropical o tropical de montaña. Las estaciones no se distinguen por el frío o el calor, sino más bien por la época de lluvias y la época de secas. La época de lluvias es entre los meses de mayo y octubre y la época de secas es entre noviembre y abril. Generalmente el mes más frío es enero y los meses de mayor calor son de marzo a mayo, que es el de mas calor. Si bien la temperatura es moderada por la elevada altitud del valle, otros rasgos climáticos, como la regularidad e intensidad de los aguaceros, son típicos de los trópicos. Durante la estación invernal la Cuenca de México se encuentra bajo la influencia de las masas de aire polar características de las regiones templadas ubicadas fuera de los trópicos. El clima de la ciudad está determinado por los sistemas atmosféricos tropicales (ciclones y tormentas tropicales) provenientes del Pacífico tropical, del Caribe y del Golfo de México, así como por las tormentas de aire frío procedentes del norte del Continente Americano.

En el centro de las grandes áreas urbanas la temperatura del aire es mayor que en los suburbios por la mayor capacidad que tienen los materiales de su infraestructura (piedra, concreto, pavimento, etc.) para almacenar el calor del Sol. Los vehículos y las fábricas también contribuyen a formar esta isla de calor que ha ocasionado que las temperaturas mínimas debajo de 0°C (heladas) hayan desaparecido del centro de la ciudad. La diferencia de temperaturas entre el centro de la ciudad y los suburbios es del orden de 10°C y el aire más tibio se localiza en el centro-poniente de la ciudad, que es la zona de mayor densidad de edificios de mediana y gran altura. En el siglo XX la

temperatura aumentó 2°C en el centro de la ciudad por lo que, de seguir así, los meses calurosos presentarán con mayor frecuencia ondas de calor con temperaturas máximas del orden de 30 a 34°C.

La situación geográfica de la ciudad, planicie en una cuenca rodeada de montañas, induce una circulación local de vientos de valle durante el día y de montaña por la noche y el amanecer. En la zona centro y en el oriente de la ciudad, la dirección de los vientos por la mañana y hasta el mediodía de norte, noreste y este mientras que en la tarde prevalecen los vientos del sur, oeste y noroeste en los meses secos pero en el periodo húmedo del año soplan tanto del noreste como del noroeste. Por la mañana los vientos son débiles (de 2 metros por segundo) y en la tarde se intensifican (2 a 3 m/s). En ocasiones, durante los meses de enero a abril, las masas de aire de origen polar traen vientos turbulentos con velocidades de 17 m/s o 61 Km/h).¹⁹⁶

Usos del suelo y vegetación

El Distrito Federal tiene dos tipos de uso del suelo predominante: el urbano, básicamente hacia el centro-norte, y el rural, en la porción sur, oeste y con vestigios en lo correspondiente a las Sierras de Guadalupe y Santa Catarina. El primero cubre cerca de 45% del territorio de la entidad y el segundo el 55% restante. El área rural tanto en lo que se refiere a zonas forestales, pecuarias y agrícolas es considerada como reserva ecológica.¹⁹⁷

En 1997, el área abarcada por las 16 delegaciones, los 40 municipios del Estado de México y Tizayuca en Hidalgo, comprendía una superficie total de 529,442 hectáreas, de las cuales 146,034 hectáreas, el 27.6%, estaban urbanizadas. Ya para ese año las Delegaciones Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán, Cuauhtémoc, Iztacalco,

¹⁹⁶ Jauregui, E., *Op. cit.*, p. 70-76.

¹⁹⁷ INEGI. *Op. Cit.*, p. 7.

Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza estaban urbanizadas en su totalidad. Los municipios de Tepotzotlán, Zumpango y Texcoco eran los que tenían menor superficie urbanizada con respecto a su extensión territorial. En el AMCM, la vivienda ocupa el 62.4% de la superficie total, usos mixtos 11.8%, recreación y áreas verde 7.5%, equipamiento 7.3%, industria 5.4%, comercios y servicios 4%, vialidades primarias 1.7%. En resumen 63.5% se dedica a uso habitacional, a actividades económicas el 21.5% y a equipamiento colectivo el 15%. Una dotación mucho menor de áreas para la satisfacción de las necesidades colectivas en relación con las metrópoli de los países desarrollados. Sin embargo, los 6.5 m² de áreas para recreación y espacios abiertos que corresponden por habitante del AMCM, es una cifra similar a la norma internacional. En el DF el promedio es de 8.4 m²/habitante y en los municipios conurbados es de 4.6 m²/habitante.¹⁹⁸

Todavía hay 88 mil hectáreas¹⁹⁹ que se consideran dentro del polígono del suelo de conservación pero, entre asentamientos regulares e irregulares ya se han urbanizado 3457 hectáreas de estos suelos. Las funciones del suelo de conservación a través de la cubierta vegetal son: facilitar la infiltración de lluvia hacia el acuífero, regular el régimen térmico de la metrópoli, propiciar la humedad del aire y retener las partículas contaminantes, producir aire limpio y compensar las concentraciones urbanas de tóxicos atmosféricos, mitigar el efecto invernadero y fungir como hábitat de flora y fauna.²⁰⁰

La cubierta vegetal original de la cuenca ha sido modificada, el bosque y la floresta nativas han sido sustituidos por grupos vegetales secundarios y asentamientos humanos. La planicie, con cuerpos lacustres en sus depresiones con vegetación hidrófila, los llanos cubiertos de extensos pastizales y cerros, lomeríos y elevaciones

¹⁹⁸ Grajales, Gabriela, *Uso del suelo y conformación territorial*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 514-18.

¹⁹⁹ En 1992, la reserva ecológica del Distrito Federal era de 85 mil hectáreas. (Mejía, Francisco, *El Nacional*, 3 de septiembre de 1992, p. 31).

²⁰⁰ Sosa, Iván y Ramos, Alejandro, *Reforma*, 20 de octubre de 2002, p. 10B.

menores con encinares y matorrales crasicuales e inermes, ha sido transformada en campos agrícolas, praderas ganaderas y centros rurales y suburbanos.

La descripción actual de la vegetación incluye²⁰¹:

- El piedemonte (desde la planicie hasta la cota de 2500 msnm), fue hábitat poblado por bosques densos y puros de encinares, vegetación casi extinta y sólo representada por reducidos y dispersos manchones de árboles y matorrales. El piso está cubierto por cultivos, pastizales, matorrales y hierbas.
- El piso submontano (2500 a 3200 msnm), fue un medio forestal con bosques mixtos de pinos y encinos en la franja inferior y de pinos con oyameles en la superior. Actualmente sólo presenta bosques fragmentados, alterados y subconservados y el área desforestada se ha reemplazado con campos agrícolas, pastizales inducidos y poblados rurales.
- El piso montano (cotas de 3200 a 3400 msnm), es inherente al dominio del bosque puro de oyamel con elementos de *Pinus hartwegii* y muestra menor impacto antropogénico, por lo que el bosque ostenta mayor amplitud, continuidad y exuberancia aunque está en riesgo permanente por la expansión agrícola y los incendios forestales.
- El piso subalpino, en los sectores elevados de las sierras (entre 3400 y 3800 msnm) constituye el hábitat exclusivo del bosque de *Pinus hartwegii*, que ha logrado mantener su territorio original con un nivel aceptable de conservación, gracias a lo inhóspito y accidentado del terreno que ocupa.
- Por encima de los 3800 msnm predominan los zacatonales que con frecuencia sufren incendios naturales.

²⁰¹ Melo Gallegos, Carlos, *Vegetación*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 67-8.

En el Distrito Federal existe agricultura de riego y de temporal. La primera se ha desarrollado principalmente por la existencia histórica de los lagos de Chalco y Xochimilco, en los vestigios que quedan de ellos es clara la disminución de los contenidos de agua en el subsuelo; así como, la contaminación del agua disponible para la agricultura, sobre todo en los canales de Xochimilco. La agricultura de temporal se lleva a cabo en las delegaciones de Cuajimalpa, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras, Tlalpan, Xochimilco, Milpa Alta y Tlahuac principalmente. Los cultivos anuales del Distrito Federal son el maíz, el frijol, la calabaza, las habas, los chícharos, la avena, la zanahoria y las papas entre otros. Con lo que respecta a los cultivos semipermanentes y permanentes se cuenta con: las rosas, los magueyes, los nopales y los árboles frutales en poca escala, como los tejocotes, las peras, las manzanas, los capulines, los ciruelos, los chabacanos y los higos. Los principales cultivos de riego son: el maíz, la calabaza, el amaranto, las lechugas, los romeros, los quintoniles, los rábanos, las verdolagas, las acelgas, las espinacas, el cilantro, la coliflor y las flores de temporada.²⁰²

Población

Desde la época precolombina la Ciudad de México ha sido el centro del poder político y económico de la nación, lo que ha favorecido la concentración de la población y de la actividad económica en este espacio geográfico. En la actualidad, la Ciudad de México es considerada una de las más grandes del mundo y, evidentemente, es el mayor centro demográfico del país. En 2000, con una población de 17.9 millones de habitantes, el AMCM se ubicó como la segunda ciudad más poblada del mundo, siendo superada sólo por Tokio, en Japón, cuya población asciende aproximadamente a 27 millones de habitantes.

²⁰² INEGI. *Op. cit.*, p.8.

Diversos factores han incidido en el crecimiento del AMCM: por una parte, el crecimiento natural de su población, que hasta la década de los setenta tuvo una participación preponderante en esta dinámica; la migración del campo a la ciudad, que fue el principal impulso al crecimiento de 1940 a 1970; y la expansión física con la incorporación de localidades aledañas del Distrito Federal y del Estado de México, lo cual ha tenido un mayor peso en el crecimiento desde la década de los ochenta hasta nuestros días, acompañado por la expansión en el sistema de transporte urbano. El país, que era predominantemente rural a principios del siglo, pasó a convertirse en mayoritariamente urbano a partir de la década de los ochenta, con todos los cambios que este implica en cuanto a la estructura económica, social, política y cultural imperante en el país. La gran migración hacia la ciudad se debió al gran subempleo en México que, a principios de la década de los años setenta se estimó en casi seis millones de personas, o sea, el 45% de la fuerza laboral, del cual se calcula que el 60% estaba en el campo.

De 1940 a 1960, constituye el periodo en que se manifestó con mayor fuerza el crecimiento de la población urbana del país²⁰⁹ y, en particular, el del AMCM cuya población aumentó entonces a una tasa media anual superior a 6% (mientras que el país lo hacía a menos de 3%). Es a partir de la década de los sesenta que esta tasa de crecimiento empieza a disminuir y empiezan a crecer con mayor fuerza las ciudades de tamaño intermedio. Entre 1950 y 1980 el país experimentó un crecimiento económico muy considerable que tuvo como escenario principal las zonas metropolitanas del país, en especial la Ciudad de México. Hasta 1950, México era un país básicamente agrícola ya que más del 70% de los mexicanos vivían en el sector rural. La Ciudad de México era la única urbe considerada "grande", con 2.9 millones de habitantes que representaban el 39.8% de la población urbana del país.

²⁰⁹ Entre 1940 y 1970 la población del país pasó de 20 a 50 millones. (Secretaría de la Presidencia, *Medio Ambiente Humano. Problemas Ecológicos Nacionales*, p. 18-19).

A principios de la década de los ochenta se da un cambio gradual de la superconcentración en una gran urbe a una cuantas metrópoli, bajo la todavía alta hegemonía de la capital, y la Ciudad de México se transforma en el núcleo central de una naciente megalópolis. En 1980, la población urbana de México representa el 56.2% de la población total y, aunque la Ciudad de México ya no es tan grande con relación a las que le siguen en importancia, representa un porcentaje de población urbana de 34.6% con respecto al país y su población alcanza el 19.4% del total de los mexicanos. Entre 1980 y 1990 México tiene ya un perfil urbano, el grado de urbanización alcanza el 6.1% y el número de ciudades pequeñas y medianas crece. La Ciudad de México reduce su porcentaje de población urbana con respecto al país de 34.6 a 30.7%, y la población total de 19.4 a 18.7%. En 1995 el número de ciudades grandes ya es de 24 que concentran el 67.8% de la población urbana, es decir que, a finales del siglo XX, 7 de cada 10 mexicanos viven en ciudades grandes. La tasa de crecimiento del AMCM de 1990 a 1995 repunta a 1.9% anual, por lo que, en cinco años, la población de la capital aumentó en 5 millones. El porcentaje de población urbana decae a 28.8%, casi dos puntos menos que en 1990, y la urbe concentra 18.5% de todos los mexicanos, igual que en 1970.²⁰⁴

En 1990, la Ciudad de México tenía 344 mil habitantes en 2714 hectáreas, con una densidad de 127 habitantes por hectárea (hab/ha). A mediados del siglo XX, el área urbana llega 22,989 hectáreas y la población a casi 3 millones de habitantes, por lo que la densidad se mantiene casi igual en 128 hab/ha, formando una ciudad compacta con alta densidad. Entre 1950 y 1970 la población crecía 5.5% anual, es decir, casi 300 mil nuevos habitantes por año, hasta alcanzar en 1970 un total de 8.6 millones de habitantes en 68,260 ha., que significa una densidad de 126 hab/ha, casi igual que al principio del

²⁰⁴ Garza, Gustavo. *La Ciudad de México en el sistema urbano nacional*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 231-5.

siglo. Para 1980 la superficie urbana alcanza las 107,973 ha o 1080 Km² y la población llega a casi 13 millones, una densidad de 120 hab/ha. Entre 1990 y 1995, la tasa de crecimiento poblacional disminuye y el tejido urbano aumenta a 146,034 ha, y con una población casi de 17 de millones la densidad baja a 116 hab/ha.²⁹⁵ Esta disminución constante de la densidad del AMCM se debe a su creciente expansión física hacia los municipios conurbados periféricos del Estado de México. En general, la parte correspondiente al Distrito Federal es más densa que la del Estado de México, con promedios de 119, la primera, y de 112 hab/ha, el segundo, en 1995.²⁹⁶

La población de la capital ha crecido 52 veces con relación a 1900, mientras que la población del país sólo aumentó siete veces en el mismo lapso. A fines del siglo XX se observó una notable disminución de la dinámica demográfica en la Ciudad de México. Después de un largo periodo de una gran atracción poblacional que redundó en un crecimiento alto y sostenido, la Ciudad de México detuvo su potencial de atracción poblacional, y en las últimas décadas del siglo XX, su crecimiento fue muy semejante al natural. El grado máximo de concentración poblacional se alcanzó hacia 1980, cuando 19.4% de todos los mexicanos se encontraba viviendo en la capital. Este fue un momento de inflexión, puesto que para 1990 esta proporción bajó a 18.8% y en 2000 a 18.4%. La ciudad entró en una fase de "estabilización de su dinámica demográfica". Las causas abarcan desde los problemas urbanos que padecen los ciudadanos hasta el desempleo que se ha generalizado en los últimos años así como lo caro de la vida en esta ciudad. El crecimiento social negativo que se presenta a partir de la década de los ochenta indica que pese a que siguen llegando muchos emigrantes, el saldo migratorio es desfavorable para la metrópoli.

²⁹⁵ La densidad poblacional llega a 3423.7 hab/Km², es decir, 335 habitantes más que los existentes en 1990.

²⁹⁶ Garza, Gustavo. *Ámbitos de expansión territorial*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 242.

A principios del siglo XXI, el AMCM mantiene su hegemonía sobre el resto de las ciudades del sistema urbano nacional, la cual ha sido una de las características más relevantes del desarrollo urbano del país. Sin embargo, durante los últimos cinco años esta primacía ha disminuido, reduciéndose la distancia entre el tamaño del AMCM y la población de las dos ciudades que le siguen en importancia. Así, mientras en 1990, Guadalajara (segunda ciudad en el país) era 5.0 veces menor, en 1995 la relación disminuye a 4.8 veces, mientras que Monterrey (tercera ciudad del país) pasa de ser 5.8 veces menor en 1990, a 5.5 veces en 1995. La disminución del peso demográfico del AMCM también se expresa en la reducción del porcentaje que ésta guarda respecto a la población total del país, el cual pasó de 18.6% en 1990 a 18.4% en 1995. Esta situación se explica a través del menor ritmo de crecimiento de su población en contraparte con un mayor crecimiento de la población nacional y de las ciudades de menor jerarquía. De forma tal, que mientras el AMCM crecía a una tasa promedio de 1.8% entre 1990 y 1995, el país aumentaba su población en 2.06% en promedio anual, en tanto que las zonas metropolitanas de Guadalajara y Monterrey crecían en 2.6% en promedio anual y las ciudades intermedias y pequeñas experimentaban un ritmo de crecimiento de 2.8 y 2.5%, respectivamente.²⁰⁷ No obstante la disminución en el ritmo de crecimiento, la alta concentración poblacional en la capital persiste. En 1995, mientras que territorio del AMCM representaba apenas 0.3% de la superficie nacional, su población ascendía a 18.4% de los habitantes del país.

Durante la década pasada, la población de la capital aumentó a un ritmo de 50 mil 653 personas al año. Para 2020 el Valle de México albergará a 26,2 millones de habitantes; pero si se incluye el área conurbada (municipios del Estado de México, Hidalgo, Morelos, Puebla y Tlaxcala) serán 38 millones de personas.²⁰⁸

²⁰⁷ *Ibidem*, p. 14-15.

²⁰⁸ Ortiz Pinchetti, José A., La Jornada, 16 de junio de 2002, p. 39.

Aspectos económicos

“El orden capitalista engendra el caos urbano”. H. Lefebvre

La Cuenca de México es un sistema de una amplia diversidad, pero el crecimiento de la población, ya desde tiempos prehispánicos, llegó a rebasar su productividad y, por tanto, su capacidad de sustento, por lo que es necesario importar comida, agua y otras cosas.²⁰⁹ En la actualidad, ni la ciudad ni la cuenca son autosuficientes.

A partir de la Revolución Industrial instaurada durante el porfiriato, la Ciudad de México comenzó un proceso que la convertiría incuestionablemente en la principal concentración industrial del país durante todo el siglo XX.²¹⁰ La introducción y desarrollo del ferrocarril, del que casi todo el conjunto de líneas ferroviarias tenía como origen y destino la Ciudad de México, y la electricidad, resultaron vitales para que la capital se convirtiera en el núcleo urbano de casi todo el país y en el mejor lugar para instalar industrias por las facilidades que ofrecía para controlar el mercado nacional.²¹¹

Entre 1950 y 1970, los establecimientos industriales fueron desplazándose gradualmente hacia los municipios del Estado de México, que se integraron al área metropolitana en ese lapso²¹², y con ellos llegó gente nueva a la aglomeración. En 1970, el AMCM alcanzó la máxima importancia industrial relativa en toda su historia, que llegó a representar casi la mitad del producto industrial nacional. Sin embargo, a partir de 1980, la Ciudad de México comienza a perder dinamismo a la par que otras ciudades del país empiezan a industrializarse y se observa un proceso de descentralización industrial gradual. La participación relativa de la Ciudad de México en la industria nacional ha continuado en descenso, a tal grado que su importancia en la industria

²⁰⁹ En particular de las cuencas vecinas de Lerma y de Puebla-Tlaxcala.

²¹⁰ A mediados del Porfiriato, Puebla y México se hallan casi a la par en el nivel de industrialización.

²¹¹ Garza, Gustavo, *El comercio y la industria hacia finales del siglo XIX*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 159.

²¹² Tendencia que continuó todavía hasta 1990. (García, Brígida, *El mercado de trabajo, 1930-1998*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 280-81).

nacional se redujo de casi 50% en 1970 a 30% en 1998.²¹³ Las nuevas empresas ya no se localizan preferentemente en la capital del país, aunque desgraciadamente esto no ha contribuido a una distribución más uniforme de la población en el país.²¹⁴

En la década de los sesenta las principales zonas industriales de la metrópoli se encontraban en el centro y noroeste del Distrito Federal y en los municipios mexiquenses contiguos, Ecatepec, Naucalpan y Tlanepantla. A partir de 1970 se desarrollaron nuevas zonas industriales en las delegaciones Gustavo A. Madero e Iztapalapa, y en menor medida en los municipios de Cuautitlán Izcalli y Tultitlán. La década de los ochenta, con las diversas crisis económicas, originó el retraimiento de la industria, sin embargo, se afianzaron zonas como Azcapotzalco, Cuautitlán Izcalli, Tlalpan y La Paz. En los noventa, la recuperación económica hizo que resurgieran viejas áreas industriales en la delegación Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y en Naucalpan; Ecatepec y Tlanepantla mantuvieron el nivel, pero Azcapotzalco, Tlalpan, Cuautitlán Izcalli y La Paz sufrieron una reducción en su PIB. Así como disminuyó el aporte de la industria al PIB del DF, de 84.8% en 1960 a 59% en 1993, también el comercio se redujo de 46.1% a 36.9% en el mismo periodo y se pasó de una ciudad con un sólo centro comercial, la delegación Cuauhtémoc, a una policéntrica.²¹⁵

Al aumentar el tamaño de la ciudad, su estructura económica tiende a especializarse en actividades terciarias con un patrón locacional intraurbano un tanto cuanto concentrado, mientras que la producción manufacturera se desplaza hacia la periferia o se reubica en otras ciudades. México ha experimentado profundas transformaciones en los últimos cincuenta años. El neoliberalismo, la globalización y el

²¹³ Garza, Gustavo, *Superconcentración, crisis y globalización del sector industrial, 1930-1998*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 176-77.

²¹⁴ Sin embargo, la ciudad aún alberga 30 mil industrias y 12 mil comercios. (Reforma, 11 de febrero de 2001, p. 8B).

²¹⁵ Garza, Gustavo, *Distribución intrametropolitana de la industria, el comercio y los servicios*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 185-91.

desempeño macroeconómico interno de la ciudad han propulsado al sector terciario como eje del crecimiento local. En un principio, poco más de la mitad de la fuerza laboral se ocupaba en actividades primarias, seguidas por las de origen secundario y terciario; al cierre del siglo, la estructura se ha invertido, ya que cerca de 20% de la fuerza laboral se encuentra en el sector primario, 30% en el secundario y más del 50% en el terciario. En 1998, el sector terciario, el de servicios, representó el 26.1% del Producto Interno Bruto (PIB) total nacional, mientras que las manufacturas tenían el 21.4% y el comercio 15.5%, por lo que son las actividades más importantes para el país.²¹⁶

Por lo que respecta al comportamiento del PIB generado en el Distrito Federal durante el periodo 1993-1996, éste disminuyó a una tasa media anual de 0.3 %, tasa que contrasta con el crecimiento de 1.0% que registró el PIB nacional para este mismo periodo. La mayor aportación al PIB en el Distrito federal en 1996, fue la relacionada con los servicios mientras que la industria manufacturera representó tan sólo el 18%. En el Distrito Federal existe una mayor participación de las actividades vinculadas a los servicios en la conformación del PIB, de lo que se observa en el ámbito nacional. Asimismo, es de destacar la baja aportación que las actividades primarias tienen en la conformación del PIB del Distrito Federal. Así, para el mismo año de 1996 la participación del sector agropecuario, de la silvicultura y de la pesca, fue de sólo 0.1%, participación igual a la registrada por la Minería.²¹⁷

Esta servicialización de la economía ha transformado la especialización económica de esta ciudad, que ya ha reducido significativamente la cantidad de establecimientos industriales y eleva los terciarios, en especial los servicios a los productores, el comercio mayorista y las actividades culturales, de investigación y

²¹⁶ Garza, Gustavo, *Servicialización de la economía metropolitana, 1960-1998*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 179 y 183.

²¹⁷ INEGI. *Op. Cit.*, p. 17-18.

desarrollo tecnológico, así como las de esparcimiento.²¹⁸ A pesar de este cambio estructural de la economía mexicana, no se ha modificado la naturaleza concentradora de algunas entidades o regiones del país. La actividad económica se acumula en las tres zonas metropolitanas más pobladas: la Ciudad de México (47% de las unidades económicas y 49% del personal ocupado), Guadalajara (8.6% de las unidades y 8.7% de los ocupados) y Monterrey (7.5% y 10%, respectivamente). En estas tres metrópoli se concentra el 60% de los establecimientos manufactureros y, en las correspondientes entidades federativas, se generó, en 1996, el 46.1% del Producto Interno Bruto total del país. Al finalizar el siglo XX el AMCM concentró alrededor de una quinta parte de la población económicamente activa del país (PEA).²¹⁹

La Ciudad de México es el centro financiero nacional y el eje de la economía de México, país dependiente que, al igual que los otros países latinoamericanos, tiene un crecimiento desproporcionado de población respecto a las posibilidades generadas por la producción; una desequilibrada concentración industrial respecto al resto del territorio nacional y una excesiva disminución de las necesidades terciarias. Pese a que la capital concentró la mayor inversión pública federal de toda la República a lo largo de todo el siglo XX y a que sus habitantes gozan de mayores niveles de ingresos que el resto del país, el panorama no es halagador por la falta de trabajo y porque los gastos son mayores en habitación y transporte para sus ciudadanos. En cuestiones de microeconomía, la ciudad no es, ni remotamente, el paraíso para las personas que buscan trabajo y sustento. Sin embargo, la Ciudad de México todavía mantiene su importancia económica en alrededor de una tercera parte de la economía nacional y la seguirá manteniendo en las primeras de décadas del siglo XXI.

²¹⁸ En 1998, el AMCM absorbió el 41.1% del sector terciario nacional, 64.8% de los servicios al productor y 45.9% del comercio al mayoreo, constituyendo el principal centro de servicios del país. (*Ibidem*).

²¹⁹ *Ibidem*.

Industria

La Ciudad de México es anterior al capitalismo industrial. Era una ciudad política (administrativa y militar), ligada al capital comercial, que fue asaltada por la industria y el capitalismo. El principal problema de la industria en esta ciudad es que, si bien siempre se ha implantado al exterior, al paso de los años acaba estar ubicada en su interior.

Al finalizar la década de los ochenta la actividad industrial en el Distrito Federal representaba el 22,5% del PIB y descendió hasta 16,7% en 1994 y ha ascendido un poco pero sin alcanzar el nivel de los ochenta. La actividad industrial tenía una aportación al PIB total del Distrito Federal del 22.5 en 1988, del 16.7 en 1994 y del 18.9 % en 1996. La aportación del Distrito Federal al PIB industrial nacional era del 18.7 en 1988 y del 18.6 en 1996, es decir que se mantiene estable entre 18 y 20%.²²⁰

En el AMCM existían 60,386 empresas establecidas en el 2001: 49% en el Estado de México y 51% en el Distrito Federal.²²¹ Las tres actividades industriales con alto consumo energético son: automotriz y de autopartes, bebidas y celulosa y papel, que representan el 62,5% de valor de la producción y ocupan casi al 60% de los trabajadores en el 45% del total de establecimientos industriales con mayor consumo energético. Esta situación no varía con respecto al Distrito Federal. Los combustibles que predominan en el sector industrial mexicano son el gas (44%) y el combustóleo (24%); el 32% restante procede, en orden de importancia, de la electricidad, el bagazo de caña, coque, diesel, gas licuado y querosinas. La industria que consume energía (siderurgia, petroquímica básica, industria química, azúcar, cemento, minería, celulosa y papel, vidrio, tabaco y bebidas, automotriz, hule y básicas de metales no ferrosos), representa casi el 30% del valor bruto de la producción industrial y ocupa el 19% del

²²⁰ *Ibidem*, p. 140.

²²¹ Sosa, Iván, Reforma, 16 de diciembre de 2001, Hábitat, p. 10B.

empleo en 5% de los establecimientos. La importancia de estas actividades es menor en el Distrito Federal que en las áreas conurbadas.²²²

En 1997, la generación bruta de energía eléctrica en el AMCM aportó el 0.03% de la generación total nacional. Mientras que contiene casi al 19% del total de usuarios de electricidad del país que consumen el 15,6% de la energía eléctrica del consumo nacional. El volumen de ventas de productos petrolíferos en el AMCM (gasolinas, diesel, combustóleo, queroseno, etc.) fue de 159000 barriles diarios en 1997, el 12.3% del consumo nacional. En 1997 se consumieron 110000 barriles diarios de gasolina – 17.5 millones de litros- que mueven a más de 3 millones de vehículos diariamente. Ese volumen equivale al 69,2% del total de petrolíferos consumidos en el AMCM y al 22% del total de la gasolina consumida diariamente en el país.²²³

El transporte

Sólo la décima parte de los ciudadanos del AMCM y menos de la mitad de las familias poseen automóviles. Sin embargo, los peatones de esta ciudad cruzan las calles con el gran temor de ser atropellados por un coche que se les tira encima como ofendido de que alguien ose caminar.

En 1940 el índice de motorización, cantidad de vehículos por cada mil habitantes, era de 27.3, en 1960 de 51, en 1980 de 126.7 y en 1990 de 167.7 (o sea, de un vehículo por cada seis habitantes).²²⁴ En 20 años, de 1979 a 1990, aumentó el número de vehículos automotores de 1 millón a 3.1 millones.²²⁵ En 1997 había más de 3 millones

²²² INEGI, *Op. Cit.*, p. 140-41. En 1992 había 13 mil industrias en la zona conurbada del Estado de México. (Mejía, F., *El Nacional*, 3 de septiembre de 1992, p. 31).

²²³ INEGI, *Op. Cit.*, p. 144-48.

²²⁴ En 1898 llegaron cinco automóviles Daimler-Motor-Gesellschaft al puerto de Veracruz. En 1990 ya circulaban en la capital 136 automóviles y hacia 1906 se encontraban matriculados 800, entre autos, autocargas o camionetas y camiones u ómnibus. Para 1924, había un total de 44858 vehículos automotores en circulación, que operaban básicamente en la ciudad. (Islas Rivera, Víctor, *Red Vial*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 363).

²²⁵ Mejía, F., *El Nacional*, 3 de septiembre de 1992, p. 31.

de vehículos registrados en el AMCM, de los cuales 87.5% circulaban en el DF y 13.5% en los municipios conurbados. De este total, 0,5% son camiones de pasajeros, 8.5% camiones de carga, 1.5% motocicletas y el restante, 89.5%, son automóviles. En números, esto significa más de 15 mil autobuses, 52 mil colectivos o peseras, 82 mil taxis libres y 10 mil de sitio, 270 mil camiones de carga, 48 mil motocicletas y más de dos millones de vehículos particulares.

En 1998, existían cerca de 4 millones de vehículos de motor para transportar personas y mercancías. En ese mismo año, circulaban más de 2.73 millones de automóviles particulares en el Distrito Federal y alrededor de 3.5 millones en todo el AMCM, el 35% del total que circulaba en el país. Esta gran cantidad de vehículos representa el 88% del total y es la principal causa de congestión, consumo energético y contaminación ambiental. Esta gran cantidad, por otra parte, sólo cubre el 18.4% de los viajes diarios mientras que el transporte público representa el 4.6% del total pero mueve el 72.8% de los viajes diarios.²²⁶

La Comisión Metropolitana de transporte y Vialidad determinó en 1999 que el parque vehicular en el Valle de México es de 3 millones 571 mil 780 automotores. 2839000 son autos particulares, 379 mil son camiones de carga, 114 mil micros y combis y 8 mil autobuses de pasajeros. El crecimiento vehicular se calculó en 6%.²²⁷

Las obras de infraestructura vial han favorecido el aumento del transporte privado con el supuesto objetivo de dar una mayor movilidad a la población en general y a la fuerza de trabajo en particular. En este punto, el número de automóviles en circulación crece más rápido que la población.

²²⁶ Isla Rivera, V., *Op. cit.*, p. 363.

²²⁷ Sosa, I., Reforma, 19 de noviembre de 2000, Ciudad y Metrópoli, p. 10B.

La vialidad principal en el AMCM consta de 10,437 Km de vías, 89% en el DF y el 11% restante en los municipios conurbados del Estado de México.²²⁸ El Distrito Federal cuenta con 198 Km de vialidades primarias, 549 Km de vías principales, 310 Km de Ejes Viales y 8 mil Km de vialidades secundarias. Los municipios conurbados cuentan con 616 Km de vías primarias, 94 Km de autopistas interurbanas y 258 Km de carreteras interurbanas.²²⁹ La vialidad primaria, corresponden al Viaducto, Periférico y Circuito Interior, que presentan circulación continua y teóricamente de alta velocidad, al no tener más obstáculos que la densidad del aforo vehicular y la habilidad de los conductores. Las vías principales incluyen avenidas como la de Los Insurgentes, Juárez y Reforma. Las vías secundarias presentan 147 puntos conflictivos o nudos viales.²³⁰

El problema es que la red vial está deteriorada y presenta falta de mantenimiento y de caminos inconclusos, lo que genera problemas de circulación. Pero más grave es que esta red vial no está estructurada en función del origen y destino de los viajes por lo que la población se tiene que trasladar grandes distancias para llegar a sus destinos después de sortear cuellos de botella producidos por lo irregular de la ciudad, pocos carriles, pocos pasos a desnivel y un ineficiente sistema de semáforos. A todo lo anterior se suma la anarquía en el ascenso y descenso de pasajeros y de carga y descarga de bienes.

Resulta difícil circular pero también lo es estacionar el vehículo, pese a que para tal función se destina, o se usa, el 33% de la superficie vial destinada a la circulación y una gran cantidad de estacionamientos públicos (1116 estacionamientos con 153219 lugares o "cajones", en 1997) y de cocheras privadas.²³¹

²²⁸ Isla Rivera, V., *Op. cit.*, p. 364.

²²⁹ INEGI, *Op. cit.*, p. 153.

²³⁰ Velázquez, Ariel, El Nacional, 29 de diciembre de 1992, p. 21.

²³¹ Islas, R., V., *Op. cit.*, p. 369.

El origen y destino varía mucho en esta ciudad. La encuesta de origen y destino realizada en 1994 por el INEGI y el DDF. indica que en 1994 se realizaron 20,573,725 viajes al día en el AMCM. De estos, 11,155,772 fueron viajes cuyo propósito era distinto al de regresar a casa (8,347,864 en transporte público y 2,807,908 en automóvil). En ese año, los viajes en auto representaban 25.2% de los viajes totales con destino distinto al de regreso al hogar y en promedio había 1.3 pasajeros por automóvil. El viaje al trabajo se ha reducido a poco menos del 50% del total, mientras que ir de compras o a alguna otra actividad social o recreativa ha aumentado su importancia, representado el 27 y 19% de los viajes totales, respectivamente.²³²

El centro de la ciudad sigue siendo el principal destino de viaje de los autos privados pero la estructura policéntrica va ganando terreno y casi la mitad de los viajes empieza y termina en las propias demarcaciones delegacionales y municipales. Sólo 5% de los viajes generados en el Distrito Federal se dirigen a los municipios del Estado de México, mientras que el 41% de los viajes con origen en los municipios tuvo como destino alguna Delegación.²³³ En el Distrito federal 3.6 viajes diarios por habitante y en los municipios conurbados sólo 1.7 (tendencia mayor a satisfacer localmente sus necesidades).²³⁴ En 1994, el 54.1% de los tramos de viaje se hacían dentro del Distrito Federal, 19,8% en el interior del Estado de México y el restante 26.1% entre el Distrito Federal y el Estado de México o hacia otros estados.

En 1994, del total de tramos de viaje-persona al día²³⁵ contabilizados (29.1 millones), 82.4% se realizaba en un transporte público y el 17.6% restante en transporte privado. Los colectivos realizaban el 55,3% del total de los viajes y el metro el 13%. El

²³² Graizbord, Boris, et. al., *Uso del automóvil privado en el Área metropolitana de la Ciudad de México*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 523.

²³³ *Ibidem*, p. 527.

²³⁴ Islas R., V., *Op. cit.*, p. 372.

²³⁵ "Viaje-persona" es el desplazamiento que se realiza entre un origen y un destino conocidos de antemano y con un propósito específico.

metro, trolebús, bicicleta y tranvía no realizan ni la sexta parte de los viajes (15.2% en 1994). Formas de transporte como la motocicleta y la bicicleta no colaboran ni con el 0.1% de los viajes cada uno.

Pese a que los automóviles representan la mayor cantidad de vehículos en el AMCM, sólo transportan a un pequeño porcentaje de los pasajeros, por lo que se puede asegurar que en la movilidad de los capitalinos predomina el transporte público frente al privado. El uso de autobuses ha ido disminuyendo de manera inversamente proporcional al aumento del uso colectivos. En 1997, la Ruta 100 de autobuses operaba en 176 rutas que recorrían menos de 6 mil kilómetros con 2780 unidades y transportaba a 1.9 millones de pasajeros diarios. Mientras tanto, los taxis colectivos (combis y microbuses) pasaron de 100 rutas o ramales en 1979 a 1500 en 1994, con una cantidad de vehículos que pasó de 37500 en 1979 a 26664 en 1997 (pero aumentó su capacidad de 6 pasajeros a combis de 10 pasajeros y a microbuses de 20 a 25 sentados) que pasaron de transportar 2.2 millones diarios en 1979 a 15.2 en 1997. Actualmente, tan sólo en los municipios conurbados operan más de 50 mil taxis colectivos.²³⁶

El tamaño de la población y del área urbana obliga a sus habitantes a recorrer largas distancias y a invertir una parte importante de su tiempo en transportarse. En 1996, el tiempo promedio de viaje por persona en el AMCM era de 50 minutos en transporte público y de 35 minutos en transporte privado, mientras que en transporte mixto de 79 minutos. La velocidad promedio de los vehículos en horas pico en 1996 era de 16 para autobús/trolebús, de 21 para colectivo, de 34 para el metro y de 27 Km/hora para los automóviles.²³⁷ Para el 2001, la velocidad promedio en horas pico disminuyó a 17 Km/hora.²³⁸ Los usuarios del transporte público y privado dedican 17 millones de

²³⁶ Islas R., V., *Op. cit.*, 374-5.

²³⁷ INEGI, *Op. cit.*, p. 155.

²³⁸ Reforma, 11 de febrero de 2001, p. 8B.

horas diarias al transporte.²³⁹ Moverse es cada vez más lento y en las llamadas horas pico (de 5 a 10, de 13 a 15 y de 17 a 21:30 horas) una gran parte de la población activa invierte todos los días hasta cuatro horas en transportarse.

Los viajes realizados en el AMCM en 1994 requerían 3,128,962 litros de gasolina al día²⁴⁰, es decir que el 56% del consumo de energéticos lo realiza el sector transporte, seguido por la industria con el 25%, las termoeléctricas con el 9% y otros con 11%.²⁴¹

La contaminación del aire se ha convertido en el principal problema del AMCM donde los vehículos privados representan el 96% de todos los vehículos de pasajeros y contribuyen con alrededor del 70% de las emisiones de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxido de nitrógeno en la región. Este alto número de vehículos sorprende al saber que sólo el 23% de la población de la ciudad es dueña de un coche particular. Entre 1993 y 1990 el transporte masivo de personas (metro, autobuses, trolebuses y tren ligero) decreció en casi un 30%. El rápido crecimiento de la población en la ciudad y el desarrollo insuficiente del transporte público ha provocado un incremento en los vehículos de baja capacidad con altas intensidades energéticas. Esta situación ha contribuido a incrementar la congestión del tráfico y a empeorar la calidad del aire del AMCM.²⁴²

Los vehículos automotores emiten, en general, poco más del 80% de las emisiones de gases contaminantes en el Valle de México; el resto se debe a la actividad industrial, comercial, de servicios y el sector residencial. De la contaminación vehicular, los automóviles representan casi el 90%. En la atmósfera los contaminantes contribuyen a la formación de ozono y al calentamiento global. Las emisiones de hidrocarburos, de

²³⁹ Islas R. V., *Op. cit.*, p. 374.

²⁴⁰ Graizbord, B., *Op. cit.*, p. 527.

²⁴¹ INEGI, *Op. cit.*, p. 157.

²⁴² Sheinbaum, Claudia, *Energy and passenger transportation in the Mexico City Metropolitan Area, en OCDE, Hacia un transporte limpio: vehículos limpios de bajo consumo*, México, 1994, p. 24.

monóxido de carbono y de óxidos de nitrógeno, son producto de relaciones no lineales entre factores como el número de viajes, la velocidad promedio, el tiempo de viaje, el modo de operación y las características de la flota vehicular, entre otros. Los NOx no dependen directamente del consumo de gasolina sino de las condiciones de la flota vehicular, de las velocidades promedio y de las condiciones de congestamiento vehicular.²⁴³ En los autos particulares el promedio de edad llega a los 13 años y miles tienen más de 40 años. Los taxis, taxis colectivos, autobuses y camiones de carga también presentan considerable antigüedad y existen miles de vehículos con 20 años o más de servicio.²⁴⁴ Asimismo circulan muchos vehículos pesados de carga por la ciudad, los automovilistas tienden a estacionarse en cualquier lugar y a pasarse los semáforos aun sin lugar, factores que ayudan a la congestión vehicular.²⁴⁵ La relación de volumen de contaminantes por pasajero transportado es alta y está en función del tipo de transporte, de la edad promedio de los vehículos, de las bajas velocidades primarias, de las condiciones suficiencia y eficiencia de las vialidades, del bajo rendimiento y del mayor consumo de combustible de los motores.²⁴⁶ El taxi y el auto particular emiten la mayor carga contaminante por pasajero-kilómetro transportado.

Los accidentes registrados en 1992 se debieron a choque volcadura (22%), atropellados (19%).²⁴⁷ En 1994, se dieron 2600 atropellados en el DF y 22 mil choques y volcaduras que provocaron 1455 muertes.²⁴⁸ Según el Semefo, de cada 100 personas que mueren en accidentes de tránsito 67 son peatones.²⁴⁹

Pero no todo son automóviles, también circulan por esta ciudad aviones, tren ligero, trolebuses y metro. El aeropuerto Benito Juárez de la Ciudad de México registró

²⁴³ Graizbord, B., *Op. cit.*, p. 527-29.

²⁴⁴ Islas R., V., *Op. cit.*, p. 362.

²⁴⁵ Pitchford, M. y Johnson, B., *Vehicles emissions empiric model*, p 21.

²⁴⁶ INEGI, *Op. cit.*, p. 162.

²⁴⁷ González, Luis, *El Nacional*, 20 de julio de 1992, p. 31.

²⁴⁸ Islas R., V., *Op. cit.*, p. 368.

²⁴⁹ Romero, Gabriela, *La Jornada*, 12 diciembre 2001, p. 32.

238 mil vuelos (salidas y llegadas) en 1997, 55 operaciones por hora, y movió a casi 18 millones de pasajeros. Si bien este medio de transporte contribuye con menos del 1% de las emisiones contaminantes, es un riesgo para las zonas aledañas y una importante fuente de ruido.²³⁰ Aparte de que no permite los viajes dentro de la ciudad.

La longitud de la red del tren ligero, que va de Tasqueña a Xochimilco, es de 11 Km y en 1995 transportó a 25,8 millones de personas. En 1995 los trolebuses contaban con 15 líneas (cuatro menos que en 1991) que cubrían 377 Km (63 Km menos que en 1991) pero transportaron a más de 143 millones de pasajeros. El Sistema de transporte Colectivo (Metro) inició operaciones en 1969 con una línea de 11.43 Km de longitud que transportaba 284 mil pasajeros por día. Actualmente cuenta con 10 líneas que suman 178 Km de longitud que transportan a 4 millones de pasajeros al día, aunque 65% de la afluencia se concentra en 3 líneas. No contamina y no provoca embotellamientos.

En resumen, el problema principal son los vehículos de uso privado que circulan arrogantemente por toda la ciudad, generalmente fuera de su barrio o delegación. El número de coches, o índice de motorización, no implica progreso ni desarrollo sino lo contrario: caos y barbarie.²³¹ Los automovilistas no pagan el costo económico de circular por la ciudad, por el contrario los subsidios tienden a beneficiarlos y, por más adelantos técnicos, moverse en la ciudad resulta cada vez más lento.

²³⁰ INEGI, *Op. cit.*, p. 149.

²³¹ Aunque algunos se empeñen en que el desarrollo implica "un vocho para cada uno..."

La megalópolis

"Ya sabéis el modo de ser libres. A vosotros os toca el de ser felices." Agustín de Iturbide

Una metrópoli se define por la extensión de su dominación económica, sin que encuentre la interferencia de otra metrópoli y lo que la caracteriza es la influencia que ejerce, en términos funcionales, económicos y sociales, en un determinado conjunto territorial. Por el mero hecho de su existencia, las metrópolis se desarrollan, por tanto, de manera casi automática y su influencia irradia cada vez más lejos.²⁵² Castells precisa que "de la zona metropolitana es factible transitar a la megalópolis, o conjunto articulado de varias áreas metropolitanas dentro de una misma unidad funcional y social."²⁵³

En general, las características de la urbanización en México, a la par que en América Latina, son: población urbana que supera la correspondiente al nivel productivo del sistema; no hay una relación directa entre empleo industrial y urbanización, pero sí asociación entre producción industrial y crecimiento urbano; fuerte desequilibrio en la conformación urbana en beneficio de una aglomeración preponderante; aceleración creciente del proceso de urbanización; insuficiencia de empleo y servicios para las nuevas masas urbanas y, por consiguiente, acentuación de la segregación ecológica por clases sociales y polarización del sistema de estatificación al nivel de consumo. Sin olvidar que, en este punto de la historia, la evolución de las ciudades latinoamericanas está directamente condicionada por la dependencia externa, que se inicia con la conquista española y portuguesa y se prolonga hasta nuestros días en sus etapas sucesivas. Interrumpido abruptamente el proceso económico y social

²⁵² Chabot, Georges, *Las ciudades*, p. 84.

²⁵³ Castells, M., *Op. cit.*, p. 36.

interno de las sociedades indígenas; destruida la base que regía la organización territorial y la vinculación ciudad-campo, las ciudades de los colonizadores se levantan como instrumentos de dominación y explotación de las áreas coloniales. Es imposible hablar de una continuidad urbana entre las civilizaciones americanas y las realizaciones de los colonizadores. El desplazamiento de la dependencia política con respecto a España a la dependencia comercial con respecto a otras potencias (Estados Unidos y Canadá, Japón y la Comunidad Económica Europea) no cambia el panorama descrito pero sí ocasiona un fuerte urbano por el incremento en la actividad comercial y la extensión de actividades productivas consecutivas a la expansión del mercado.²⁵⁴ Bajo este contexto las fronteras formales de la Ciudad de México se han ido diluyendo para sus habitantes y la urbanización ya forma un continuum de gigantescas proporciones.

La base física de una ciudad es el tejido urbano formado por todo tipo de construcciones, infraestructura y equipamiento que se extiende, desde su centro, en todas direcciones en forma "mas o menos" continua, lo cual se conoce como "área urbana". Cuando el área urbana de la ciudad se extiende desde el municipio donde se funda hacia uno o varios municipios limítrofes, se considera que adquiere un carácter metropolitano, aunque su núcleo sea pequeño pero no inferior a una cantidad establecida.²⁵⁵ Si los municipios que rodean a esta área presentan ciertas características de tipo urbano, determinadas estadísticamente, se pueden integrar a los primeros para conformar el concepto de "zona metropolitana" que, para efectos demográficos, comprende a toda la población involucrada tanto de los municipios del área urbana como de los aledaños, llamados metropolitanos. Al juntarse o traslaparse dos o más zonas metropolitanas en un continuum urbano-territorial se forma una megalópolis, como el caso de la Ciudad de México a partir de los años ochenta cuando se traslapó

²⁵⁴ Segre, R., *Op. cit.*, p. 71-6.

²⁵⁵ Que en México es de 100 mil habitantes.

con la zona metropolitana de la ciudad de Toluca. Por último, el concepto de región urbana o subsistema de ciudades se aplica cuando hay un conjunto de ciudades altamente articuladas entre sí que se localizan en una superficie de gran extensión, como el caso de las localidades que rodean a la capital del país.²⁵⁶

El fenómeno de la conurbación se genera cuando algunas ciudades están tan cerca que sus funciones urbanas se modifican hasta el punto en que se plantean problemas administrativos comunes. La proximidad de las ciudades, geográficamente o por la actual rapidez de los transportes, aunado a una total ausencia de planificación, obliga a concertar acuerdos entre ciudades que antaño llevaban una vida totalmente independiente.²⁵⁷ Otras conurbaciones nacen por el desarrollo de satélites en torno a una gran ciudad. Cuando las relaciones son particularmente estrechas las conurbaciones se fusionan y en caso límite se forma una sola aglomeración. Una conurbación generalmente es una ciudad policéntrica en gestación.

Dentro de los límites político-administrativos actuales del Distrito Federal se encuentra el lugar de asiento original de la Ciudad de México desde la época prehispánica. Sin embargo, el área urbana de la ciudad ha rebasado estos límites y por diversos procesos de conurbación se han incorporaron varios municipios del Estado de México. El conjunto de delegaciones y municipios que abarcan al área urbana es llamado indistintamente AMCM o Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). El crecimiento de la ZMCM, es producto de la expansión del espacio construido desde el núcleo del Distrito Federal hacia unidades territoriales contiguas y distantes y que, hasta ahora, no se tiene una delimitación metropolitana plenamente consensuada. Debido a los diversos enfoques y criterios utilizados, varían los procedimientos en cómo agregar las unidades territoriales para delimitar los contornos

²⁵⁶ Garza, Gustavo, *Op. cit.*, p. 237-39.

²⁵⁷ Chabot, G., *Op. Cit.*, p. 168.

político-administrativos de la ZMCM (aun sin considerar que el medio ambiente trasciende los límites de división territorial), y en consecuencia, no hay uniformidad geográfica en la presentación de la información. Por ejemplo, de acuerdo con el enfoque de delimitación funcional, que mediante criterios geoestadísticos reconoce relaciones de interdependencia y funcionalidad entre el área central de la ciudad y las áreas adyacentes y periféricas a ésta, los especialistas asumen que la ZMCM está conformada por las 16 delegaciones del Distrito Federal y 34 municipios conurbados del Estado de México criterio bajo el cual la población metropolitana llega a 16.8 millones de habitantes.²⁵⁸ Otro enfoque, parte de la contigüidad física de los asentamientos –también a través de datos poblacionales–, mediante el cual la zona metropolitana estaría integrada por las áreas urbanas (16 delegaciones) del Distrito Federal y las áreas contiguas a éste (18 municipios) del Estado de México.²⁵⁹ Desde un punto de vista ecológico-regional, se habla también del Valle de México, que abarca un área no del todo definida y que involucra parcialmente a las dos delimitaciones anteriores: casi la totalidad del Distrito Federal y parte de los estados de México, Tlaxcala, Hidalgo y Puebla. Y hay quienes, desde una perspectiva mega-regional, definen una ZMCM que incluye (además del Distrito Federal) a 53 municipios del Estado de México –incluida la capital Toluca y su zona metropolitana– y 1 municipio del Estado de Hidalgo, aunque esta delimitación es de las menos utilizadas. En términos generales se puede decir que el AMCM está conformado por 16 delegaciones, 40 municipios mexiquenses y uno del estado de Hidalgo y hasta el 2000 contaba con una población de 17.9 millones de individuos.²⁶⁰

²⁵⁸ Con base en la información del Censo de Población y Vivienda de 1995.

²⁵⁹ Esta delimitación ha sido asumida por la Comisión Ambiental Metropolitana, órgano de gestión creado en 1996 e integrado por los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México, organismos descentralizados y la mayoría de las secretarías del Gobierno Federal.

²⁶⁰ Garza, G.. *Op. cit.*, p. 239-41.

Aunque el AMCM es la ciudad real según el capítulo 2 del Estatuto de Gobierno del Distrito Federal, políticamente hablando, sólo la parte del AMCM que se encuentra en el DF es la Ciudad de México y el resto, que no tiene nombre político oficial, serían los "municipios mexiquenses conurbados".

Este proceso de expansión, que partió del centro de la capital hacia los suburbios y, hasta el momento, no se ha detenido, tiene una historia que abarca varias etapas. En la primera, hasta 1930, se dan dos procesos: el de "concentración", por la distribución diferencial de la población residencial en el área urbana, y el de "centralización", o de aglomeración de funciones en torno al foco de las actividades comerciales. De 1930 a 1950, la característica principal fue el pronunciado y expansivo incremento demográfico de la metrópoli. A partir de 1940 se inician las etapas de "desconcentración" y de "descentralización", inversos a los de la etapa anterior, con dirección predominante hacia el sur y sureste. Hacia el norte se da fundamentalmente el fenómeno de industrialización y, hacia el sur, el cambio de uso de suelo: de agrícola a comercial y residencial. Hasta 1940 el AMCM comprendía lo que actualmente son las Delegaciones de Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Benito Juárez y Miguel Hidalgo, además de Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Álvaro Obregón, Coyoacán y Magdalena Contreras. Es decir, la ciudad se ubicaba principalmente en la llanura lacustre²⁶¹, con una topografía plana, con la excepción de algunos lomeríos en áreas de Lomas de Chapultepec y Mixcoac.

De 1950 a 1970, se da la expansión del área urbana del Distrito Federal y la penetración física y demográfica en el Estado de México. Para la década de los cincuenta, se integran al AMCM la delegación de Iztapalapa y el municipio de

²⁶¹ El crecimiento urbano del AMCM se ha dado preferentemente en terrenos de la llanura lacustre pero la gran expansión de la ciudad ha ocasionado la invasión de las estribaciones de algunas sierras, como la del Ajusco y la de Las Cruces, en el Distrito Federal, y las de Monte Alto y Monte Bajo en el Estado de México.

Tlalnepantla. Así la expansión continuó hacia el oriente, sobre terrenos planos al pie del cerro de la Estrella, y hacia el norte, en zonas del Estado de México (complejos industriales y fraccionamientos residenciales, como Ciudad Satélite). Hacia el sur, sobre la cubierta lávica, se inició la construcción de Ciudad Universitaria y del Pedregal de San Ángel. En los años sesenta la urbe continúa expandiéndose, sobretodo hacia el norte. Primero la expansión industrial hacia los municipios de Naucalpan, Ecatepec y Chimalhuacán, en planicies alrededor de la Sierra de Guadalupe y en sus laderas, acompañada por el crecimiento demográfico de los mismos municipios muy superior al del Distrito Federal. Hacia el oriente de la ciudad, la ocupación fue sobre terrenos secos y salinos del antiguo vaso del lago de Texcoco, zona de grandes tolveneras en la estación seca y de inundaciones en época de lluvias y sin vegetación por el alto contenido de sal en el suelo. Hacia el sur la expansión abarcó suelos de origen lacustre hacia Xochimilco y de terrenos cubiertos de lava hacia Tlalpan. Colonias residenciales comenzaron a ocupar el piedemonte de las sierras de Chichinautzin hacia el sur, y de Las Cruces en el poniente. En los setenta se da un claro crecimiento hacia el oriente y se integran al AMCM los municipios de Tlaxiaco, Coacalco, La Paz, Cuautitlán, Atizapán de Zaragoza, Huixquilucan y Nezahualcóyotl, del Estado de México. El cerro de la Estrella y la Sierra de Santa Catarina quedan rodeados y sus laderas comienzan a ser invadidas. Hacia el sur continúan integrándose suelos de alta calidad agrícola en las cercanías de las zonas de las chinampas, especialmente en Xochimilco y Tláhuac. También se pueblan las laderas de la sierra del Ajusco y hacia el poniente se pueblan las colonias residenciales de Las Águilas y de Tecamachalco, a lo largo de las partes altas de las vertientes o interfluvios. Al norte, el proceso de ocupación es producto del crecimiento industrial que ocupa preferentemente terrenos de escasa pendiente, cercando prácticamente la sierra de Guadalupe.

Durante estas tres décadas, los grupos de bajos ingresos se fueron segregando “de manera involuntaria” hacia colonias del ex-vaso de Texcoco, Naucalpan, Tlalnepantla y Ecatepec, en condiciones de vida precarias debido al alto precio de los predios en la Ciudad de México. La migración rural continuó con su acelerado ritmo y las funciones comerciales del centro cambiaron de clientela y se enfocaron hacia una de menores ingresos.²⁶²

En los ochenta, se integra al AMCM la delegación Milpa Alta en el Distrito Federal, y los municipios de Cuautitlán Izcalli, Chalco, Chicoloapan, Ixtapaluca, Nicolás Romero y Tecámac, del Estado de México. La ciudad sigue su crecimiento hacia el norte pero cobra mayor importancia el que ocurre hacia el oriente, donde se empiezan a poblar los terrenos lacustres del antiguo lago de Chalco y se consolida la ocupación de las partes bajas, alrededor del extremo oriente de la sierra de Santa Catarina, en partes como Ayotla e Ixtapaluca. Asimismo, se incorporan amplias áreas de origen lacustre en una especie de corredor en dirección a Texcoco, aunque queda sin ocupar una amplia área del vaso del antiguo lago de Texcoco, especialmente al norte del bordo de Xochiaca porque sigue siendo una zona parcialmente drenada. Al norte la ciudad ya rodeó la sierra de Guadalupe y se expande hacia la llanura lacustre del lago de Zumpango, donde se desarrollan importantes sitios industriales y residenciales. Hacia estos dos rumbos los límites del AMCM, los municipios de Ixtapaluca y Tecámac, entran en contacto con los estados de Puebla e Hidalgo.

Para los años noventa se siguen incorporando municipios al AMCM por el norte (Huehuetoca, Zumpango, Teotihuacan, San Martín de las Pirámides, del Estado de México, y Tizayuca, de Hidalgo). Hacia el oriente la influencia metropolitana ya sobrepasa al valle de Chalco²⁶³ y llega hasta Amecameca y los municipios de Temamatla

²⁶² Secretaría de la Presidencia, *Op. Cit.*, p. 51-3.

²⁶³ Se creó el municipio Valle de Chalco Solidaridad con 287 mil habitantes.

y Cocolitlán, pero ante el relieve escarpado del área de los volcanes, por un lado, y la sierra de Chichinautzin, por el otro, la expansión se da básicamente a lo largo de un corredor natural que sigue la carretera de Chalco a Cuautla, Morelos. Hacia el poniente, sobre las estribaciones de la sierra de las Cruces, se incorporaron los municipios de Isidro Fabela y Jilotzingo, en los límites de la Cuenca de México. Pese a la sierra de las Cruces, el crecimiento del AMCM se extiende hacia municipios vecinos como Atizapán de Zaragoza y Nicolás Romero, así como en la ladera correspondiente al valle de Toluca en el municipio de Lerma, que se facilita por la construcción de la carretera México-Toluca y el gran centro comercial de Santa Fé.²⁶⁴

El crecimiento del AMCM adquiere un carácter megalopolitano en los años ochenta, cuando se unen las áreas metropolitanas de la Ciudad de México y de Toluca, al poder incluir ambas, de manera indistinta, al municipio de Huixquilucan, vecino de Lerma que forma parte del área metropolitana de Toluca, y de las delegaciones Miguel Hidalgo y Cuajimalpa, del Distrito Federal. Esta megalópolis, con 19.1 millones de habitantes en 2000, se encuentra en etapa de formación y continuará su evolución a lo largo del siglo XXI. En 2000 concentra el 28.9% de la población urbana del país pero a partir de las primeras dos décadas del siglo XXI, se le incorporará el área metropolitana de Pachuca y Cuernavaca-Cuautla y posteriormente Puebla-Tlaxcala y Querétaro-San Juan del Río.

Cuando algunas de las 348 ciudades que hasta 1995 integran el sistema urbano en México se localizan dentro de una misma región y observan una elevada interacción desde el punto de vista del flujo de mercancías y personas, se dice que conforman un subsistema urbano. A partir de los años sesenta se ha identificado como el principal subsistema urbano nacional al constituido por la Ciudad de México, Toluca, Puebla,

²⁶⁴ Aguilar, Adrián G., *Localización geográfica de la Cuenca de México*, en Garza, G., *Op. cit.* p. 35-8.

Cuernavaca, Querétaro y Pachuca, entre las principales ciudades, que se denomina subsistema urbano de la Ciudad de México, por ser el polo dominante. Este subsistema cuenta en 2000 con 23.2 millones de habitantes, que representan el 23.8% de la población total del país.²⁶⁵

Toda esta expansión irregular muestra que en la Ciudad de México no hubo una planeación previa del crecimiento urbano. Las nuevas colonias fueron proyectos parciales de extensiones muy diversas localizados donde convenía a los intereses económicos de los especuladores, ante la falta de un control gubernamental real y de una planeación que considerara a la urbe en su totalidad. El resultado es un área metropolitana urbanísticamente muy desigual o muchas ciudades diferentes que se consideran partes de una sola.

El crecimiento de la ciudad, caótico en cierta medida, en estos más de 150 años ha sido suficiente para que la mezcla de una serie de factores sociales y económicos de lugar en la urbe a un cambio cualitativo, al parecer irreversible, con infinidad de problemas urbanísticos que se han ido acumulando, como aumento sustancial de las necesidades y de la demanda real de terrenos para todos los usos; escasez de terrenos con tamaño y ubicación adecuadas para el establecimiento de casas o industrias, alza de precios de terrenos y viviendas en el centro de la ciudad, cambios de usos de suelo en el centro y sus alrededores con la consiguiente gran afluencia de clase trabajadora y de vehículos de transporte que multiplicaron las molestias para los antiguos residentes, dificultad para moverse hacia el centro y dentro de éste, así como aumento del costo y tiempo de traslado en la misma área y hacia el resto de la ciudad y poco espacio para estacionarse, desigualdad en los ingresos, multiplicación del número de autos (especialmente en su número por familia), apertura de vías de comunicación desde el

²⁶⁵ Garza, G., *Op. cit.*, p. 245.

núcleo central a la periferia, accesibilidad y disponibilidad de extensión en los terrenos no urbanizados de la periferia del área urbana que se usaron para uso habitacional, desaparición de espacios verdes y de cultivo, o sea, deforestación, segregación voluntaria de grupos económicamente poderosos hacia Lomas de Chapultepec, Anzures, Del Valle, Narvarte, Pedregal, Satélite, Villa Coapa y Santa Fe y segregación involuntaria de grupos económicamente débiles hacia los cinturones de miseria.

Ante este panorama, parece inevitable el advenimiento de la megalópolis con las consecuencias negativas que conlleva el escaso control estructural de dicho asentamiento: mal uso del espacio físico por el predominio de la extensión horizontal del hábitat individual, el anonimato de las áreas residenciales suburbanas, segregación social y funcional, carencia de servicios, etc.²⁶⁶ Hasta ahora, los resultados indican que la megalópolis no es sinónimo de avance ni de desarrollo y sí de miseria, crimen y contaminación.

El siglo XXI

“La civilización, sin duda, ha dejado en las grandes ciudades una herencia cuya eliminación costará mucho tiempo y mucho esfuerzo. Pero debe ser y será eliminada aunque lograrlo resulte un proceso muy laborioso”. Engels

En la ciudad más grande del mundo no hay donde esconderse, donde estar solo. Inclusive en el hogar, las ondas sonoras y las imágenes invaden la intimidad para recordarnos que afuera está el mundo. Es un ecosistema en crisis. Crisis social y ecológica que no sólo es más compleja de lo que pensamos sino que es más compleja de lo que nunca podremos pensar. La población carece de una cultura ambiental la nos induzca a realizar las prácticas de protección y reproducción del medio natural y social.

²⁶⁶ Segre, R., *Op. Cit.*, p. 66.

Las autoridades son incapaces de planear un reordenamiento racional y eficaz de la zona metropolitana. Se tapan progresivamente los problemas, polvo bajo la alfombra, y todavía no se quiere o ya no se puede actuar de fondo.

El estudio del origen de la Ciudad de México, aparte de la importancia obvia para los historiadores, señala que la fundación se debió más a cuestiones del azar que a una elección plenamente deseada y consensuada.²⁶⁷ Tenochtitlan, por su emplazamiento y las características expansivas de los mexicas, tendía al degenerar, a pesar de la correcta adaptación al medio. La conquista de la ciudad por los españoles sólo aceleró el proceso y, debido a su ignorancia en el manejo ambiental de la zona, acabó por generar problemas que hasta la fecha son de difícil solución. Así la ciudad, capital del Imperio Azteca y posteriormente de la Colonia Española, quedó enclavada en esta cuenca con sus complicadas características orográficas, hidrológicas y climáticas.

Las condiciones originales del valle han sido bastante modificadas por sus moradores. Se ha urbanizado sobre los desecados lagos y sobre los montes, aun en suelos poco aptos para edificar. Se han entubado los ríos y el clima ha variado considerablemente a lo largo de los siglos. El uso del suelo se modificó para dar cabida a la vivienda y de la vegetación y fauna original poco queda. La población creció espasmódicamente bajo los diversos periodos de auge económico de la ciudad provocados en especial por el desarrollo industrial y, en general, por las condiciones de miseria del campo. Actualmente, el campo sigue en la miseria pero la ciudad ya no es la gran productora de oportunidades porque gran parte de la planta industrial se mudó a otra parte (muchas para evadir el control ambiental) y otra gran parte ha cerrado como consecuencia de las seguidas crisis económicas nacionales.

²⁶⁷ "Lo que importa sobretudo, es el trágico nacimiento de México, la racionalidad de la destrucción como primera definición de las ciudades del México moderno." L'Architecture D'Aujourd'hui (1974).

Actualmente, el Distrito Federal es, básicamente, el centro político y administrativo del país, con el consecuente empleo de varios cientos de miles de burócratas que generan empleo e ingresos a otros cuantos millones de trabajadores que se dedican a los servicios. También sigue permaneciendo como el epicentro cultural, educativo y de investigación de México. Toda esta gente que acude diariamente a su trabajo o a su escuela requiere movilizarse con lo cual genera un severo problema de tráfico, que debería ser de personas pero se materializa en automóviles. Ante la virtual desaparición de las grandes industrias, el problema ambiental se concentra en los automóviles y en las actividades domésticas o de pequeñas y medianas industrias que generan emisiones contaminantes.

Parece que no hay manera de reducir los desplazamientos de la población y mucho menos de que no se hagan en automóviles particulares. El número de automóviles en circulación sigue en aumento con esto se congestiona el tránsito y se contamina más. Para las autoridades la única solución es abrir más vías que faciliten, aunque sea de manera momentánea, la circulación; sin darse cuenta de que se haga lo que se haga, su capacidad resulta insuficiente a las horas pico. Los coches ya no pasan por la ciudad sino que la ciudad se interpone en su camino. Si todos los coches que existen en la ciudad circularan al mismo tiempo se paraliza la ciudad: un embotellamiento perfecto. El peatón no tiene derechos y ha sido exiliado de la calle pero, paradójicamente, el automóvil no ha podido deshacerse de los demás automóviles ni artefactos del transporte público y la libertad en él soñada acabó en espejismo. El automóvil resulta necesario por la ausencia o deficiencia del transporte público; que aparte sigue dominado por el medio más contaminante y congestionador: el microbús. El transporte colectivo es un servicio público que debería ser gratuito como la salud, la

educación y la seguridad social, forma parte también del costo de la reproducción del trabajo.

El problema preponderante de la ciudad es la circulación de los automóviles, los problemas de las personas se consideran de segundo orden. Las condiciones desfavorables al circular a pie por las calles afectan primordialmente a grupos numéricamente importantes, pero débiles económica y políticamente. El tráfico motorizado dentro de la ciudad no debe desempeñar un papel dominante, sino complementario, si no se impide la movilidad de amplias porciones de la población y se disuelve la ciudad en una serie de lugares habitados, separados por salvajes calles de circulación rápida.²⁰⁴ Los habitantes del Distrito Federal suelen caminar por la calle no por banquetas, en la noche por miedo y durante el día por los coches que impiden el paso, en las esquinas se puede observar como cruzan temerosos de los coches que se les tiran encima como insultados.

Se habla cotidianamente del colapso del transporte individual, de la bancarrota del transporte público local y del caos del tráfico en las ciudades. Nada ha influido tanto en la planificación urbana del siglo pasado como el automóvil, y parece que lo seguirá haciendo. La creciente motorización y la planificación determinada casi exclusivamente por ella fueron la causa de la urbanización de las afueras de las ciudades y la despoblación del centro. La emigración a estos lugares de numerosas familias de ingresos medios y elevados fue motivada por el empeoramiento del medio ciudadano causado por los automóviles. Las zonas periféricas podían alcanzarse solamente con el coche. La abertura y ampliación de calles y la construcción de aparcamientos destruye la sustancia arquitectónica histórica. Se cortan las áreas verdes y se reducen las aceras a franjas ridículas. Las ciudades modifican su aspecto por completo. Los barrios sufren

²⁰⁴ Heybey, Hans-Gerd. *Zonas centrales agradables para el peatón en pequeñas ciudades y comunidades rurales*, en Peters, Paulhans (Ed.). *La ciudad peatonal*, p. 30.

heridas profundas e inician su agonía. Las calles principales con tráfico de gran velocidad separan, por sus dimensiones y la corriente ininterrumpida de vehículos, partes de la ciudad interdependientes. Son barreras que impiden el contacto a través de la calle y que obligan a recorrer largos caminos para atravesarlas.

Los políticos hablan de la “ciudad humanizada” y después inauguran nuevas calles y estacionamientos. Todos los combustibles contaminan pero hay que hallar el óptimo para la Ciudad de México según el tipo de vehículo (modelo, año, uso). Desde mediados de los años 90 no ha habido mejoras notables a los combustibles que se venden ni se ha fomentado el uso de vehículos de menor tamaño y más eficientes. El objetivo es moverse con la condición de no contaminar: a pie, bicicleta, caballo, transporte público o transporte privado. Solucionar el problema de la movilidad no es sencillo por lo que todos debemos cooperar.

CAPÍTULO III. PERCEPCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO

“La ciudad es el dominio del hombre sobre la naturaleza. Es una operación humana dirigida contra la naturaleza.” Le Corbusier

El hacinamiento característico de las ciudades es fuente inevitable de contaminación de todo el ambiente. La concentración de población acompaña a la de los medios de producción²⁶⁹ y, con la llegada de la industrialización, el problema se disparó: la población citadina comenzó a crecer aceleradamente y la contaminación se propagó dentro y fuera de las ciudades. Durante la Revolución Industrial se comenzó a usar máquinas y herramientas que funcionan con combustibles sólidos y son los efectos de su combustión los que empezaron a cambiar la biosfera. En la actualidad las ciudades se han convertido en grandes productoras de contaminación: contaminan el sitio donde se asientan y exportan contaminación a lugares alejados. La gran ciudad industrial, para Engels, es efectivamente una fuente de inmoralidad y una escuela de crimen y no se puede resolver el problema de la contaminación sin entender y resolver el problema de la fuente: la ciudad industrializada.

En la Ciudad de México habitan muchas familias, muchos automóviles transitan por sus calles y muchas chimeneas esparcen sus humos en el aire. La contaminación que viene de estas fuentes no se queda en un lugar: atraviesa ríos, montañas y ciudades, se mezcla con la lluvia y regresa a la tierra. El aire contaminado daña a la gente del campo y a la de la ciudad. El gran error es creer que la contaminación “cae” sobre la Ciudad de México como una maldición: esta ciudad emana, suda e inventa la contaminación a diario.

²⁶⁹ Lefebvre, Henri, *De lo rural a lo urbano*, p. 227.

Contaminación

“A medida que el hombre avanza hacia la anunciada meta de conquistar la naturaleza, va escribiendo a su paso una deprimente crónica de destrucción: destrucción de la tierra que habita y destrucción de la vida que comparte la Tierra junto a él.” Rachel Carson

Contaminación es la existencia de sustancias dañinas para la salud y el medio ambiente generadas por los seres humanos. La Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental de México, considera contaminación a “la presencia en el medio ambiente de uno o más contaminantes, o cualquier combinación de ellos, que perjudiquen o molesten la vida, la salud y el bienestar humano, la flora y la fauna, o degraden la calidad del aire, del agua, de la tierra, de los bienes, de los recursos de la Nación en general, o de los particulares”.²⁷⁰ El “ambiente”, la biosfera, es un sistema que engloba a todos los seres vivos de nuestro planeta, así como el aire, el agua y el suelo que constituyen su hábitat o el lugar donde se desarrolla normalmente su ciclo vital. El “medio humano”, de acuerdo con la definición empleada por las Naciones Unidas, “comprende toda la materia, los procesos y la influencia de la naturaleza física y biológica que, directa o indirectamente, ejerce efectos significativos en el bienestar de toda la raza humana en su conjunto; algunos pueden ocurrir en forma natural, en tanto que otros son resultado de las propias actividades del hombre.”

Los agentes contaminantes son sustancias gaseosas y sólidas de efectos negativos que se concentran en suspensión en el ambiente y cuyas principales fuentes son los procesos naturales e industriales, y el uso de aparatos y sustancias que “facilitan” la vida humana.²⁷¹ O, en palabras de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental de México, contaminante es “toda materia o sustancia, o sus combinaciones o compuestos o derivados químicos y biológicos, tales como humos,

²⁷⁰ Secretaría de la Presidencia, *Medio Ambiente Humano, Problemas Ecológicos Nacionales*, p. 39.

²⁷¹ Senent, J., *La contaminación*, p. 33-34.

polvos, gases, cenizas, bacterias, residuos y desperdicios, y cualesquiera otro que al incorporarse o adicionarse al aire, agua o tierra pueden alterar o modificar sus características naturales o las del medio ambiente; así como toda forma de energía, como calor, radioactividad, ruidos, que al operar sobre o en el aire, agua, o tierra, altere su estado normal".²⁷² En resumen, un "contaminante" es algo anormal, raro, una cosa fuera de lugar que rompe el equilibrio de los ecosistemas. Mientras que la contaminación se puede definir simplemente como cualquier cosa que nos molesta, o, un poco más ampliamente, como cualquier cosa que se encuentra en el lugar inadecuado en el momento equivocado.

El problema de la contaminación no es nuevo. Desde los tiempos más remotos, el hombre se dio cuenta de los peligros de una atmósfera contaminada ya sea naturalmente, como por una erupción volcánica o por el polen, o por el humo provocado desde que aprendió a usar el fuego.²⁷³ Con el uso del fuego el hombre empezó una larga serie de experimentos con los recursos de energía no animal de la Tierra.

En la historia de la humanidad hubo muchas grandes ciudades que desaparecieron por invasiones o se autodestruyeron por problemas varios, esto aún antes de las épocas preindustrial y precapitalista. Pero el asunto se torna grave a partir de la explosión industrial y urbana del siglo XIX, porque la contaminación aumentó considerablemente y las relaciones entre el hombre y el medio se vieron totalmente alteradas. A partir de ese momento, clave para la conformación de la "vida moderna", la atmósfera se ha visto invadida por más de un centenar de sustancias clasificadas como contaminantes atmosféricos, algunos por su desmesurada concentración y otros por su toxicidad intrínseca.

²⁷² Secretaría de la Presidencia, *Op. Cit.*, p. 39.

²⁷³ El hombre fue la primera criatura que no huyó del fuego y se caracteriza por no alejarse de los peligros.

Tres son las fuentes principales de contaminación: industria y servicios, transporte y naturales. Los factores que la provocan son: procesos de producción y de consumo, urbanización, concentración y dinámica geográfica; características tecnológicas de la planta industrial; el estado mecánico, la antigüedad y el volumen de la flota vehicular; tipo, calidad y volumen de los combustibles consumidos; relación entre transporte público y privado, distribución modal del transporte público; el ciclo de manejo; características del desarrollo urbano, uso del suelo y distribución territorial de zonas habitacionales, laborales y recreativas.²⁷⁴

En la Ciudad de México la contaminación no se debe a un sólo agente sino a una gran mezcla de contaminantes, por lo que se debe considerar la interacción entre ellos y con respecto al hombre. El riesgo se da en términos de probabilidades porque las personas son diferentes y el riesgo es diferente en cada una. Las consecuencias de la contaminación en el hombre a largo plazo aún son poco conocidas y difíciles de apreciar; la población de las ciudades es heterogénea y sus condiciones de vida son diferentes. También los efectos de la contaminación sobre la mortalidad son difíciles de determinar, excepto en poblaciones pequeñas cuando por causas de la contaminación se produce un aumento significativo del número de defunciones y en circunstancias excepcionales en las grandes ciudades, como en Londres en 1952, cuando más de 8 millones de personas se vieron sometidas a una contaminación muy intensa con más de 4 mil muertes.²⁷⁵ Todavía no se conocen bien los efectos psicológicos de la contaminación sobre los individuos, pero de seguro no son buenos.

La contaminación cobró un gran auge en las últimas décadas y se ha convertido en el principal enemigo de la sociedad superando, por momentos, las guerras, los desastres naturales, las drogas y el profundo estado de miseria en el que vive la mayor

²⁷⁴ Lezama, José L., *Contaminación del aire*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 464.

²⁷⁵ Senent, J., *Op. cit.*, p. 43.

parte de la población mundial. Terror de las buenas conciencias que ven en ella a un jinete del Apocalipsis. Y el principal temor es a la muerte que puede causar de manera inmediata o lentamente pero, de entre todas las causas de muerte ¿cuántas están relacionadas con la contaminación? ¿Qué mata primero, la bala o el plomo que contiene? ¿Cuántos años han de pasar para que el aire envenenado por los escapes de los autos cause daños sobre nuestra salud y cuántos segundos son suficientes para que un vehículo nos quite la vida pasándonos por encima? Definitivamente el hambre, las guerras y, sobretodo, la estupidez que las provoca seguirá causando un número infinitamente superior de muertes que la contaminación.

El hombre, aunque a menudo lo olvide, es parte de la naturaleza pero su instinto lo induce a dominarla a costa de lo que sea, inclusive de su autodestrucción. Por esto, al salirse de su "forma natural de vida" se ha llegado al punto en que toda actividad humana ocasiona alguna forma de contaminación. La degradación del ambiente se ha convertido en uno de los fenómenos esenciales de nuestra civilización. Parece que no podemos movernos tantito sin romper o ensuciar algo. El desarrollo de la ciencia y de la tecnología prometía un futuro deslumbrante pero hoy, varios siglos después de iniciado el proceso, vemos que los resultados no son tan divertidos. La civilización, al mismo tiempo que procura bienestar, genera molestias y las comodidades producidas por la ciencia y la tecnología en cierta forma nos provocan la muerte. Básicamente seguimos haciendo lo mismo que hace dos siglos pero más rápido, más lejos, más fácilmente. Como señaló Ernst Bloch, "esto es significativo para la totalidad de la hasta entonces naciente condición capitalista; es decir, el ser progresiva, pero además siempre tristemente progresiva".

Atmósfera y contaminación

"El mundo está contaminado desde que el hombre se hecho el primer pedo." Fernando Sampietro

La atmósfera nos rodea desde que nacemos hasta que nos entierran. Nos posamos brevemente sobre el suelo de la Tierra pero vivimos en la atmósfera, en la atmósfera de la Tierra y con ella viajamos por el espacio. Nuestra atmósfera es una capa de menos de 40 kilómetros de altura que rodea la Tierra, es lo que va del piso para arriba, hasta donde nuestra vista alcanza. Después de esa capa viene el espacio sideral, el cual ya no pertenece a la Tierra; aunque el hombre, intrépido como siempre, se las ha arreglado para llegar a él y, claro está, arrojar contaminantes y otros objetos por doquier.

En la atmósfera existen cinco capas: troposfera, estratosfera, mesosfera, ionosfera y exosfera. La troposfera, o esfera de cambios, es la capa inmediata superior a la superficie que alcanza una altura de 10 kilómetros en las regiones ecuatoriales y de 8 kilómetros en las polares. En ella se dan los movimientos más importantes de la atmósfera y se desarrollan las nubes. La tropopausa es el límite entre la troposfera y la capa siguiente, la estratosfera. La estratosfera o esfera de estratos, alcanza hasta 60 kilómetros de altura y su composición química sigue siendo de nitrógeno, oxígeno y argón. La mesosfera, se ubica entre 60 y 80 kilómetros de altura, encima de la estratosfera. Su capa alta contiene al ozono. A partir de los 80 kilómetros se halla la ionosfera y se extiende hasta 650 kilómetros de altura. Esta esfera de iones se llama así porque en ella se producen fenómenos de carácter lumínico en los que intervienen activamente el nitrógeno y el oxígeno ionizados. La exosfera, o esfera exterior, se extiende desde 1000 hasta 1650 kilómetros de altura y está compuesta por hidrógeno, oxígeno y un poco de helio. La temperatura de la atmósfera asciende desde 10°C en la

superficie de las regiones templadas hasta 1650°C en la exosfera y existen dos mínimos de -51°C en la baja estratosfera y de -110°C en la mesosfera.²⁷⁶

Dentro de la atmósfera estamos nosotros, nuestras cosas y el aire, elemento indispensable para la vida en la Tierra.²⁷⁷ El aire es una mezcla de gases que varía en su composición según su cercanía con la superficie terrestre. La composición del aire normal, puro y seco, cerca de la superficie terrestre se muestra en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Composición del aire terrestre²⁷⁸

Elemento	% en volumen
Nitrógeno	78,48
Oxígeno	20,95
Argón.	0,93
Dióxido de carbono	0,3
Ozono	variable
Neón	0.0018
Helio	0.0005
Kriptón	0.0001
Hidrógeno	0.00005
Xenón	0.000008

El aire también contiene vapor de agua en cantidades variables. Se calcula que en la atmósfera existen unos 13 millones de toneladas de vapor de agua. Las impurezas sólidas más importantes en el aire son: partículas de sal, polvo y humo.²⁷⁹ La composición única del aire dio origen a la vida y la mantiene; la alteración de esta composición puede extinguir la vida en la Tierra.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

²⁷⁶ Vivó, Jorge A., *Geografía física*, p. 171-2.

²⁷⁷ El aire es uno de los elementos básicos para los seres humanos. Diariamente nuestros pulmones filtran un 15 Kg de aire, mientras que sólo bebemos 2.5 Kg de agua e ingerimos menos de 1.5 Kg de alimentos.

²⁷⁸ Vivó, J., *Op. cit.*, p. 173.

²⁷⁹ Vivó, J., *Op. Cit.*, p. 169.

Nuestra atmósfera está llena de aire, es cierto, pero también contiene miles de otras partículas, materia viva y ondas; algunas de estas cosas nos parecen bien y otras no. El aire "puro" es una idealización, un concepto teórico. El aire puede estar libre de contaminantes teóricamente pero la atmósfera no porque esto es subjetivo. El Consejo de Europa de 1967 definió que "hay contaminación del aire cuando la presencia de una sustancia extraña o la variación importante en la proporción de sus constituyentes, es susceptible de provocar efectos perjudiciales o de crear molestias, teniendo en cuenta el estado de los conocimientos científicos del momento". La contaminación atmosférica es todo aquello que está en el aire (lo que flota, viaja y cae o, en ocasiones, permanece) que no debería estar allí porque nos molesta, nos enferma.²⁸⁰

Los contaminantes en el ambiente

"Tenemos la responsabilidad de sacar al mundo del estupor de que el tener mas es mejor, de que el crecimiento es un Dios, de que el hipercrecimiento es lo que necesitamos" Bill McKibben

La atmósfera es el punto de entrada al ambiente de muchos contaminantes, como los vapores químicos de la industria y las emisiones gaseosas de los vehículos a motor. La contaminación pasa de la atmósfera a nuestro cuerpo directamente vía inhalación y contacto con la piel o indirectamente a través de la comida y del agua donde se depositaron los contaminantes. Dentro de la atmósfera ocurren numerosos procesos físico y químicos que pueden cambiar la movilidad, la forma y la toxicidad de los contaminantes. Tal es el caso de las inversiones térmicas, el transporte por el viento, la precipitación y las reacciones atmosféricas.

²⁸⁰ Resulta obvio que las interacciones del aire, el suelo y el agua son inevitables y cuando cualquiera de ellos es afectado se afecta a los otros dos sistemas.

Inversión térmica

La emisión de contaminantes en la ciudad es constante, pero cualquier ciudadano se da cuenta que hay días en que los niveles de contaminación son más perceptibles que otros. Dos factores atmosféricos contribuyen a este fenómeno: el viento y la estructura vertical de la atmósfera.

La fuerza de los vientos que atraviesan la ciudad está directamente relacionado con los niveles de contaminación: a mayor magnitud de los vientos, más “limpia” la ciudad. Claro que los contaminantes no desaparecen de esta manera, sólo cambian de paisaje y se esparcen sobre otras regiones. En el AMCM las fuentes de contaminación en el se encuentran hacia el norte de la ciudad y los vientos predominantes tienen dirección norte a sur; por este motivo, los contaminantes son acarreados y acumulados al sur de la ciudad, donde se topan con una cadena montañosa que impide su rápida desalojo de la ciudad.

El segundo factor implica una inversión en la estructura vertical de la atmósfera. Generalmente, la atmósfera se va volviendo más fría con la altitud (a mayor altura menor temperatura). En condiciones normales, la temperatura al nivel del suelo es 6.5°C mayor que un kilómetro más arriba. Como el aire caliente de la superficie es menos denso que el aire frío, tiende a elevarse continuamente. Este fenómeno acarrea el aire contaminado de la superficie y sirve como un sistema de ventilación natural. Pero, si por alguna razón, la temperatura en la superficie comienza a ser más fría que en las capas superiores, el aire de la superficie se torna más frío y por lo tanto más denso, no podrá elevarse y se da una inversión térmica donde se detiene el flujo del aire hacia arriba.²⁸¹ En estas condiciones, todos los contaminantes que se emiten en la capa inferior de la atmósfera (de las chimeneas y de los tubos de escape) se acumulan en el aire que

²⁸¹ Harte, John et. al., *Toxics A to Z*, p. 77.

la gente respira. En la Ciudad de México, rodeada por montañas, las inversiones son frecuentes durante el invierno cuando el aire frío se desliza hacia abajo por las pendientes que la rodean y ocupa el valle.

Las inversiones también pueden ocurrir cuando la atmósfera superior se calienta como resultado de la absorción de la luz solar por el polvo que se encuentra a grandes alturas o por contaminantes que absorben luz (como el bióxido de azufre).

Las dos condiciones que desalojan la contaminación de la ciudad –vientos horizontales y flujo ascendente del aire- están conectadas. Durante las inversiones, los vientos pueden acarrear menos contaminantes porque el aire frío atrapado en la superficie es más denso y por tanto más resistente al movimiento, tanto horizontal como vertical.

Precipitación de los contaminantes

La contaminación atmosférica puede caer por la gravedad, ya sea como partículas tóxicas que se depositan en el suelo o que vayan pegadas a gotas de lluvia. El primer proceso se conoce como seco y el segundo como húmedo. La velocidad con que las partículas precipitan de la atmósfera depende de su tamaño y peso. Algunas son más pequeñas que una bacteria (con un diámetro inferior a un micrómetro) y quizás nunca lleguen al suelo porque la turbulencia atmosférica las mantiene en suspensión. Estas pequeñas partículas son invisibles individualmente, pero en grandes cantidades bloquean la luz del sol, creando las condiciones nebulosas que se observan sobre las zonas industriales. Pueden permanecer en la atmósfera por semanas o meses hasta que sean lavadas por la lluvia o bien hasta que se unan para formar partículas mayores que caen por la gravedad.²⁸²

²⁸² *Ibidem*, p. 79.

Las gotas de lluvia generalmente caen mucho más rápido que las partículas de contaminación, por esto la depositación por la lluvia es la forma más común en que la contaminación llega al suelo. Cuando los contaminantes penetran el suelo pueden ser transformados químicamente por los organismos que lo habitan (como el amoníaco que es transformado en nitrato, nutriente para las plantas, o bien en nitrito que es más tóxico).

Química atmosférica

En la atmósfera de la ciudad convive una compleja mezcla de contaminantes sólidos, gaseosos y en aerosol. Las reacciones químicas en la atmósfera cambian la toxicidad de los contaminantes al combinarlos y producir nuevos compuestos.

La formación de la lluvia ácida es el resultado de la formación de ácido sulfúrico y nítrico a partir de bióxido de azufre y de los óxidos de nitrógeno. Esta reacción se da a través de complejas reacciones de oxidación promocionadas por los oxidantes que habitan la atmósfera, como el ozono, que son formados por reacciones fotoquímicas inducidas por la luz del sol. Todo esto se da especialmente al mediodía cuando las áreas urbanas están más soleadas. Las partículas muy pequeñas de hollín, provenientes de la combustión de carbón y de aceite, actúan como catalizadores.

Otro fenómeno de gran importancia tóxica es la formación de "smog". Esta mezcla de contaminantes en el aire está conformada por compuestos químicos orgánicos e inorgánicos formados al reaccionar los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno emitidos por los vehículos de motor en presencia de la luz del sol (reacciones fotoquímicas). Los principales productos de estas reacciones son el ozono y los aldehídos (como el formaldehído). Conforme los niveles de contaminación aumentan a lo largo del día en la atmósfera urbana, el ozono producido por las reacciones iniciales

reacciona a su vez con los aldehídos y los óxidos de nitrógeno para producir peroxiacetilnitratos (PAN) que son muy peligrosos.

Contaminación en interiores

“El hombre de hoy es consciente, por una parte, de un nuevo mundo que se va formando lógicamente y claramente, que produce en forma directa cosas que son útiles y utilizables. Por otra parte, se encuentra, para su asombro, viviendo en un entorno viejo y hostil”. Le Corbusier

Los factores que más contribuyen a la contaminación atmosférica de las ciudades son la industria, los automóviles y la generación de electricidad²⁸³ pero no toda la contaminación está al aire libre. La gente puede llegar a estar expuesta a niveles de contaminación hasta cien veces mayores en el interior que en el exterior, aún en ciudades muy industrializadas; y, aunque el aire interior esté menos contaminado, la gente pasa gran parte del tiempo encerrada en el trabajo o en la casa. La contaminación de interiores ocasiona efectos a corto plazo en la salud, pero el principal problema es que muchas de las sustancias contaminadoras de interiores son cancerígenas. Este tipo de contaminación proviene principalmente de dos fuentes: microorganismos y compuestos químicos.²⁸⁴

Los contaminantes de interiores incluyen al tabaco, los perfumes y los olores de detergentes y limpiadores. Además del asbesto, un envoltivo que se utiliza comúnmente en tuberías, pisos y techos de construcción. También hongos y gérmenes que crecen en los acondicionadores de aire y en sistemas de calefacción. Los compuestos químicos, probablemente la fuente más importante, como solventes limpiadores, químicos de las fotocopiadoras y pesticidas. Otras fuentes de emisión son

²⁸³ Sin olvidar el gran peligro que representan la radioactividad, las guerras y la televisión.

²⁸⁴ La EPA estima que al año mueren más de 12 mil personas en Estados Unidos por esta causa. (Bennett, Steven J., *Ecopenneuring*, p. 160).

C alfombras, muebles, madera terciada, paredes de madera laminada, resanados de látex, adhesivos, pinturas de látex y enamel, cable del teléfono, y artículos de cartón; todos contienen una variedad de compuestos orgánicos volátiles que se evaporan y contaminan el aire. Incluso los acabados, la tapicería, las alfombras, los plásticos y muchos materiales de construcción contienen formaldehído, que irrita los ojos y la piel. Otros contienen estireno, una forma de plástico que libera gases que pueden dañar el hígado y los intestinos. En la cocina, al usar gas se produce bióxido de nitrógeno y monóxido de carbono, junto con peligrosos productos de la combustión. Si se utiliza madera para calentar, también se genera materia particulada y el medio idóneo para hidrocarburos potencialmente peligrosos como los cancerígenos benzo[a]pirenos. Quemar carbón o aceite produce todos estos contaminantes mas bióxido de azufre que daña la salud.²⁸⁵

De hecho el aire en muchas oficinas está particularmente contaminado. Este problema, llamado "síndrome de enfermedad de edificios", es una forma de contaminación en interiores. El síndrome de enfermedad de edificios es el resultado de una ventilación deficiente y un aire viciado. El problema comienza cuando los constructores intentan evitar que se pierda el calor o el aire acondicionado o proteger a la gente del aire exterior. Al sellar las ventanas, las puertas y las paredes, también guardan dentro la contaminación en interiores. Estas construcciones pueden provocar que la gente enferme, por lo que algunas personas deben cambiar de trabajo o alejarse del aire contaminado hasta que recuperen la salud. La mezcla de químicos, hongos, gérmenes, gases dañinos, aerosoles, humo de tabaco y aire encerrado puede provocar hemorragias nasales, irritaciones del oído, fatiga, dolores de cabeza, malestar general, problemas de piel, náusea y mareos.²⁸⁶ Estos síntomas pueden afectar a gente que pasa

²⁸⁵ Harte, J., *Op. cit.*, p. 51.

²⁸⁶ Bennett, S., *Op. cit.*, p. 157.

mucho tiempo en escuelas, departamentos y oficinas. Esto ocurre con mucha frecuencia en tiendas que venden o trabajan todos los días con limpiadores o pinturas.

Contaminación en la Ciudad de México

“Ningún entorno, ya sea natural o construido por el hombre, puede soportar la presencia y el ruido de las multitudes y de las máquinas para los que no estaba destinado” Chernyeff y Alexander

La Ciudad de México es un medio ambiente urbano asentado en una cuenca geográfica que incluye un gran tejido urbano con millones de habitantes. Es un ecosistema transformado por la historia económica y social y es, entre las ciudades con más de diez millones de habitantes, una de las más contaminadas del mundo.²⁴⁷ Como todas las ciudades del mundo, la de México no es una entidad inerte sino un organismo dotado de vida propia, crece, sufre deterioros y enfermedades, las partes que la constituyen se pueblan y despueblan, empobrecen o enriquecen en incesante movimiento.²⁴⁸ La Ciudad de México está contaminada pero no se puede soslayar que es un ente contaminante, una fuente de contaminación.

Aparte de la enorme densidad demográfica y de fuentes contaminantes, las condiciones climáticas de esta ciudad son un factor preponderante en los elevados niveles de contaminación. La altitud en que se encuentra ubicada la Ciudad de México, 2240 msnm, determina un contenido de oxígeno 23% menor al del nivel del mar²⁴⁹, por lo que los procesos de combustión interna de los automotores son menos eficaces y se emite una mayor cantidad de contaminantes (principalmente monóxido de carbono e hidrocarburos sin quemar). Las montañas que definen la cuenca donde se ubica la

²⁴⁷ El Nacional, 2 de diciembre de 1992, p. 29.

²⁴⁸ Secretaría de la Presidencia, *Op. cit.*, p. 51.

²⁴⁹ Mientras que al nivel del mar un metro cúbico de aire contiene 275 gramos de oxígeno, en la Ciudad de México ese mismo volumen de aire solo contiene 212 gramos.

Ciudad dificultan la circulación de los vientos y la dispersión de los contaminantes. Si no hay suficiente acción cólica, los desechos gaseosos y volátiles permanecen suspendidos sobre la ciudad.²⁹⁰ Los sistemas anticiclónicos del Pacífico y del Golfo que afectan la Cuenca impiden una adecuada mezcla vertical del aire. Las constantes inversiones térmicas originan una dinámica entre las capas de aire frío y caliente que impide el ascenso del aire contaminado durante las primeras horas del día.²⁹¹ Por la latitud en que se ubica, la ciudad recibe una intensa radiación solar que hace sumamente reactiva la atmósfera de la región, aumentando el problema del ozono y de otros contaminantes fotoquímicos.²⁹²

Durante los meses fríos suben los niveles de contaminación y sobre todo de ozono que también participa en procesos fotoquímicos que producen complejos secundarios más tóxicos como PAN, aldehídos bastante tóxicos y responsables del lagrimeo y el ardor de ojos y garganta, dolor de cabeza, mareos y presión en el pecho. La concentración de formaldehído también puede llegar ser muy alta y propiciar la formación de radicales orgánicos y cetonas así como aerosoles con propiedades cancerígenas como los alfa y beta benzopirenos, antraceno y compuestos orgánicos volátiles aromáticos de alto peso molecular.²⁹³

En la Ciudad de México se consumen $60\text{m}^3/\text{s}$ de agua, de la que el 70% proviene del subsuelo de la Cuenca de México, lo que provoca hundimientos en la ciudad y da lugar a la salinización y erosión de los suelos lo que explica la inmensa generación de partículas que contaminan el aire y la deforestación que amenaza la sobrevivencia de la

²⁹⁰ El ozono se acumula en la zona suroeste de la capital y las PM10 en la zona noreste. (Sosa, Iván, Reforma, 16 de diciembre de 2001, p. 10B).

²⁹¹ 180 inversiones térmicas se producían en 1992 en promedio anualmente durante el invierno en la ZMCM. (Mejía, Francisco, El Nacional, 3 de septiembre de 1992, p. 31).

²⁹² Lezama, J. L., *Op. cit.*, p. 464.

²⁹³ Sánchez de Carmona, Luis, *Proyecto MAB del Valle de México*, en UNESCO, *La Ciudad*, p. 64.

ciudad.²⁹⁴ El restante 30% del agua proviene de los acuíferos del Lerma y de las presas del Plan Cutzamala, lo que ocasiona escasez de agua en esas zonas. El agua residual es descargada en el Valle del Mezquital y en la cuenca del Tula, generando deterioro y contaminación.²⁹⁵

La demanda de energía en la Cuenca de México aumentó de alrededor de un millón de barriles diarios a fines de los ochenta a 2.7 millones de barriles diarios a fines del siglo XX²⁹⁶; cifra que representa entre 25 y 30% del consumo nacional. En 1992 en el AMCM se consumían 30 millones de litros diarios de productos.²⁹⁷ La gasolina es el combustible de mayor demanda (41% del total) y es la principal fuente de emisiones a la atmósfera; en 1989 se consumieron 16 millones de litros de gasolina al día y en 1994 aumentó la cifra a 20 millones de litros.²⁹⁸ En el sector transporte se usó el 56% de ese volumen, que resultó el responsable del 75% de las emisiones atmosféricas en la metrópoli.²⁹⁹

El aire que respiramos en esta ciudad es de mala calidad³⁰⁰ y de alto riesgo, por su alto contenido de ozono, partículas e hidrocarburos, que provocan enfermedades respiratorias y efectos en bosques, suelos, régimen de lluvias y en la infraestructura urbana y agrícola de las áreas adyacentes a la Ciudad de México. Los "contaminantes criterio" son monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), bióxido de azufre (SO₂), partículas suspendidas totales (PST), bióxido de nitrógeno (NO₂) y plomo (Pb). El ozono y la materia particulada menor a 10 micrómetros (PM10) siguen por encima de

²⁹⁴ Ya en 1992 había 40 mil hectáreas en proceso de erosión. (Mejía, F., *Op. cit.*, p. 31).

²⁹⁵ Lezama, José L., *Degradación del medio ambiente*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 444.

²⁹⁶ En 1990, en promedio, había un vehículo por cada seis habitantes en el AMCM, mientras que en 1960 el promedio era de un vehículo por cada 19 habitantes. (Mejía, F., *Op. cit.*, p. 31).

²⁹⁷ Mejía, Francisco, *El Nacional*, 2 de septiembre de 1992, p. 31.

²⁹⁸ De 1987 a 1994 las ventas de gasolina en el AMCM aumentaron 26.4%. (Velázquez, Ariel, *El Nacional*, 28 de diciembre de 1995, p. 30-31).

²⁹⁹ Lezama, J. L., *Op. cit.*, p. 464.

³⁰⁰ El aire normalmente se compone de 78% de nitrógeno, 20% de oxígeno y el 2% restante de una mezcla de neón, helio, kriptón, etc., mas polvo inerte (silicatos) que no afectan al organismo humano. El aire que respiramos en el Distrito Federal tiene todo lo anterior mas 160 sustancias tóxicas que reaccionan con los sistemas celulares.

las normas pero hay otros contaminantes, como las aeroalgas y los hidrocarburos (HC), fuera de los contaminantes criterio, que pueden producir efectos agudos (alergias) y afecciones crónicas.³⁰¹

Las enfermedades respiratorias absorben más del 60% de las consultas médicas anuales en la ciudad. Las enfermedades diarreicas y otras formas de parasitosis intestinal representan el 24% de la demanda de atención médica.³⁰²

Los inventarios de emisiones de 1989 y 1994 estimaban descargas de 4.3 y 4 millones de toneladas de sustancias contaminantes arrojadas anualmente al aire del AMCM. La descarga anual de 1996 fue de 2.7 millones de toneladas, sin considerar las partículas provenientes de la erosión de los suelos.³⁰³ La Tabla 2 muestra la contribución de los diversos sectores a la emisión de contaminantes atmosféricos específicos.

Tabla 2. Contribución de contaminantes por sector en el AMCM (en %)³⁰⁴

	Industria	Transporte	Servicios	Vegetación y suelo
PST	50%	50	-	-
PM10	0	40	-	60
SO₂	65	20	15	-
CO	0,5	99,2	0,025	-
NO₂	20	70	10	-
HC	4	16	50	8

De las miles de toneladas de contaminantes que se emiten en el Valle de México, el 95% proviene de la industria³⁰⁵ y de los automóviles. En 1992 había casi 30 mil industrias en el AMCM, 4 mil de ellas consideradas de alto riesgo por sus emisiones de SO₂. El 40% de estas emisiones provenía de la industria de papel y celulosa y el 20%

³⁰¹ Riojas Rodríguez, Horacio, *Medio ambiente y salud*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 502.

³⁰² Puente, Sergio, *Riesgo y vulnerabilidad urbana*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 497.

³⁰³ Lezama, J. L., *Op. cit.*, p. 461.

³⁰⁴ *Ibidem*, p. 467.

³⁰⁵ Del total de las emisiones industriales el 90% son aportadas por el 5% de las industrias. (Sosa, I., *Op. cit.*, p. 10B).

de la producción de cemento. La mayor parte de las industrias se localiza de manera deficiente, al norte y al este de la ciudad de México, porque en estos puntos se originan los vientos dominantes de esta región que transportan los gases que emanan de las industrias, junto con las tormentas de polvo que se originan en el ex-lago de Texcoco, hacia el área de viviendas.³⁰⁶

Las principales fuentes de compuestos cancerígenos atmosféricos son:

- minería, fundición, refinación, manufactura y uso final de minerales y otros inorgánicos
- combustión³⁰⁷
- refinación del petróleo y su distribución y almacenaje
- producción, aplicaciones y disposición de compuestos orgánicos sintéticos
- extracción, proceso y usos y disposición de sustancias radioactivas y subproductos
- emisiones de compuesto no cancerígenos que en la atmósfera se transforman químicamente en cancerígenos.

Entre 1986 a 1994 se dio el periodo de mayor severidad en la calidad del aire en la Ciudad de México, con altos niveles de ozono,³⁰⁸ partículas suspendidas y plomo.³⁰⁹ Entre 1995 y 1999, el panorama mejora por el control sobre el plomo y el bióxido de

³⁰⁶ Sánchez de Carmona, L., *Op. cit.*, p.64.

³⁰⁷ En 1992 en la ZMCM operaban 11 mil establecimientos con procesos de combustión e incineración. (Mejía, F., *Op. cit.*, p. 31).

³⁰⁸ Las mayores concentraciones de ozono se presentan en invierno y primavera y el valor más alto se alcanzó en 1991. (Nava, M., et. Al., *Ozone ground levels as an air quality indicator for the Mexico City Metropolitan Area (ICMA) from 1986 to 1994*, p. 565-72).

³⁰⁹ Con el programa "hoy no circula" se redujo un 10% el consumo de gasolina y el número de autos aumentó en 400 mil.

azufre. El ozono ya no supera tanto los 200 y 300 puntos Imeca³¹⁰, pero continúa siendo el contaminante con mayores violaciones a las normas oficiales. Las partículas suspendidas tienden a la baja pero violan constantemente los límites y el bióxido de nitrógeno aún tiene una presencia significativa."

Los hidrocarburos provienen de los escapes de los autos, de la evaporación de gasolina, de la industria y de los servicios, de la comercialización del gas LP, del uso y aplicación de pinturas y disolventes y de factores naturales. Sus niveles han bajado.³¹¹ El monóxido de carbono (CO), producto de la combustión incompleta de la gasolina en los vehículos de motor, está bajo control y no excedió la norma ni sólo un día en 1999; sin embargo más de 2 millones de toneladas por año son emitidas. El bióxido de nitrógeno, precursor del ozono, también está bajo control y en 1999 sólo estuvo 3 días sobre la norma. Entre 1989 y 1996 se redujeron las emisiones de NO₂ de 177,339 a 158,882 toneladas. Las partículas suspendidas totales son el segundo contaminante que con mayor frecuencia rebasa las normas. Entre 1995 a 1998 se elevó de 22 a 58 el número de días que sobrepasó la norma. En 1998, 16% de los días fueron ambientalmente malos y en mayo y junio de ese año se presentaron las primeras contingencias ambientales por partículas suspendidas que provocan irritación de ojos, lagrimeo y dolor de cabeza. Poco más de 450 mil toneladas de partículas son arrojadas por año a la atmósfera de esta ciudad. El bióxido de azufre (SO₂), ha sido controlado con efectividad desde 1993 gracias a la reformulación de los combustibles de PEMEX, la sustitución de

³¹⁰ Imeca, Índice Metropolitano de la Calidad del Aire, para medir la calidad del aire. Escala de 0 a 500 puntos de las concentraciones de sustancias contaminantes; entre 0 y 100 la calidad del aire es satisfactoria o ausencia de problemas de salud. Entre 101 y 200, calidad del aire no satisfactoria y hay afectaciones menores a la salud. Entre 201 y 300 es mala para la salud y repercute en problemas mayores, sobre todo en personas sensibles. Entre 301 y 500, es calidad del aire muy mala, síntomas severos e intolerancia aún entre gente saludable. Encima de 500 no habría quien para medir. (Lezama, J.L., *Op. cit.*, p. 461). 100 puntos IMECA corresponden a 0.11 ppm en el DF; en California, los mismos 100 puntos corresponden a 0.08 ppm. El IMECA es una copia de lo que en 1970 era la Environment Protection A de los EU y que iba de 0 a 500 puntos.

³¹¹ El ozono estuvo 251 días por encima de la norma en 1998. (Lezama, J. L., *Op. cit.*, p. 461-5).

³¹² La reformulación de la Nova y la Magna en 1990 redujo en 139 millones de litros de compuestos de hidrocarburos reactivos. (Velázquez, A. *Op. cit.*, p. 30-31).

combustóleo por gas natural en las termoeléctricas, el cierre de la Refinería 18 de Marzo, la reducción del contenido de azufre en el diesel y el inicio del cambio de combustóleo por gasóleo en la planta industrial. De más de 200 mil toneladas de SO₂ que se emitían en 1989 la cantidad se redujo a poco más de 26 en 1996.³¹³

En 1989, 4.4 millones de toneladas de contaminantes fueron vertidos a la atmósfera de la ciudad; 8.4% provenientes de fuentes fijas (industria y servicios), 76.7% de fuentes móviles (transporte) y 15% naturales. El 73.7% del total de emisiones correspondió al monóxido de carbono. Para 1996, 2.77 millones de toneladas fueron descargadas, con menores volúmenes de ciertos contaminantes con relación a 1989 y 1994 y también cambiaron las fuentes. Entre 1990 y 1998 hubo una leve mejoría de la calidad del aire, con la disminución del bióxido de azufre y del monóxido de carbono así como la casi total desaparición del plomo al ser eliminado de las gasolinas. Sin embargo aún se mantienen altos los niveles de hidrocarburos, de los óxidos de nitrógeno (suficientes para llevar a cabo reacciones fotoquímicas) y del ozono, que se mantiene fuera de control y viola las normas 60% de los días del año.³¹⁴

En 1999 hubo una mejoría en cuanto a contingencias ambientales y en la calidad del aire. Durante 65 días esta última fue aceptable en cuanto a que el ozono no rebasara los 100 puntos IMECA (en 1990 sólo fueron 37 días) pero los otros 300 días estuvieron por encima de la Norma, mientras que lo tolerable es estar expuesto una hora al día en un año. Durante ese año hubo 90% menos exposición a partículas contaminantes menores a 10 micras y 360 días sin contingencia ambiental. También se duplicó el área verde urbana por habitante (de 3.6 a 7 m²)³¹⁵ y se registro 70% menos de consulta externa y hospitalización por padecimientos asociados con la contaminación

³¹³ Lezama, J. L., *Op. cit.*, p. 465-7.

³¹⁴ *Ibidem*, p. 468.

³¹⁵ Aunque, según la ONU, en zonas urbanas deben ser 9 metros cuadrados de áreas verdes por persona. En delegaciones como Venustiano Carranza e Iztacalco el área es de sólo 40 cm² por habitante. (Mejía, F., *Op. cit.*, p. 31).

atmosférica, 40% menos de urgencias y 20% menos de síntomas menores (dolor de cabeza y garganta, lagrimeo y tos seca).” Aunque si en el AMCM se cumpliera la norma vigente de ozono se evitarían más de 20 mil admisiones hospitalarias por causas respiratorias, más de 5 mil visitas a salas de emergencia por la misma causa, casi un millón y medio de días de actividad restringida y más de 10 mil ataques de asma bronquial.”

En el AMCM se producen diariamente 17 mil toneladas de basura: 10 mil toneladas en el Distrito Federal y el resto en 17 municipios conurbados.” El 33% de la basura doméstica de no llega al confinamiento pues antes se separa y comercializa.” Actualmente, el Distrito Federal tiene 3955 industrias que producen 624995 toneladas de desechos peligrosos al año.” Los contaminantes de tipo orgánico provienen de desechos humanos, animales y vegetales, ingenios azucareros, destilerías, beneficios de café, plantas lecheras o cerveceras, rastros y empacadoras de carne, fábricas de pulpa y de papel, de tejidos, tenerías, embotelladoras de refrescos, fábricas de conservas, industrias químico-farmacéuticas y aserraderos.

³¹⁶ Restrepo, Iván, La Jornada, Lunes 17 de enero del 2000, pág. 18.

³¹⁷ Sosa, I. *Op. cit.*, p. 10B.

³¹⁸ En la década de los ochenta se acumularon más de 7 millones de toneladas de estos residuos en la ZMCM. (Mejía, F.. *Op. cit.*, p. 31).

³¹⁹ *Ibidem.*

³²⁰ Ruiz. Sara, Reforma, 20 de junio de 2002, Sección A, p. 1.

Acciones gubernamentales

“Luchamos por expulsar a la atmósfera todo lo que nos estorba pero la cruel gravedad nos lo regresa constantemente.” Gustavo Marcovich

La contaminación en el Valle de México comenzó a ser percibida como un problema serio en la década de los setenta del siglo pasado. Si bien a partir de 1973 rige en México la Ley Federal sobre la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental²²¹, es a finales de la década de los ochenta que se intenta implementar una planeación, o sea, un intento de controlar situaciones futuras mediante acciones *ex profeso* realizadas con antelación.²²²

A partir de 1988 se han saneado tiraderos, se han plantado miles de árboles, se restauró la Sierra de Guadalupe y otros 24 municipios conurbados, se han mejorado las gasolineras, se han saneado cientos de hectáreas de monte, se han combatido cientos de incendios, se han creado viveros educativos, se concluyeron tres lagunas de estabilización y otras 10 ya estaban en proceso para tratar casi 10 millones de metros cúbicos al año.²²³

En 1990 se implementó el Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica (PICCA) para la Ciudad de México. Entre las acciones que planteó se encontraban la reformulación y la distribución de combustibles más limpios para la Cuenca de México. Para lograr esto, se eliminó el uso de combustóleo con alto contenido de azufre y de gasolina con plomo y se introdujo el gasóleo industrial y el gas natural en las industrias de mayor consumo energético; también se propuso el uso de gas LP como carburante vehicular y de gasolinas con bajo contenido de compuestos tóxicos y reactivos que permitieron usar una tecnología automotriz más avanzada,

²²¹ Mejía, F., *Op. Cit.*, p. 31.

²²² Hiernaux-Nicolas, Daniel, *Historia de la planeación de la Ciudad de México*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 707.

²²³ Mejía, F., *Op. Cit.*, p. 31.

motores electrónicos de inyección de combustible y convertidores catalíticos.³²⁴ Otras medidas implementadas para mitigar la contaminación del aire en 1990 incluían: verificación semestral obligatoria de los vehículos, el programa “Hoy no circula” (que se vuelve permanente) y la instalación paulatina de convertidores catalíticos en todas las unidades nuevas del servicio público de transporte. Se rechazó el “un día sin industria”, pero se aprobó el “martes sin baños públicos”; se agregó un aditivo detergente dispersante y metil tert-butil éter (MTBE) para obtener una gasolina oxigenada y sin plomo (Magna sin); y comenzó la sustitución de combustóleo por gas natural en las termoeléctricas.

Como en el AMCM el ozono es el contaminante que viola más frecuentemente los estándares de calidad de aire mexicanos, PEMEX ha implementado acciones para reducir las emisiones de los precursores del ozono a la atmósfera, siendo la reformulación de la gasolina una de las principales acciones que ha tomado. La paraestatal se comprometió a surtir el mercado de gasolina sin plomo de alto octano, diesel totalmente desulfurado y combustóleo limpio, a partir de 1994.

El Programa de Contingencias Atmosféricas se creó a principio de los 90 para enfrentar en forma rápida la crisis ambiental por la calidad del aire, cuando la falta de vientos y la saturación de tráfico vehicular dispara los índices IMECA a niveles intolerables para la salud. De un umbral de 350 puntos, la declaración de contingencia ha disminuído con los años y ahora, para ozono, se decreta a partir de los 241 Imeccas y la intención es bajarlo aún más.³²⁵ En contingencia, se suspenden las actividades al aire libre en centros escolares y guarderías, se prohíbe la quema de todo tipo de material y se suspenden las actividades en la planta de asfalto y de bacheo así como las acciones de pintado y de pavimentación.

³²⁴ Lacy Tamayo, Rodolfo, *La gestión ambiental*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 506.

³²⁵ Sosa, I., *Op. Cit.*, p. 10B.

En 1991 se restringió la circulación de automóviles en el Zócalo; se inició el cambio a gas o diesel en procesos productivos para bajar el uso de combustóleo; se aplicó por primera vez la Fase I del Plan de Contingencias, aparecieron los bicitaxis en el Centro, se clausuraron 140 industrias contaminantes en el Estado de México así como la Refinería 18 de Marzo; se redujo el contenido de plomo en la gasolina Nova; se cerró la fábrica de papel San Rafael; se inició la sustitución de carcachas en el servicio público de transporte por taxis y se introdujeron los peseros “ecológicos”; hubo una gran reforestación y se construyó un poco más de Metro; se clausuraron más empresas contaminantes y los taxis y peseros ingresaron al Programa “Hoy no circula”. Desde 1991 todos los vehículos traen convertidores catalíticos que reducen las emisiones contaminantes en más de un 90%. Se instalaron membranas internas flotantes en los 47 tanques de almacenamiento de los productos petrolíferos que comercializa PEMEX en la ZMCM, con lo que se evita la pérdida por evaporación de gasolinas hasta en un 98% y se introdujo el sistema de recuperación de vapores en todas las terminales de recibo y distribución de hidrocarburos. Así, en pocos años se abatieron los niveles de Pb, SO₂ y CO, que eran terribles sobretodo en los meses fríos.³²⁶

En 1992 la supervisión de las industrias en la ZMCM estaba a cargo de 69 ingenieros que ganaban una miseria. En 1992 se formó la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México.³²⁷ Durante ese mismo año se aplicó el Plan de Contingencias Ambientales en su fase I y II, se inició la conversión a gas natural del transporte público y concesionado del Valle de México y se creó la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental para el Valle de México. En caso de contingencia ambiental (>350 puntos Imecas) se comenzó a aplicar el doble “Hoy no circula”. En ese año, la

³²⁶ El Nacional, 9 de noviembre de 1992, p. 30.

³²⁷ Mejía, F., *Op. Cit.*, p. 31.

zona suroeste de la capital registró el más alto índice de ozono en la historia del país que paralizó casi a la ciudad, por lo que se aplicó el programa “Hoy no circula” también en sábados y domingos (>300 puntos Imecas). La especificación para las gasolinas quedó con la siguiente composición: aromáticos 30% máximo, olefinas 15% y benceno 2%; y se redujo la presión de vapor Reid (PVR) a un intervalo de 6.5-8.5 en la nova; para invierno, la composición quedó como sigue: aromáticos 25%, olefinas 12% y benceno 1.5%. También se introdujo el Diesel-Sin. En 1993, las dos entidades, Distrito Federal y Estado de México, crearon cinco comisiones: de agua y drenaje, de transporte y vialidad, de seguridad pública y procuración de justicia, de asentamientos humanos, y de medio ambiente.”

En 1994 se decretó la Norma Oficial Mexicana NOM 086 que indicaba la calidad del combustible: aromáticos 30%, olefinas 15% y benceno 2%. Las estrategias invernales fueron las más importantes porque redujeron los hidrocarburos reactivos durante el invierno. En 1994 no hubo registros de ozono sobre 0.35 ppm como en los años anteriores, pero los días con calidad de aire satisfactorio bajaron 57% con respecto a 1993 y los días con aire no satisfactorio y malo subieron 6 y 7% respectivamente. Por otra parte, el número de horas con calidad de aire no satisfactoria o mala se redujeron en 8 y 68%, respectivamente, con respecto a 1991.” En ese año ya circulaban 22 mil automotores “limpios” —eléctricos, con conversión a gas y autobuses escolares y de transporte de personal- pero los materialistas y las motocicletas eran viejas, con rezago tecnológico.”

En 1995, se crea la Comisión Ambiental Metropolitana y el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México (Proaire) que se fija 94 acciones en

³²⁸ Hiernaux-Nicolas, D., *Op. Cit.*, p. 708

³²⁹ Preciat Lambarri, Eduardo y Contreras Prado, Sergio, *Delegación Cuajimalpa de Morelos*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 567.

³³⁰ Ramos, Claudia, *Reforma*, 21 de abril de 1994, Ciudad y metrópoli, p. 7B.

cuatro metas: industria limpia, vehículos limpios, transporte eficiente y nuevo orden urbano, y recuperación ecológica. Este programa se aplica en todo el DF y en 18 municipios conurbados del Estado de México.”

En cuanto a la planificación, en 1996 se firma el Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal y en 1998 el Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México, propuesto inicialmente por el Estado de México y avalado por el Gobierno del Distrito Federal, que es un marco de referencia normativo que guía la intervención de ambos gobiernos donde se establecen los lineamientos generales para el desarrollo de la metrópoli a largo plazo.”

Con todas estas acciones se logró reducir la concentración de Pb, CO y SO₂ a niveles inferiores a los límites máximos permisibles de calidad del aire y se detuvo la tendencia creciente de la concentración de ozono dada a fines de los ochenta y principio de los noventa. Sin embargo, la concentración de PM10 se volvió un asunto crítico a partir de las sequías e incendios de 1997 y 98.”

El Gobierno de la Ciudad de México ha reforzado la política y las acciones en coordinación con el gobierno del Estado de México mediante acciones como: fortalecimiento de la Comisión Ambiental Metropolitana, aprobación de Nueva Ley Ambiental, aplicación de nuevos programas de contingencia ambiental y de verificación vehicular mucho más estrictos”, aumento del número de verificaciones ambientales a la industria, combate a la corrupción en la verificación vehicular -en verificentros y calles- e industrial, sustitución de combustibles en vehículos oficiales, intensa reforestación urbana, mejor control de incendios forestales y una campaña de concientización del público de estos temas. Se aplicó la Normatividad sobre seguridad del manejo de gas

³³¹ Lacy T., R., *Op. cit.*, p. 506.

³³² Hiernaux-Nicolas, D., *Op. cit.*, p. 710.

³³³ Lacy T., R., *Op. cit.*, p. 506.

³³⁴ En el primer semestre de 1999 se verificaron 1,545,908 vehículos y se sancionaron 46 de los 70 centros de verificación existentes. (La Jornada, 6 de diciembre de 1999, p. 12).

natural en las instalaciones vehiculares y en la construcción y operación de estaciones de servicio, se inició la sustitución de convertidores catalíticos y la detección y detención de vehículos ostensiblemente contaminantes. Todo esto gracias a la cooperación, voluntaria y obligada, de los defensores.

En 1999 se plantaron 14 millones de arbolitos de 11 especies nativas de la cuenca en aproximadamente. 11 mil hectáreas que rodean la ciudad, más de 2.7 millones de árboles y plantas en camellones, glorietas, parques y jardines. Actualmente la ciudad cuenta con 38 mil hectáreas de bosque para 8.5 millones de habitantes³³⁵ y cada habitante cuenta con 7 m² de áreas verdes en promedio. También se emprendieron acciones contra incendios como vigilancia, cajeteo, brechas, quemas controladas, líneas negras, caminos, chapoteo, cercado y poda, con lo cual se logró reducir el índice de hectáreas incendiadas en un 85% respecto a 97-98 y sólo se presentaron 434 incendios en 1999 contra los 1932 acontecidos en 97-98.³³⁶ También se estableció la Dirección General de Educación Ambiental para difundir la cultura ambiental y se adecuaron tres centros con talleres y visitas guiadas: Ecoguardas (kilómetros 55 de la carretera Ajusco-Picacho), Acuexcómatl (poblado de San Luis Tlaxialtemalco en Xochimilco) y el Centro de Educación Ambiental de Santa Catarina en Tlahuac.³³⁷

El 11 de febrero de 2002 la Comisión Ambiental Metropolitana presentó el Programa para mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010 (conocido como Proaire III) que se propone implementar 89 medidas de educación ambiental, fortalecimiento institucional, protección de la salud, de control y prevención de la contaminación en el transporte, industria y servicios, así como de conservación de los recursos naturales. El programa mantiene, amplía y

³³⁵ La Jornada 6 de diciembre de 1999, p. 12.

³³⁶ GDF, 7 diciembre de 1999.

³³⁷ La Jornada 6 de diciembre de 1999, p. 12.

adiciona a las medidas instrumentadas en los anteriores programas de saneamiento atmosférico (PICCA 1990-94 y Proaire 1995-2000).”

A pesar de la relativa mejoría, los niveles de contaminación atmosférica en la ZMVM continúan en niveles inaceptables, sobre todo por ozono y otros oxidantes fotoquímicos. Entre los principales problemas se encuentran las transas en los talleres que realizan la verificación y que muchos ya ni verifican, no se desarrolla más transporte público eficiente y el parque vehicular envejece, circulan 1,4 millones de vehículos anteriores a 1991, porque no se compran más coches nuevos por falta de dinero. En el primer semestre del 1997 verificaron 2 millones 32 mil vehículos en el DF y en el primero del 2000 sólo 1 millón 407 mil. Los 625 mil que no lo hicieron obtuvieron su calcomanía en verificentros del Estado de México, donde es más fácil, en el mercado negro de hologramas robados o ni siquiera traen engomado y no son sancionados. La Secretaría de Comunicaciones y Transporte se rehúsa a que los camiones de carga a diesel con placas federales realicen la prueba de emisiones en verificentros del DF o del Estado de México, siendo que la combustión del diesel es una de las principales fuentes emisoras de PM2.5.”

Mientras tanto, aumenta el número de vehículos en circulación, el total de kilómetros recorridos y el consumo de combustible, lo que puede acabar con los avances. Se ha bajado la guardia e inclusive hay quienes pugnan por desaparecer el programa Hoy no circula con lo que aumentaría en 500 mil el número de vehículos en la calle y en 16% el volumen de contaminantes.

²³⁸ Menéndez G., Fernando, Reforma, 23 de marzo de 2002, p. 6B.

²³⁹ Sosa, Iván, *Op. cit.*, p. 10B.

Percepción de la contaminación

“La ciencia y la tecnología evolucionan pero el hombre no: sigue respirando, comiendo y haciendo el amor con procedimientos irremediamente viejos. Todavía le gusta vagar por campos y bosques, nadar en lagos y ríos y vivir con la tribu y participar de sus ritos y actividades”. Van Eckardt

Las herramientas de información más elementales sobre la contaminación con las que cuenta un individuo son sus sentidos. Es a partir de estos que uno siente las molestias provocadas por la contaminación. Cabe mencionar que, en términos generales, los órganos de los sentidos del hombre no son muy agudos en comparación con los de otros animales; no obstante, dados los altos niveles con los que normalmente se encuentran algunos contaminantes en la Ciudad de México, es normal que los órganos puedan identificar algunos de ellos.

Los sentidos son la base de cualquier ciencia -la química en especial es la ciencia de los sentidos- y el sentido común debería ser la base de todo lo que realiza el hombre. Todo lo que el hombre percibe a través de ellos es procesado en su cerebro, donde complejos mecanismos traducen las sensaciones en problemas y soluciones. La esencia de los sentidos son las comparaciones: sentimos que el aire está contaminado porque hemos respirado mejor aire en otras ocasiones, vemos con preocupación el cielo gris porque sabemos que el cielo debe ser azul y nos sentimos mal por la contaminación porque en otras ocasiones nos hemos sentido mejor. La contaminación está relacionada con la sensibilidad cultural de los individuos y con la percepción personal del medio. Los sentidos utilizan nuestro cerebro como archivo de recuerdos para comparar lo que sentimos con lo que nos gusta o no. Lo que para unos resulta hostil para otros es y será algo normal hasta que conozca algo diferente.

Los sentidos se pueden clasificar en: a) físicos, es decir, el oído y la vista, pues ambos reaccionan a estímulos físicos, como son las ondas sonoras y las radiaciones del espectro electromagnético, respectivamente; b) fisicoquímico, el tacto, que reacciona a estímulos físicos, como la presión y el calor, y químicos, como irritaciones y quemaduras y c) químicos, el gusto y el olfato, porque son estimulados por sustancias químicas. En el gusto, tales sustancias están en solución líquida que bañan la lengua; y en el olfato en gases que absorben las células receptoras de la nariz.

Gran parte de nuestra experiencia cotidiana tomo lugar dentro del intervalo de nuestros sentidos. No hay manera de entender el mundo sin detectarlo primero a través del radar de nuestros sentidos. Fuera de nuestros sentidos está lo imperceptible, pero visible para nuestro cerebro, aunque podemos extender nuestros sentidos con ayuda de aparatos como microscopio, estetoscopio, robots, satélites, anteojos.

En la ciudad todos los sentidos están en acción y la imagen que tenemos de ella es una combinación de todos ellos. La ciudad debe ser un deleite cotidiano, el lugar donde queremos vivir. La Cuenca de México es una mezcla de suciedad, humo, calor, frío, lluvia, congestión caos, violencia y monotonía. A estas alturas ya nadie puede ver a su ciudad con ojos de turista.

“Sentir” proviene del latín *sentire*, del indoeuropeo *sent-* dirigirse, ir, avanzar mentalmente.³⁴⁰ Es un dictamen, un parecer. Es experimentar sensaciones producidas por causas externas o internas.³⁴¹ Aparte de percibir la contaminación directamente, los medios de comunicación nos hablan de ella permanentemente hasta el punto de que ya ha llegado a formar parte de casi cualquier conversación en la que se ven involucrados los habitantes de la Ciudad de México. En las escuelas de educación básica ya es parte inseparable del temario de estudios y en cualquier campaña política no puede estar

³⁴⁰ Ackerman, D. *A natural history of the senses*, p. xvii.

³⁴¹ Diccionario Enciclopédico Abreviado.

ausente. Pero si se habla tanto de este asunto es porque nos han hecho saber que representa un riesgo, es decir un peligro para la salud y hasta para la propia sobrevivencia.

El riesgo³⁴² se expresa en términos de probabilidad, motivo por el cual se crea una gran confusión entre la población. Es una probabilidad porque los seres humanos no son todos iguales, ni siquiera los conejillos de india, y por tanto no responden de la misma manera a exposiciones similares. Pocas personas son idénticas a la llamada "persona promedio" a la cual se refieren los expertos en riesgo. Para cada peligro específico generalmente hay grupos de personas en mayor riesgo que otras. Esto se debe a las diferencias de edades y en la forma en que funcionan los organismos así como diferencias en las formas de vida y en los sitios donde vive la gente (lo cual afecta la dosis recibida y la respuesta a ella). En una ciudad contaminada los niveles de contaminación del aire pueden variar bastante de una cuadra a otra. En esta ciudad el riesgo de morir aplastado por un coche es mucho mayor al de morir por sus emisiones tóxicas. Inclusive hay muchas situaciones en las que nos exponemos voluntariamente a algún peligro ambiental porque obtenemos algún beneficio al hacerlo. Por ejemplo, vivimos en una ciudad contaminada porque nos representa mayores ventajas que vivir en cualquier otro lugar o porque aquí está nuestro trabajo o nuestros amigos. La comparación inevitable costo-beneficio nos debe ayudar a obtener los mismos beneficios a un costo menor. El riesgo presenta dos dimensiones: probabilidad y magnitud. La probabilidad nos indica como podríamos responder ante cierto contaminante. La magnitud nos dice que tan severa será la respuesta. La noción de riesgo es compleja y sutil, con aspectos altamente subjetivos y dependientes de nuestras propias percepciones.

³⁴² Harte, J., *Op. cit.*, p. 5-8.

El daño al cuerpo (o su respuesta) como consecuencia de una dosis específica puede formularse de muchas maneras diferentes, porque hay muchas dimensiones de la salud humana y de su degradación. Algunas de las expresiones más comúnmente encontradas sobre el riesgo son:³⁴³

- La probabilidad de que una persona expuesta al contaminante contraerá una enfermedad en particular en alguna ocasión durante su vida (en un intervalo de tiempo específico, tal como en el año siguiente a la exposición).
- La probabilidad de que la persona expuesta contraerá una enfermedad en particular y eventualmente morirá por ello.
- El número promedio de años de vida que la persona expuesta podrá perder como resultado de la exposición.
- El número promedio de días de trabajo que una persona se puede perder a causa de la exposición.
- La reducción en alguna medida del rendimiento como resultado de la exposición (por ejemplo, del rendimiento deportivo de los escolares).

Para determinar el grado y tipo de peligro que puede asociarse con la exposición a cualquier sustancia, se han desarrollado muchos estudios epidemiológicos y experimentos diferentes. La EPA y la OMS evalúan los informes de tales estudios e, idealmente, desarrollan regulaciones y recomendaciones adecuadas para limitar la exposición humana a las sustancias tóxicas individuales.

Los compuestos químicos que pueden causar daños son respirados, tragados o esparcidos sobre la piel. La gente raramente cae en agonía como resultado de la exposición a sustancias tóxicas, a los niveles normalmente encontrados en el ambiente,

³⁴³ *Ibidem*, p. 16.

aunque puede darse el caso. Sin embargo, la presencia de compuestos tóxicos en el ambiente provoca serios problemas en la salud humana, en su calidad de vida.

Las sustancias tóxicas no dañan de igual manera a todos los sistemas de órganos con los que entran en contacto. Cada órgano es susceptible a ser dañado por ciertos compuestos específicos; estos sitios sensibles son llamados “órganos blanco”, donde el compuesto tiene el mayor potencial dañino. La cantidad del compuesto químico que entra en contacto con el órgano blanco depende mucho de si fue respirado, tragado o absorbido por la piel.

Algunas personas son mucho más sensibles que otras a la exposición a ciertas sustancias. Se estima que el 20% de la población está en riesgo especial por ciertas sustancias a las que tienen una sensibilidad particular o alergia. Algunas personas pueden reaccionar violentamente a unas sustancias que para otras personas pasan inadvertidas. La gente puede ser sensible a sustancias específicas sin llegar a ser alérgica a ellos. Las diferencias genéticas, las anomalías genéticas, el consumo de bebidas alcohólicas y drogas, la edad y los embarazos provocan que algunas personas sean particularmente sensibles a ciertas sustancias. Algunas personas metabolizan las sustancias más rápido que otras. Cuando una persona absorbe una sustancia para la cual no tiene enzimas disponibles para procesarla, se enferma. Existen cerca de 100 condiciones en las cuales las enzimas responsables de metabolizar proteínas, vitaminas, grasas u otros compuestos químicos se han perdido.

La edad también puede influir en la sensibilidad de una persona ante los compuestos tóxicos. El sistema enzimático subdesarrollado de los infantes los hace más sensibles que los adultos. Los niños también corren más riesgo que los adultos a desarrollar cáncer durante su vida por la exposición a compuestos cancerígenos porque tienen más tiempo para vivir expuestos y posiblemente porque sus células se dividen

más rápidamente que las de los adultos. Los ancianos también pueden resultar más sensibles a los compuestos tóxicos. La vulnerabilidad aumenta por enfermedades persistentes, tomar drogas durante mucho tiempo y la reducción en la capacidad para disminuir los daños provocados por las sustancias químicas. Fumar, consumir alcohol en exceso, la falta de ejercicio, el uso de medicamentos así como el uso recreacional de drogas y ciertas enfermedades pueden incrementar las molestias o tener efectos debilitantes ante algunos tóxicos. El estado general del cuerpo ante la exposición tiene influencia sobre la cantidad del compuesto químico que es absorbido, qué tanto llega al órgano blanco y sobre qué tan rápido es eliminado.³⁴⁴

En resumen, la contaminación no produce los mismos efectos sobre toda la población. Los pobres y los marginados están más expuestos, en general, a mayores niveles de algunos contaminantes atmosféricos, residuos peligrosos, suelos contaminados y a pesticidas en zonas agrícolas. Asimismo, la sensibilidad cultural condiciona el grado de molestia que provocan los diferentes tipos de contaminantes. Al margen de lo que pueda reportar la academia o los medios de comunicación, cada ciudadano percibe de manera autónoma lo que contamina la ciudad, el grado en que le molesta y el nivel de acciones que emprende para combatir el mal.

³⁴⁴ *Ibidem*, p. 38-42.

Perspectivas

Contaminar es romper el equilibrio de los ecosistemas. El hombre lucha incesantemente por subyugar a la naturaleza y ha alterado irreversiblemente su relación con el medio a tal grado que en su demencia olvida que es parte indisoluble de la naturaleza. La contaminación debería ser simplemente algo fuera de lugar si se observasen las leyes que rigen el equilibrio de los ecosistemas y de la biosfera.

Para solucionar el problema se debe comprender primero que una vez que los contaminantes alcanzan el aire, es casi imposible eliminarlos y que, obviamente, la mejor manera para evitar que el aire se contamine es controlar la fuente de contaminación.

La ciencia y la técnica hacen su parte. La mejor tecnología industrial disponible de 1976, por ejemplo generaba en promedio 80% más contaminación que la mejor tecnología de 1990. El problema es la industria pequeña que no cuenta con los medios económicos ni el apoyo gubernamental para controlar y eliminar sus emisiones. Otro caso es el de los automóviles nuevos que emiten el 10% de los que emitía uno de 1970. La industria eléctrica debe funcionar con gas natural de combustión limpia. Se deben usar solvente, pinturas y adhesivos que minimizan la contaminación. En coincidencia con Lefebvre, "la estrategia conlleva un artículo esencial: el empleo óptimo y máximo de las técnicas (de todos los medios técnicos) en la solución de las cuestiones urbanas, al servicio de la vida cotidiana, de la vida urbana".³⁴⁵

Las regulaciones ambientales y las acciones gubernamentales deben enfocarse plenamente en eliminar del medio todas las acciones que ponen en peligro la salud o la vida, en principio, y, en la medida de lo posible, las que simplemente molesten a los ciudadanos. En términos generales la calidad del aire ha mejorado en los últimos años, o

³⁴⁵ Lefebvre, H., *Op. cit.*, p. 248.

de menos no ha empeorado, gracias a las medidas tomadas por los diversos gobiernos que han pasado en estos años y a la cooperación de los ciudadanos, pero se requiere atacar los focos contaminantes a fondo y erradicarlos; en vez de ir solucionando los problemas de a uno y superficialmente.

Los habitantes de esta ciudad deben cooperar de manera más activa porque finalmente de lo que se habla es de su bienestar. Medidas tan sencillas como no fumar, usar con cuidado las sustancias químicas, no desperdiciar energía eléctrica, mantener en buen estado las instalaciones de gas y los aparatos que lo usan, evitar el uso del automóvil cuando sea posible, manejar de manera correcta los residuos domésticos y no tirarlos en la calle ni banquetas o camellones, sustituir los productos peligrosos como solventes o pesticidas con otros más amables, no ensuciar o contaminar el agua, respetar y cumplir con la normatividad ambiental y en su caso ayudar a perfeccionarla. Es de vital importancia la difusión de los conocimientos, porque el conocimiento general de la calidad del medio ciertamente tendrá un efecto positivo sobre él en poco tiempo, y la exigencia permanente por un medio mejor.

Para Barbara Ward, “es una característica bastante general de la naturaleza humana el que los hombres traten de evitar el trabajo agotador y monótono, que les guste la comodidad, que les fascinen las posesiones personales y que les guste pasarlo bien”,³⁴⁶ pero, ¿qué pasaría si los siete mil millones de habitantes pretenden vivir como estadounidenses, japoneses o europeos? ¿Si todos quieren tener automóviles y deciden querer vivir en las ciudades? Es difícil de imaginar porque pareciera que el mundo está planeado para que siempre existan desigualdades. La misma Ward indica que “Los dos mundos del hombre —la biosfera de su herencia y la tecnósfera de su creación— se encuentran en desequilibrio y, en verdad, potencialmente, en profundo conflicto. Y el

³⁴⁶ Ward, Barbara y Dubos, Rene, *Una sola tierra*, p. 37.

hombre se encuentra en medio. La especie humana está frente a una crisis nunca antes vivida y difícilmente imaginable.”³⁴⁷

La humanidad ha olvidado el principio básico de la ecología: “todo y todos están interconectados”. En un espacio cerrado, como en la Tierra, no hay consumidores, sólo usuarios de materiales. O sea que nunca podremos realmente tirar nada afuera. Los contaminantes no son un mal divino sino que salen de productos de uso humano: “por y para el hombre”. Para combatir es necesario saber contra quién y ponerle nombre porque, como dijo Agrícola, “aquel que desea instruir a otros debe conferirle a cada cosa separada un nombre definido”.

³⁴⁷ *Ibidem*, p.43.

CAPÍTULO IV. CONTAMINACIÓN AUDITIVA

“Allá, por sobre el ruido y el peligro, reina la Dulce Paz coronada de sonrisas”.

H. Vaughan

Históricamente, el ruido es el resultado del desarrollo del transporte y la electrónica, sin olvidar el golpeteo sobre yunques que precedió al de las máquinas que comenzó en la revolución industrial. Es cierto que la primera invención del hombre, tal vez la más grande, fue la expresión hablada, la capacidad de comunicarse mediante el lenguaje, mediante sonidos convertidos en palabras con un significado de común acuerdo y, durante decenas de miles de años, el lenguaje ha constituido la herramienta más útil del hombre²⁴⁸, pero el estrés proveniente de la imposibilidad de escapar a las incesantes voces humanas apareció desde que el hombre comenzó a aglomerarse en ciudades.

El ruido es bastante subjetivo y se caracteriza por provocar sorpresa, temor e indignación. Cuando un objeto se mueve sacude las moléculas de aire que lo rodean y se produce un movimiento de moléculas en cadena en forma de ondas que viajan en todas las direcciones. Al penetrar estas ondas a nuestros oídos se producen sonidos o ruidos, según nuestra sensibilidad. Evidentemente, todos los ruidos son sonidos pero, como McClachlan lo definió “el ruido es un sonido en el momento equivocado y en el lugar erróneo”. En resumen: molesta.

²⁴⁸ El lenguaje hizo posible las actividades organizadas en grupos y clanes y constituyó la base de estrategias comunes para la caza y la trampa. Estuvo en los principios del encantamiento y del ritual, de la poesía y del relato de historias. (Ward, B. y Dubos, R., *Una sola tierra*, p. 33).

Los sonidos

“Dios dio al hombre dos oídos pero una sola boca, así el hombre puede oír el doble de lo que habla.” Epteto

Un sonido se origina por la vibración de moléculas de aire producida por el movimiento de un objeto. Así se forman ondas con una cierta frecuencia (el número de compresiones y relajaciones en cada segundo), que oímos como tonos: cuanto mayor la frecuencia, más alto el tono que escuchamos. Los sonidos sólo se oyen cuando las vibraciones en el aire estimulan las terminaciones nerviosas del oído interno. El espacio exterior es silencio, o de menos inaudible para el ser humano, pero en la Tierra casi todo puede producir sonidos.

Los sonidos pueden diferir en su tono y volumen. Cuanto más rápida sea la vibración en el aire, mayor el tono; cuanto mayor sea el aire movido en cada vibración, más fuerte el sonido. Cuanto mayor sea el tono del sonido, más fuerte lo escuchamos. El volumen percibido se duplica, aproximadamente, cuando el nivel del sonido aumenta 10 decibeles. Los decibeles (dB) son las unidades utilizadas para expresar la intensidad o el volumen del sonido y conforman una escala que inicia en cero, el silencio absoluto. En una habitación tranquila la intensidad del sonido es de 30 a 40 dB, en la calle con mucho tráfico de 70 a 90 dB y el golpeteo de un martillo neumático produce 130 dB, punto donde comienza el umbral del dolor para el oído. Algunos valores típicos de decibels para sonidos comunes se enlistan en la Tabla 3.³⁴⁹

La escala de decibeles es comúnmente utilizada para expresar niveles de ruido en el ambiente. La intensidad física del sonido se mide en unidades de vatios por metro cuadrado (W/m^2). Esto es una medida de la intensidad de la energía que fluye asociada

³⁴⁹ Biddle, W., *A Field Guide to the Invisible*, p. 102 y Lezama, José Luis, *Contaminación auditiva y visual*, en Garza, Gustavo (coord.), *La Ciudad de México en el fin del segundo Milenio*, p. 483.

con la onda de sonido. Cada incremento de 10 veces en la intensidad del sonido corresponde a una adición de 10 al valor de decibeles del volumen. Por ejemplo, una intensidad de sonido de 1 mW/m^2 corresponde a 90 decibeles, mientras que 10 mW/m^2 corresponden a 100 decibeles.

Tabla 3. Decibeles de algunos sonidos comunes³⁵⁰

Sonido	Decibeles
Límite de la percepción humana normal	0
Crujido de hojas	10
Susurro, murmuró	25
Rasuradora eléctrica	50
Conversación típica en un sitio cerrado	60
Jalar el baño, ruido del mar	65
Teléfono	70
Fábricas, estruendo del tráfico en la calle	85
Aspiradora típica	85
Podadora de césped (oída por el operador)	95
Motocicleta con el escape abierto	110
Avión (a 65 metros de distancia), discoteca o concierto de rock	120
Orquesta completa tocando fortísimo, disparos de pistolas y rifles	130
Sirena de ambulancia	150
Despegue de cohetes espaciales	175

Los sonidos viajan a través del aire en ondas de presión a 335 metros por segundo, velocidad mucho menor a la de la luz (300 millones de metros por segundo). Por esto durante una tormenta se aprecia primero el relámpago y se oye el trueno unos momentos después.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

³⁵⁰ Ortiz M., F.. *Tierra profunda: historia ambiental de México.*, p. 252.

Ultrasonido o sonido de alta frecuencia

“Más sordo que el que no quiere oír es el que oye todo.” Gustavo Marcovich

El sonido es caracterizado por la frecuencia, o tono, y la intensidad. Para que el sonido pueda ser oído debe alcanzar cierta intensidad, que es otro nombre para sonoridad. El sonido que posee una frecuencia mayor que el límite que un humano normal escucha es llamado ultrasonido. Este límite es de aproximadamente 20 mil ciclos por segundo, o alrededor de uno y medio octavos por encima de la nota más alta del piano. Debido a que las ondas de sonido poseen energía, cuando un ultrasonido de alta intensidad es absorbido por cualquier objeto material, como el cuerpo humano, la energía de la onda puede calentar el objeto e inclusive deformarlo. Cuando mayor sea la intensidad del sonido mayor el calentamiento y la deformación.

El ultrasonido es ruido con un tono demasiado alto para que lo oigan los humanos. Los aparatos caseros que usan ultrasonido y el aumento de las aplicaciones del ultrasonido en medicina están exponiendo a más gente a él. Como sucede con la radioactividad, algunas exposiciones al ultrasonido producen beneficios substanciales, mientras que otras exposiciones resultan innecesarias. El conocimiento sobre los peligros por la exposición es primitivo, pero parece prudente evitar los altos niveles de exposición.

A excepción de los murciélagos que producen ultrasonidos para volar y de los ladridos de los perros que contienen ultrasonidos que pueden ser oídos por otros perros pero no por las personas, los niveles de ultrasonido en el medio ambiente natural son despreciables. Aunque existen usos menos conocidos del ultrasonido en los hogares y en aparatos de trabajo, incluyendo algunos tipos de localizadores de distancia automáticos en cámaras, controles remotos de televisión, abridores automáticos de puertas, alarmas anti-robo y equipos para monitorear el flujo de líquidos. El ultrasonido

también se usa mucho en medicina, particularmente para examinar la posición y el tamaño de los fetos durante el embarazo.

Los síntomas por la exposición al ultrasonido a intensidades mayores a las encontradas por los aparatos domésticos incluyen irritabilidad, dolor de cabeza, náuseas, zumbido persistente en la oreja, dolor por un calentamiento localizado en un tejido y alteración de los niveles de azúcar en la sangre. Hay evidencias de que el ultrasonido de alta frecuencia puede retardar el crecimiento de los huesos, provocar contracciones musculares y alterar la actividad tiroidea. Los peligros biológicos del ultrasonido parecen ser sinérgicos con los de los rayos X; en otras palabras, el daño total por la aplicación conjunta de ultrasonido y rayos X es mayor que la suma de los daños ocasionados por los dos aplicados separadamente. A los niveles encontrados normalmente en la casa, no hay evidencias convincentes de que existan daños a la salud. Algunos estudios indican que la aplicación del ultrasonido durante embarazos puede provocar nacimientos de niños con menor peso.

Se debe evitar exámenes de ultrasonido innecesarios y se deben desarrollar equipos médicos que produzcan la intensidad mínima necesaria para el objetivo. Los aparatos caseros, como las alarmas anti-robo que usan ultrasonido deben apagarse cuando no se usan. Puede ser que el ultrasonido casero cause daños psicológicos en las mascotas.

La intensidad del ultrasonido es generalmente expresada tanto en la escala de decibeles como en unidades de W/cm^2 . La frecuencia del sonido es expresada en unidades de ciclos por segundo, o Hertz. Una frecuencia de 20 mil ciclos por segundo puede denotarse como: 20000 cps, 20000 Hz o 20 KHz. El límite para la gente que siente dolor por el calor generado por las ondas de sonido absorbidas es $3 W/cm^2$ y el límite letal para la gente es de $100 W/cm^2$. En el intervalo de frecuencias cerca o sobre

los 20 KHz, la pauta de intensidad es fijada a 110 decibeles, que corresponde a 0.1 mW/cm².³⁵¹

La audición

“Las melodías que oímos son dulces, pero las que no oímos son más dulces” Keats

“Absurdo” proviene del latín *surdus* que significa “sordera o silencio”, que a su vez viene del árabe *jadr asma*, una “raíz sorda”, que deriva del griego *alogos*, “callado o irracional”. Entonces, para los antiguos, al perder el oído se pierde el hilo de la vida. El sentido del oído nos previene de los peligros, nos acerca a las voces queridas y nos permite ver hacia los costados, hacia atrás y en la oscuridad, es una cualidad geográfica. Los sonidos pueden ser localizados en el espacio e identificados por tipo, intensidad y otros factores.

Los sonidos viajan como ondas sonoras hasta los oídos y allí hacen vibrar la membrana llamada tímpano que a su vez mueve tres huesos llamados martillo, yunque y estribo, que son los huesos más delgados del cuerpo. Aunque la cavidad en la que se encuentran es tan sólo de alrededor de un centímetro de ancho y de medio centímetro de profundidad, el aire atrapado en el tubo Eustaquiano (que controla la presión del aire) es el que produce el efecto por el cual los buzos y los pasajeros de aviones sufren cuando cambia la presión del aire. Los tres huesos presionan el fluido (coclea) en el oído interno contra otra membrana (la ventana oval), la cual es como una brocha de finos pelos que alteran las células nerviosas que telegrafían mensajes al cerebro y así oímos. No parece ser una ruta particularmente complicada, pero en la práctica se sigue un camino elaborado que parece como un golfito enloquecido, con volutas, ramificaciones, vueltas circulares, paradas, palancas, sistemas hidráulicos y recovecos.

³⁵¹ Harte, John, *Toxics A to Z*, p. 370.

De esta forma, los sonidos se transmiten hasta el cerebro en tres etapas. Primero el oído exterior actúa como un embudo que capta y dirige los sonidos. Luego, cuando las ondas de sonido golpean el tímpano (tambor en forma de abanico), este mueve el primer pequeño hueso, cuya cabeza encaja en el hueco en forma de copa del segundo, que a su vez mueve el tercero, el cual presiona suavemente como un pistón contra el oído interno lleno de fluido. Es éste hay un tubo en forma de caracol, que contiene vellosidades cuyo propósito es enviar señales a las células nerviosas auditivas. Finalmente, al vibrar este fluido, los vellos se mueven, excitando las células nerviosas que envían la información al cerebro. Así, el acto de oír tiende puentes entre la barrera aire-agua, llevando las ondas de sonido primero como ondas de fluido y luego como impulsos eléctricos.³⁵²

Los sonidos representan una señal de alerta mucho mejor que la luz porque el sistema auditivo tiene conexiones directas con el sistema nervioso simpático y, al percibir ruidos intensos repentinos, baja la presión sanguínea y los latidos del corazón. El efecto es pequeño y desaparece después de unas cuantas repeticiones, pero ayuda a mantenernos en alerta.

El ruido

“El ruido es un hedor en el oído” Ambrose Bierce

El ruido es una forma de contaminación asociada con el aire porque es su medio de propagación. El ruido es tal bajo ciertas condiciones sociales y psicológicas que lo hacen agradable o desagradable. Un sonido se convierte en ruido según la fuente y la duración y depende de si uno está trabajando, durmiendo o en una actividad recreativa.

³⁵² Ackerman, Diane, *A natural history of the senses*, p. 176-78.

Pero lo que es un hecho es que genera incomodidad y puede llegar a afectar fisiológica y psicológicamente al ser humano.

Etimológicamente, "ruido" proviene del latín *rugitus*, rugido, aunque en inglés la palabra usada es "noise" que proviene del latín *nausea* y esta, a su vez del griego *nausia* que significa mareo o asco. Técnicamente, un ruido es un sonido que contiene todas las frecuencias, como la luz blanca. Como todos los sonidos, el ruido es provocado por la vibración mecánica de las partículas en un gas, líquido o sólido y se transmite por el aire en forma de ondas. Los ruidos que nos irritan son los sonidos con volumen suficientemente alto o punzantes como para dañar el oído, o simplemente aquellos que nos disgustan. Sin embargo, no todo el ruido es malo, a veces es una forma necesaria de comunicación, como en la conversación, la música, los aplausos, las alarmas, las sirenas o el llanto de los bebés.

El ruido definitivamente se asocia con las ciudades, en ciertas zonas el ruido es incesante, y quizá es el tipo de contaminación más peligrosa para el hombre ciudadano porque casi no se protege de él. El ruido de fondo, condición obligada de la vida moderna, es producido por artefactos domésticos de todo tipo, por los vecinos, por los camiones que pasan por la calle y por los aviones distantes; es muy difícil de controlar y, cuanto más lejana su fuente, más difícil dominarlo. Los ruidos urbanos típicos incluyen el tráfico, las bocinas y las alarmas de los coches, la industria, las actividades de construcción, el paso de camiones y aviones, la fiesta del vecino, los gritos, las palabras fuera de lugar y las cacofonías. La ciudad tiene su música de fondo: los sonidos del trabajo, de la casa, del tráfico, de las voces, del carrito de camotes. Vivimos en un ambiente de ruidos familiares y los que son extraños nos ponen en alerta. Curiosamente solemos odiar los ruidos asociados a la productividad o la tecnología (fábricas, automotores o aviones) y también los asociados a la diversión ajena.

El problema del ruido ya es muy grave e incluso se extiende más allá de las horas de vigilia y, aparentemente, ya no hay modo de escapar de él, ni siquiera al dormir. La calidad del sueño que se consigue al dormir con ruido (del tráfico o de la televisión) es pésima y conduce inevitablemente a la nerviosidad, a la falta de concentración y a una vulnerabilidad general. La forma del hábitat humano no está planeada para resolver los problemas que crea esta cacofonía creciente porque el hábitat es acústicamente anticuado.” Se está perdiendo la capacidad para diferenciar el ruido del sonido, lo que es deseable y lo que resulta inoportuno y al no conseguir dominar el ruido, el hombre trata de adaptarse a él.

Efectos en la salud

“Una de las franquicias mínimas que antes gozaba el hombre era el silencio.”

Ortega y Gasset

En el intervalo entre la audición y el dolor físico, los humanos pueden tolerar un enorme rango de energía acústica de 14 Belios, comúnmente escrito como 140 decibeles.” Sin embargo, el ruido puede provocar una variedad de problemas a la salud que van desde enfermedades físicas, auditivas, cardíacas hasta graves alteraciones psíquicas. Los síntomas incluyen molestias e insomnio hasta dolor intenso, úlceras estomacales, pérdida de audición y sordera total. Aparte del estrés directo sobre los oídos, el cuerpo responde al exceso de ruido incrementando la velocidad del corazón y la presión sanguínea. La exposición de un niño a un ruido crónico aumenta su agresividad y tiende a dañar su salud. El ruido continuo produce locura y también interfiere con la capacidad de concentración. De todos los tipos de contaminación es quizá el que causa más estragos en el sistema nervioso: es una agresión que genera agresión.

³⁵³ Chermayeff, Serge y Alexander, Christopher, *Comunidad y privacidad*, p. 100-101.

³⁵⁴ 1 belio = 10 decibeles.

Los efectos fisiológicos y patológicos del ruido son, principalmente, la fatiga auditiva, el encubrimiento, la sordera profesional y los traumatismos acústicos. La fatiga auditiva ocasiona un aumento temporal del umbral de audición debido a un estímulo inmediatamente precedente (puede aparecer a partir de los 90 dB). El encubrimiento supone la disminución de la percepción auditiva o de la audición de un ruido bajo los efectos de un ruido distinto que se superpone al anterior; es frecuente en la industria y en la vida diaria. Las lesiones del sistema auditivo provocadas por el ruido (traumatismos acústicos) se caracterizan por la pérdida irreversible, pero no evolutiva, de la sensibilidad auditiva. Pueden ser ocasionadas por ruidos muy intensos como explosiones (superiores a 140 dB). El ruido también puede provocar efectos indirectos como la alteración del ritmo cardíaco y de la tensión arterial, alteraciones del sistema respiratorio, etc. A niveles de volumen elevados afecta el sentido del equilibrio y puede llegar destruirlo de manera permanente.”

Los efectos psicológicos del ruido se manifiestan principalmente a nivel del sueño, dolor de cabeza, pérdida de apetito, estrés y molestias e insatisfacciones, como ansiedad, irritabilidad y frustración. Desde la fatiga intelectual y la depresión hasta la pérdida de la razón. Respecto al sueño, este se ve alterado a partir de los 70 dB y también por estimulaciones acústicas breves. El ruido afecta el rendimiento en el trabajo y provoca errores y accidentes laborales, también afecta el desarrollo cognitivo y el desempeño escolar de los niños (por eso en las bibliotecas se debe evitar hacer ruido). En el ámbito químico, el ruido estimula la producción del cuerpo de la hormona ACTH que es una secreción pituitaria que estimula la producción de esteroides en la glándula adrenal elevando los niveles de azúcar en la sangre.

³⁵⁵ Saint Marc, P., *La contaminación*, p. 98-100.

Los niveles de volúmenes asociados con diferentes tipos de riesgos a la salud se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Riesgos a la salud asociados con distintos niveles de decibeles³⁵⁶

Síntoma	Nivel mínimo de decibeles que provoca el síntoma
Dificultad para dormir	35
Incremento en la velocidad del corazón y la presión sanguínea; imposibilidad de dormir	70
Incomodidad, molestias, estrés	80
Pérdida temporal de la audición por una exposición prolongada	85
Umbral de dolor	110
Dolor extremo, sordera permanente si es prolongado	135

Bajo condiciones normales, en las que la contaminación por ruido no es un problema, la cantidad de potencia acústica que llega a nuestros oídos es minúscula. Medida en Vatios, una conversación normal es de tan sólo 0.00001 Vatios. Esto produce un desplazamiento de las membranas basilares en nuestro oído interno que están unidas a células sensoriales del orden de décimas de nanómetros (casi del diámetro de un átomo de hidrógeno). Si se dañan estas células nerviosas no vuelven a crecer.

Técnicamente, la pérdida de sensibilidad auditiva se divide en tres tipos: presbicusis, debido al envejecimiento normal, sociocusis, por la exposición al ruido, y nosocusis, por enfermedad. Alrededor de los 60 años en las sociedades industrializadas la mitad de los hombres sufren una reducción de alrededor de 28 dB en su habilidad para oír frecuencias cercanas a los 4000 Hz, sólo porque se están volviendo viejos. En el

³⁵⁶ Harte, J., *Op. cit.*, p. 369.

caso de las mujeres, la pérdida es de alrededor de 16 dB. En el caso de la sociocosis, el intervalo para el riesgo de pérdida de audición inducida por ruido no está muy por encima del volumen al cual normalmente hablamos, cerca de 75 dB. La nosocosis es como el caso de Beethoven quién perdió la audición por la sífilis.

Los investigadores creían que la pérdida de audición inducida por ruido ocurre solamente cuando las vibraciones del sonido dañan físicamente el oído. Pero experimentos con animales sugieren que los cambios químicos pueden ser los culpables. El ruido aumenta el nivel de ciertas enzimas en las membranas celulares del oído interno, balanceando reacciones que de otra manera matarían células sensoriales. Esto aumenta la posibilidad de "vacunas" para la sordera para los trabajadores expuestos a ruidos peligrosos.

La sordera temporal o permanente puede ser resultado de una exposición breve pero intensa al ruido. La pérdida temporal o permanente de la audición puede ser resultado de una exposición prolongada a ruidos de niveles aún moderados. La pérdida de audición generalmente ocurre en un punto que es ligeramente superior que el ruido que provoca el daño y se debe a lesiones en los nervios auditivos más que a las estructura física del oído que transmite el sonido a los nervios. La cantidad de la pérdida de audición a menudo es medida en decibeles; por ejemplo, una pérdida de 10 decibeles significa que el menor ruido que puede ser oído es 10 decibeles mayor (esto significa más alto) de lo que era antes de la pérdida. El ruido constante aparentemente causa menos daño permanente que los repentinos estallidos de ruido del mismo volumen.

El ruido fuera del intervalo nominal de frecuencias que el humano oye (de 20 hertz a 20 kilohertz) puede resultar molesto. Esto resulta más obvio en la región inferior o de infrasonidos, donde el retumbe de los camiones pesados o la vibración generada por la ventana abierta de un coche a altas velocidades puede resultar enfermante. Este

efecto ha sido usado por los científicos militares para diseñar lo que llaman armas infrasónicas no letales, que hacen que los soldados enemigos vomiten, aunque de por sí cualquier guerra resulta nauseabunda. Del otro lado, las vibraciones acústicas de baja frecuencia producen sensaciones de euforia.³⁵⁷

Una dieta baja en grasas ayuda a mejorar el oído y, por el contrario, el colesterol alto, una presión sanguínea alta, y fumar y tomar mucha cafeína limita el flujo de sangre por los oídos.³⁵⁸ Pero lo mejor para controlar la contaminación por ruido es eliminar la fuente o alejarla. Es posible bajar el volumen de la música, arreglar el ruido del motor del coche y demás. Si resulta imposible controlar la fuente, el uso de protectores para los oídos (tapones o silenciadores) puede ser el único recurso. Para niveles de ruido sostenidos por encima de 120 dB, los trabajadores de industrias deben usar protecciones especiales para los oídos. El famoso tapón de algodón no ofrece mucha protección (una reducción de 12 dB cuando mucho).³⁵⁹ Las habitaciones también pueden ser protegidas con recubrimientos acústicos; más fácilmente si la necesidad se puede anticipar durante la construcción de la casa o del sitio de trabajo.

³⁵⁷ Biddle, W., *Op. cit.*, p. 101-5.

³⁵⁸ Ackerman, D., *Op. cit.*, p. 187.

³⁵⁹ Biddle, W., *Op. cit.*, p. 102.

Regulaciones

"¡Hay que eliminar el ruido! -gritaban enloquecidos los legisladores".
Gustavo Marcovich

El progreso en la regulación de las emisiones de ruido de los aviones³⁶⁰, camiones, autobuses, motocicletas, podadoras y otros productos comerciales responsables de gran parte del ruido que la gente experimenta fuera de los sitios de trabajo, no ha resultado particularmente impresionante en las últimas décadas.³⁶¹

Dejando la sordera a un lado, las investigaciones han demostrado que la exposición crónica a ruidos por encima de 90 dB lleva a un declive general en el bienestar físico y psicológico. Muchos países han impuesto límites a la industria para controlar la exposición de los trabajadores al ruido. En la mayoría de los países la cantidad de exposición diaria permisible máxima para los trabajadores generalmente es de 85 decibeles. En otros países, como en los Estados Unidos, el límite actual es de 90 decibeles durante 8 horas al día. La OSHA (Occupational Safety and Health Administration), también de Estados Unidos, estipula que por cada 5 decibeles sobre los 90, el tiempo de exposición debe recortarse a la mitad. Entonces, para una exposición de 95 decibeles se debe limitar a 4 horas, a 100 decibeles se debe limitar a 2 horas, y así se sigue. Los ruidos repentinos deben limitarse a 140 decibeles.

Para asegurar que el 90% de una conversación sea entendible entre dos personas separadas a un metro, el ruido de fondo "blanco" de frecuencias mezcladas no puede exceder los 95 dB. En Alemania, las guías para sitios de trabajo reconocen tres límites de ruido máximo: 55 dB para tareas intelectuales (aprendizaje, concentración intensa,

³⁶⁰ En el 2001, de la flota aérea comercial mexicana total (227 aeronaves) 95 no cumplían con la norma de emisión de ruidos emitida por la SCT que entró en vigor a partir del 1 de enero del 2000. (La Jornada, 17 de Febrero de 2001).

³⁶¹ Harte, J., *Op. cit.*, 368-70.

pensamiento creativo), 70 dB para trabajo de oficina sin complicaciones y 85 dB para los demás tipos de trabajos.³⁶²

En adición a las regulaciones de los niveles de ruido en los sitios de trabajo, la *Noise Control Act* de 1972 fija cuatro políticas para proteger a los ciudadanos norteamericanos del exceso de ruido y autoriza a la EPA para fijar límites al ruido de los productos comerciales y a trabajar con la Administración Federal de Aviación para regular los ruidos de los aviones. La mayor parte del progreso en la reducción del ruido derivada de esta legislación ha sido por el diseño y operación de los aviones.

La Ciudad de México

Desde principios de los años setenta del siglo pasado, la contaminación por ruido es significativa en la Ciudad de México, alcanzando niveles de hasta 95 dB. Según la extinta Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), en 1982 en el Centro Histórico se alcanzaban niveles de 87 y 102 dB. En 1985 las delegaciones más ruidosas eran Azcapotzalco, Cuauhtémoc, y Gustavo A. Madero, y también alrededor del aeropuerto (hasta 150 dB) y en la zona industrial de Vallejo.

Hasta fines de la década de los ochenta el ruido era regulado en México pero últimamente ya no.³⁶³ El Reglamento para la Protección del Ambiente contra la contaminación originada por la Emisión de Ruido de 1982³⁶⁴, perfeccionó las normas publicadas en 1976 y presentó una reglamentación más precisa, con niveles menores y una gama más amplia de fuentes de ruido. De acuerdo con este Reglamento, que incluye infracciones por la generación excesiva de ruido, las fuentes fijas (fábricas, establecimientos de servicios, ferias, tianguis, etc.) no deben rebasar en sus horarios

³⁶² Biddle, W., *Op. cit.*, 98-106.

³⁶³ De los tres programas gubernamentales para la lucha contra la contaminación del aire (PCMA, 1979; PICCA, 1990 y Proaire, 1996), sólo el de 1979 incluye el problema del ruido, aunque de manera general; los otros programas ni siquiera lo mencionan. (Lezama, J.L., *Op. cit.*, p. 484-86).

³⁶⁴ Publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1982.

diurnos (6:00 a 22:00 horas) los 68 dB y en sus actividades diurnas (22:00 a 6:00 horas) los 65 dB. Las fuentes móviles (autobuses, automóviles, camiones y motocicletas) tienen niveles permisibles de entre 79 y 84 dB; para carga y descarga no deben rebasar los 90 dB entre las 7 y las 22:00 horas y los 85 dB entre las 22 y las 7:00 horas.” La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) de 1988, en su Artículo 155, prohíbe las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica que rebasen las normas oficiales mexicanas correspondientes.

El Instituto Nacional de Ecología (INE) publicó sus normas en 1995 con estándares para vehículos en plantas que van de los 79 a los 84 dB, según su peso bruto. En circulación los límites permisibles van de 86 a 99 dB, según su peso bruto. Para las fuentes fijas los estándares continúan siendo los mismos de 1982. Normas que aún están por encima de los límites internacionales.

El Código Penal aprobado en 1996 incluye penas de hasta 6 años de prisión y multas de entre mil y 20 mil días de salario mínimo a quienes generen ruidos que sobrepasen las normas vigentes. Sin embargo, en varios puntos de la urbe se pasan los límites porque no existe una buena vigilancia del cumplimiento de las normas ni tampoco un monitoreo sistemático de las fuentes emisoras de ruido en la Ciudad de México.

Parece que lo esencial resulta inaudible y el ruido no deja oír los sonidos. Los ruidos que antaño parecían comunes, como el alegre correr del viento y el movimiento de los árboles, el piar de los pajarillos y los ladridos de los insomnes perros, las manifestaciones del cuerpo humano, el zumbido de los insectos y a veces un insólito rebuznar o los ruidos de pollos, guajolotes, cerdos o vacas a media ciudad, las voces humanas y hasta el entrañable desmán de los trenes, hoy nos resultan sorprendentes

³⁶⁵ Algunos de los autobuses y camiones que aún circulan por esta ciudad pueden generar ruidos de hasta 120 dB.

sonidos. A cambio, nos queda un perpetuo conjunto de ruidos provenientes de televisiones, radios, coches, camiones, aviones y cuanto dispositivo encontremos para fastidiar al vecino. En este punto podemos entonces hablar de la contaminación auditiva, que esta conformada por un solo contaminante: el ruido. Huimos de él, nos tapamos las orejas e insultamos al vecino y su rara música o al dueño del coche cuya alarma no deja de sonar. Por el contrario, cuando alguien muere le ofrendamos un minuto de silencio como muestra de respeto. Ciertamente, el ruido no es el más letal de los contaminantes atmosféricos pero, en las ciudades, puede ser el más extendido y molesto.

CAPÍTULO V. CONTAMINACIÓN VISUAL

“¡Hágase la luz!; y fue la luz. Y vio Dios que la luz era buena”. Génesis

Pasamos por la ciudad sin verla y sólo nos detenemos ante escenas de terror o miseria humana. El color del cielo parece ya no importar y pocos recuerdan cuál era hace unos años; para los jóvenes el día es y siempre ha sido gris y la noche anaranjada. El color de la ciudad es básicamente triste y nadie se permite pensar en una ciudad bonita, agradable al pasearla, al vivirla. En la ciudad la noche puede ser más luminosa que el día y resulta prácticamente imposible conseguir oscuridad y, cuando se logra, da miedo. Si definimos anteriormente a la contaminación “como todo lo que nos molesta” resulta obvio que existe una infinidad de contaminantes visualmente perceptibles.

La luz

“El sentido de la ciencia es la vista”. Descartes

La luz blanca del Sol en realidad es un ramillete de rayos coloridos, que se clasifican en un espectro de seis colores. Cuando la luz blanca choca con los átomos gaseosos de la atmósfera (principalmente oxígeno y nitrógeno) así como con partículas de polvo y la humedad del aire, la luz azul, la de mayor energía del espectro visible es dispersada y el cielo parece ser azul. Esto es parcialmente cierto cuando el Sol está sobre nuestra cabeza, porque los rayos de luz viajan una distancia más corta. Los rayos rojos son más largos, y penetran mejor la atmósfera. Cuando el Sol se pone, un lado de la Tierra se aleja de él y la luz tiene que viajar una mayor distancia, en ángulo, a través de una cantidad mayor de polvo, de vapor de agua y de moléculas de aire, por lo que los rayos azules se dispersan aún más y los rayos rojos permanecen, continúan viajando. El sol se posa sobre el horizonte, aunque en realidad está por debajo de él, gracias a la refracción

que produce el doblamiento de las ondas luminosas y se produce la gloriosa puesta del sol, en especial si hay nubes que reflejan los cambiantes colores. El último color que viaja a través de la atmósfera, sin ser dispersado, es el verde, y es por eso que algunas veces aparece un destello verde justo después de que el sol desaparece.

La energía que provee el Sol a los seres vivos es básica por ser detonante del fenómeno de la fotosíntesis y para mantener la salud de los humanos. Algunas enfermedades, incluyendo raquitismo, se deben, a que los niños reciben poca luz solar y, por tanto, producen insuficiente vitamina D. La falta de luz solar también provoca depresión.

El planeta gira en el espacio a 1600 kilómetros por minuto.³⁶⁶ La llamada “noche” es el tiempo que pasamos frente a los secretos del espacio, donde vemos hacia otros sistemas solares. La noche no es la ausencia del día, es la ausencia del sol. Cuando podemos ver hacia la inacabable oscuridad, el infinito plagado de estrellas y cosas. Las únicas sombras que vemos de noche son producto de la luz de la luna o de la luz artificial, pero la noche en sí es una sombra.

La vista y los colores

“Para ver necesitamos luz pero para vivir también necesitamos oscuridad.”

Gustavo Marcovich

Los ciudadanos viven en “una jungla”, en la salvaje ciudad llena de predadores con ojos colocados al frente de la cabeza para tener visión binocular que permite buscar y atrapar a las presas. Nuestro instinto permanece alerta, observando cuidadosamente el entorno, listo para la defensa y el ataque. Aunque ya no cazamos, literalmente, el sentido de la vista sigue siendo el predominante. La vista es un sentido a distancia. Podemos divisar

³⁶⁶ Ackerman, Diane, *A natural history of the senses*, p. 244-45.

el enemigo a cientos de metros e, inclusive, a millones de kilómetros (con los instrumentos necesarios) y obtener información de él. Setenta por ciento de los receptores sensoriales del cuerpo residen en la visión³⁶⁷ y a través de la vista es como principalmente comprendemos y apreciamos el mundo. Los ojos pueden distinguir movimiento, formas, detalles y colores. Pero la visión no es privativa de los ojos sino que se conjuga con el cerebro, como lo demuestra la imaginación y los sueños.

El ojo es el órgano que se encarga de percibir las ondas de luz y las imágenes. Al frente de cada ojo está la córnea que proyecta la imagen a través de un lente que enfoca la imagen hacia el fondo del ojo hasta llegar a la retina, donde hay millones de células sensibles a la luz llamadas bastones (sensibles a la luz pero no al color) y conos (sensibles al color pero solo en presencia de luz), que responden a la imagen y envían señales al cerebro a través del nervio óptico. La pupila regula la entrada de luz mediante el iris que controla su tamaño. El ojo se divide en dos cámaras a cada lado del lente: una está llena de humor acuoso y la otra con humor vítreo. La envoltura del ojo consiste de tres capas: la esclera (lo blanco del ojo), la membrana coroide y la retina.³⁶⁸

Los ojos son órganos muy especializados y muy delicados que necesitan protección. Las cejas se encargan de evitar que el polvo o el sudor lleguen directamente a los ojos. La función de las pestañas incluye evitar que penetren partículas extrañas y rayos de luz muy intensos. Los párpados reparten de manera uniforme las lágrimas, producidas de manera continua por las glándulas lagrimales, para mantenerlos húmedos y limpios, eliminando cuerpos extraños como partículas, microbios, etc.

La imagen que llega al cerebro ofrece información sobre la forma, el color, el relieve, el tamaño y la distancia del objeto. Sobra decir que para los químicos los colores son el principio del análisis cualitativo y cuantitativo. Con una simple ojeada,

³⁶⁷ *Ibidem*, p. 230.

³⁶⁸ Farndon, John, *Encyclopedia*, p. 126.

un buen químico ya puede darse una idea de la identidad del compuesto, o al menos de qué compuesto no se trata, así como de en qué cantidad se halla presente. El color fue la base para nombrar a muchos elementos y sustancias. Para los alquimistas, dice Crosland³⁶⁹, “el color de una sustancia era una cualidad primaria o fundamental y a menudo tenía una significación simbólica profunda”. Así, el negro siempre se asociaba con la impureza, la putrefacción o la “muerte” de una sustancia.³⁷⁰ Pero no se puede olvidar que “los colores son inciertos, variables, cualidades accidentales”.³⁷¹

El cielo

“¿Y por qué tienes esos ojos tan rojos? – preguntó Caperucita al lobo chilango.”
Gustavo Marcovich

El cielo es una constante visual a lo largo de toda nuestra vida. Un complejo telón de fondo de nuestras acciones: nuestro techo de cambiantes colores. El cielo no está arriba. Comienza en el suelo y cubre la Tierra en todas direcciones. Estamos parados en el cielo. Caminamos y hacemos todo lo demás a través de él. Lo respiramos y viaja por nuestro cuerpo. Con cada respiración inhalamos millones de moléculas de cielo, lo calentamos ligeramente y lo exhalamos de regreso al mundo. Vivimos en la superficie del agua y en los más profundo del cielo.

El cielo no está vacío, contiene al aire, que mueve nuestros pulmones y provee de energía a las células, y la gravedad lo retiene en la Tierra; de otra manera se iría flotando por los confines del universo. En un kilogramo de aire hay billones de trillones de átomos, cada uno con sus respectivos electrones, cuarks y neutrinos. El aire siempre está vibrando y resplandeciente; está lleno de gases volátiles, esporas vacilantes, polvo,

³⁶⁹ Crosland, Maurice P., *Estudios históricos en el lenguaje de la química*, p. 51.

³⁷⁰ *Ibidem*.

³⁷¹ *Ibidem*, p. 96.

virus, hongos y animales, todos agitados por el ajetreado y implacable viento. También contiene voladores activos como mariposas, pájaros e insectos y voladores pasivos como las hojas de los árboles, el polen o las vainas de algodoncillo, que sólo flotan.”

En el cielo se forma el viento que moldea la superficie de la tierra, nos regala su energía, da vida mediante el traslado del polen y las semillas y “limpia” la ciudad. También allá arriba se forman las nubes de caprichosas formas y, cuando el ascendente aire caliente choca con el aire frío descendente, el agua cae y los truenos y relámpagos nos recuerdan que estamos vivos. Todavía hay quienes pueden predecir el tiempo observando el cielo.

El cielo está contaminado, uno de los efectos más notorios es la disminución de la visibilidad,” como consecuencia de la mezcla de infinidad de sustancias sólidas (polvo, hollín, cenizas, partículas, asbestos) y de gases (de la combustión de los autos, principalmente), que flotan sobre la ciudad formando esa nube conocida como “smog””, que generalmente se aplica a la contaminación fotoquímica del aire, de la cual el ozono es actualmente el principal componente. Algunos contaminantes se dejan ver directamente y otros no, pero lo que sí podemos detectar son sus fuentes, como es el caso de los desechos sólidos. A través del cielo nuestra vista también se enfrenta a variados agentes contaminantes como la basura y la publicidad que parece siempre han estado allí.

³⁷² Ackerman, D., *Op. cit.*, p. 136.

³⁷³ Se calcula una disminución en la visibilidad en el Valle de México de 12 kilómetros en 1940 a menos de 2 kilómetros en 1970. (Secretaría de la Presidencia, *Medio Ambiente Humano, Problemas Ecológicos Nacionales*, p. 46).

³⁷⁴ De la intersección de las palabras inglesas *smoke* (humo) y *fog* (niebla).

Agentes sólidos

"Niebla por todas partes. Niebla río arriba, donde corre entre los verdes islotes y prados; niebla río abajo, donde rueda, manchada, entre las hileras de embarcaciones y las contaminaciones ribereñas de una ciudad grande (y sucia). Niebla sobre los pantanos de Essex, niebla sobre las colinas de Kent. Niebla cubriendo los astilleros y revoloteando entre las jarcias de los grandes barcos... Niebla en los ojos y en las gargantas de los viejos pensionistas de Greenwich, que resuellan ruidosamente a la vera de las chimeneas..." Charles Dickens en *Bleak House*

El contaminante que más fácilmente se puede ver es el polvo. El polvo es tan viejo como la civilización e inclusive polvo somos... Ese conjunto de diminutos corpúsculos que al agruparse forman un cúmulo café grisáceo es aborrecido por la sociedad que lo trata a escobazos y, aunque de fácil exterminación, es persistente como él solo. El polvo está compuesto principalmente por partículas de tamaño superior a los 10-20 micrómetros (millonésimas de metro). En un año se pueden depositar hasta 400 toneladas de partículas de polvo en un kilómetro cuadrado." Al respirar, sólo las partículas gruesas quedan retenidas en las fosas nasales y las demás llegan a los pulmones.

El espectro de tamaños de las partículas se divide por convención a lo largo de una escala continua que va desde aproximadamente 0.001 micrómetros (μm) de diámetro hasta 100 μm , el ancho de un cabello humano. Pueden ser sólidas o líquidas, naturales o producidas por el hombre, un problema de salud o sólo una molestia. Si la atmósfera estuviera totalmente desprovista de partículas, no habría nubes ni lluvia porque el aire estaría demasiado limpio como para que el vapor de agua se condense. El polvo es definido como una suspensión de partículas sólidas mezcladas en un gas por una desintegración mecánica, como el molido o el triturado, explosiones o erupciones

⁷⁷ Aunque de peso casi insignificante, el promedio de partículas de polvo depositadas cada año en un kilómetro cuadrado asciende a 276 toneladas en Londres y a 390 toneladas en Osaka. (Senent, Juan, *La contaminación*, p. 39).

volcánicas. El hollín está formado por partículas, generalmente de menor tamaño que las de los polvos, que provienen de la quema o condensación y que no se asientan tan rápido. El humo es gas mezclado con vapores nocivos. Las neblinas están compuestas por gotas de líquido atomizadas; si están lo suficientemente concentradas como para reducir la visión, se convierten en niebla; si están compuestas por partículas que absorbieron agua, son brumas. Los aerosoles son nubes de partículas en el aire que son lo suficientemente pequeñas para que el movimiento térmico evite que se depositen.³⁷⁶

En la parte más pequeña de la escala de tamaños están unos polvos y humos metalúrgicos cuyas partículas son enjambres de moléculas más pequeñas que los virus. En la parte superior de la escala se encuentran arenas finas, nieblas, cenizas voladoras, polvos de carbón y de cemento, las esporas y el polen que pueden ser visibles para un buen observador. Las partículas mayores a los 20 μm son lo suficientemente pesadas para precipitarse de la atmósfera rápidamente. En medio de la escala se encuentran elementos peligrosos como el humo del tabaco (0.01-1 μm), el carbón negro (0.01-0.15 μm), polvos insecticidas (0.15-10 μm), humos de aceite (0.015-1 μm), smog (0.01-5 μm) y diversos compuestos acarreados por el viento.³⁷⁷

Las partículas de polvo menores a 15 μm son inhalables y las inferiores a 2-3 μm son peligrosas porque llegan a los pulmones y contienen sustancias tóxicas (sulfatos, nitratos, metales pesados e hidrocarburos poliaromáticos). Las menores de 2.5 μm (PM2.5) son las peores, toxicológicamente hablando, porque pasan de los pulmones a la sangre y se distribuyen por todo el cuerpo. Las partículas de estos tamaños se comportan como gases por lo que son respirables y, dependiendo de su tamaño, penetran hasta diversas profundidades del sistema respiratorio -las más grandes se quedan en los pasajes nasales, las más pequeñas llegan hasta la tráquea. Los

³⁷⁶ Biddle, Wayne, *A Field Guide to the Invisible*, p. 112.

³⁷⁷ *Ibidem*.

mecanismos de autodefensa del cuerpo pueden, tarde o temprano, expulsar las partículas inhaladas de tamaño mayor a 2.5 μm de diámetro, tomando desde menos de un día a meses para tal tarea. Las pequeñas acarrean altas concentraciones de sulfatos, nitratos y metales venenosos como mercurio, plomo y cromo. Cuanto más tiempo permanezcan en los pulmones, mayor posibilidad de que tales partículas pasen a otros órganos.³⁷⁸ La concentración de partículas suspendidas respirables se relaciona con la mortalidad, en especial de ancianos y niños, así como con el incremento de padecimientos cardiacos e irritación de vías respiratorias. Según los estudios de Mario Molina, cada vez que la contaminación por partículas finas aumenta 10 microgramos por metro cúbico, la mortalidad diaria en el Distrito Federal aumenta 1%, sobretodo en personas vulnerables. La mayoría de las muertes ocasionadas por el incremento de partículas menores de 10 y 2.5 micrómetros son del tipo cardiovascular, en especial en gente relativamente anciana que ya sufre de enfermedades coronarias aunque algunas muertes prematuras pueden ocurrir en infantes. Una reducción del 10% en los niveles de concentración de PM10 puede reducir la mortalidad prematura hasta en mil decesos al año en la Ciudad de México.³⁷⁹

A nivel global, alrededor de dos terceras partes de las partículas son de origen natural (como la erosión del suelo por el viento) y un tercio son culpa del hombre. Pero localmente, la relación se invierte. De uno a tres trillones (10^{12}) de kilogramos de polvo son normalmente emitidos a la atmósfera cada año. En 1982, la erupción del volcán Chichón emitió 10^{10} Kg de polvo, así como 1.2×10^{10} Kg de compuestos de azufre y una cantidad de ácido clorhídrico equivalente al 9% del presente en toda la atmósfera. En áreas urbanas la concentración de partículas puede alcanzar los cientos de

³⁷⁸ *Ibidem.*

³⁷⁹ En la Ciudad de México la concentración promedio de partículas suspendidas en 1997 fue de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Xalostoc y de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Pedregal, mientras que el máximo permisible (Imeca 100) es de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

microgramos.³⁸⁰ El aire contaminado, generalmente, está lleno de las partículas más pequeñas, las que dañan la salud.³⁸¹

Las emisiones de las carboeléctricas y de los automóviles contribuyen con la mayoría de las partículas que el hombre produce. La American Cancer Society estima que las partículas provocan más de 64 mil muertes prematuras cada año en Estados Unidos. Los residentes de las regiones más contaminadas son 17% más propensos a morir que los de las menos contaminadas. Las regulaciones controlan la concentración de partículas en el aire pero no controlan su tamaño. En la fracción gruesa³⁸², entre 2.5 y 14 las partículas atmosféricas son principalmente derivados de suelos y se componen de: silicio, potasio, calcio, titanio, hierro, aluminio y materia vegetal. A 0.2 μm hay sulfatos (el principal componente en la mayoría de las áreas urbanas), nitratos, amoníaco, compuestos orgánicos y de plomo.³⁸³ Los silicatos están presentes en la atmósfera contaminada alrededor de las fábricas de cemento y los óxidos de hierro en las zonas siderúrgicas.

En la Ciudad de México no puede dejar de mencionarse las frecuentes tolvaneras originadas, en un 50%, en las zonas del vaso del Lago de Texcoco.³⁸⁴ En términos de erosión, la acción cólica consiste en la remoción de sedimentos y materiales superficiales del suelo y se produce en dos áreas principales: la primera ocupa el fondo de la cuenca donde suelos y sedimentos salitrosos y pulverulentos son levantados por corrientes convectivas producidas por el sobrecalentamiento del aire. Dicha acción es más característica a finales del invierno, cuando el aire y el suelo están más secos, y se producen las clásicas tolvaneras que levantan y transportan grandes cantidades de

³⁸⁰ El nivel de "limpio" por partículas en Norteamérica es de cerca de 20 μm por m^3 de aire.

³⁸¹ Biddle, W., *Op. cit.*, 114.

³⁸² Paredes-Gutiérrez, R., A., et. al., *Comparative study of elemental contents in atmospheric aerosols from three sites in Mexico City using PIXE*, p. 81-85.

³⁸³ Biddle, W., *Op. cit.*, 114-15.

³⁸⁴ Secretaría de la Presidencia, *Op. cit.*, p. 41.

polvo. La segunda se presenta en la sierra de Chichinautzin, donde la deforestación y el laboreo agrícola han destruido la capa de agregados del suelo quedando en ellos una consistencia suelta y pulverulenta. Esto favorece su remoción por acciones eólicas cada vez más intensas, al grado que ya puede considerarse esta zona como el origen de las tolvaneras que afectan la parte sur de la ciudad.³⁸⁵ Las emisiones del Popocatepétl afectan la composición del aerosol en la ciudad: la concentración de bióxido de azufre puede llegar a niveles cuatro veces superiores a lo habitual (20 ppb) y el sulfato particulado puede duplicarse.³⁸⁶

Las perturbaciones que viajan en forma de ondulaciones en el seno de las corrientes del oeste, originan una intensificación del viento a su paso por la Cuenca de México, derribando árboles y levantando, en ocasiones, altas y densas cortinas de polvo, especialmente en la segunda mitad del periodo de seca, es decir, de febrero a abril. La pastización de unas 6000 hectáreas en Texcoco, la creación del cuerpo de agua Nabor Carrillo de 900 hectáreas y las barreras rompevientos han contribuido a reducir localmente la erosión eólica y, en consecuencia, la frecuencia de las tolvaneras en ese rumbo de la ciudad. Pero la creciente urbanización con calles sin pavimento en el perímetro de la Capital, así como la tala de vegetación arbórea y el gran volumen de desechos domésticos e industriales que se depositan a cielo abierto sin tratamiento previo (ni posterior, ni nada) constituyen nuevas fuentes de polvo en la cuenca.³⁸⁷

³⁸⁵ Cervantes Borja, Jorge, F., *Geomorfología*, en Garza, Gustavo (Coord.), *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*, p. 60.

³⁸⁶ Raga, G. B., et. al., *Evidence for Volcanic Influence on Mexico City Aerosols*, p. 1149-1150.

³⁸⁷ Jáuregui, Ernesto, *Clima*, en Garza, G., *Op. Cit.*, p. 70

Asbesto

Asbesto es el término genérico empleado para denominar al grupo de compuestos de fibras de silicatos minerales que se dan naturalmente. El vocablo viene del griego *ásbestos*. "incombustible"³⁸⁸; también es conocido como amianto. Estas fibras, pequeñas e inoloras, sólo son visibles a través del microscopio e indestructibles en la mayoría de sus usos. Se dividen en dos grupos: las serpentinas, como la crisótila³⁸⁹, rizadas y más fácilmente rechazadas por el cuerpo, y las anfíbolos³⁹⁰, lisas y con colas que penetran fácilmente los pulmones. Pueden ser transportadas en la ropa y otros materiales, y tienen formas aerodinámicas que les permiten suspenderse fácilmente en el aire para viajar largas distancias. Una vez liberadas, las fibras de asbesto son difíciles de detectar y de atrapar y se incorporan rápidamente al aire circundante. Por esto la gente no sólo está expuesta en el sitio donde son liberadas sino que aún tiempo después y a una distancia considerable.

El asbesto se ha usado mucho en la construcción de edificios y ha dado como resultado miles de casos de cáncer pulmonar y de enfermedades pulmonares en trabajadores expuestos a este material. La ruta principal de exposición a las fibras suspendidas en el aire es la inhalación. Aproximadamente la mitad de las fibras inhaladas son evacuadas por los pulmones y tragadas; exponiendo así también a la garganta y al sistema digestivo. Las fibras de asbesto son liberadas en todas las etapas de la industria minera y durante el uso y la disposición de productos asbéticos. La instalación y el mantenimiento de los productos de asbesto (por ejemplo, el lijado y el pulido) así como la demolición de edificios que contienen materiales con este

³⁸⁸ *Diccionario Enciclopédico Ilustrado*, p. 362.

³⁸⁹ $[\text{Mg}_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2]$. (*Aterck Index*, p. 130).

³⁹⁰ Como antofilita $[(\text{Mg},\text{Fe})_7(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2]$ con bajo contenido de hierro; amosita $[\text{Fe}_3\text{Mg}_2(\text{Si}_4\text{O}_{22})(\text{OH})_2]$ y actinolita $[\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2]$. (*Ibidem*).

compuesto, libera fibras. Los niveles de asbesto también son elevados cerca de los caminos porque lo liberan los frenos de los coches.

La concentración típica de asbestos en el aire urbano, estimada por la National Academy of Sciences (NAS) en aproximadamente 0.0004 fibras por mililitro³⁹¹, trabaja en conjunto con las más de 10 mil fibras que hay en el aire de una habitación típica. Los compuestos asbésicos provocan cáncer en pulmones y en intestinos³⁹², así como enfermedades no cancerígenas en los pulmones. Con el humo del tabaco tienen una fuerte interacción sinérgica en la producción de cáncer pulmonar; el riesgo se multiplica por cinco si se fuma. Los mesoteliomas, grupo de cánceres humanos raros que se da en las membranas (mesotelia) y también en los pulmones y en el abdomen, son provocados casi exclusivamente por la exposición a los asbestos. Otro mal relacionado es la asbestosis, que involucra fibrosis (desarrollo de un exceso de tejido conectivo fibroso), para la cual no existe tratamiento efectivo y generalmente resulta fatal, aunque resulta más raro que el cáncer pulmonar o que el mesotelioma.³⁹³

En los hogares mexicanos, los asbestos se encuentran en tinacos, pisos vinílicos, pinturas texturizadas, aislamientos de chimeneas, en algunos hornos y aparatos y en láminas para techar. Es poco el control sobre estas aplicaciones y casi nula la información sobre sus nocivos efectos.

Carbón negro

El carbón negro es un polvo negro, de tamaño de partícula pequeño, compuesto por carbón casi puro de forma cuasi-grafítica. Es utilizado como pigmento y en la manufactura de llantas, baterías, cemento, cerámica, cuero, plástico y hule. También se

³⁹¹ El límite de la OSHA en el aire de sitios de trabajo es de 2 fibras/cm³. (Harte, John, et al., *Toxics A to Z*, p. 224).

³⁹² La NAS también estima que una persona con una exposición típica al asbesto en un área urbana tiene una probabilidad de entre 1 y 29 en 100 mil de contraer cáncer. (*Ibidem*).

³⁹³ *Ibidem*, p. 222-3.

usa en forma de carbón activado para atrapar impurezas en filtros de agua. Se puede producir al carbonizar huesos, carne o sangre animal, por la combustión incompleta de combustibles fósiles (como el diesel) o por la quema de grasas, aceites, resinas, etc.”

La ingestión y la inhalación de pequeñas cantidades no representan un peligro para la salud, pero la inhalación de aire contaminado con cantidades significativas de este compuesto puede provocar tos y mocos; síntomas que desaparecen rápidamente una vez que se detiene la exposición. Una exposición duradera a altas concentraciones de esta sustancia puede provocar un daño permanente a los pulmones y una irritación temporal de la piel.”

El carbón negro no es cancerígeno en sí, pero el benceno que trae pegado sí lo es. La exposición simultánea con hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), como el benzo[*a*]pireno, puede ocasionar problemas a la salud. Los PAH son fuertemente atraídos por el carbón negro y estas partículas contaminadas pueden viajar muy lejos de la fuente y ser inhaladas por personas totalmente lejanas”. Una vez que el carbón negro se aloja en los pulmones, los PAH liberados pueden provocar problemas a la salud. Otra fuente de este contaminante son los neumáticos de los automóviles porque el carbón negro que contienen puede estar contaminado con impurezas que pueden ocasionar daños si se respiran cotidianamente. Los motores a diesel emiten relativamente poco monóxido de carbono pero echan un chorro de humo negro compuesto de diminutas partículas de carbón que adsorben hidrocarburos cancerígenos en sus grandes áreas superficiales, creando conglomerados respirables que penetran hasta los tejidos pulmonares.” El potencial cancerígeno de los extractos orgánicos del hollín del diesel se

³⁹⁴ *Merck Index*, p. 274.

³⁹⁵ Peralta, Oscar, *Determinación de carbón negro a partir de monóxido de carbono en la Ciudad de México*, p. 5.

³⁹⁶ Harte, J., *Op. cit.*, p. 255-6.

³⁹⁷ Biddle, W., *Op. cit.*, p. 112 y Mauderly, Joe L., *Current view of the carcinogenic hazard of diesel exhaust*, en OCDE, *Hacia un transporte limpio: vehículos limpios de bajo consumo*, p. 15.

conoce desde más de medio siglo³⁹⁸, sin embargo en el Distrito Federal circulan miles de camiones que emiten grandes cantidades, sobretodo durante el periodo de calentamiento, y poco se ha hecho para controlarlos.

Pesticidas

Los pesticidas son útiles para combatir insectos y roedores pero dañan la salud y matan especies útiles. Aunque la cantidad de pesticidas que se producen y usan representa un porcentaje relativamente pequeño, en relación con el total de productos químicos orgánicos, son de importancia especial porque por definición son compuestos tóxicos (la palabra *pesticida* significa "asesino de pestes") y porque muchos son de uso doméstico. Se diseñan específicamente para matar insectos (insecticidas), plantas (herbicidas), mohos (funguicidas), ratas y ratones (raticidas), ácaros y garrapatas (acaricidas), bacterias (bactericidas), pájaros (avicidas) e inclusive coyotes.³⁹⁹ Debido a su uso extensivo y a la forma en que se aplican, se encuentran en todas partes (agua potable, comida, aire y suelos). Se pueden expandir con rapidez, por el viento o el agua (raramente penetran el suelo) o bien pueden ser ingeridos por los peces o por plantas más pequeñas, y de allí pasar a todo el ecosistema.⁴⁰⁰ Son parte de la vida diaria y mantienen la lucha con los insectos por comida a nuestro favor. Los pesticidas se aplican de manera tan rutinaria y extensiva que para muchos el control de pestes es sinónimo de control químico. Aún con este férreo control, alrededor de una tercera parte de los cultivos alimenticios del mundo se pierden por las pestes; indicador de que hay límites para la efectividad de estos productos.

El costo del uso masivo de estos compuestos incluye gran número de muertes por envenenamiento accidental, exposición de un amplio segmento de la población a

³⁹⁸ Mauderly, Joe L., *Op. cit.*, p. 15.

³⁹⁹ Harte, J. *Op. cit.*, p. 112.

⁴⁰⁰ Los herbicidas, en especial, pueden ser asimilados por los productos que el hombre ingiere.

residuos de pesticidas en la comida, pérdidas persistentes de cosechas pese al incremento en la cantidad de pesticidas usados debido al desarrollo de resistencias y efectos adversos (a veces devastadores) en especies inocentes e inclusive benéficas. Los llamados "persistentes" perduran en el ambiente hasta 20 años y algunos son altamente tóxicos, ya sean inorgánicos (mercurio, arsénico, DDT, etc.) u orgánicos fosfatados (como el 4-D y el atrozín, que permanece hasta 18 meses).⁴⁰¹

En la Ciudad de México la concentración de pesticidas en el aire y su posterior depósito en agua, suelo y comida puede ser importante por su uso en las regiones agrícolas que la rodean así como por su empleo hogares, parques y jardines.

Sulfatos

Los sulfatos particulados pueden ser responsables de la mayoría de los daños significativos de los óxidos de azufre (SO_x) sobre la salud, la ecología, los materiales, la visibilidad, la alteración climática y la lluvia ácida. Cuanto mayor sea la distancia de la fuente de bióxido de azufre (SO_2) -plantas eléctricas o fábricas antiguas sin equipo de control- mayor será la transformación a la forma más peligrosa de sulfatos.

El bióxido de azufre en la atmósfera reacciona rápidamente con oxidantes o partículas para formar partículas de sulfatos y de ácido sulfúrico (componente principal de la lluvia ácida). Esta reacción es favorecida por la niebla que las convierte en aerosoles que resultan más peligrosos porque son inhalados más profundamente en los pulmones que el SO_2 gaseoso y además tienden a permanecer allí. En épocas de mucha humedad, lluvia y niebla hay muchos sulfatos mezclados en el ambiente, mientras que en los periodos secos las altas concentraciones de sulfatos se deben a la adsorción de las partículas previamente existentes.⁴⁰²

⁴⁰¹ Secretaría de la Presidencia, *Op. cit.*, p. 43.

⁴⁰² Raga, G., *Op. cit.*, p. 1151.

El smog que cubrió Londres en diciembre de 1952 contenía una concentración de SO_2 máxima de 1.34 ppm, nivel bastante alejado del límite de toxicidad de 10 ppm, en el cual la gente sana puede verse afectada, pero fue suficiente, en combinación con el humo del carbón, para matar a alrededor de 4000 londinenses.⁴⁰³ El ejercicio incrementa la severidad de la reacción del SO_2 y de las partículas de sulfato, porque ambos son respirados más rápidamente y porque la respiración por la boca es favorecida durante la actividad vigorosa, provocando que los mecanismos de filtración nasales sean evitados. Algunos estudios indican que por cada $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de sulfato en el aire, entre 2 y 30 personas por millón expuestas pueden morir al año.⁴⁰⁴

En la Ciudad de México los niveles de azufre en el aire han disminuido como consecuencia del mejoramiento de los combustibles, en especial del diesel, y por la disminución del número de industrias así como por mejores controles de sus emisiones y del combustible que usan (ver Capítulo III). Sin embargo el uso de carbón y el número significativo de camiones que aún usan diesel no ha permitido que el problema desaparezca por completo.

Nitratos y nitritos

Los nitratos (NO_3) forman parte del ciclo de las cosas vivas. Son generados por el rompimiento natural de la materia orgánica y son tomados por las plantas conforme crecen. Bajo ciertas condiciones los nitratos se pueden acumular en el ambiente (en suelos), tal es el caso cuando su consumo natural es más lento que su formación. La contaminación del aire es responsable de un aumento significativo de su concentración en los ríos porque los óxidos nítricos emitidos a la atmósfera se convierten en nitratos que caen con la lluvia. La concentración de nitratos en forma de aerosol en el aire disminuye la visibilidad y aumentan la turbiedad de la atmósfera en la región del visible

⁴⁰³ Biddle, *Op. cit.*, p. 147.

⁴⁰⁴ Harte, *Op. cit.*, p. 407-10.

y del ultravioleta.⁴⁰⁵ El principal uso de los nitratos es en fertilizantes inorgánicos, en explosivos y en la fabricación de vidrio. Los fertilizantes nitrogenados usados en la agricultura y los residuos de granjas de animales también son fuentes de nitratos.

Los nitritos (NO₂) se fabrican casi exclusivamente como aditivos para preservar los alimentos. En contraste con los nitratos, no se encuentran naturalmente en el ambiente a niveles significativos. Sin embargo, los nitratos se convierten en nitritos en el cuerpo humano donde niveles excesivos pueden ocasionar que la sangre pierda su capacidad normal para transferir oxígeno, condición que puede ser fatal en los niños. Adicionalmente, los nitritos reaccionan en el estómago con otros componentes de la comida para formar nitrosaminas, que son cancerígenos extremadamente potentes.⁴⁰⁶

Benzo[a]pireno

Al quemar tabaco, comida, basura, madera, carbón o productos petrolíferos uno de los contaminantes más peligrosos que liberan es el benzo[a]pireno o (B[a]P). Este compuesto no tiene usos comerciales conocidos; es un subproducto indeseable de la combustión, en especial cuando esta ocurre a temperaturas muy bajas para quemar el combustible por completo. Cantidades relativamente pequeñas también se encuentran en el asfalto.

En su forma pura, a temperatura ambiente, el (B[a]P) es un sólido amarillo. En las cantidades encontradas en el ambiente no presenta un olor detectable. Cuando se forma por la combustión del tabaco, de combustibles o de otras sustancias, generalmente es liberado a la atmósfera unido a partículas de humo.⁴⁰⁷

⁴⁰⁵ Salazar, S. y Bravo, J.L., *Sulfatos y Nitratos en partículas atmosféricas y su relación con algunos parámetros ópticos*, p. 455.

⁴⁰⁶ Harte, *Op. cit.*, p. 359.

⁴⁰⁷ *Ibidem*, p. 236.

Los incendios de los bosques son una fuente natural de (B[a]P) pero las actividades humanas son la fuente principal de esta sustancia. El que es producido por la naturaleza se disipa rápidamente en el ambiente, mientras que el producido por el hombre está más concentrado en el aire que respira la gente. Las principales fuentes se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Emisiones de benzo[a]pirenos de algunas fuentes principales.⁴⁰⁸

Actividad	Emisiones de (B[a]P
Automóviles a gasolina	0.5-1.0 µg/Km
Automóviles a diesel y camionetas	1-3 µg/Km
Camiones	10-30 µg/Km
Estufas de carbón pequeñas	50 mg/Kg de carbón
Estufas de madera e incendios	0.1-10 mg/Kg de madera
Humo de cigarrillo	0.1 µg por cigarrillo
Inhalado por cigarrillo	0.03 µg por cigarrillo

Para el público en general, las mayores exposiciones al (B[a]P) provienen del humo de los cigarrillos, respirar aire contaminado por fumadores, incendios forestales y del aire de la ciudad y por cocinar alimentos.

En comparación con áreas rurales, el aire urbano típico contiene de 10 a 100 veces más (B[a]P). Una habitación llena de humo contiene 50 veces la concentración de las áreas urbanas.⁴⁰⁹ Niveles muy altos se encuentran en las zonas marginadas donde queman madera o carbón de manera ineficiente para calentarse y cocinar; estos niveles pueden llegar a 1000 veces o más que los encontrados en áreas urbanas típicas.⁴¹⁰ Las regulaciones no se refieren sólo al (B[a]P), sino a todos los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) o a todos los productos de alquitrán volátiles en los cuales el (B[a]P)

⁴⁰⁸ *Ibidem*, p. 237.

⁴⁰⁹ Las concentraciones típicas en Estados Unidos alcanzan 0.2-0.2 ng/m³ en el aire urbano y hasta 100 ng/m³ en una habitación llena de humo. (*Ibidem*).

⁴¹⁰ *Ibidem*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

es considerado el más tóxico. El límite de OSHA para el aire de sitios de trabajo es de 0.2 mg/m^3 .⁴¹¹

El (B[a]P) liberado a la atmósfera durante la combustión después es depositado por la lluvia y las partículas pesadas. Puede penetrar al cuerpo por inhalación, ingestión o contacto directo con la piel; las tres vías pueden producir cáncer. El contacto directo con la piel provoca lesiones y su inhalación puede generar bronquitis. También afecta la reproducción provocando defectos de nacimiento y reduciendo el peso de los recién nacidos.⁴¹² Reducir el consumo de alimentos ahumados ayuda a disminuir la exposición, así como evitar respirar innecesariamente el humo de los incendios y de las fogatas caseras.

Metales

“Todo lo que es perfecto en el cobre es lo que es lo verde en sí mismo... Oh, bendito verde, que engendra todas las cosas...”. Rosarium Philosophorum

Los “metales traza” se refieren a aquellos que están presentes en el ambiente o en el cuerpo humano en concentraciones muy pequeñas, como cobre, hierro y zinc. Los pesados son aquellos metales traza cuyas densidades son al menos cinco veces mayores que la del agua, como cadmio, plomo y mercurio. Los tóxicos son todos aquellos cuyas concentraciones en el ambiente se consideran peligrosas, al menos para algunas personas en ciertos lugares.

Algunos metales son esenciales para la salud y su deficiencia puede causar enfermedades (una insuficiencia de hierro, por ejemplo, provoca anemia). Al mismo tiempo, algunos metales necesarios para una buena salud en pequeñas dosis pueden resultar tóxicos si se ingieren en grandes cantidades (el molibdeno se requiere para que ciertas enzimas funcionen adecuadamente, pero una gran dosis puede provocar gota).

⁴¹¹ *Ibidem*, p. 237.

⁴¹² *Ibidem*, p. 236.

Otros, como el plomo, no tienen funciones conocidas en el cuerpo y pueden ser dañinos. Otra propiedad importante de los metales es que nunca se degradan; a diferencia de muchos contaminantes orgánicos que se rompen con la exposición al Sol o al calor, los metales son persistentes, nunca desaparecen por completo.

La combustión de carbón y petróleo libera grandes cantidades de metales al aire porque son contaminantes naturales de tales combustibles. La refinación de minerales, la incineración de basura y la producción de cemento son otra fuente importante de metales en el aire. El uso de fertilizantes y pesticidas y la lluvia ácida también agregan metales al ambiente: el arsénico se ha utilizado mucho como componente de los pesticidas y el cadmio es un contaminante traza de los fertilizantes fosfatados. La lluvia ácida disuelve aluminio de las rocas superficiales y de los suelos y lo acarrea hacia el agua. Los automóviles, las refineries, las fundidoras y las plantas de energía liberan plomo, arsénico, cadmio, níquel y muchas otras sustancias al aire. El humo del tabaco contiene cadmio, arsénico, zinc, cromo, níquel, selenio y plomo que son inhalados tanto por los fumadores como por sus ocasionales compañeros.⁴¹³

Los metales afectan principalmente a las células. Algunos interrumpen reacciones químicas, otros bloquean la absorción de nutrientes esenciales y otros cambian la forma de compuestos químicos vitales volviéndolos inútiles. El envenenamiento agudo es raro en el público en general y se reduce a los trabajadores expuestos. El envenenamiento crónico debido a una exposición a largo tiempo a bajos niveles de metales es más importante que los efectos agudos. Algunos metales se acumulan en el cuerpo a lo largo del tiempo, alcanzando concentraciones tóxicas después de años de exposición. Esta lenta exposición puede ocasionar varios males incluyendo el cáncer y daños congénitos.

⁴¹³ *Ibidem*, p. 103-4.

Mercurio, Hg

Este metal líquido, común en termómetros, es una potente neurotoxina capaz de provocar un severo daño cerebral en fetos en desarrollo y temblorinas y disturbios emocionales en adultos expuestos. El mercurio se evapora rápidamente cuando se expone al aire (por ejemplo, cuando un termómetro o un frasco que lo contiene se rompe), y puede darse una concentración relativamente alta de su vapor que es más peligroso que el líquido porque puede ser inhalado y fácilmente absorbido por el torrente sanguíneo. Los compuestos de mercurio también son peligrosos: los inorgánicos usados en pinturas, en baterías y en agentes antimoho no resultan altamente tóxicos en sí, pero por la acción de bacterias se convierten fácilmente en compuestos orgánicos más peligrosos, de las cuales el metilmercurio es el más importante.⁴¹⁴

Geográficamente, el mercurio tiende a distribuirse en la cercanía de sitios como minas, fundidoras, incineradores de residuos municipales y plantas eléctricas que usan combustibles fósiles en los que está presente como contaminante traza. El mercurio se utiliza para fabricar equipo eléctrico (baterías, celdas para detectar humo, lámparas e interruptores), para producir cloro y sosa, como agente antimoho en pinturas y en instrumentos industriales y de control. Las baterías son peligrosas para los niños si las tragan porque se pueden disolver en el ácido del estómago y liberar el mercurio que contienen. Inhalar una cantidad leve de vapor de mercurio daña el sistema nervioso y produce pérdida de memoria, temblores, ansiedad, inestabilidad emocional, insomnio y pérdida de apetito. Bajo una exposición moderada, los desórdenes mentales se vuelven más evidentes, así como los problemas motores, y se dan daños en los riñones. La exposición corta a altos niveles de este vapor puede dañar los pulmones y conducir a la muerte. El vapor también atraviesa la placenta hasta el feto.⁴¹⁵

⁴¹⁴ *Ibidem*, p. 341.

⁴¹⁵ *Ibidem*, p. 342.

Los organismos terrestres, que no trabajan⁴¹⁰ o viven en sitios con altos niveles de mercurio, generalmente no están expuestos a niveles peligrosos de este elemento que es listado como contaminante peligroso del aire por Clean Air Act de 1990 de la EPA.

Plomo, Pb

El plomo es un metal que ha sido bastante distribuido en aire, agua, suelo y comida. Provoca graves efectos en la salud, aún en niveles relativamente bajos, que incluyen daño cerebral irreversible y deterioro de los sistemas que producen sangre.⁴¹¹ La Tabla 6 muestra los efectos que produce en diferentes concentraciones en la sangre.⁴¹² La mayoría de los compuestos identificados (haluros, sulfatos y fosfatos) son insolubles en agua, lo que hace dudar que tengan efectos nocivos en el ser humano. Sin embargo, el tetraetil de plomo (PbEt₄) que antes se usaba en gasolinas como antidetonante es de naturaleza orgánica, sumamente tóxico y volátil.⁴¹³ El plomo atraviesa la piel y se fija en los tejidos, sangre y huesos; con esto se desequilibra el estado iónico de las células y se destruyen los anticuerpos que están constituidos principalmente por azufre, que es muy reactivo con el plomo, y es probable que se forme sulfuro de plomo.⁴¹⁴

El uso de plomo en la gasolina creó un grave problema de contaminación en el mundo; la concentración acumulada de plomo, aún en regiones remotas, es del orden de 3 a 5 veces mayor en magnitud que en los tiempos prehistóricos (ver Tabla 7), lo cual ha elevado la concentración de este elemento en la sangre de la gente. Además, la adición de pigmentos plumbíferos a la pintura ha provocado el envenenamiento de miles de niños que han comido polvo o pedazos de pared de viejas construcciones.

⁴¹⁰ El límite OSHA en el aire laboral es de 0.1 mg/m³. (*Ibidem*, p. 344).

⁴¹¹ El envenenamiento por plomo estuvo implicado en la decadencia de las antiguas civilizaciones griega y romana.

⁴¹² En 1991, más del 30% de la población de la Ciudad de México presentaba niveles de plomo en la sangre mayores a 10 µg/dL. (Rosas, I., et. al., *Seasonal variations of atmospheric lead levels in three sites in Mexico City*, p. 157-8).

⁴¹³ Villarruel, R.E., *Investigación de métodos analíticos para la cuantificación de tetraetilplomo en gasolinas*, p. 4-8.

⁴¹⁴ Ortega, P.F., *Las malas gasolinas*, p. 90-95.

Tabla 6. Efectos sobre la salud humana de varios niveles de plomo en la sangre.⁴²¹

Efectos a la salud	Concentración de plomo en la sangre ($\mu\text{g}/100 \text{ mL}$)
Efectos en fetos	10-15
Cambios enzimáticos en la sangre	15-20
Deficiencias en los niveles de inteligencia de niños	<25
Anemia clínica en niños	40
Anemia clínica en adultos	50
Efectos reproductivos	50
Pérdidas mentales (problemas para leer y escribir así como retardo mental)	50-60
Daño cerebral irremediable	100

Tabla 7. Concentración de plomo en el aire de varios medios.⁴²²

Medio	Intervalo de concentraciones típicas
Prehistoria	0.00001-0.0001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Rural o alejado de las ciudades	0.008-0.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Urbano	0.1-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Cerca de fundidora de plomo	.01-45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Cerca de avenidas urbanas	8.2-18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Máximo nivel permisible	1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

El plomo es ligeramente soluble en agua y es transportado principalmente a través de la atmósfera. Por ser químicamente similar al calcio, se acumula en los huesos y durante periodos de mayor requerimiento de calcio, como embarazos, puede ser movilizado de los huesos y penetrar al flujo sanguíneo. La mayor fuente de exposición para adultos es la comida, que contribuye con alrededor del 60% de los niveles en sangre; la inhalación a través del aire aporta cerca del 30% y el agua el 10%. Su mayor

⁴²¹ Harte, J., *Op. cit.*, p. 335.

⁴²² *Ibidem.*

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

uso es en acumuladores (que pueden ser reciclados), productos químicos, municiones y soldadura.⁴²³

Es emitido a la atmósfera principalmente a través del aire, por la combustión de la gasolina y de residuos sólidos, y luego se deposita en suelos, plantas y agua. Las emisiones de plomo han declinado en gran cantidad en los últimos años gracias a las progresivas restricciones en el uso de plomo en la gasolina hasta alcanzar su total prohibición en México. Es uno de los seis contaminantes del aire para los cuales la EPA impuso límites para proteger la salud humana. La National Ambient Air Quality Standard fijo el límite trimestral máximo en $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, igual al máximo permisible en la Ciudad de México (Imeca 100).

Cadmio, Cd

El cadmio es ampliamente utilizado en muchos productos y procesos industriales: para galvanizar partes metálicas, como pigmento en plásticos y pinturas, en baterías recargables de níquel-cadmio y como catalizador y preservativo en la industria del plástico. También se usa en muchas aleaciones especiales y en soldaduras, así como en cerámicas vidriadas y en pinturas al aceite. Durante las erupciones volcánicas pueden ser emitidas cantidades significativas de este metal a la atmósfera pero la fuente más importante de contaminación atmosférica es la combustión de combustibles fósiles (en especial carbón), los residuos municipales y médicos y los lodos de aguas negras. El cadmio tiende a adherirse a las cenizas, al polvo, a las partículas de suelo y a los sedimentos. Por esto, llega al aire como resultado de su unión a las cenizas de la combustión. En la atmósfera puede permanecer durante una semana o más y así distribuirse sobre una gran área antes de precipitarse al suelo. El metal permanece sin

⁴²³ *Ibidem*, p. 333.

⁴²⁴ *Ibidem*, p. 335-6.

cambios durante su viaje por el ambiente, ligado a partículas de polvo, tomado por las plantas o lavado por la lluvia hacia las aguas circundantes.⁴²⁵

En las piedras y suelos de todo el mundo se hallan pequeñas concentraciones de cadmio por lo que casi todos estamos expuestos a bajos niveles en el aire, el agua y la comida. La gente que vive en áreas urbanas o cerca de industrias está expuesta a niveles miles de veces superiores a los de nuestros ancestros rurales. Este metal también es un contaminante traza de fertilizantes y se acumula lenta pero continuamente en los suelos agrícolas, a tal grado que en el futuro será la fuente más importante de cadmio. La comida contribuye normalmente con el 80-90% de la dosis recibida por cada persona. Otra fuente significativa de exposición es el tabaco; la sangre de los fumadores contiene el doble de este elemento que la de los no fumadores.⁴²⁶

El cadmio inhalado se asocia con el cáncer pulmonar y la EPA lo clasifica como probable cancerígeno en humanos. La exposición crónica a niveles bajos de este metal puede ocasionar enfermedades progresivas de los pulmones como enfisema y bronquitis crónica, así como problemas cardíacos, anemia, debilidad ósea, inmunodeficiencias y enfermedades del hígado y de los riñones donde se va acumulando hasta alcanzar un nivel crítico. Los altos niveles de cadmio se asocian con los huesos quebradizos y las altas concentraciones en el aire provocan dolor de cabeza, tos y problemas respiratorios así como dolores musculares, escalofríos, náusea, vómito y diarrea.⁴²⁷

⁴²⁵ *Ibidem*, p. 244.

⁴²⁶ *Ibidem*, p. 245.

⁴²⁷ *Ibidem*, p. 245-6.

Cromo, Cr

El cromo es un metal ampliamente usado en el acero inoxidable y en el cromado del acero. Es necesario para el cuerpo humano como Cr(III) pero es un potente cancerígeno pulmonar como Cr(VI). Se le ubica como el segundo agente contaminante principal del aire, sólo por detrás del benceno. Las principales fuentes de exposiciones peligrosas son las pequeñas cromadoras ubicadas en zonas residenciales y las torres de enfriamiento de las plantas de energía.

El Cr(III) o trivalente, es la forma más distribuida en la naturaleza y es más estable que el Cr(VI) o hexavalente. Junto con la insulina, participa en el control de los niveles apropiados de azúcar en la sangre. El Cr(VI) es la forma comercial más importante por sus propiedades químicas, pero puede provocar efectos adversos inmediatos a la salud así como cáncer pulmonar. La materia orgánica transforma rápidamente el cromo hexavalente en trivalente, lo cual indica que la cantidad significativa de cromo (VI) en el ambiente siempre es el resultado de las emisiones humanas.⁴²⁸

La mayor parte de la gente obtiene el cromo (III) necesario de la comida y una pequeña cantidad del agua. El aire contribuye con una cantidad relativamente pequeña, excepto en la cercanía de ciertas fábricas. El cromo (VI), el peligroso, es utilizado en el acabado de metales (cromado), producción de compuestos químicos, pigmentos para pinturas y textiles, curtido de pieles, algunos preservativos para madera y en las torres de enfriamiento para prevenir la corrosión. También es emitido al incinerar residuos sólidos y cuando los lodos y desechos de las operaciones de cromado y de refinación son dispuestos en tiraderos. La concentración de cromo total en el aire urbano puede alcanzar los 5.2-160 ng/m³, mientras que en el aire alejado de la ciudad es de 0.005-1.1 ng/m³. En comparación con la concentración promedio en cabello (1.4 mg/g) y en orina

⁴²⁸ *Ibidem*, p. 276.

(2 a 6 ng/mL) considerada como normal para la población no expuesta de Estados Unidos, los habitantes del área urbana industrial del AMCM presentan valores mayores.⁴²⁹

La producción de acero, la combustión de carbón y de petróleo y la producción de compuestos de cromo emiten casi el total de cromo presente en el aire. Las principales fuentes de emisiones al agua son las operaciones de cromado, las curtidurías de cuero y la producción de textiles. Las plantas de compuestos químicos de cromo y las refineries de minerales con cromo son las principales fuentes de residuos sólidos crómicos.⁴³⁰

Mientras que el cromo (III) parece ser biológicamente inerte y sin efectos dañinos, los compuestos de cromo (VI) son responsables de los efectos adversos del cromo, como daños al hígado y riñones, hemorragias internas, dermatitis, problemas respiratorios y cáncer pulmonar. La exposición a este elemento en productos como piel, cemento, pintura, pegamento y pigmentos produce reacciones alérgicas de la piel. También puede alterar el material genético y provocar malformaciones así como problemas reproductivos. El cromo está listado como contaminante peligroso del aire en el Clean Air Act de 1990 de la EPA.⁴³¹

Arsénico, As

Este legendario veneno, que se usa principalmente en pesticidas y como preservativo para la comida, produce cáncer pulmonar (por inhalación) y de piel (por ingestión), así como otras enfermedades en personas expuestas. Su concentración ha aumentado en el ambiente como resultado de la contaminación del aire y por la lixiviación en basureros de residuos peligrosos. La toxicidad de este elemento depende de su forma ya que el

⁴²⁹ Rosas, I., et. Al., *Some aspects of the environmental exposure to chromium residues in Mexico*, p. 474.

⁴³⁰ Harte, J., *Op. cit.*, p. 277.

⁴³¹ *Ibidem*, p. 277-9.

arsénico inorgánico es mucho más tóxico que el orgánico. Es una toxina antagonista del selenio: la exposición a uno reduce los efectos adversos del otro.

Las mayores exposiciones humanas (por cantidad) se presentan a través de los alimentos como resultado de su existencia natural, residuos de pesticidas y por los antibióticos suministrados al ganado. La carne, el pescado y las aves de corral contienen las mayores concentraciones; los mariscos en especial. Pero la mayor parte del arsénico presente en la comida está en la forma orgánica complejada que se cree es toxicológicamente inerte. El aire contaminado colabora con exposiciones relativamente pequeñas, pero en la forma inorgánica que es más peligrosa. Los fumadores reciben una dosis adicional del compuesto inorgánico, porque este elemento está presente en las hojas del tabaco.⁴³² La mayor parte del arsénico inorgánico presente en el ambiente es resultado de las actividades humanas: fundido de minerales, combustión de carbón y producción y uso de pesticidas.

Selenio, Se

Este metal (en realidad metaloide) es necesario en pequeñas cantidades para la salud humana, pero en grandes cantidades puede resultar tóxico. Es ampliamente utilizado en celdas fotoeléctricas, fotómetros, fotocopiadoras y como pigmento. La exposición principal proviene de los alimentos pero también de las emisiones de plantas eléctricas y de fábricas que utilizan carbón y petróleo crudo.

La toxicidad de este elemento es un problema mayor para los animales de granja que para los humanos debido a que los animales comen plantas que lo bioacumulan.

⁴³² La población en general está expuesta a una concentración en el aire de 0.06 µg/día de arsénico mientras que los fumadores se exponen a 90 µg/día y los bebedores de vino y licor a 500 µg/día. (*Ibidem*, p. 218-9).

Los síntomas más comunes de envenenamiento son la pérdida de cabello y uñas, así como desórdenes de la piel, del sistema nervioso y de los dientes.⁴³³

Aluminio, Al

El aluminio es el tercer elemento más abundante en la corteza terrestre. No tiene ninguna función fisiológica y por tanto no se requiere en la alimentación. La exposición se da principalmente por la comida y el agua, no por el aire, pero, debido a su gran presencia en la naturaleza, se encuentra muy distribuido en el ambiente.⁴³⁴ La concentración tiende a ser elevada alrededor de ciertas industrias como plantas carboeléctricas, fundidoras, cementeras así como en incineradoras de basura y en áreas urbanas. Sus mayores aplicaciones son en envolturas, materiales de construcción, transporte y productos eléctricos.

El polvo de aluminio produce enfermedades pulmonares en trabajadores y demencia en pacientes sometidos a diálisis de riñón si se usa agua de la llave en el dializador. Los enfermos de Alzheimer presentan altas concentraciones de este metal en el cerebro y, por otra parte, la lluvia ácida lixivia el aluminio y acaba matando peces así como elevando su concentración hasta niveles peligrosos. Los niveles de aluminio en el aire o en el agua potable no están regulados.⁴³⁵

Níquel, Ni

El níquel se usa en una gran variedad de procesos industriales y de productos comerciales. El efecto más importante de este metal sobre la población es una reacción de la piel por contacto llamada dermatitis. Pequeñas cantidades de níquel en la comida se requieren para una buena salud pero bajo ciertas circunstancias resulta cancerígeno.

⁴³³ *Ibidem*, p. 396.

⁴³⁴ La concentración en el aire rural es de 50 a 500 ng/m³ mientras que en el aire urbano alcanza de 100 a 5000 ng/m³. (*Ibidem*, p. 212).

⁴³⁵ *Ibidem*, p. 210-12.

La mayor exposición proviene de la comida (aproximadamente el 90% del total), pero esta forma de ingestión no presenta un riesgo para la salud. La exposición que provoca los mayores daños es el contacto de la piel con productos que contienen níquel (monedas, botones, cierres, joyería, utensilios de cocina de acero inoxidable, aparatos, llaves de agua y tuberías), en personas sensibles a él. El níquel también está presente en el tabaco y, por supuesto, en el humo que produce su combustión que es respirado por los fumadores y la gente cercana a ellos en forma del peligroso carbonilo de níquel. Los peluqueros pueden estar altamente expuestos porque este elemento se encuentra en algunos sprays para el pelo y en champús. Las mayores concentraciones en el aire se dan en la vecindad de las productoras de níquel, las refinерías de metales y los incineradores de residuos sólidos municipales.⁴³⁶

La dermatitis por contacto con níquel, una forma de eczema de la piel o salpullido, es el efecto más común a la salud de la población en general. Se estima que del 2.5 al 5% de la población es sensible al níquel. El salpullido se caracteriza por el enrojecimiento, la picazón y pequeñas ampollas. Las mujeres son más sensibles que los hombres, quizás porque tienen una mayor exposición a los artefactos caseros que lo contienen.

Berilio, Be

El berilio provoca una enfermedad pulmonar crónica llamada beriliosis y que se cree es causa de cáncer pulmonar. La exposición de la población en general ocurre como resultado de la contaminación del aire, pero todavía no es considerado como un peligro significativo. Sólo fracciones del 1% de las exposiciones provienen del aire y del polvo. El berilio ha sido detectado en el humo del tabaco por lo que los fumadores doblan su exposición.

⁴³⁶ La concentración media en el aire urbano es de 10 a 60 ng/m³, mientras que en áreas muy industrializadas pasa de los 100 ng/m³. El límite OSHA en el aire laboral es de 1 mg/m³. (*Ibidem*, p. 357)

El carbón y el aceite también contienen berilio como contaminante traza por lo que la combustión de estos combustibles libera óxido de berilio al aire. Las pequeñas partículas liberadas permanecen en el aire en promedio durante 10 días y luego el óxido de berilio cae al suelo con la lluvia o como partículas secas.”

Materia vegetal

Existe una amplia variedad de reacciones —picação de la piel, comezón, irritación de los ojos, asma— provocadas por la hipersensibilidad a una amplia gama de materiales biológicos o químicos peligrosos conocidos como alergénicos.” Los alergénicos adquirieron su nombre en 1917, cuando el médico austriaco Clemens von Pirquet ideó la palabra “alergia” a partir de raíces griegas que significan “respuesta anormal”, refiriéndose a la reacción del sistema inmunológico de un individuo a ciertos invasores. Todos los alergénicos naturales son proteínas o glicoproteínas (compuestos de proteínas y de carbohidratos). Los principales alergénicos inhalables generalmente son proteínas ácidas con pesos moleculares de 20 mil a 40 mil Da. En la Ciudad de México existen altas concentraciones de proteínas en el aire con pesos moleculares de entre 8000 y 106,000 Da.”

En condiciones normales, cuando cualquiera de las miles de sustancias alergénicas (caspas animal, polen, tierra, hongos, bacterias, polvo de ácaros, látex, restos de cucarachas, etc.) caen sobre o dentro de un individuo, se unen con un anticuerpo sensibilizado en la corriente sanguínea. Los anticuerpos (proteínas) son activados para atacar a los antígenos y luego atacan a los receptores en las células poste, las cuales son excitadas para soltar agentes inflamatorios, como la histamina, de su citoplasma. Los

⁴³⁷ *Ibidem*, p. 239-40.

⁴³⁸ La fiebre del heno o rinitis alérgica es la enfermedad simple más comúnmente sufrida por los humanos.

⁴³⁹ Rosas, I., et al., *Preliminary assessment of protein associated with airborne particles in Mexico City*, p. 81-86.

síntomas de la alergia son la respuesta del cuerpo a los anticuerpos activados. Los anticuerpos son sensibilizados como resultado de una exposición previa al alergénico.⁴⁴⁰ Desafortunadamente, muchas personas están inclinadas por herencia a liberar demasiado material defensivo, empujando al tejido cercano hacia síntomas molestos. El imperativo genético es muy fuerte; si uno de los padres tiene alergias, el hijo tenderá a tener una de tres oportunidades de tenerlas también; si ambos padres son alérgicos, las probabilidades suben a 7 de 10.⁴⁴¹ Desde muy temprana edad las personas alérgicas se enfrentan al medio ambiente, donde están los elementos que le producirán una alergia, principalmente de tipo respiratorio.⁴⁴²

Para algunas personas, las alergias son un problema serio. Del 5 al 10% de la población padece algún tipo de alergia, ya sea al polvo casero, diversos tipos de polen, alimentos y medicamentos.⁴⁴³ Los ojos se infectan y los lagrimales trabajan para humidificar y proteger. El revestimiento de la nariz y los senos nasales pueden expandirse y producir fluido excedente (moco) para atrapar las partículas e impedir que el aire entre a la garganta y a los pulmones. Debido a que la respiración se dificulta, las personas alérgicas pueden tener problemas para dormir y algunas pueden tener que dejar de trabajar o de jugar porque sus cuerpos tienen que esforzarse de más para obtener oxígeno suficiente.

Los pacientes con alergia presentan cuadros parecidos a la gripa, con estornudos, moco líquido, nariz congestionada, comezón, ojos llorosos e infecciones en los oídos que, si son muy repetidas, pueden acabar en sordera total. Cuando se atiende a tiempo la alergia nasal se evita que se desarrolle asma. No es posible erradicar los alergénicos del

⁴⁴⁰ Harte, *Op. cit.*, p. 34.

⁴⁴¹ Biddle, W., *Op. cit.*, p. 3-5.

⁴⁴² La alergia en la nariz es la más frecuente y sola, o acompañada de asma, representa el 91% de todas las alergias. (La Jornada, Investigación y Desarrollo, Enero del 2000, p. 10).

⁴⁴³ *Ibidem.*

medio ambiente por lo que se debe recurrir a vacunas para inmunizar a los pacientes alérgicos.

Polen

El polen, que tiene forma de pelotita con picos y que a veces tiene un diámetro tan pequeño como de 10 a 35 μm ,⁴⁴⁴ es el gametofito masculino de las plantas, o sea, el esperma necesario para la reproducción. Las plantas polinizadas por el viento son la fuente principal del polen alérgico, el cual libera proteínas irritantes al contacto con las superficies mucosas de ojos, nariz y garganta. Sólo el 10 % de todas las especies de plantas dependen del viento para reproducirse, pero ellas representan el 90% del total. Afortunadamente, la mayoría de las plantas con flores son polinizadas por los insectos y los pájaros y son de poco interés para los estornudantes humanos. Pero, desgraciadamente, las aerovadoras producen cantidades enormes de granos de polen (cien millones de granos de polen caen anualmente sobre cada metro cuadrado del planeta)⁴⁴⁵ y cada granulo de polen acarrea alrededor de 0.2 nanogramos de material alérgico.⁴⁴⁶

El potencial alérgico de varias especies de plantas no está bien caracterizado, pero algunas, como la ambrosía y algunos pastos, resultan infames. Los enigmas de la evolución abundan, tal es el caso de las coníferas de la familia del ciprés (que incluyen los juníperos) que son generalmente molestas, mientras que los miembros de la familia de los pinos generalmente no lo son; sin pasar por alto el hecho de que ambos liberan enormes cantidades de polen que es acarreado largas distancias por el viento. Los pastos, por ser las plantas más dominantes, ecológicamente hablando, son los principales villanos en las aflicciones por polen, secundada por la ambrosía (que

⁴⁴⁴ Ackerman, D., *Op. cit.*, p. 243.

⁴⁴⁵ Biddle, W., *Op. cit.*, p. 124-5.

⁴⁴⁶ *Ibidem*, p. 46.

provoca más casos de fiebre del heno que todas las otras plantas juntas). El maíz produce un polen extremadamente alergénico, pero como estas partículas son relativamente grandes y no flotan lejos, sólo resultan fastidiosas cerca de los plantíos.”

Esporas

Las esporas son células especiales que germinan bajo condiciones apropiadas para crear la generación siguiente de muchas variedades de plantas, protozoarios y bacterias.⁴⁴⁷ Poseen una gran resistencia a las condiciones ambientales extremas y, por tanto, una gran viabilidad. Pueden sobrevivir a temperaturas extremas, ataques químicos, desecación, y un almacenaje casi infinito. Son alergénicas y pueden producir asma. Los hongos se reproducen vía esporas y, lo que comemos de ellos, de hecho, es la parte de la espora que crece sobre la tierra con la finalidad de soltar más esporas, millones por hora. La mayoría de estas esporas viajan por el aire y pueden ir unidas a las partículas suspendidas. Los vientos tropicales acarrearán más de 2,800 esporas de hongos por metro cúbico de aire. ”

Hongos

Los hongos son un grupo que incluye como 5,000 tipos de microbios, mohos y levaduras, que necesitan crecer en lo que comen, sin importar si es azufre, el concreto de una pared, la materia orgánica en descomposición de un árbol caído, una membrana mucosa o el lindo trasero de un bebé. Cuando una espora fungal aterriza sobre una superficie húmeda, se parte como un huevo, una miríada de hifas, y se inserta en los alrededores para absorber comida a través de los tubos de alimentación. La criatura se

⁴⁴⁷ *Ibidem*, p. 124-5.

⁴⁴⁸ Espora proviene del griego *spora* que significa "semilla" y *sporas*, "esparcir".

⁴⁴⁹ Biddle. W., *Op. cit.*, p. 144.

limpia sola descargando un aerosol de material extraño o excedente, que se convierte en el olor familiar a "moho" del requesón.⁴⁵⁰

Los hongos que pueden causar problemas de salud, cuando colonizan directamente, usualmente son cobardes oportunistas que necesitan anfitriones débiles. Ellos conducen el inicio de su existencia sobre algo -una infección, quimio o radioterapia, diabetes, leucemia o los caprichos de la biología- y obstaculizan al sistema inmunológico lo suficiente para permitirles ponerse en marcha. Otros pueden ser confinados a ciertos ambientes o áreas geográficas que nosotros invadimos, como la *Coccidioides immitis* en las regiones polvosas que provoca la fiebre del valle cuando sus esporas son inhaladas. Esta enfermedad produce síntomas como de resfrío, e inclusive peores, en individuos con problemas de salud así como neumonía y meningitis en inmunodeficientes. La *Aspergillus* es común en medios humanos como el pan, el cual se torna gradualmente verde si se deja el tiempo suficiente al aire libre, en los montones de estiércol o de abono, en el aislante de paredes y de techos, las superficies caseras y la unión simbiótica de boca y piel.⁴⁵¹ El *Aspergillus fumigatus* provoca problemas respiratorios, náusea, desvanecimiento e irritación de ojos, nariz y garganta. El *Blastomyces dermatitidis* infecta los pulmones y la piel; es un problema mayor para los perros y puede transmitirse por sus mordidas. La *histoplasma capsulatum*: también se encuentra casi en cualquier parte, prefiere la tierra de las orillas de los ríos y cuando se seca produce un polvo que se amarra con sus esporas.⁴⁵²

⁴⁵⁰ *Ibidem*, p. 64.

⁴⁵¹ En la Ciudad de México abundan en la temporada de secas, en abril especialmente. Catorce especies de estos hongos se han identificado en la ciudad, pero las más abundantes son *A. niger*, *A. fumigatus*, y *A. flavus*. (Rosas, I., et. al., *Seasonal distribution of Aspergillus on the air of an urban area: Mexico City*, p. 317).

⁴⁵² Biddle, W., *Op. cit.*, p. 64-6.

Bacterias y microbios

Las bacterias son los entes vivos más numerosos en el mundo. Demasiado pequeños para verlos a simple vista y conformados por una sola célula, llegan a habitar hasta 100 trillones de ellos en un cuerpo humano.⁴⁵³ Representan la forma de vida dominante sobre la Tierra y a las cuales nos hemos tenido que acomodar a través de la evolución. El fósil más antiguo que se ha hallado pertenece a una bacteria de hace 3.5 millones de años y la masa acumulada de estos organismos desde aquel entonces asciende a 6.5×10^{21} toneladas. La población viva supera al número de todas las personas juntas que han vivido sobre la Tierra. Se han identificado más de 4 mil especies de bacterias, aunque quedan millones por descubrir. La mayoría no son peligrosas y muchas son de provecho (cerca del 10% de nuestro peso corporal se compone de ellas y algunas resultan indispensables). El vigorizante olor del suelo de un jardín, por ejemplo, proviene de los gases liberados por las estreptomicetas.

Las bacterias son células simples, procariotas (sin núcleo), generalmente con un diámetro de uno a dos micrómetros y algunas tan pequeñas como de 200 nanómetros. Se presentan en tres formas: cocáceas (pelotas), bacilos (bastoncitos) y espirilos (serpentinadas).⁴⁵⁴ Habitan cualquier rincón y grieta concebible (generalmente donde halla agua entre -11 y 120°C , aunque no les resulte del todo necesaria). Las aerobias necesitan aire y las anaerobias no; las termófilas prefieren el calor y las psicrófilas el frío; las acidófilas requieren un medio ácido y las alcalófilas uno básico; las heterótrofas comen materia orgánica mientras que las autótrofas necesitan bióxido de carbono. Pueden vivir en glaciares, calurosos veranos y fisuras volcánicas, aparte de los sitios típicos donde suelen hallarse.⁴⁵⁵ Los microbios, de hecho, parecen ser los primeros

⁴⁵³ Farndon, J., *Op. cit.*, p. 78.

⁴⁵⁴ *Ibidem*.

⁴⁵⁵ Esporas de bacterias se han recolectado alrededor de "fumarolas" de sulfuro en el fondo del mar a 340°C mientras que otras reviven después de años de desecación. (Biddle, *Op. cit.*, p. 17)

arquitectos de la corteza terrestre al haber metabolizado metales, minerales y cientos de otros compuestos. Se estima que 100 trillones de toneladas de bacterias viven actualmente bajo el suelo excavándolo y formando una capa gruesa a través de la superficie entera de la Tierra.

Las plantas son responsables de mantener el oxígeno de la atmósfera, pero este gas indispensable para la vida es producido principalmente por la fotosíntesis bacterial. Las plantas no pueden sobrevivir sin las bacterias del suelo que fijan el nitrógeno, las cianobacterias. Estas bacterias se dividen para unirse a moléculas de nitrógeno y formar amoníaco, compuesto del cual las plantas toman el nitrógeno más fácilmente. Las bacterias metanogénicas presentes en las tripas del ganado producen casi la tercera parte del metano atmosférico, gas invernadero crucial para controlar la temperatura global. De hecho, carbono, oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo y cualquier otro elemento esencial para la vida en la biosfera es producido por la acción bacterial.

De los millones de microbios diferentes, cien especies son conocidas por afectar nuestra salud cuando las colonias parásitas crecen demasiado (por ejemplo, la *Escherichia Coli* en el intestino) o cuando liberan toxinas poderosas (*Clostridium tetani* en heridas). La E. Coli, presente en el aire de la Ciudad de México, es un importante indicador de la presencia de materia fecal en el ambiente.⁴⁵⁶ El rango de reacciones de los humanos a estos microbios es tan amplio como el número de personas expuestas a ellas. Las bacterias llamadas gérmenes necesitan un buen sitio para vivir, específicamente materia viva, y provocan enfermedades.⁴⁵⁷ La boca es uno de estos sitios y es habitada hasta por 600 especies.

⁴⁵⁶ Rosas, I., et. al., *Escherichia coli* in Settled-Dust and Air Samples Collected in Residential Environments in Mexico City, p. 4096.

⁴⁵⁷ Farrdon, J., *Op. cit.*, p. 78.

Gases

La atmósfera de la Ciudad de México presenta serios problemas de smog fotoquímico que está conformado por compuestos oxidantes como ozono, nitratos de peroxiacetilo, formaldehído y otros orgánicos volátiles. La concentración de estos contaminantes depende de la presencia de hidrocarburos y de óxidos de nitrógeno así como de la luz solar.

Ozono

El ozono (O_3) es el principal contaminante en el Área Metropolitana de la Ciudad de México.⁴⁵⁸ Es el principal ingrediente del smog fotoquímico: la neblina café amarillenta (color proporcionado por el bióxido de nitrógeno) que suele cubrir ciudades como la de México. Este oxidante fotoquímico es producido por la reacción de los óxidos de nitrógeno con hidrocarburos en presencia de luz solar.

El ozono es un gas explosivo azulado con olor característico agradable⁴⁵⁹ en concentraciones inferiores a 2 ppm, pero irritante a concentraciones mayores (como las de la Ciudad de México). Se produce por la disociación del oxígeno molecular (O_2), bajo los efectos de la luz que genera átomos libres que se recombinan con otras moléculas de O_2 para formar el triatómico ozono (O_3). Se encuentra en concentraciones traza cerca de la superficie terrestre (0.05 ppm al nivel del mar) y concentrado en la estratosfera⁴⁶⁰ donde absorbe la peligrosa radiación ultravioleta, protegiendo a los humanos del cáncer en la piel. En la atmósfera inferior, donde la gente respira y las plantas crecen, es producido por la interacción de la luz solar con los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno, emitidos principalmente por los automóviles, y provoca serios efectos a la salud y un significativo daño a los bosques y los cultivos.

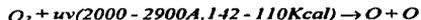
⁴⁵⁸ En el AMCM el límite de la Norma es excedido 300 días al año. (Molina, M. M., et. al., *Gasoline distribution cycle and vapor emissions in Mexico City Metropolitan Area*).

⁴⁵⁹ Motivo por el que fue bautizado por el químico alemán Schübein en 1839 como *Ozon*, que deriva del griego *ozein*, que significa "oler". (Biddle, W., *Op. cit.*, p. 107).

⁴⁶⁰ *Aterck Index*, p. 1105.

Los oxidantes fotoquímicos se forman a través de complejas reacciones fotoquímicas que involucran compuestos orgánicos volátiles (VOC), óxidos de nitrógeno (NO_x), oxígeno, partículas de materia y luz solar. En la actualidad, el término "oxidante" se refiere a una variedad de compuestos que se forman durante el proceso fotoquímico, principalmente O_3 y NO_x , con cantidades menores de peroxiacetilnitrato (PAN)⁴⁶¹, bióxido de nitrógeno, peróxido de hidrógeno, ácidos nítrico y nitroso, así como ácido fórmico. Debido a que las concentraciones de todos estos oxidantes tiende a subir y bajar al mismo tiempo, generalmente sólo se reporta el nivel del ozono como un indicador de la concentración total de oxidantes.⁴⁶²

El oxígeno fotoquímico que se forma en las reacciones fotoquímicas:



puede reaccionar con el oxígeno molecular para formar ozono:



donde M es la energía de aceptación del tercer cuerpo.

Durante las noches, por lo general, las concentraciones de ozono son bajas y alcanzan el mínimo al amanecer. Conforme el tráfico matutino aumenta, junto con la emisión de precursores y la radiación solar, se van desencadenando las reacciones fotoquímicas que originan a éste contaminante que se va acumulando hasta alcanzar un máximo entre el mediodía y la tarde. Las peores condiciones de exposición se dan durante las inversiones térmicas. Debido a que los oxidantes no son emitidos directamente, sino que toman varias horas para formarse, los precursores se mueven con el viento y, por esto,

⁴⁶¹ Estos nitratos son irritantes y causan daños a la vegetación.

⁴⁶² Harte, J., *Op. cit.*, p. 372.

frecuentemente las concentraciones de oxidantes son mayores en sitios alejados de las fuentes.⁴⁶³

El ozono es una molécula inestable y tiende a perder fácilmente el oxígeno extra para volver a su molécula estable. Por este motivo, es un potente oxidante que puede dañar a muchos materiales, como caucho, nylon y tejidos vivos de plantas y animales donde inicia reacciones en cadena rompiendo estructuras intracelulares vitales. Su capacidad para matar bacterias lo convierte en un poderoso desinfectante pero también en un peligro porque disminuye la capacidad respiratoria, irrita los ojos y aumenta el asma en niños. También irrita la mucosa respiratoria y la predispone a los microorganismos.⁴⁶⁴ Al entrar en contacto con las células les quita hidrógeno y altera la reacción más importante del organismo: la formación de agua. También cambia el pH de las células e inhibe la síntesis de una gran variedad de sustancias, como enzimas y proteínas. Reduce el crecimiento pulmonar durante la niñez y la adolescencia e incrementa el ritmo de envejecimiento de los pulmones a edades avanzadas.⁴⁶⁵ Cuando el nivel de ozono pasa los 225 puntos Imeca, ocasiona un aumento significativo de los síntomas comunes: irritación de ojos, tos seca, dolor de garganta y dolor de cabeza.⁴⁶⁶ La exposición a los niveles típicos de esta ciudad reduce la función normal de los pulmones, tanto en adultos como en niños, e impide inhalar profundamente; síntomas que pueden permanecer varios días después de la exposición. Los grupos de la población con mayor riesgo incluyen a los que ya padecen enfermedades respiratorias, incluyendo a los asmáticos, la gente con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y los que resultan inusualmente sensibles a este contaminante. Para evitar una exposición innecesaria se recomienda suspender el ejercicio durante las contingencias,

⁴⁶³ *Ibidem.*

⁴⁶⁴ Coe, W.W., *Combustion efficiency vs. NOx*, p. 130-34.

⁴⁶⁵ Hollenberg, J.L.; Stephens, E.R. *Demonstrating the chemistry of air pollution*, p. 853-94.

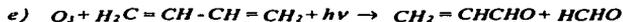
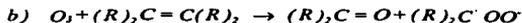
⁴⁶⁶ Lezama, J.L., *Contaminación del aire*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 564.

así como las horas de mayor concentración, porque al aumentar las respiraciones se incrementa la cantidad de oxidantes en contacto con el sistema respiratorio.⁴⁶⁷

Los contaminantes fotoquímicos afectan ciertas cosechas, como las de maíz, trigo y soya, reducen considerablemente el volumen de producción de madera⁴⁶⁸ y producen un rápido deterioro de los productos de hule con pérdidas en su elasticidad y ocasionando, inclusive, su rotura.

Los coches y otros vehículos que no cumplen con los estándares de emisiones contribuyen sobremanera al problema del ozono, pero no son los únicos ya que no todo el ozono proviene de fuentes humanas; los árboles, el pasto y otras fuentes naturales contribuyen con casi el 50% de todas las emisiones de hidrocarburos precursores del ozono. Obviamente, estas fuentes son imposibles de controlar. Otras fuentes importantes de precursores son las gasolineras, las plantas de energía eléctrica, las tintorerías, las pinturas, la industria química, las refinerías y cualquier actividad que involucre el uso de solventes.

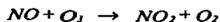
Especialmente con las olefinas, el ozono reacciona para formar aldehidos, varios radicales libres y otros intermediarios, como el Zwitterión $(R)_2C^+OO^-$, el cual reacciona rápidamente formando productos indeseables que contaminan el aire:



⁴⁶⁷ Harie, J., *Op. cit.*, p. 373.

⁴⁶⁸ Walsh, W.P., *Motor vehicle emissions control technology transfer to developing countries.*

Como la formación de ozono está en función tanto de las condiciones del aire como de la mezcla de especies químicas, la estimación de la formación del ozono se basa en la reactividad máxima de cada especie involucrada, lo que tiende a exagerar la reactividad de la mezcla.⁴⁶⁹ El control de emisiones de HC y NO_x juega un rol primordial en la reducción del ozono. El mecanismo de desaparición del ozono se da por las reacciones:



El ozono viola la norma ambiental más de 80% de los días del año en la Ciudad de México, aunque en los últimos años no se han presentado contingencias ambientales.⁴⁷⁰ La norma de calidad del aire indica que la cantidad de ozono en la atmósfera no debe ser mayor de 0.11 ppm, durante una hora, una vez al día y una vez al año! En la Ciudad de México la norma se rebasa unas 900 horas al año y ha llegado a niveles de 0.389 ppm.⁴⁷¹

De todos los contaminantes que se generan y afectan a la atmósfera, el ozono ha resultado ser el más peligroso hasta ahora ya que la experiencia internacional ha demostrado que no puede ser reducido en un tiempo breve. Los niveles de ozono son los más difíciles de controlar debido a que las emisiones de HC y NO_x provienen de muchas fuentes y a la compleja fotoquímica involucrada. Los compuestos orgánicos volátiles son el componente crítico y la estrategia de la EPA para controlar el nivel de oxidantes se enfoca principalmente a limitar las emisiones de hidrocarburos volátiles que provienen de la evaporación del combustible, de las industrias, de los procesos químicos orgánicos y de las emisiones de los automóviles.⁴⁷²

⁴⁶⁹ Gushee, D.E., *Alternative fuels for cars: Are they cleaner than gasoline?*, p. 406-11.

⁴⁷⁰ La concentración promedio en 1997 fue de 0.25 ppm mientras que el máximo permisible (Imeqa 100) es de 0.11 ppm. (Lezama, J.L., *Op. cit.*, p. 565).

⁴⁷¹ Fernández, C. F., *Las modernas ruedas de la destrucción*, p. 50-52.

⁴⁷² Buonicore, A.J. *Air pollution control*, p. 89.

Hidrocarburos

Los hidrocarburos (compuestos de carbono e hidrógeno) que contaminan el aire incluyen a todas las emisiones gaseosas de la combustión incompleta más todos los componentes volátiles del combustible en sí que se generan en el ciclo de almacenamiento, transporte y distribución de los combustibles. Como están involucradas cientos de especies, con diferentes tendencias a la formación de ozono que van desde las muy reactivas hasta las virtualmente no reactivas, estos compuestos resultan poco útiles como medida de la contaminación. Las fuentes que contribuyen a la emisión de hidrocarburos son los escapes de vehículos (es la principal), las emisiones de las refinerías y los vapores de la gasolina. Se estima que en la Ciudad de México 75% del promedio de HC proviene de fuentes móviles, 5% de fuentes relacionadas con el sulfuro y 19% de fuentes naturales y evaporación de solventes. Del que emiten los vehículos; 70% corresponde a pérdidas evaporativas y sólo 30% proviene de los sistemas de escape.”

En el aire los enlaces de los hidrocarburos pueden romperse porque las energías asociadas con las longitudes de onda del rango visible, en la atmósfera inferior, corresponden a las energías suficientes para provocar las rupturas. Los compuestos orgánicos de los combustibles fósiles pueden, cuando se esparcen en la atmósfera en presencia de NO_x y luz solar, afectar la calidad del aire. Los impactos adversos en la calidad del aire incluyen la formación de ozono y otros oxidantes fotoquímicos, aerosoles secundarios y productos orgánicos tóxicos” como los hidrocarburos aromáticos que tienen serios efectos cancerígenos y se les relaciona con la leucemia. También la mayoría de los aromáticos polinucleares (PAH) resultan cancerígenos. Los compuestos orgánicos volátiles más abundantes en la atmósfera de la Ciudad de México son propano, butano,

⁴⁷³ Riveros, H.G., et. Al., *Hydrocarbons and carbon monoxide in the atmosphere of Mexico City*, p. 973-4

⁴⁷⁴ Peters, M.S., *Summary of present knowledge of the chemistry of air pollution*, p. 1-6.

tolueno y una mezcla de etileno y acetileno. También hay altas concentraciones de metil tert-butil éter (MTBE) y de benceno.⁴⁷⁵

Óxidos de nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno, NO_x, son generados por la combustión de combustibles fósiles, tanto de fuentes móviles (automóviles⁴⁷⁶) como de estacionarias (calentadores domésticos), y por las reacciones químicas atmosféricas subsecuentes. En relación con las emisiones vehiculares, que incluyen CO y HC, es el contaminante más tóxico, pero su concentración no llega a ser muy elevada en las ciudades (menos de 1 mg/m³). Sin embargo, son la materia prima de la lluvia ácida y del ozono que tienen un serio impacto adverso en la salud humana y de otras especies, así como sobre bosques y lagos.

Estos óxidos no se producen directamente durante la combustión, sino en una reacción paralela entre el nitrógeno y el oxígeno. La cantidad de NO_x que se produce está en función del tiempo y de la temperatura de la combustión.⁴⁷⁷ Aparte de irritar los ojos y pulmones, también se pueden oxidar en la atmósfera originando ácidos (como el ácido nítrico) y sales de nitrato que, de manera similar a los sulfatos, disminuyen la visibilidad. La exposición a picos de concentración puede ser más dañina que la exposición prolongada a niveles menores.

La principal exposición a estos óxidos se da en el aire urbano contaminado. En el Distrito Federal la concentración aumenta durante las horas matinales, entre las 6 y las 9 AM, cuando las emisiones vehiculares son mayores y la luz del sol hace presencia para iniciar las reacciones fotoquímicas. Las mayores concentraciones se dan durante las inversiones térmicas.

⁴⁷⁵ Ruiz Santoyo, M. E. G. y Vega Rangel, E., *Formation of ozone and reactivity in the atmosphere of Mexico City*, p. 179-185.

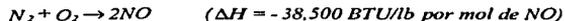
⁴⁷⁶ En las ciudades, entre el 30 y el 40% de las emisiones de NO_x son generadas por los motores de los vehículos.

⁴⁷⁷ Van Wylen, G.J.; Sonntag, R.E., *Fundamentos de termodinámica*, p. 352-54.

La mayor parte de los NO_x emitidos a la atmósfera por los sistemas de combustión están en forma de óxido nítrico y sólo una pequeña fracción aparece en forma de bióxido de nitrógeno y de óxido nitroso.

Oxido nítrico

El óxido nítrico, NO , es un gas incoloro que, aparte de ser precursor del ozono, tiene un gran efecto de gas invernadero. Se produce por la reacción:⁴⁷⁸



que acompaña al proceso de la combustión. Esta es una de las reacciones químicas más importantes de las que se relacionan con la contaminación del aire. Casi todos los óxidos de nitrógeno se producen por dicha ruta, aunque el mecanismo de reacción es un poco más complicado.

A la concentración atmosférica del NO al equilibrio, y a la temperatura estándar de 25°C , casi todo el NO se descompone en nitrógeno y oxígeno. Desafortunadamente, la constante de velocidad es tal que el equilibrio solo se alcanza muy lentamente y el NO permanece sin cambios en la atmósfera debido a lo lento de la reacción de descomposición.

Bióxido de Nitrógeno

El bióxido de nitrógeno, NO_2 , es un gas café amarillento (color característico del smog) con olor irritante, incombustible y muy venenoso. A una concentración de 100 ppm es peligroso, aún en exposiciones cortas, y a 200 ppm puede ser mortal.⁴⁷⁹ Es un compuesto oxidante muy reactivo químicamente por lo que es peligroso biológicamente hablando y también actúa como catalizador para la producción de ozono a partir de compuestos

⁴⁷⁸ Peters, M.S., *Op. cit.*, p. 4.

⁴⁷⁹ Concentración promedio en 1997 = 0.21 ppm. Máximo permisible (Imeca 100) = 0.23 ppm.

orgánicos volátiles en presencia de luz solar.⁴⁸⁰ Con agua forma ácido nítrico (es el principal contribuyente de la lluvia ácida) y resulta corrosivo para el acero.

Produce irritación del tracto respiratorio e inflamación de pulmones, puede causar un dolor ligero o pasar inadvertido, pero el edema resultante puede resultar fatal. También provoca agravamiento de enfermedades cardiovasculares. Los niños expuestos tienen problemas respiratorios -tos, mocos y dolor de garganta- y problemas de constricción bronquial. El aire citadino raramente puede alcanzar concentraciones peligrosas.

Es producido por la reacción fotoquímica del NO según la reacción:⁴⁸¹



Pero, si la concentración de NO es baja, el NO₂ requiere de muchas horas para formarse:

$$\frac{-d(NO)}{dt} = k(NO)^2(O_2)_{1,2} = \frac{1}{k}(O_2)(NO), = 760 \text{ horas}$$

Si el aire contiene HC, el NO₂ puede ser regenerado a través de dos reacciones clave que ocurren en serie mediante una reacción fotoquímica vía mecanismo del radical libre peroxi:

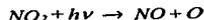


donde R es un radical hidrocarburo libre o un átomo de hidrógeno. Esta forma particular de regeneración del NO₂ a partir de NO es una de las claves para explicar cómo pequeñas cantidades de NO pueden ser las principales contribuyentes de la formación del ozono. En

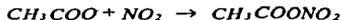
⁴⁸⁰ Harte, J., *Op. cit.*, p. 365.

⁴⁸¹ Van Wylen, G.J., *Op. Cit.*, p. 352-54.

el espectro del visible, la reacción fotoquímica más importante es la descomposición del dióxido de nitrógeno en óxido nítrico y oxígeno atómico:



Este átomo de oxígeno libre es el que forma el ozono al juntarse con oxígeno diatómico. Los compuestos orgánicos atmosféricos intensifican la conversión de NO a NO₂. El NO₂ también juega un papel principal en la formación del smog fotoquímico en las atmósferas urbanas. Su reacción con hidrocarburos propicia la formación de nitratos peroxiacilos, que son irritantes oculares, en particular el nitrato de peroxiacetilo (PAN).⁴⁸²



El dióxido de nitrógeno también reacciona con el vapor de agua en la atmósfera para producir ácido nítrico y con otras sustancias para formar partículas ácidas.

Oxido Nitroso

Otra forma de NO_x es el óxido nitroso, N₂O, el cual está presente en la atmósfera en una concentración de 0.3 ppm y no es reactivo. La principal fuente es la acción bacteriana de la alimentación; sólo una pequeña cantidad se produce por la reacción:



El óxido nitroso es un gas incoloro con sabor dulce y un olor que produce simpleza antes de noquear. Es ubicuo en el aire por la acción de las bacterias naturales sobre los nitratos del suelo. El uso de fertilizantes, a partir de la segunda guerra mundial, que liberan N₂O, desequilibró su concentración en la atmósfera. Debido a que es generado artificialmente por la combustión de los productos petrolíferos, su

⁴⁸² Hollenberg, J.L., *Op. cit.*, p. 870-74.

concentración se incrementa en cerca de 0.25% por año.⁴⁸³ En la troposfera, el N₂O actúa como gas invernadero de importancia relativamente menor, pero más arriba, en la estratosfera, contribuye a la producción de óxidos de nitrógeno que participan decididamente en la destrucción del ozono.

Los efectos teratogénicos de este óxido se deben a que destruye la vitamina B₁₂ que es necesaria para la división celular y la producción de DNA. Sus efectos sobre el sistema nervioso central incluyen parestesia, pérdida del equilibrio, aturdimiento y dificultad para concentrarse.

Monóxido de carbono

El monóxido de carbono, CO, es un gas incoloro, inoloro e insaboro, altamente venenoso. Puede provocar la muerte porque se combina con la hemoglobina de la sangre para formar carboxihemoglobina que no solo no sirve para transportar oxígeno sino que además lo desplaza del cerebro y del corazón. La afinidad de la hemoglobina por el CO es casi 240 veces mayor que por el oxígeno.⁴⁸⁴ El monóxido de carbono juega un importante papel en el desarrollo de la isquemia, mal cardíaco en el que el músculo del corazón no es abastecido de suficiente oxígeno durante largos periodos y los tejidos mueren lentamente. De manera similar, la fatiga extra que sufren el corazón y los pulmones por la falta de oxígeno durante los episodios extremos de CO (por ejemplo, fumar mucho o quedar atrapado en un embotellamiento) puede conducir a un ataque cardíaco.⁴⁸⁵

La sobreexposición, entre 15 y 25% de CO en la sangre, puede provocar dolor de cabeza, desmayos, confusión, debilidad, náusea, vómito y pérdida del control

⁴⁸³ Su concentración en la Era preindustrial era de 290 ppb y actualmente anda por las 310 ppb. (Biddle, W., *Op. cit.*, p. 84).

⁴⁸⁴ Biddle, W., *Op. cit.*, 32.

⁴⁸⁵ Harte, J. *Op. cit.*, p. 49.

muscular.⁴⁸⁶ El mejor antídoto es el aire fresco lo elimina de la sangre en unas 5 horas. Una exposición prolongada, aún a bajos niveles, puede generar una persistente pérdida de la memoria y dolores musculares y, si se prolonga, inconsciencia, daños pulmonares, asfixia y muerte. A concentraciones en la sangre superiores al 40%, las víctimas necesitan atención inmediata con oxígeno puro presurizado, terapia conocida como de "oxígeno hiperbárico". Niveles superiores a 60%, por lo general son fatales. Los adultos con 5% comienzan a perder capacidad aeróbica, percepción visual, vigilancia y destreza manual. La gente con enfermedades crónicas del corazón o de los pulmones es más sensible.⁴⁸⁷ A concentraciones de 20 a 60 ppm afecta la visión, los oídos y reduce la capacidad de los conductores para reaccionar a la luz y apreciar distancias. Fetos, células falciformes anémicas y niños pequeños pueden resultar especialmente sensibles a su exposición, aún a bajos niveles.⁴⁸⁸

El CO (también relacionado con la formación del ozono) se produce en cualquier sitio donde haya un proceso de combustión: motores a gasolina, fuegos naturales o provocados, estufas, hornos, calentadores de ambiente o de agua, parrillas a carbón y en el humo del cigarro. Junto con los HC y los NO_x, son los contaminantes atmosféricos que provienen de los gases de escape de los automóviles más frecuentes en las ciudades. Por lo general, más del 90% del CO urbano proviene de los vehículos de motor como resultado de la combustión incompleta de los combustibles. El volumen de CO que se emite está determinado básicamente por la tecnología y el funcionamiento de los vehículos, las características de los combustibles, las condiciones del sistema vial, los patrones de tránsito y las modalidades de transporte que predominan en la ciudad.⁴⁸⁹

⁴⁸⁶ *Merck Index*, p. 275.

⁴⁸⁷ Biddle, W., *Op. cit.*, p. 33.

⁴⁸⁸ Walsh, W. P., *Op. cit.*

⁴⁸⁹ Anderson, E.V., *Oxygenated Fuels Mandate: Marketers Ponder Additive Strategy*, p. 14-16.

Los límites federales de Estados Unidos indican que las concentraciones de CO no deben exceder las 9 ppm en promedio durante 8 horas o las 35 ppm en una hora, límites frecuentemente violados.⁴⁹⁰ En la Ciudad de México la concentración máxima permisible (Imeca 100) es de 11 ppm.⁴⁹¹

Bióxido de carbono

El bióxido de carbono (CO₂), presente de manera natural en la atmósfera de la Tierra⁴⁹² y de otros planetas como Venus, es un gas incoloro, inoloro e incombustible con un sabor ligeramente ácido que se usa para producir hielo seco, refrescos, extinguidores y propelente de aerosoles. Es un gas peligroso ya que los humanos no pueden respirar aire que contenga más de 10% de CO₂ sin perder la conciencia.⁴⁹³

Es vital para la fotosíntesis, por lo tanto para toda la vida, y también ayuda a regular la temperatura de la Tierra. Cuando la energía solar llega al planeta, una parte es reflejada por las nubes y alrededor del 7% es absorbida como radiación ultravioleta por el ozono en la estratosfera, pero la mayor parte llega a la superficie del planeta como luz visible y luego es radiada de regreso al espacio como energía infrarroja. Alrededor del 30% de este calor es atrapado por el CO₂ y el vapor de agua en la troposfera, lo cual mantiene a la superficie de la Tierra más caliente (alrededor de 12°C) que si no sucediera este fenómeno. De ahí el nombre de “efecto invernadero”. El problema es que el uso masivo de combustibles fósiles, como el carbón, ha cambiado el balance natural de los gases en la atmósfera elevando la concentración de CO₂ a un ritmo de 0.2 a 0.3%

⁴⁹⁰ Biddle, W., *Op. Cit.*, p. 32.

⁴⁹¹ La concentración promedio en 1997 fue de 8 ppm.

⁴⁹² Es la quinta sustancia más abundante en el aire limpio, después del nitrógeno, oxígeno, agua y argón.

⁴⁹³ *Merck Index*, p. 274.

por año, de 315 ppm en 1958, a más de 350 ppm en 1990.⁴⁹⁴ Si todo se mantiene igual, entre el 2020 y el 2080 la concentración de CO₂ podría ser el doble de la actual, lo cual produciría un calentamiento global de 1 a 3.5°C para el año 2100, amplificado por un factor de 3 o 4 en las regiones polares.⁴⁹⁵

El principal culpable de las emisiones de CO₂ es la máquina de combustión interna,⁴⁹⁶ seguido por las carboeléctricas, los hornos de cemento y las aeronaves. La deforestación de los bosques tropicales también ha exacerbado el problema.

El CO₂ estimula el nervio trigémino de la lengua provocando una sensación de picazón que bordea en el dolor a concentraciones suficientemente elevadas.⁴⁹⁷ En presencia de humedad forma ácido carbónico que daña las estatuas.

Bióxido de azufre

El bióxido de azufre, SO₂, es uno de los contaminantes más comunes en las ciudades.⁴⁹⁸ Las fuentes estacionarias son las principales productoras a partir de la combustión de combustibles sulfurados, del carbón y de aceites minerales, que pueden llegar a contener azufre hasta en un 5%, usados en la producción de energía, en la industria y en la calefacción doméstica o para hacer quesadillas.⁴⁹⁹ Otra fuente importante es el transporte que utiliza diesel y combustóleo que aun contiene azufre. Al quemar estos combustibles el azufre es liberado a la atmósfera como SO₂ o gas sulfuroso. El principal peligro de este contaminante es que bajo ciertas condiciones de humedad ambiental se

⁴⁹⁴ Análisis realizados en burbujas de aire atrapadas dentro de pedazos de hielos profundos muestran que la concentración de CO₂ en la era preindustrial (antes de 1750) era de alrededor de 275-285 ppm y que el gran salto sucedió en el siglo pasado. Entre 90 y 145 billones de toneladas de CO₂ se han agregado a la atmósfera desde 1850. (Biddle, *Op. cit.*, p. 29).

⁴⁹⁵ *Ibidem*, p. 30-31.

⁴⁹⁶ Y los Estados Unidos que, con sólo el 4% de la población mundial, arrojan a la atmósfera más de la cuarta parte de todos los gases de invernadero.

⁴⁹⁷ *Merck Index*, p. 274.

⁴⁹⁸ En la Ciudad de México la concentración promedio en 1997 fue de 0.06 ppm, por tanto inferior al máximo permisible (Imca 100) de 0.13 ppm.

⁴⁹⁹ Buonicore, A. *Op. cit.*, p. 82-4.

convierte en SO_3 y forma aerosoles de ácido sulfúrico, H_2SO_4 , que son muy peligrosos.¹⁰⁰

Es un gas incoloro con olor picante. La gente puede empezar a olerlo y gustarlo en un intervalo de 0.3 a 1 ppm. Provoca irritación de ojos y del tracto respiratorio, reducción de la función pulmonar y agravamiento de asma y bronquitis crónica. Alrededor del 90% del SO_2 inhalado es absorbido en el tracto respiratorio superior, donde causa estragos sobre las membranas mucosas. Los niños de ciudades contaminadas presentan una mayor incidencia de tos, bronquitis e infecciones en el tracto respiratorio inferior. También daña directamente las plantas (líquenes, musgos y árboles frutales son especialmente vulnerables); pero el daño más severo es provocado por la conversión del SO_2 en ácido sulfúrico en la atmósfera y su subsiguiente depósito como lluvia ácida, nieve y partículas ácidas secas. Las regiones boscosas están siendo afectadas por la acidez, la contaminación por ozono, el calor y la aridez. Estos efectos sobre los ecosistemas eventualmente pueden alterar la formación de suelos y la erosión, cambiar la composición de la atmósfera, alterar los climas regionales y desequilibrar el balance de las especies animales en los bosques. Se cree que el ácido sulfúrico contribuye con el 60% del ácido que se deposita en el suelo. El SO_2 también se asocia con la corrosión del acero y de otros metales, la degradación del zinc y de otros recubrimientos protectores y con el deterioro de materiales de construcción (concreto y piedra caliza), papel, cuero, obras de interés histórico y ciertos textiles.

Este gas reacciona en la atmósfera para formar partículas de sulfato que resultan más peligrosas que el SO_2 original. Mientras que la exposición al SO_2 es mayor cerca

¹⁰⁰ Como el evento sucedido en Londres en 1952, donde en una semana de invierno los contagiantes sulfurados alcanzaron concentraciones tan elevadas que murieron alrededor de 4 mil personas. (Senent, J., *Op. cit.*, p. 35-37). Durante esta catástrofe, las concentraciones de SO_2 en el aire llegaron a 1.34 ppm. Este nivel no se acerca al límite de toxicidad de 10 ppm, en el cual la gente sana es generalmente afectada, pero sí resultó suficiente para combinarse con el humo del carbón y provocar la muerte muchos londinenses.

de las fábricas que lo generan, con los sulfatos sucede lo contrario porque cuanto más camino recorre el SO_2 en el aire, mayor cantidad se convierte en sulfatos. Por esto, el área de exposición más significativa para los humanos tiende a darse dentro de los 25 kilómetros de la planta o fábrica. En las áreas urbanas, las concentraciones de SO_2 generalmente son 10 veces mayores que en áreas rurales. Cerca de las fuentes industriales con controles inadecuados los niveles en ocasiones llegan a ser 1000 veces mayores.

La forma más segura para prevenir la exposición al SO_2 es evitar los sitios contaminados. El ejercicio y otras actividades extenuantes al aire libre deben ser reducidos si el aire es de poca calidad, como durante las inversiones térmicas. En particular los asmáticos, así como los individuos con alergias o problemas respiratorios, no deben ejercitarse en la vecindad de plantas de energía eléctrica y de otras fuentes de contaminación atmosférica. En México las emisiones han bajado como consecuencia de la instalación de dispositivos para desulfurar el gas que sale de las chimeneas y por la reducción del contenido promedio de azufre en los combustibles.

Las soluciones a largo plazo para la contaminación por SO_2 incluyen: 1) conservación de la electricidad (acción que podemos realizar individualmente de inmediato), 2) desarrollo de la generación de electricidad solar e incremento del uso de fuentes renovables de energía (como viento y agua) para reemplazar el uso de combustibles fósiles, 3) usar carbón con bajo contenido de azufre en las plantas de energía y 4) instalar equipo adicional para el control de la contaminación en las plantas de energía existentes y en las fábricas.

Metano

El metano (CH₄), gas totalmente incoloro que absorbe luz en la región infrarroja del espectro, es el componente principal (alrededor del 85%) del gas natural que se usa como combustible. Es uno de los gases invernadero (los otros son vapor de agua, CO₂, CFC y N₂O) que regulan la temperatura global. El aumento en la cantidad de metano ha hecho el mundo más caliente, 0.55°C, a partir del inicio de la revolución industrial y no hay señales de que esto se detenga. Hay alrededor de 4.5 trillones (4.5 x 10¹²) de Kg de metano en la atmósfera de la Tierra (su presencia corresponde a la mayor para un gas orgánico. Cerca del 5% de la energía de todo el mundo que proviene de la fotosíntesis se gasta en producir metano. Aparte de las flatulencias animales (los humanos liberan 0.5 Kg de metano al año), las fuentes principales son el estómago de las termitas y el llamado gas pantano que es liberado por la descomposición microbiológica de la materia orgánica en pantanos. Significativas cantidades también son liberadas por los basureros, minas, plantas de tratamiento de aguas negras, fugas de gas natural y alrededor de las líneas de transmisión de corriente eléctrica.⁵⁰¹

Como el metano reacciona rápidamente con el oxígeno, se produce CO a una velocidad de 8 x 10¹⁴ gramos por año. Esta es una reacción afortunada ya que si esto no pasara la concentración de oxígeno en la atmósfera pasaría del nivel seguro de 21% al altamente combustible de 25% en alrededor de 50 mil años.⁵⁰²

Amoniaco

Es un gas incoloro venenoso que afortunadamente tiene un olor pungente lo suficientemente irritante como para alejar a cualquiera de inmediato. Se usa para hacer plástico, ácido nítrico, fertilizante, explosivos, pigmentos, pegamentos, medicinas, fibras sintéticas y muchos otros productos. La síntesis a gran escala del amoniaco para

⁵⁰¹ Biddle, *Op. cit.*, p. 85-7.

⁵⁰² *Ibidem*, p. 86.

fertilizantes es la piedra angular de la agricultura moderna y, por ende, de la contaminación del agua. La abundancia total en la biosfera se estima en 10 billones de toneladas.⁵⁰³ A concentraciones superiores a 20-25 ppm en el aire produce resequedad nasal e irritación de ojos, nariz y garganta.

Alrededor del 45% del amoníaco en la atmósfera proviene de la descomposición de residuos animales, incluyendo el excremento humano. El tratamiento de aguas residuales también es fuente de emisiones amoniacales. La acción de las bacterias sobre la materia orgánica en el suelo contribuye con otro 20%, parte del cual es reabsorbido por las plantas que así mantienen la concentración de amoníaco casi constante. El uso de fertilizantes contribuye con un 8% y la combustión de carbón con menos del 1%. La mayor parte del resto proviene de los océanos. Casi el 54% del amoníaco atmosférico se genera por actividades humanas; sobre los continentes tal fracción alcanza casi tres cuartas partes.⁵⁰⁴

Agentes estáticos

“Solo lo esencial es invisible a los ojos, lo demás, desgraciadamente, es visible hasta para los ciegos”. Andrea Marcovich

Al bajar la vista del nebuloso cielo se hallan los contaminantes al ras del suelo. Carteles de publicidad, deshuesaderos, comercio ambulante, cables y postes (cual árboles y ramas), basura en las esquinas, basura y polvo en las calles y banquetas, basura en los tiraderos... Un inmenso museo de restos de civilización que no tiene dueño, aunque lo tuvieron y seguramente lo tendrán. Museo que también abre de noche gracias al

⁵⁰³ *Ibidem*, p. 11.

⁵⁰⁴ *Ibidem*, p. 11-12.

alumbrado público que desde 1881 aclara eléctricamente las noches del Distrito Federal.⁵⁰⁵

Anuncios

El Reglamento de Anuncios para el Distrito Federal de 1988 especifica que “contaminación visual es el fenómeno que ocasiona efectos negativos en la percepción visual por la distorsión del entorno natural, histórico y urbano de la Ciudad de México”. Bajo este marco, casi toda la ciudad está contaminada y sólo se salvan algunas zonas que han logrado conservar inmaculado su entorno. De los anuncios espectaculares se pasó sin control alguno a los anuncios en camiones y hasta en automóviles particulares. En el AMCM hay más de 8 mil anuncios, la mayoría instalados de manera ilegal, que según José Luis Lezama “son una forma de contaminación visual porque añaden escalas inapropiadas al espacio construido, lo satura de objetos impuestos y dañan la imagen urbanística de la ciudad. Los anuncios explotan de manera privada la vía pública, distraen a los automovilistas, vulgarizan el medio ambiente físico y degradan la estética de las edificaciones y del paisaje urbano; además de que carecen de una función pública y sólo sirven para el consumo. También son una amenaza para la seguridad física y la tranquilidad de los habitantes porque están mal construidos y son vulnerables a los vientos, al deterioro y otras fuerzas naturales.”

⁵⁰⁵ “En Tenochtitlan, afirma fray Juan de Torquemada, por las noches se colocaban braseros de fuego en las calles para alumbrarlas. En 1726 el corregidor Tomás de Rivera Santa Cruz dispuso que en cada balcón se pusiera un farol. En 1790, el virrey, conde de Revillagigedo, establece el alumbrado público, con lámparas que utilizaban aceite de nabo como combustible. En 1857, el presidente Comonfort inauguró la primera fábrica de gas y prendió dos mecheros de lámparas de hidrógeno.” (Ortiz Monasterio, Fernando y otros. *Tierra profanada: historia ambiental de México*, p. 220).

Basura

“La basura es de quien la trabaja” Gustavo Marcovich

La basura es cualquier objeto que no queremos, lo quisimos en algún momento pero ya no. Se define por su ubicación: algo que estorba en algún lugar, que es metido en un bote y que es llevado por unos señores con un camión raro. Así cada habitante de la Ciudad de México genera un promedio de 1.2 kilogramos de desechos sólidos al día. En 1997 los kilogramos producidos por los habitantes del Distrito Federal se sumaron para alcanzar una cifra de 11,420 toneladas, en promedio, al día. Los 18 principales municipios conurbados contribuyeron ese año con 10,305 toneladas, por lo que el total diario fue de 21,725 toneladas. La basura domiciliaria conforma el 48% del total, de comercios el 21%, de servicios el 19% y de áreas públicas el 7%. Del total, el 47% son residuos orgánicos no reciclables, en su mayoría proveniente de la basura domiciliaria, y los reciclables representan el 35%.⁵⁰⁶

En el bote la basura no vale nada pero cuando se le aplica trabajo tiene un gran valor. A través de un complejo pero primitivo sistema de recolección, que incluye pepenadores a bordo, la basura es separada en su mismo traslado en el camión (del 10 al 15%) para ser vendido a un intermediario que los revende a la industria que usa materiales reciclados en sus procesos (cartón, botellas de vidrio, tortilla, fierro, papel, lámina, trapo, muebles y vidrio). Lo que sobra es llevado a las plantas de transferencia donde camiones más grandes transportan el contenido de entre siete y diez camiones a las “plantas de separación” donde, mediante una banda mecánica, se selecciona lo que todavía es reciclable, el residuo de esta operación o “rechazo” es trasladado a los sitios de disposición final del Bordo Poniente y el de Santa Catarina.⁵⁰⁷ El Gobierno del

⁵⁰⁶ Castillo Berthier, Héctor, *Basura*, en Garza, G., *Op. cit.*, p. 436-7.

⁵⁰⁷ *Ibidem*, p. 436.

Distrito Federal tiene 2000 camiones de los que funcionan 1700⁵⁰⁸. En el DF trabajan 17 mil personas en la recolección de la basura mientras que en los municipios conurbados laboran más de siete mil trabajadores en estos menesteres. En el Distrito Federal hay 14 estaciones de transferencia y en los municipios conurbados 2, por lo que ellos tienen que ir hasta los tiraderos.⁵⁰⁹ Hay tres plantas de selección con capacidad de 5500 toneladas en conjunto por día. Allí trabajan 1500 ex pepenadores que seleccionan para el reciclaje entre el 10 y el 13% de los residuos y se venden a la industria generando más de 65 millones de pesos anuales que paran en los líderes de pepenadores, mientras que los gastos de operación corren por cuenta del gobierno. En los municipios conurbados no hay ningún tratamiento formal de los residuos.⁵¹⁰

En el relleno sanitario de Bordo Poniente se reciben, en promedio, 8500 toneladas al día y el sitio de Santa Catarina, tiradero a cielo abierto, recibe 2500 toneladas diarias. Al oriente de la ciudad hay un sitio especial para materiales inertes (cascajo) que recibe 382 toneladas diarias. En el Estado de México no existen rellenos sanitarios y todo se vierte en 16 tiraderos a cielo abierto, la mayoría ubicados en zonas consideradas como reserva ecológica.⁵¹¹ La generación de basura crece junto con el aumento de la población pero los sitios para depositarla disminuyen. Al rellenar el suelo con basura se reduce la contaminación del aire pero se generan otro tipo de problemas ambientales, como la lixiviación que contamina el agua subterránea. Por esto, es necesario reducir el volumen de basura a través del reciclado y controlar lo que se usa como relleno para evitar la contaminación del agua subterránea.

Como todo problema de contaminación, la solución es la prevención por lo que es indispensable que los ciudadanos reduzcan al mínimo su producción de basura y que,

⁵⁰⁸ Los otros 300 ya forman parte de la basura.

⁵⁰⁹ Castillo B., H., *Op. Cit.*, p. 438.

⁵¹⁰ *Ibidem*, p. 438-9.

⁵¹¹ *Ibidem*, p. 439.

la que generan, sea correctamente depositada en los sitios apropiados. Tirar basura en la calle o en sitios públicos, quemar basura o tirar las bolsas en camellones, debe ser considerado vergonzoso por el humo, el mal olor, las posibles infecciones y porque deteriora el ambiente urbano.

Basura peligrosa

Este tipo de basura es la que se conoce como "residuos peligrosos". La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente define residuo en el Artículo 2, inciso XXVI, como "cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó". En la misma Ley (Artículo 3, Inciso, XXVII) se define residuo peligroso como "todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente". La Legislación Alemana, un poco más clara, define desecho peligroso como "aquellos desechos generados por fuentes industriales, comerciales o públicas, que en razón de su naturaleza, condición o cantidad constituyen un peligro particular a la salud y a la calidad del aire o del agua y que son particularmente inflamables o explosivos, o que contienen o pueden contribuir al desarrollo de organismos patológicos".³¹²

El volumen de residuos peligrosos y de generadores en el AMCM es un dato incierto y difícil de verificar. En el Distrito Federal están registrados 3500 generadores, que reportan una producción anual de 450 mil toneladas de residuos peligrosos y en el Estado de México hay un registro de 4500 generadores que producen 250 mil toneladas

³¹² *Waste Avoidance and Waste Management* (1986). Cap. 1, Art. 2.2.

anuales³¹³. Sin embargo, la mayor parte de los generadores no están registrados y se desconoce el destino de estos desechos debido a que no hay registros, empresas ni infraestructura para su manejo. Por eso hay depósitos clandestinos que representan un grave riesgo sanitario para la población.

Este tipo de residuos es un peligro especialmente por su manejo y transporte. Las delegaciones Azcapotzalco, Iztapalapa y Gustavo A. Madero son las de mayor riesgo en el Distrito Federal porque son donde se concentran las industrias que utilizan productos químicos peligrosos. Cuauhtemoc es la delegación con mayor riesgo por consumo de combustible, pues cuenta con el mayor número de gasolineras. Los compuestos químicos peligrosos de mayor frecuencia son acetato de vinilo, ácido clorhídrico, amoníaco anhidro, tolueno, acetileno y cloruro de vinilo.³¹⁴ Otros cancerígenos de alta peligrosidad son los bifenilos policlorados (BPC) o askareles que se originan especialmente en los transformadores eléctricos.³¹⁵

Volver a ver

En el cielo viven los dioses, el Sol, la Luna, las estrellas y las almas de nuestros muertos; aunque actualmente es principalmente el medio transmisor y depósito final de todas las ondas electromagnéticas. En la ciudad vivimos nosotros, lo que queremos ver y también lo que no. A la ciudad la vemos poco, tal vez más en los periodos vacacionales cuando gran parte de los ciudadanos salen y se llevan sus automóviles. Cuando la logramos ver generalmente nos agrada y si no pues resulta indispensable que la arreglemos a nuestro gusto. Para ello es necesario ordenarla y limpiarla. El smog no

³¹³ De acuerdo con la Comisión Ambiental Metropolitana, en la Ciudad de México se producen de 300 mil a un millón 200 mil toneladas anuales de residuos peligrosos. (Ramos, Alejandro y Sosa, Iván, Reforma, 25 de agosto de 2002, p. 7B)

³¹⁴ *Ibidem*.

³¹⁵ En México hay más de 20 mil toneladas, básicamente en poder de la Comisión Federal de Electricidad, PEMEX y del metro de la Ciudad de México.

respeta fronteras, menos las políticas, pero la única forma de eliminarlo es de abajo hacia arriba, combatiendo las fuentes.

La anarquía visual de la ciudad y los ciudadanos finalmente es lo que proporciona a este conglomerado el carácter de ciudad, pero es posible instaurar cierta normatividad en aspectos urbanos como el cableado, las banquetas, los anuncios, el comercio y sobretodo en la basura: los que la tiran en cualquier parte así como en el sistema de recolección y disposición.

CAPÍTULO VI. EL TACTO

La piel es una especie de vestido espacial en el que vivimos y con el cual nos movemos a través de una atmósfera de gases, rayos cósmicos, radiaciones y obstáculos de todo tipo. Es la única parte del cuerpo que está en contacto con las cosas. Tiene vida, respira y excreta, nos protege de los rayos peligrosos y de los ataques de los microbios, metaboliza vitamina D, nos aísla del frío y del calor, se autorrepara cuando es necesario, regula el flujo de la sangre, es factor esencial en la atracción sexual, define nuestra individualidad y mantiene en su lugar todo lo que tenemos dentro. Es nuestra prisión, la que nos da forma individualmente. Se renueva constantemente, es el órgano más grande del cuerpo (llega a pesar de 2.5 a 5 kilogramos), toma una gran variedad de formas, es impermeable, lavable y elástica. Pero, más que nada alberga el sentido del tacto: la frontera entre nosotros y el mundo.

El tacto

El tacto es el sentido más antiguo y perenne. Al tocar algo, o ser tocados, se incita al cerebro a una ráfaga de actividad. Funciona a través de una serie de receptores que se encuentran en la piel. El cuerpo humano es sensible a cuatro tipos principales de estímulos: calor, frío, dolor y presión; pero la variedad de sensaciones es más amplia y elaborada (infinitud de dolores, irritaciones, abrasiones, todas las texturas de golpes, limpieza, caricias, masajes, etc.). Después de un rato, los receptores táctiles se “adaptan” al estímulo y se detiene su respuesta. Gracias a este sentido podemos tocar algo y decir si es pesado, liviano, gaseoso, líquido, suave, áspero, sólido. El tacto nos indica lo que hay en el espacio así como nuestra posición en él y la de las diversas partes de nuestro cuerpo.

La piel es, básicamente, una membrana de dos capas. La inferior, la gruesa y esponjosa dermis, con un espesor de uno a dos milímetros, conformada principalmente por tejido conectivo, es rica en la proteína llamada colágeno; protege y amortigua al cuerpo y los folículos de los pelos, las terminaciones nerviosas y las glándulas sudoríferas, la sangre y los vasos linfáticos. La capa superior, la epidermis, tiene un espesor de entre 0.07 y 0.12 milímetros. Está compuesta por células epiteliales escamosas, las cuales comienzan sus vidas en la frontera con la dermis y después, en un periodo que dura de 15 a 30 días, son empujadas hacia la superficie por nuevas células. En su ascenso hacia el exterior se vuelven aplastadas, laminares, sin vida, llenas de la proteína llamada keratina y, finalmente, alcanzan la superficie donde son desechadas con poca gloria.³¹⁶

Entre la epidermis y la dermis hay una delgada franja de pequeños corpúsculos con forma de huevo (llamados de Meissner) que son nervios encapsulados. Se encuentran en las partes sin pelos del cuerpo (las plantas del pie, las yemas de los dedos, el clitoris, el pene, los pezones, las palmas y la lengua) y responden rápidamente a los estímulos. Dentro de estos corpúsculos, las terminaciones nerviosas corren en paralelo a la superficie de la piel recabando un montón de sensaciones. Este arreglo los hace sumamente sensibles a cualquier cosa que los toque en ángulo perpendicular. Son extremadamente específicos porque cada área del corpúsculo puede responder de manera independiente. Otro tipo de corpúsculos (llamados Pacinianos), que se ubican cerca de las articulaciones, en algunos tejidos profundos y en los genitales y glándulas mamarias, responden muy rápidamente a los cambios de presión. Estos gruesos sensores con forma de cebolla convierten la energía mecánica en eléctrica. Otros receptores son los discos Merkel, que se ubican justo debajo de la superficie de la piel y responden a

³¹⁶ Ackerman, Diane, *A natural history of the senses*, p. 67-8.

una presión continua, constante. Varias terminaciones nerviosas libres, que no están encapsuladas y que responden más lentamente al tacto y a la presión son las terminaciones Ruffini; estas se localizan bastante por debajo de la superficie de la piel y registran presiones constantes. También hay sensores de temperatura, sensores de calor cilíndricos y el más familiar de los receptores táctiles: los pelos."⁵¹⁷

La mayoría de las personas cuentan con alrededor de cien mil folículos de cabello en la cabeza que protegen al cerebro del calor solar y de los rayos ultravioletas y que ayudan a aislar la sesera y suavizan los impactos. Los pelos crecen en muchas partes del cuerpo, inclusive dentro de la nariz y de las orejas. El cuerpo promedio cuenta con cerca de cinco millones de ellos. Cada pelo crece desde la papila, un fajo de tejidos en la base del folículo, donde hay un grupo de terminaciones nerviosas. Debido a que la piel velluda es más delgada, resulta más sensible que la piel lampiña. Un pelo puede ser fácilmente activado si algo lo presiona o lo jala, si es tocado o si la piel de alrededor es presionada, el pelo vibra y estimula al nervio."⁵¹⁸

El clima

"El clima son los cambios en la atmósfera que afectan nuestros órganos y sentidos".
Alexander von Humboldt

Al nacer la primera sensación es táctil y se relaciona directamente con el clima: del tibio, acogedor y estable medio placentero en la panza materna somos arrojados a la luz de los reflectores, manos cubiertas por látex, corrientes de aire y una temperatura fría, siempre fría. El clima es externo e incontrolable. El ser humano, añorando el bolsón materno, se la pasa creando confortables microclimas: la ropa, la cama y los ambientes

⁵¹⁷ *Ibidem*, p. 83-4.

⁵¹⁸ *Ibidem*, p. 86-7.

controlados. Podemos ver el viento, la lluvia, el frío y el calor, pero el tacto nos indica directamente si estas condiciones nos agravan.

Los receptores táctiles envían de inmediato señales al cerebro cuando las condiciones de humedad, el viento o la temperatura cambian. La mayoría de los receptores al frío están en el rostro, especialmente en la punta de la nariz, también en los párpados, labios y la frente, así como en los genitales. Los receptores para el calor son pocos y se hallan en las profundidades de la piel.³¹⁹

Las condiciones meteorológicas, aparte del bienestar o malestar intrínseco que nos pueden brindar, también influyen de manera determinante en la distribución de la contaminación atmosférica. La Organización Meteorológica Internacional señala que "Para cualquier distribución de los focos de contaminación, la difusión de las impurezas está ampliamente gobernada por los cambios de viento y de temperatura existentes en la capa de aire yacente sobre la comarca urbana: la capa ambiental." De los diferentes parámetros ambientales es probable que el viento sea el más importante ya que puede dispersar los agentes contaminantes emitidos en una zona determinada e incluso transportarlos lejos de su punto de emisión, nunca desaparecerlos (como barrer bajo la alfombra)³²⁰; su dirección y velocidad está en función de los cambios de temperatura. La radiación solar, por otra parte, interviene en la formación del smog en general y la humedad en la formación de ácidos.

El principal modificador del clima es el Sol. Esta estrella envía distintos tipos de energía a la Tierra (rayos ultravioleta, luz visible e infrarroja). Cuando no hay nubes ni polvo en el cielo, la luz solar es absorbida directamente por los objetos sobre la tierra y se calientan. De esta manera la atmósfera también se calienta por el calor que desprende

³¹⁹ *Ibidem*, p. 89.

³²⁰ Los valles encajonados, por ejemplo, no son aconsejables para establecer industrias ya que el viento debe alejar rápidamente de la ciudad humos, polvos, emanaciones nocivas, olores y ruidos. En el Distrito Federal los contaminantes emitidos al noroeste son llevados por el viento hacia el sur donde se acumulan por la barrera de montañas.

el suelo; por lo tanto, la atmósfera al atrapar el calor del sol y del suelo, mantiene a la Tierra más caliente de lo normal, lo que se conoce como efecto invernadero. El vapor de agua en la atmósfera actúa como una confortable cobija de la Tierra. Las moléculas de agua en el aire están tan separadas que no pueden interferir con las longitudes de onda cortas del flujo de radiación solar proveniente del espacio. Pero la Tierra, que es mucho más fría que el Sol, irradia energía de regreso como ondas largas de infrarrojo, que son parcialmente reflejadas de nuevo por el vapor de agua. Este efecto de invernadero, que también es realizado por el bióxido de carbono, el metano, el ozono y otros gases, mantiene la superficie de la Tierra 12°C más caliente. Algunos científicos temen que el efecto invernadero sobrecaliente la tierra y provoque cambios en el clima: al elevarse la temperatura se podría derretir el hielo de los polos y provocar inundaciones y, por otra parte, convertir la tierra cultivable en desierto. Otros efectos incluyen un aumento de huracanes, sequías, lluvias y granizadas, que dañarían los cultivos y producirían hambrunas.

El agua puede estar en la atmósfera como vapor, líquido o sólido en cantidades relativamente pequeñas pero es muy importante en las características del clima. El agua llega al aire por evaporación de los océanos, lagos y ríos o por la transpiración de plantas (a través de sus hojas) y animales. Gran parte regresa después a la tierra como lluvia o nieve. De esta manera forma un ciclo que tarda algunos días en completarse. Aparte de los beneficios para la agricultura, la lluvia también limpia la atmósfera porque arrastra y solubiliza muchos de los contaminantes del aire. La lluvia ácida, que cae en las ciudades, corroe los edificios y las estatuas de mármol y daña las plantas. Los árboles y los arbustos que rodean las autopistas dejan de crecer o pueden llegar a morir debido a la mezcla de humos de azufre y lluvia. Las frutas o los vegetales de estas plantas no son saludables.

Los daños que ocasionan los contaminantes pueden aumentar por el proceso natural de la inversión térmica. El aire de la superficie de la tierra normalmente se eleva cuando se calienta. Sin embargo, a veces una capa de aire frío detiene la elevación de otra capa debajo de ella. Esta capa detiene los contaminantes que de otra forma podrían dispersarse y el aire contaminado se mantiene a poca distancia del suelo provocando molestias al respirar. Esta condición puede permanecer por días hasta que cambie el clima y los vientos se lleven la contaminación.

De suma importancia es la vegetación por su acción benéfica sobre la atmósfera, ya que purifica y regenera el aire por neutralización de los gases tóxicos y absorción del anhídrido carbónico, retiene el polvo por sedimentación sobre las hojas o el césped, regula el estado higrométrico y la temperatura, elimina algunos olores, etc. Una masa de vegetación también crea una pantalla protectora contra la propagación de los ruidos y de los humos industriales y actúa positivamente sobre el estado psíquico de los ciudadanos.⁵²¹

Los estudios meteorológicos resultan indispensables para la predicción de los niveles de contaminación y aportan su ayuda en la lucha contra la contaminación. Para el estudio de la difusión de la contaminación en un entorno urbano es necesario un perfecto conocimiento de la climatología local mediante la existencia de una red de estaciones distribuida a lo largo y ancho y paralelas a las que miden regularmente las concentraciones de los diversos agentes contaminantes.⁵²²

⁵²¹ Auzelle, Robert, *Técnicas del Urbanismo*, p. 41.

⁵²² Senent, Juan, *La contaminación*, p. 39-40.

Agentes químicos

La piel es una barrera efectiva contra una gran variedad de sustancias tóxicas, pero no es un escudo impenetrable. El suministro de sangre a la piel es uno de los más grandes del cuerpo y, por ende, si una sustancia tóxica logra penetrar las capas externas de piel, será rápidamente transportada por todo el cuerpo. El contacto con compuestos químicos también puede provocar una respuesta directa que va desde quemaduras y erupciones hasta reacciones alérgicas mayores. Los productos químicos también pueden provocar lesiones parecidas al acné, pérdida de cabello, deformidades, protuberancias y cambios en la pigmentación.

La cantidad de contaminantes que puede absorber la piel hacia el torrente sanguíneo depende de varios factores. Las sustancias tóxicas pulverizadas y secas, por ejemplo, se absorben menos que las correspondientes en formas líquidas. La piel húmeda es diez veces más permeable que la seca. Las heridas absorben más sustancias que la piel intacta. Las drogas y otros productos químicos pueden aumentar la permeabilidad de la piel.³²³

Al margen de un derrame accidental, que eleve la concentración en un área determinada, o a la exposición laboral, el contacto de la piel con elevados niveles de contaminantes en el aire urbano no provoca, generalmente, efectos mayores que sequedad y ligeras irritaciones. Sin embargo, algunos contaminantes presentes en la atmósfera urbana pueden ocasionar algunos problemas. Tal es el caso del formaldehído (ver Capítulo VII) que es absorbido por la piel y la irrita o del benzo[a]pireno que produce lesiones cutáneas.

De especial importancia resultan las dioxinas que son uno de los compuestos más tóxicos producidos por el hombre. Dioxina³²⁴ es el nombre genérico que se aplica a

³²³ Harte, John, et al., *Toxics A to Z*, p. 36.

³²⁴ También conocida como "agente naranja".

75 compuestos diferentes formados por átomos de carbono, oxígeno, hidrógeno y cloro.⁵²⁵ Estos contaminantes son totalmente inútiles y nunca han sido producidas con algún propósito. Son subproductos indeseables de casi cualquier proceso químico que involucra cloro, como la producción de herbicidas o el blanqueado de papel. También se forman cuando los residuos orgánicos que contienen cloro son quemados, caso de la mezcla típica de plásticos en los tiraderos. Evidentemente son parte ineludible del humo del cigarrillo. Debido a que son bioacumulables, todos los habitantes del mundo acarrean un poco de ellas en el cuerpo, aunque sólo siete de ellas son altamente tóxicas.⁵²⁶ La exposición a las dioxinas a través de la piel puede darse tanto por el contacto directo con herbicidas o con los humos y cenizas resultantes de la quema de basura, especialmente la que contiene cloruro de polivinilo (PVC) u otras sustancias que contengan cloro, aparte de que también son respirables.

Es el agente cancerígeno más potente que se conoce. No existe una dosis mínima segura.⁵²⁷ Mata fetos, provoca defectos de nacimiento y suprime el sistema inmuno aún con dosis infinitamente pequeñas (del orden de partes por trillón). En la naturaleza estos compuestos tienden a permanecer porque no se disuelven bien en agua ni se evaporan mucho en el aire; se pegan a la materia orgánica y raramente se rompen en otras sustancias. Para colmo, es muy soluble en aceites y grasas, lo que significa que si la comemos no la excretamos pronto y la guardamos en el tejido adiposo. El cloroacné es un síntoma clásico por exposición aguda. La EPA cataloga al TCDD como posible cancerígeno, asociado con tumores en los tejidos suaves o conectivos, los pulmones, el

⁵²⁵ Todas las dioxinas están formadas químicamente por la unión de dos moléculas de benceno. El tamaño y la forma de la molécula final, que será fijada por el número total de átomos de cloro así como por sus posiciones, define su toxicidad. El miembro más infame del clan es la llamada 2,3,7,8-tetraclorodibenzodioxina (TCDD) y, por lo general, es a este compuesto al que se refiere la prensa al referirse a las dioxinas. El TCDD raramente se halla en el medio ambiente. (Harte, J., *Op. cit.*, p. 296).

⁵²⁶ Biddle, Wayne, *A Field Guide to the Invisible*, p. 41.

⁵²⁷ Según la EPA, la dosis diaria "aceptable" en humanos, concepto influenciado tanto por la ciencia como por la política, se encuentra en el intervalo 0.006 picogramos por Kg de cuerpo por día. Para la OMS el límite es de 10 pg/kg/día. (*Ibidem*, p. 42).

hígado y el estómago y con el linfoma que no sea de Hodking. También puede ocasionar problemas en el sistema reproductivo de hombres y mujeres, daños al sistema nervioso y cambios hormonales y en el metabolismo.⁵²⁸

El interior de casas y de sitios laborales puede resultar peligroso por el contacto de la piel con sustancias dañinas. Tal es el caso del amoníaco que irrita la piel (en estado gaseoso se disuelve rápidamente en las superficies corporales húmedas, provocando quemaduras alcalinas), las fibras minerales que pueden ocasionar una irritación leve y comezón, y los solventes (ver Capítulo VII) que pueden provocar daños al ser absorbidos porque arrancan células grasosas vitales de la piel, provocando enrojecimiento, grietas u escamamiento; algunos provocan dermatitis alérgica en personas sensibles.

En algunos sitios puede ser un problema la creosota⁵²⁹ que es un preservativo para maderas (los otros más usados son los compuestos inorgánicos del arsénico y el pentaclorofenol). El contacto directo con este compuesto o con sus vapores puede provocar quemaduras progresivas, comezón, decoloración, ulceración de la piel y hasta gangrena. Daña los ojos, puede incrementar la sensibilidad de la piel al sol y también cáncer. También se usa como impermeabilizante, para lavar animales, constituyente del petróleo, lubricante, como intermediario en reacciones, antiséptico, desinfectante, astringente y germicida.

⁵²⁸ *Ibidem*, p. 42-4.

⁵²⁹ Su composición varía en función de la fuente y puede contener fenol, cresol (metil fenol), creosol y otros compuestos derivados del benceno. El creosol es muy corrosivo para todos los tejidos. (Harte, J., *Op. cit.*, p. 279-80).

Artrópodos

“Hay tres temas: el amor, la muerte y las moscas.” Augusto Monterroso

Los artrópodos (“patas articuladas”, del griego *arthron*, articular, y *podas*, pie) son el grupo más antiguo, diverso y numeroso de animales que ha existido desde que apareció la vida en la Tierra. Se calcula que existen más de diez millones de especies y su número es muy superior al de todos los otros seres vivos juntos. El conjunto de todos ellos constituye el phylum Arthropoda, que se divide en tres grandes subphyla: a) el de los Trilobitomorpha, que comprende a todas las formas fósiles de los trilobites; b) el de los Chelicerata, donde se agrupa a las cacerolitas, los arácnidos, los ácaros y las arañas de mar; y c) el de los Mandibulata, que incluye a los crustáceos, los miriápodos y los insectos (mariposas, escarabajos, abejas, hormigas, chapulines, piojos, moscas, mosquitos, pulgas, etc.).⁵¹⁰

Los ácaros generalmente pasan inadvertidos por su diminuto tamaño, son casi invisibles. Algunos producen irritaciones (por las secreciones y excreciones), dermatitis e inflamaciones de la piel. Hay numerosas especies que de manera directa o indirecta pueden producir acariasis, que según el lugar que infesten se denomina intestinal, pulmonar, vesical, genital, dérmica, ocular y del oído, entre otras. Los ácaros se encuentran distribuidos por todo el mundo, adaptados a todos los medios, pero existe un grupo grande de especies que viven en el polvo de las casas donde se alimentan de los desechos de la piel humana y que se relacionan con padecimientos de las vías respiratorias, como el asma. Los que provocan reacciones de tipo alérgico no son sólo los ácaros vivos sino también los fragmentos de los muertos que llegan a la garganta, bronquios y pulmones.

⁵¹⁰ Hoffmann, Anita, *Animales desconocidos*, p. 9-10.

Las formas más grandes y conocidas son las garrapatas que pueden alcanzar hasta 3 centímetros cuando están retacadas de sangre robada. Las picaduras de estos parásitos tienen efectos diversos sobre la sangre, la piel o el organismo del huésped, como dermatosis, anemia, parálisis, toxicosis y otoacariasis; aparte de que transmiten organismos patógenos, como arbovirus, bacterias, Rickettsias, protozoarios, filarias y hongos.⁵³¹

Los insectos son pequeños pero son muchos: 200 millones por cada ser humano. Existen más de cinco millones de especies que habitan en todo el mundo, incluyendo el Ártico y el Sahara.⁵³² Algunos de ellos, como mosquitos, moscas, pulgas, piojos y chinches, llegan a convertirse en plagas molestas que pueden ocasionar daños de relativa seriedad en la salud, no sólo por las toxinas que inyectan al alimentarse de los cuerpos, sino por los gérmenes patógenos que suelen transmitir y que son causa de numerosas y graves enfermedades

Los piojos, *Pediculus Humanus*, infestan a todo aquel que no tiene acceso a ropa limpia, jabón y agua, u otros rudimentos de higiene personal. Aparte del molesto hormigueo o picazón que producen, son potencialmente peligrosos porque pueden acarrear gérmenes que producen tifus, fiebre de las trincheras y otras enfermedades. Mientras que el *Pediculus Humanus capitis* prefiere habitar en las cabezas, en especial de estudiantes, el *Pediculus Humanus corporis* reside en la ropa interior sucia, desde donde se puede introducir hasta el estómago por el ano. El *Phthirus pubis* usualmente es transmitido por contacto sexual.⁵³³ Todos estos piojos se pueden eliminar con shampoo medicinal y una limpieza efectiva.

⁵³¹ *Ibidem*, p. 96-101.

⁵³² Fardon, John, *Encyclopedia*, p. 92.

⁵³³ Biddle, W., *Op. Cit.*, p. 37.

Agentes invisibles

“Conviene hablar seguidamente sobre los poderes del Microcosmos, explicar la acción invisible de las cosas. El pueblo llano cree que se trata de magia, de brujería y de cosas demoníacas, cuando en realidad son fenómenos que tienen unas bases naturales. Porque en los miembros humanos habéis de distinguir una doble naturaleza, una fuerza que actúa de manera palpable y otra que lo hace de forma impalpable, la acción natural del cuerpo visible y la igualmente natural del cuerpo invisible.” Paracelso

La naturaleza es radioactiva y nosotros también. Esto no significa que sea peligrosa, causa problemas pero no los suficientes como para ser muy importantes. Hay dos fuentes principales de radiación de fondo: cósmica y terrestre. El 68% de las radiaciones a las que el hombre está expuesto son generadas por procesos naturales, como la radiación cósmica, el 30% por aparatos usados en medicina (de diagnóstico o terapia, como rayos X o radioisótopos) y el resto por aparatos electrónicos, como la televisión.⁵³⁴ Los rayos cósmicos contribuyen con el 9% de la exposición anual total, el radón, el mayor contribuyente terrestre, con casi el 66%, los gases radioactivos de los llamados núclidos primordiales (potasio-40, rubidio-87 y otros miembros de las cadenas de decaimiento del torio-232 y del uranio-238) que quedaron en la corteza terrestre cuando se enfrió, aportan otro 9% y el resto proviene de depósitos dentro de todos los cuerpos, principalmente potasio-40 y rubidio-97.⁵³⁵

Después del descubrimiento de los rayos X en 1895, la radiación producida por el hombre se sumó a la de la naturaleza. Actualmente la artificial representa el 18% de la exposición anual total; 11% proviene del diagnóstico con rayos X, 4% de la medicina nuclear y 3% de otros productos. La última categoría nuevamente es dominada por el radón (en las tuberías de agua domésticas), pero también incluye fertilizantes con fosfatos, materiales de construcción como bloques de concreto, monitores de video a

⁵³⁴ Secretaría de la Presidencia, *Medio Ambiente Humano, Problemas Ecológicos Nacionales*, p. 45.

⁵³⁵ Biddle, W. *Op. Cit.*, p. 14.

color y, muy notablemente, cigarras que liberan una pequeña pero peligrosa dosis de rayos alfa del polonio-210 a los bronquios epiteliales.⁵²⁶

Las probabilidades de desarrollar la mayoría de los tipos de cáncer relacionados con las radiaciones son directamente proporcionales a la dosis de radiación recibida. A bajos niveles de exposición, sin embargo, el cuerpo puede reparar los daños biológicos a la par que se producen.⁵²⁷ Si se es prudente con los rayos X y con el radón, aparte de no fumar, se puede reducir el riesgo aunque sea de manera individual. El resto, para bien o para mal, sólo es parte de estar vivo.

Visitantes cósmicos

El espacio sideral es todo menos vacío. Aparte de albergar a las estrellas, planetas, cometas y demás entes, está inundado de partículas y de radiaciones que viajan en todas direcciones. Además de la radiación de fondo remanente del Big Bang, la atmósfera terrestre es permanentemente atravesada por rayos cósmicos, radiación solar, neutrinos y, en ocasiones, hasta meteoritos.

Rayos cósmicos

Estos rayos son núcleos atómicos que provienen de los confines del universo. Es un detritus interestelar conformado por 86% de protones, 12% de núcleos de helio y el resto de carbono, oxígeno y núcleos raros, más un poco de electrones y positrones. Esta avalancha subatómica es creada por las colisiones de estos viajeros con los elementos atmosféricos en su camino, donde la energía disipada a veces es visible en forma de auroras boreales.⁵²⁸

⁵²⁶ *Ibidem*, p. 15.

⁵²⁷ Harte, *Op. cit.*, p. 151.

⁵²⁸ Biddle, W. *Op. Cit.*, p. 39-40.

Los rayos cósmicos provienen de dos fuentes: estrellas del universo, algunas tan lejanas que las partículas que nos llegan hoy iniciaron su camino antes de que la Tierra exista, y del Sol, que nos envía estallidos de radiaciones. Gran parte de estas partículas que arriban del espacio exterior son atrapadas por los cinturones de radiación de Van Allen que rodean la Tierra a lo largo de su campo magnético y otras son bloqueadas por la atmósfera. Sin estas barreras la radiación cósmica sería lo suficientemente intensa como para hacer imposible la vida.

La exposición a estos rayos varía con la localización, con una mayor intensidad cerca de los Polos. Las áreas tropicales reciben un mínimo de radiación y los sitios localizados a mayor altitud reciben una mayor exposición.

Luz ultravioleta, UV

El Sol es la fuente primaria de luz natural y de calor para la Tierra, pero también es fuente de la peligrosa radiación ultravioleta (UV) que es muy parecida a la luz visible, ambas son diferentes partes del espectro electromagnético, pero la ultravioleta está conformada por longitudes de onda más cortas, lo que la hace más dañina para las células y otros objetos que golpea. Resulta invisible para los humanos por lo que sólo puede ser detectada directamente por los sentidos al provocar daño y dolor.

Excepto por una exposición accidental u ocupacional a fuentes artificiales, como arcos de soldadura, lámparas de sol o luces de vapor de mercurio o de haluro de tungsteno, toda la radiación UV de importancia biológica proviene del Sol. De los 3.9×10^{26} watts de energía producida por el Sol, alrededor de 340 watts/m^2 alcanzan la atmósfera terrestre y sólo el 7% de esta energía llega en forma de rayos UV, el resto es luz visible y radiación infrarroja.⁵³⁹

⁵³⁹ *Ibidem*, p. 149.

La radiación UV tiene una longitud de onda de entre 100 y 400 nanómetros. En dicho intervalo se distinguen tres tipos de radiación ultravioleta: UV-A, UV-B y UV-C con longitudes de onda entre 400-320 nm, 320-280 nm y 280 a 100 nm, respectivamente. Las UV-B y las de mayor longitud de onda de las UV-C se consideran los tipos más amenazantes porque las UV-B tienen longitudes de onda más cortas que las UV-A (por lo que pueden infligir mayor daño a los tejidos vivos) y porque casi todas las UV-C con longitud de onda mayores no son bloqueadas por la capa de ozono.⁵⁴⁰

La luz, ultravioleta puede llegar a dañar cualquier a especie viviente. Puede penetrar la ropa ligera y muchas lociones protectoras. Las exposiciones que ocurren más comúnmente resultan del tiempo pasado bajo la luz solar. El daño puede ir desde una quemadura leve hasta el cáncer, pasando por el envejecimiento prematuro de la piel por la muerte de las células dañadas. La exposición directa a los ojos puede ocasionar la pérdida temporal de la visión, conjuntivitis, inflamación de la córnea y daños más permanentes como cataratas o daños a la retina.⁵⁴¹ Se cree que quemaduras solares graves, aisladas pero repetidas, pueden producir más cáncer de piel que la misma cantidad total de radiación UV recibida más gradualmente, con el tiempo, sin que ocurran quemaduras severas. El riesgo de cáncer en la piel es más grande cerca del ecuador porque la intensidad de la radiación es mayor y la capa de ozono menor. También es mayor la exposición cuanto mayor sea la altitud, como en la Ciudad de México.

A diferencia de los rayos X y de los gama, la radiación UV no es lo suficientemente fuerte para ionizar las moléculas que golpea, por lo que es menos destructiva para los tejidos vivos. Sin embargo, la radiación UV sobre las células de la

⁵⁴⁰ Harte, *Op. cit.*, p. 430.

⁵⁴¹ *Ibidem*, p. 429 y Biddle, W., *Op. cit.*, p.152.

piel tiene la preocupante habilidad de deformar la hélice del DNA. Esto induce la producción de sustancias químicas como timina -una de las cuatro bases con la información genética en la cadena del DNA- que actúa para dañar la replicación exacta del DNA, por lo que puede provocar mutaciones. Cuanto más larga la exposición, mayor es la posibilidad de crear células cancerosas, especialmente en personas de piel blanca que empezaron a tomar grandes cantidades de sol desde pequeños. Una de las formas de cáncer de piel menos comunes pero más peligrosas es el melanoma. El riesgo de desarrollar cáncer de piel superficial, como el escamoso o el carcinoma celular basal, ha aumentado bastante en los últimos tiempos por la exposición al Sol.³⁴²

La mejor forma de protección es usar ropa adecuada, un sombrero de ala ancha y lentes oscuros especiales que provean protección contra el UV en condiciones brillantes. Las lociones para el Sol y los bloqueadores solares varían tremendamente en su efectividad; están clasificados por un factor de protección solar (en inglés SPF, *Sun Protection Factor*). Valores sobre 18 están considerados para proveer la protección adecuada contra la mayor parte de la exposición a la radiación ultravioleta; aunque no protegen contra la porción UV-A.³⁴³ La gente que pasa una gran parte del tiempo al aire libre debe ser especialmente consciente y realizarse regularmente exámenes de cáncer en la piel.

Afortunadamente los rayos UV-C y los del "lejano" UV-B, los más peligrosos para los humanos, son absorbidos por el oxígeno molecular y el ozono en la atmósfera superior, antes de que alcancen la superficie terrestre. De otra forma, todas las formas de vida serían asadas. Si la exposición aumenta como consecuencia de la desaparición del ozono estratosférico, se esperan mayores efectos ecológicos. Las radiaciones del UV-cercano y del UV-A, no representan un peligro agudo excepto para ciertos tipos de

³⁴² Biddle, W., *Op. cit.*, p. 150-51.

³⁴³ Harte, *Op. cit.*, p. 429.

bacterias (como el afortunado caso de la *Mycobacterium tuberculosis*, el agente de la tuberculosis).³⁴⁴

La intensidad de radiación ultravioleta que llega a las ciudades cada día varía bastante de acuerdo a la altitud, las condiciones atmosféricas y la estación. Si bien los habitantes de esta ciudad pueden sentirse un poco contentos porque el humo y el smog también la filtran, no se puede olvidar que la luz solar inicia reacciones químicas en la atmósfera que producen algunos de los contaminantes del aire más perturbadores, como el ozono.

Infrarrojo, IR

El infrarrojo corresponde a la región del espectro electromagnético situada entre la luz visible y las microondas. Comienza justo por debajo de lo que podemos ver como color rojo -desde casi tres cuartos de micrómetros en longitud de onda hasta un milímetro- de ahí el prefijo latino *infra*. Los rayos infrarrojos generalmente son asociados con el calor porque un incremento en la temperatura se detecta fácilmente cuando las moléculas absorben IR y comienzan a vibrar. De manera inversa, todos los objetos con temperaturas sobre cero absoluto emiten IR. Cuanto mayor la temperatura más corta la longitud de onda. Los focos incandescentes modernos convierten la electricidad en luz con sólo un 5% de eficiencia, lo demás es IR que no podemos ver.³⁴⁵

Alrededor del 55% de la energía del Sol está en la región infrarroja del espectro. De los 340 watts/m² de energía solar que llega a la atmósfera exterior de la Tierra, cerca de 100 son reflejados de vuelta al espacio, 80 son absorbidos por la atmósfera y 160 son absorbidos por los océanos y las masas de tierra. Como contraparte, la superficie de la Tierra genera calor e irradia IR a razón de 390 watts/m², de los cuales 320 son

³⁴⁴ Biddle, W., *Op. cit.*, p.150.

³⁴⁵ *Ibidem*, p. 79-80.

reflejados de regreso por las nubes y gases invernadero (principalmente, vapor de agua, CO₂ y metano) lo cual produce más del doble de calor a la superficie que el que proviene directamente del Sol.⁵⁴⁶

Generalmente, cualquier daño biológico causado por la radiación IR es debida al calor excesivo; desde toda la gama de quemaduras obvias, hasta efectos penetrantes como oligospermia temporal (deficiencia de espermatozoides).⁵⁴⁷

Neutrinos

Cada segundo 10 trillones de neutrinos atraviesan nuestra mano. Pero no hay que preocuparse, también pasan como un rayo a través de la Tierra y por una placa de acero sólido de 65 millones de kilómetros de espesor.⁵⁴⁸ Un verdadero ventarrón de neutrinos, vomitados por las reacciones nucleares en el Sol y por el colapso de estrellas distantes y otros cataclismos cósmicos, continuamente pasan estruendosamente a través de nuestro planeta.

Neutrino significa "pequeños objetos neutros" en italiano. No tienen tamaño ni radio y pueden no tener masa. No poseen carga eléctrica ni fuerza electromagnética. Son tan cercanos a ser algo que pueden llegar a ser nada, aunque son una de las formas de materia más penetrantes del universo. Aún así existen, como una forma de energía viajera, siempre con una trayectoria cercana a la velocidad de la luz. La probabilidad de que ellos interactúen con cualquier forma de materia es extremadamente pequeña, pero no inexistente.

⁵⁴⁶ *Ibidem.*

⁵⁴⁷ *Ibidem.*, p. 81

⁵⁴⁸ *Ibidem.*, p. 95-6.

Radiación terrestre

La radiación de fondo natural, la cantidad que habría en el planeta si no hubieran existido los humanos, es la dosis bajo la cual una persona puede vivir normalmente. Esta dosis es estimada en 3 milirem por año. Las fuentes principales son la radiación cósmica, el carbono-14 atmosférico, los isótopos presentes en la corteza terrestre que decaen fuera del cuerpo humano, el radón y sus descendientes y el potasio-40 y otros isótopos que decaen dentro del cuerpo.⁵⁴⁹

En la Tierra, gran parte de la radiación es producida por el desmembramiento de los isótopos. Los isótopos inestables son radioactivos porque al desintegrarse emiten partículas (radiación) que pueden provocar daños biológicos al penetrar tejidos vivos. Los tres principales tipos de partículas radioactivas son los llamados rayos beta, alfa y gama. Los beta se componen de electrones, los alfa son núcleos de átomos de helio y los gama que son parecidos a la luz visible pero con un contenido energético mucho mayor. La radiación no isotópica se puede generar al calentar ciertos tipos de metales no radioactivos que emiten rayos beta, como la imagen producida en las televisiones.

Rayos beta

Estos rayos, similares a los rayos catódicos (los cuales producen las imágenes en los tubos de las televisiones), están compuestos por electrones. Las partículas beta sólo tienen 1/7500 de la masa de las partículas alfa y viajan casi a la velocidad de la luz, por lo cual resultan más penetrantes que los rayos alfa. Una hoja de periódico impide el paso de una partícula alfa, pero una beta puede atravesar 1 metro de concreto. En comparación con la radiación alfa, los rayos beta son algo menos dañinos para los tejidos porque les cuesta más trabajo atinarle a las moléculas celulares por entero. Uno

⁵⁴⁹ En Estados Unidos la radiación de fondo parece ser responsable del 2 al 4% del total de muertes por cáncer. (Harte, *Op. cit.*, p. 149-51).

de los emisores más importantes de rayos beta a los que se exponen los humanos es el isótopo radioactivo del potasio, ^{40}K , el cual es ubicuo en plantas y animales. Para una dosis dada de radiación absorbida en tejidos vivos, las partículas beta causan casi el mismo daño que los rayos X o los gama.³⁵⁰

Rayos alfa

Todos los elementos más pesados que el plomo, excepto el bismuto, son radiactivos y liberan rayos alfa (cargados positivamente) y beta. El uranio, por ejemplo, emite rayos alfa, que son completamente absorbidos por una hoja de papel, y beta que son 100 veces más penetrantes. En la naturaleza los rayos alfa generalmente no son peligrosos para la gente porque la primer capa de células muertas de la piel es bastante gruesa para que ellos la penetren. Ni siquiera pueden lograrlo en el cristalino del ojo.

Las fuentes naturales de estos rayos incluyen uranio, plutonio, torio, neptunio, americio y curio. Muy pocas partículas alfa pueden viajar más de 5 u 9 centímetros en el aire antes que sean frenadas. El polonio-212 y el 214 generan rayos alfa con la suficiente energía como para alcanzar las células interiores, pero el 212 es muy raro y el 214 sólo se da en las minas de uranio, donde provoca cáncer de piel a los mineros. Los rayos terapéuticos de partículas alfa se han usado en vez de los rayos X para tratar el cáncer de ojos y ciertas enfermedades cerebrales, porque la destrucción de células que provoca resulta más específica. Si algún elemento que emite rayos alfa llega, de alguna forma, adentro de nuestro cuerpo, puede resultar un cancerígeno muy potente y dañino porque las partículas viajan a través de tejido blando destruyendo enlaces químicos de las moléculas celulares.³⁵¹

³⁵⁰ Biddle, W., *Op. cit.*, p. 21-3.

³⁵¹ *Ibidem*, p. 5-10.

Rayos gama

Este tipo de radiación es análogo a los rayos X pero más potente. Ambos son formas altamente energéticas de luz, pero con longitudes de onda mucho más cortas que el espectro visible. En la Tierra, la desintegración de los elementos radioactivos también es fuente de rayos gama, que son mucho más penetrantes que los beta o los alfa. Sin embargo, en comparación con dichas radiaciones, los gama son menos dañinos para los tejidos vivos porque no tienen masa (son fotones que viajan a la velocidad de la luz); aunque son capaces de provocar desórdenes bioquímicos si ionizan átomos o moléculas neutras. Los rayos gama también son producidos por las interacciones nucleares en los violentos fenómenos cósmicos, como supernovas, pero la atmósfera terrestre los detiene.”

Casi todos los emisores naturales de rayos gama de interés biológico también producen radiaciones alfa y beta, pero los gama no representan un gran porcentaje de la dosis total. La dosis procedente del potasio-40, la cual es el único tipo de radiación interna del cuerpo capaz de liberarse, es despreciable comparada con la emisión de rayos beta de nuestros propios núclidos.

Radón

El Radón es un gas incoloro e inoloro formado durante la desintegración del uranio. Este proceso es radioactivo, emite partículas alfa, pero no es considerado peligroso porque el gas es expelido de los pulmones casi tan rápido como es inhalado. Sin embargo, los elementos producidos durante su decaimiento, principalmente isótopos radioactivos de polonio, plomo y bismuto”, son peligrosos porque reaccionan

⁵³² *Ibidem*, p. 67-69.

⁵³³ El Radón, específicamente el radón 222 que es el isótopo más común, proviene de la transmutación del uranio-238 y del radio-226. La palabra radón proviene de “emanación de radio”. El radón también se transmuta, con una vida media de 3.82 días, en isótopos de polonio sólido, que también son radioactivos. (*Ibidem*, p. 133).

químicamente con el polvo flotante y las partículas de humo; de esta forma pueden permanecer en los pulmones por largos periodos de tiempo y provocar cáncer.”⁵⁵⁴

Este gas abandona el suelo para difundirse por aire y agua. Su concentración depende de qué tan rica es la fuente”⁵⁵⁵ y de la ventilación. En el exterior, el radón se dispersa rápidamente pero penetra a las casas a través de grietas en paredes y pisos, desagües y letrinas. Es un contaminante ubicuo del aire interior debido a su presencia en suelos, materiales de construcción (como bloques de cemento), agua de pozos y corriente y del gas natural. En algunos hogares se han encontrado concentraciones tan altas como las halladas en las minas. En las temporadas frías puede alcanzar altos niveles porque es cuando las casas están encerradas.

La piel es una barrera efectiva contra la radiación alfa pero, cuando el radón y el polonio entran a los pulmones, las células de los tejidos blandos que cubren las vías respiratorias pueden ser alteradas y pueden desatar el crecimiento de tumores malignos. El humo del tabaco y el radón son cancerígenos sinérgicos.

En las casas promedio de Estado Unidos, la concentración de radón y de subproductos producen un nivel de radioactividad de alrededor de 55 becqueres por m³ (Bq/m³) o 1.5 picocuries por litro (pCi/L), mientras que el límite aceptable es de 4 pCi/L.”⁵⁵⁶ En la Ciudad de México es necesario medir y establecer los sitios con altos índice de radón. Los fumadores que deseen reducir el riesgo provocado por el radón a sus pulmones deben dejar de fumar.

⁵⁵⁴ La EPA estima que entre 10 mil y 43 mil personas mueren cada año en Estados Unidos por cáncer pulmonar como resultado de la exposición a la desintegración del radón. (Bennett, Steven J., *Ecopreneuring*, p. 167).

⁵⁵⁵ El granito contiene grandes cantidades.

⁵⁵⁶ Hartc, *Op. cit.*, p. 392.

Agentes antropogénicos

Las fuentes artificiales de radiaciones, las antropogénicas, son el uso de rayos X en diagnósticos dentales y médicos, la radiación terapéutica, los residuos en la atmósfera de las explosiones nucleares, los receptores de televisión, la operación de plantas de energía nuclear, los aparatos que usan microondas y todo lo que emite energía electromagnética. Pueden ser las fuentes más peligrosas porque son controladas por el hombre, o sea, están fuera de control.

Rayos X

A diferencia de los rayos gamma, que son emitidos naturalmente por los elementos radioactivos, los rayos X deben ser producidos artificialmente. Existen muchas fuentes cósmicas de estos rayos, pero la atmósfera nos protege de ellos. La fuente más común en la vida diaria es, por supuesto, las máquinas de rayos X usadas para diagnóstico o terapia. Pueden provocar dermatitis y pérdida de pelo. Las células reproductivas son especialmente vulnerables y la exposición de embarazadas ocasiona defectos de nacimiento.³⁵⁷ Una dosis de rayos X de 300 a 500 rads sobre los testículos humanos, ya sea aguda o durante varias semanas, puede provocar esterilidad permanente. Un efecto similar ocurre en los ovarios femeninos entre los 250 y los 600 rads.³⁵⁸

Microondas y ondas de radio

El territorio de las microondas, en el espectro de radiación electromagnético, se halla entre las ondas de radio y el infrarrojo. Estas ondas, imperceptibles para los humanos, son una forma de energía "no ionizante", lo que significa que no son lo suficientemente fuertes como para provocar daños a los tejidos vivos al chocar con los electrones de los

³⁵⁷ Alrededor del 90% de toda la exposición no natural a radiación proviene de los rayos X usados en aplicaciones médicas y dentales, sobretudo porque las máquinas de rayos X tienen pequeñas fugas y alguna cantidad también escapa del chorro de rayos. (Biddle, W., *Op. cit.*, p. 168)

³⁵⁸ *Ibidem.*

átomos o moléculas en la forma que lo hacen los rayos X o gama. Pero las microondas pueden agitar a los electrones hasta el punto en que el calor generado dentro del material irradiado es considerable (como los hornos de microondas). Aparte de los hornos, otros aparatos que emiten microondas son los teléfonos celulares³⁵⁹, las alarmas y el radar.

La piel, los ojos y los testículos son especialmente sensibles a los efectos térmicos de las microondas, y las cataratas son un efecto clínico bien establecido. La exposición crónica ocasiona dolor de cabeza, insomnio, irritabilidad y lasitud, especialmente a potencias por encima de los 10 miliwatts por centímetro cuadrado de superficie del cuerpo. La mayor fuente de exposición son los hornos de microondas en las casas u oficinas. Aún proviniendo del uso normal de tales hornos, las exposiciones varían hasta por un factor de 100 y dependen de la cantidad que se fuga de los aparatos. El intervalo de exposición por hornos de microondas caseros es de 0.005 a 0.1 mW/cm² (ver Tabla 8). Actualmente, los hornos de microondas están sujetos a estándares más rigurosos, pero una puerta que cierra mal es un signo claro de que se debe reemplazar la unidad.

Al igual que las microondas, la radiación de frecuencias de radio (FR) es parte del espectro electromagnético. El ojo humano no puede detectarlas directamente porque sus longitudes de onda son mucho más largas que las de la luz visible (o, de manera equivalente, su frecuencias son mucho más pequeñas). La radiación de frecuencia de radio es usada para transmitir radio, televisión y señales de radar. La que es usada por la radio y la televisión puede pasar a través de grandes objetos, como edificios, pero la de

³⁵⁹ Los teléfonos celulares transmiten microondas a niveles de potencia que alcanzan los 0,6 W. Es posible que esto exceda los límites de exposición recomendados a la energía de radiofrecuencia por varios grupos de profesionales (10 mW/cm² durante un minuto, menos para mayores duraciones) particularmente desde que la antena está virtualmente en contacto con la cabeza. (*Ibidem*, p. 88-89).

mayor frecuencia, como la usada por los radares, es bloqueada por objetos metálicos pequeños.

La exposición de los humanos a fuentes de frecuencias de radio excede por mucho a las radiaciones de origen natural. Es un problema potencial principalmente para la gente que vive junto a instalaciones de radar, transmisoras de radio o televisión u otras instalaciones de telecomunicación, ya que pueden provocar daños a la salud por el calentamiento directo de los tejidos, lo cual resulta en daños que van desde quemaduras leves hasta la muerte de partes aisladas de tejido, hemorragias y aún la muerte. Las microondas y las FR también pueden provocar efectos no térmicos, como activación de virus, interferencias con la síntesis de enzimas o con la división celular, daños al sistema nervioso e inmuno, cambios en el ritmo cardíaco y, posiblemente mutaciones, y defectos de nacimiento. Los síntomas comunes de exposiciones excesivas son: dolor de cabeza, fatiga, vértigo, confusión e insomnio.⁵⁶⁰ La intensidad de algunas fuentes, los daños a la salud y los límites se muestran en la Tabla 8.

Para evitar riesgos, se debe evitar pasar grandes cantidades de tiempo cerca de transmisoras de FR, en la medida de lo posible. Afortunadamente, existe poco riesgo alejados a medio kilómetro de las grandes instalaciones de transmisión.

⁵⁶⁰ Harte, J., *Op. cit.*, p. 348.

Tabla 8. Intensidad de las fuentes de frecuencias de radio y microondas, daños que ocasionan a la salud y regulaciones.³⁰¹

Fuentes	Intensidad (mW/cm²)
Naturales	10 ⁻³
Intensidad de la radiación de FR típica a 0.5 millas de las instalaciones grandes de transmisión	0.01
Efectos	Intensidad mínima para provocar el efecto (mW/cm²)
Posible efecto sobre el ritmo cardíaco	0.1
Posible quemadura de tejidos	1
Posible daño al tejido nervioso y al sistema inmuno por una exposición prolongada	1
Quemaduras severas	100
Muerte de animales de laboratorio por exposiciones prolongadas	100
Posibles cataratas por exposiciones cortas	200
Regulaciones	Intensidad (mW/cm²)
20 minutos por día	1
10 horas por día	0.01

Campos electromagnéticos (CEM)

La fuerza electromagnética es una de las tres fuerzas fundamentales que gobiernan el comportamiento de los átomos. Las otras son la que produce la radioactividad y la que mantiene unidos los núcleos. Una cuarta fuerza, la gravedad mantiene unido el Universo pero no tiene acción medible entre los átomos. El electromagnetismo mantiene a los electrones en sus órbitas alrededor de los núcleos, formando los átomos y la materia. Cuando los electrones fluyen a través de un cable en una corriente eléctrica, crean una

³⁰¹ *Ibidem*, p. 349.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

fuerza magnética, un campo, alrededor del cable que puede iniciar el flujo de corriente en otros conductores, incluyendo tejidos vivos. La exposición a estos campos es prácticamente inevitable en nuestra sociedad. Existen en cualquier lugar por donde fluya corriente alterna (CA) a lo largo de las líneas de transmisión de alto voltaje (LTAV) o en aparatos eléctricos.³⁶²

La fuerza del campo magnético decrece proporcionalmente con el cuadrado de la distancia al alambre. A 16 metros de una línea de alto voltaje de 230 mil voltios, el campo es de cerca de 20 mili gauss (mG, unidades de fuerza de campo). A 60 metros es de 1.8 mG. La exposición en casas y oficinas es de entre 0.1 y 3 mG (el campo magnético de la Tierra es de 500 mG). Las corrientes eléctricas inducidas en el tejido vivo por los CEM domésticos son miles de veces más débiles que las señales nerviosas producidas por el cerebro.³⁶³ La mayor exposición a los CEM resulta por vivir junto a las líneas de transmisión eléctricas y por usar aparatos como computadoras personales y cobijas eléctricas. Cuanto más cerca se viva de las líneas de alto voltaje mayor será la intensidad del campo que se recibirá. En el piso, justo debajo de una LTAV, la fuerza del campo eléctrico es de 10 a 100 veces más grande que la encontrada alrededor de los aparatos domésticos comunes. En contraste con los campos eléctricos, los campos magnéticos producidos a pocos centímetros de distancia de las corrientes eléctricas caseras son más fuertes que los producidos debajo de las líneas de transmisión de alto voltaje. Pero las personas tienden a estar mucho más tiempo cerca de las líneas de transmisión (especialmente de aquellas a lo largo de las calles frente a las casas) de los que están cerca de aparatos encendidos. Las personas que pasan gran parte del día frente a pantallas de computadoras están más expuestas a los campos de esta fuente que a las de todas las otras fuentes combinadas. La magnitud de los CEM naturales de la Tierra,

³⁶² La electricidad producida por las baterías no es alterna (es de corriente directa, CD) y no produce campos de este tipo.

³⁶³ Biddle, W., *Op. cit.*, p. 49-50

ocasionados por las pulsaciones magnéticas dentro de la Tierra y por los rayos de las tormentas, corresponde a la millonésima parte, en promedio, que las que se dan en la vecindad de las líneas eléctricas caseras.⁵⁰⁴ Otras fuentes incluyen televisiones, teléfonos celulares, hornos de microondas, instrumentos médicos diatérmicos, etc.

Las opiniones sobre los efectos en la salud son contradictorias y no se han encontrado patrones sólidos ni consistentes que indiquen un peligro para los humanos, bajo los niveles encontrados en los hogares u sitios de trabajo típicos. Los CEM penetran el cuerpo y, de inmediato, inducen minúsculas corrientes eléctricas que resultan aparentemente inofensivas.

Cualquier daño a la salud producido por estos campos es mucho más sutil que el que se da como resultado de un choque eléctrico serio. No hay evidencias conclusivas de que la exposición ordinaria a los CEM en el hogar pueda producir cáncer, efectos en la conducta o defectos reproductivos o de desarrollo.⁵⁰⁵ Ante campos de mil a cien mil veces mayores que los que se encuentran en ambientes domésticos, las células no muestran síntomas de enfermedad, aunque los cultivos sí muestran cambios. Una alteración inclusive es reconocida como benéfica: los pulsos de campo de exactamente 5 mG ayudan a crecer los huesos de los animales.⁵⁰⁶ Sin embargo muchos estudios epidemiológicos indican que provocan muchos problemas de salud, como cáncer cerebral y de senos en los trabajadores eléctricos, extravíos entre los usuarios de computadoras y leucemia y otros problemas en los niños.⁵⁰⁷ En los casos de leucemia, se ha encontrado un aumento aparente en las casas ubicadas en un perímetro de unos 45

⁵⁰⁴ Harte, J., *Op. cit.*, p. 310.

⁵⁰⁵ Esto según los estudios de 1996 de un comité de la National Research Council. Pero la ciencia nunca puede decir que algo es seguro. Sólo puede decir que no se han encontrado peligros. Como sea, el nivel doméstico nunca ha podido ser relacionado con efectos adversos a la salud humana. No existe un mecanismo biofísico aceptado para la cancerogenicidad por CEM. (Biddle, W., *Op. cit.*, p. 49).

⁵⁰⁶ *Ibidem*, p. 50.

⁵⁰⁷ Harte, J., *Op. cit.*, p. 311.

metros alrededor de las líneas de transmisión de alta capacidad (115,000-500,000 voltios), las típicas líneas con seis cables que cuelgan entre torres de acero.⁵⁶⁸

Pueden ser detectados sin equipo especial sólo si son tan intensos para erizar los pelos del cuerpo, producir un zumbido o producir ozono que puede ser detectado por su olor picante. Con excepción de los campos intensos producidos en la vecindad inmediata de las líneas de transmisión de alto voltaje, los encontrados en ambientes ordinarios no son detectados directamente por los sentidos.

Al margen de las incertidumbres y contradicciones, todos los estudios coinciden que existen razones para preocuparse por los CEM. Debido a que la investigación bioelectromagnética siempre ha estado en pugna con la comercialización de tales productos, los estándares de exposición tienden a ser arbitrarios y contradictorios, especialmente de un país a otro.⁵⁶⁹ Existe una gran lucha entre los intereses de la industria que produce CEM y los usuarios conscientes pero, por si acaso, es necesario reducir los niveles de CEM en las áreas residenciales y evitar pasar mucho tiempo expuestos a las líneas aéreas de alto voltaje, motores muy grandes, cobijas eléctricas o pantallas de computadoras.

Láser

Este tipo de luz se ha convertido en parte preponderante de la vida diaria: reproductores de discos compactos, impresoras, cirugías oculares y diversas herramientas. En esencia, el láser es una fuente de luz de un solo color que contiene una gran cantidad de energía en un pequeño haz, porque las ondas individuales que lo conforman se mueven al mismo tiempo y están empacadas apretadamente. La intensa energía de esta luz es lo que la hace tan útil pero también puede dañar células vivas. El mayor peligro es para los

⁵⁶⁸ Biddle, W., *Op. cit.*, p. 48.

⁵⁶⁹ *Ibidem*, p. 51.

ojos (pérdida temporal de la visión, daños permanentes en la retina o cataratas pueden darse por exposiciones directas), pero la exposición sobre la piel puede provocar quemaduras.⁵⁷⁰

El dolor

Al placer de una caricia, de una suave tela o de una refrescante brisa se contraponen la, casi para todos, desagradable sensación del dolor. Pasamos gran parte de la vida eludiendo el dolor y a su ausencia la llamamos "felicidad". De por sí padecemos muchos dolores que vienen de dentro y, encima, muchos nos caen del medio. Al quemarnos, por ejemplo, la piel se inflama y se ampolla; una herida puede infectarse y entonces se libera histamina y serotonina que dilatan los vasos sanguíneos y disparan una respuesta al dolor.⁵⁷¹ El propósito del dolor es alertar al cuerpo de una posible lesión. Millones de terminaciones nerviosas lo alertan y cualquier cosa que golpee el cuerpo produce dolor. El dolor puede ser una respuesta de receptores específicos a peligros específicos – sustancias nocivas, quemaduras, cortadas, congelamiento-. El dolor, en resumen, es señal de que no estamos en armonía con la naturaleza.

En la Ciudad de México la gente sensible a los contaminantes los percibe por la resequedad que les provoca en la piel.

⁵⁷⁰ Harte, J., *Op. cit.*, p. 331-2.

⁵⁷¹ *Ibidem*, p. 104.

CAPÍTULO VII. EL OLFATO

"Los olores son más seguros que las imágenes y los sonidos para hacer que las cuerdas de tu corazón se rompan" R. Kipling

Los seres humanos se mueven en el cielo y lo respiran profundamente. Con cada inhalación, ingieren millones de moléculas de cielo, las calientan ligeramente y luego las exhalan de regreso. Al respirar, el mundo pasa a través del cuerpo y, al exhalar, el aire regresa ligeramente modificado por cada individuo.

Los ciudadanos recuerdan con nostalgia el olor del campo, del bosque, del mar, del pueblo donde vivían o de la misma ciudad hace unas cuantas décadas, en contraposición con el olor característico de la ciudad, que generalmente no resulta ser muy agradable. Pero más allá de lo desagradable que pueda resultar, en la actualidad las enfermedades respiratorias se han convertido en un grave problema. Aparte del fatídico cáncer de pulmón, mucha gente sufre enfisema, asma y bronquitis. Evidentemente la moderna contaminación del aire es culpable en gran medida de estos males, pero no se puede soslayar la inmensa contribución del tabaco.

La respiración

Las respiraciones siempre vienen en pares, menos al nacer cuando inhalamos por primera vez, y al morir, que lanzamos la última exhalación. En medio, a lo largo de la vida, cada respiración pasa aire a través de las vías respiratorias y los sitios olfatorios hasta el pulmón. Cada día respiramos alrededor de 23 mil veces³⁷² y movemos alrededor de 12 metros cúbicos de aire. Nos toma cinco segundos respirar: dos para inhalar y tres para exhalar.

³⁷² El hombre promedio respira 600 millones de veces en una vida de 70 años. (Farndon, John, *Encyclopedia*, p. 131).

El oxígeno es vital para todas las células del cuerpo humano, sin él las neuronas mueren en cuestión de minutos. Para mantener el abasto de este gas se inhala aire de manera continua hacia los pulmones (los humanos tienen dos), de donde pasa a la sangre. Al respirar el aire baja por la tráquea y llega a los pulmones a través de dos bronquios y se esparce por unos bronquiolos más pequeños hasta los alvéolos (700 millones de pequeñas bolsitas en cada pulmón). El aire atraviesa las paredes de los alvéolos y pasa al torrente sanguíneo; al mismo tiempo, el bióxido de carbono se filtra de la sangre a los pulmones para ser exhalado.⁵⁷³ Este sistema de dos sentidos ayuda a que el cuerpo funcione y esté limpio.

En el cuerpo humano existen diversos tipos de protectores internos que impiden la entrada de contaminantes y ayudan a evitar las enfermedades. Por ejemplo, el revestimiento mucoso en la nariz y en la garganta atrapa el polvo y el humo del aire que es inhalado. Los delgados vellos de la nariz filtran el aire y atrapan algunas partículas grandes. Dentro de los pulmones, existen células que atacan a los invasores y los obligan a salir del cuerpo. Además, toser, estornudar y llorar ayudan a eliminar las partículas irritantes.

El olfato

El sentido del olfato detecta sustancias químicas en el aire pero no las puede definir con exactitud porque, aunque puede ser extremadamente preciso (los humanos pueden detectar miles de olores diferentes e identificar alrededor de 3 mil de ellos⁵⁷⁴, la mayoría con una sola inhalada de tan sólo 400 milisegundos⁵⁷⁵), resulta casi imposible describir a otra persona cómo huele algo que no ha oído, las palabras fallan. Los lazos fisiológicos entre el olfato y los centros del lenguaje del cerebro son lastimosamente débiles; no así

⁵⁷³ *Ibidem*, p. 130.

⁵⁷⁴ *Ibidem*, p. 129.

⁵⁷⁵ Biddle, Wayne, *A Field Guide to the Invisible*, p. 137.

los lazos entre el olfato y los centros de memoria, que nos brindan un camino a través del tiempo y la distancia. Podemos ver cualquier cosa y describirla en detalle, pero a los olores no. Al usar palabras como ahumado, sulfuroso, floral, afrutado o dulce, se describen olores en términos de su procedencia (humo, azufre, flores, frutas, azúcar). También se pueden describir por el efecto que producen: “desagradables”, “intoxicantes”, “agradables”, “deliciosos”, “tonificantes”, “hipnóticos” o “repugnantes”.⁵⁷⁶

Tanto al inhalar como al exhalar el sistema olfativo trabaja. Al respirar las moléculas de olor fluyen dentro de la cavidad nasal que se localiza detrás del tabique. Allí son absorbidas por la mucosa nasal y estimulan las células receptoras ubicadas sobre los microscópicos vellitos llamados cilios, que son terminaciones nerviosas que se ubican en el bulbo olfativo. Los cilios son tan sensibles que pueden determinar trazas de sustancias. Las células receptoras, unos cinco millones que sólo se encuentran en la nariz, envían mensajes al cerebro a través de 15 mil fibras del nervio olfativo.⁵⁷⁷ Las neuronas de la nariz, a diferencia de las del cerebro, ojos u oídos, son reemplazadas aproximadamente cada treinta días y sobresalen del cuerpo: son las únicas que están en contacto con el aire que nos rodea, con el medio. Se estima que hay 10 millones de neuronas olfativas (los perros tienen 200 millones) conectadas directamente con el cerebro que son activadas cuando sus receptores se topan con moléculas aromáticas en el aire que respiramos.⁵⁷⁸ Cuando el bulbo olfativo detecta algo (en la comida, en el sexo o en un encuentro emocional) avisa a la corteza cerebral y envía mensajes directos al sistema límbico, sección intensamente emocional del cerebro en la cual sentimos e inventamos, que está relacionada con el gusto y la memoria.

⁵⁷⁶ Ackerman, Diane, *A natural history of the senses*, p. 6-8.

⁵⁷⁷ Farndon, J., *Op. cit.*, p. 129.

⁵⁷⁸ Biddle, *Op. cit.*, p. 138.

Dos ramificaciones del nervio trigémino (el principal conducto de las fibras motoras y sensitivas de la cara) corren desde el cerebro hasta las terminaciones nerviosas localizadas por todas las cavidades nasales, donde el aire es depurado de los olores irritantes. Ante la presencia de cualquier sustancia ofensiva los receptores químicos reaccionan de inmediato y provocan estornudos. De esta forma el olfato funciona como un mecanismo de defensa.

Los olores

“Nada es más memorable que un olor” D. Ackerman

Las personas de todas las culturas se han obsesionado con el olor. Los olores evocan recuerdos, producen estados de ánimo y despiertan los amodorrados sentidos. Ayudan a definir la autoimagen, agitan el poder de seducción, alertan del peligro, conducen a la tentación, animan el fervor religioso. Mucho de lo que es percibido a través del olfato se semeja bastante a la información que los animales inferiores reciben. Sin embargo, ante los olores, los seres humanos no reaccionan de inmediato en determinadas maneras como lo hacen los animales.

Existen más de medio millón de cosas con olor en el mundo” pero el concepto sobre un olor específico depende de la historia así como de la edad y del gusto personal de cada individuo. Para que una sustancia sea olfateable debe ser transportada por el aire y ser soluble en la mucosa nasal. La distinción de los olores de las moléculas se debe a sus características químicas o a sus formas moleculares. Sólo se necesitan ocho moléculas de una sustancia para que se desate un impulso en la terminación nerviosa, pero se necesita que cuarenta terminaciones nerviosas sean excitadas para oler algo. No todo tiene un olor, sólo las sustancias suficientemente volátiles como para esparcir

³⁷⁹ *Ibidem*, p. 137.

moléculas en el aire; muchos objetos cotidianos como piedras, vidrio, acero y mármol, no se evaporan a temperatura ambiente por lo que no podemos olerlas.

El entorno está lleno de olores, entran al cuerpo y emanan de él. Generalmente, se clasifican en pocas categorías básicas, casi como los colores primarios: mentolados (menta), florales (rosas), etéreos (peras), almizcleños (musgo), resinosos (alcanfor), hediondos (huevo podrido) y acres (vinagre).⁵⁸⁰ De los elementos naturales, sólo siete (flúor, cloro, bromo, yodo, oxígeno en forma de ozono, fósforo y arsénico) de los 105 tienen olor.⁵⁸¹

El propósito central del sentido del olfato es actuar como sistema de alarma que provoca rápidas respuestas emocionales individuales más que elaborar un análisis cognoscitivo. Casi todos los olores nos gustan o nos disgustan de inmediato. El proceso intuitivo de oler ha acompañado al hombre como un eficaz mecanismo de supervivencia. Cualquiera distingue fácilmente un alimento podrido o la presencia de materia fecal por sus emanaciones. La procedencia de muchos olores ya ha sido clasificada en la memoria colectiva en un largo proceso de prueba y error para obtener un análisis a priori de las sustancias. La mayoría de las personas están de acuerdo en que el sulfuro de hidrógeno es terrible y la lavanda es agradable. Hay sustancias tóxicas, como el CO, que son inodoras, así como algunas otras tremendamente venenosas, como el cianuro, que son bastante agradables. Algunos olores son fabulosos diluidos pero totalmente repulsivos cuando están concentrados. Por el contrario, algunos malos olores son detectables inclusive a bajas concentraciones. En general las preferencias y aversiones se aprenden a lo largo de las experiencias personales. Sólo el 20% de los 400 mil compuestos estimados olorosos son clasificados como agradables⁵⁸², quizás porque la gente tiende a juzgar los olores desconocidos o no familiares como algo malo. Los

⁵⁸⁰ Ackerman, D., *Op. Cit.*, p. 11.

⁵⁸¹ Biddle, *Op. cit.*, p. 138.

⁵⁸² *Ibidem*, p. 140-1.

olores más ofensivos de los procesos industriales son los de sulfuro de hidrogeno, piridina³⁸³, ácido butírico, fenol, metil y etil mercaptano, sulfuro dimetilico y bisulfuro dimetilico.

El olor le sirvió a los químicos antiguos para nombrar a las sustancias. Scheele, por ejemplo, se refería al sulfuro de hidrógeno como *aire azufroso apestoso* y el término *sal urinosa (sel urineux)* normalmente se aplicaba al olor de las sales de amoníaco que se asociaba con la orina pútrida, dado que destila un olor semejante.³⁸⁴ Más importante aún, los olores pueden dar una señal inmediata de la sustancia presente así como de sus características y su peligrosidad. El problema es que la mayoría de las personas no esta familiarizada con el olor de las sustancias químicas y no puede reconocer el aroma del benceno, del éter, del cloroformo y, en muchos casos, tampoco puede determinar con exactitud si tales olores les gustan o no. Pero, como el olfato es la conexión directa del cerebro con el mundo, al oler algo extraño el organismo se pone en alerta de inmediato hasta que logre determinar la fuente del olor. El antecedente del vocablo sagaz (del latín *sagacious*) era *sagax*, “tener un buen sentido del olfato, ser perceptivo”.³⁸⁵ Lo verdaderamente importante es usar el olfato como un mecanismo de prevención a través de la desconfianza, al oler algo raro es mejor avisar a las autoridades o, en un sitio cerrado, abrir las ventanas, desalojar el sitio y avisar a las autoridades competentes.

³⁸³ La piridina, C₅H₅N es un líquido con un olor desagradable característico muy usado como solvente. Puede provocar depresión, irritación de la piel y del tracto respiratorio. (Merck Index, p. 1267).

³⁸⁴ Crosland, Maurice P., *Estudios históricos en el lenguaje de la química*, p. 102.

³⁸⁵ Biddle, *Op. cit.*, p.136.

Oler mata

“La indiferencia es la esencia de la humanidad.” G. B. Shaw

La inhalación a través de la nariz es una importante ruta de exposición a sustancias tóxicas, ya sean gases, vapores, partículas sólidas o aerosoles líquidos. No todos los compuestos inhalables dañan los pulmones, algunos van a parar al hígado o a los riñones. La cantidad de sustancia que pasa de los pulmones al torrente sanguíneo depende de las características de las sustancias (como el tamaño de partícula o su disolución en la grasa del cuerpo), así como el patrón de respiraciones y el tiempo de exposición.

Los gases y los vapores pueden absorberse en las vías respiratorias, entre la nariz y el pulmón, o en el mismo pulmón. Muchos vapores solubles en agua son atrapados en las húmedas paredes de los tubos que conducen al pulmón; algunos de estos compuestos se disuelven y pasan a la sangre antes de llegar a las profundidades del pulmón. La mayor parte de los vapores lipófilos alcanzan fácilmente las regiones profundas del pulmón y rápidamente atraviesan las delgadas y permeables paredes de los alvéolos hacia la sangre; por esto, la inhalación de estos compuestos posee un significativo peligro agudo para las personas.⁵⁸⁶

Las partículas irritantes aéreas provocan problemas en la piel y en los ojos pero, si se inhalan, resultan dañinas para los pulmones. Algunas rasgan y pican el revestimiento de la garganta, lo cual provoca tos, estornudos y mayor producción de moco para revestir la nariz y la garganta. Las partículas finas (inferiores a un micrómetro de diámetro) alcanzan fácilmente los alvéolos; la mayoría son inmediatamente exhaladas, pero muchas se pegan a las paredes alveolares. Algunas pasan a la sangre y otras pueden quedarse para siempre en los alvéolos ocasionando,

⁵⁸⁶ Harte, J., *Op. cit.*, p. 34.

enfermedades pulmonares (neumoconiosis). Las fibras o partículas retenidas provocan enfermedades específicas, como asbestosis (por las fibras asbéticas) o silicosis (por el delgado polvo de sílice).⁵⁸⁷

Las partículas de tamaño medio, desde las que son apenas visibles hasta las de un micrómetro de diámetro, pueden quedar atrapadas en las vías respiratorias o llegar hasta el pulmón. Hay cerca de 20 ramificaciones en la vía respiratoria, entre la garganta y los alvéolos, que provocan turbulencias que incrementan la posibilidad de que estas partículas sean lanzadas sobre las paredes de las húmedas vías respiratorias y queden atrapadas. Las partículas atrapadas pueden ser absorbidas por las vías respiratorias o ser expelidas por los procesos normales de limpieza del pulmón y ser exhaladas o tragadas. Las que alcanzan el interior del pulmón pueden permanecer permanentemente en los alvéolos y eventualmente dañar al pulmón.⁵⁸⁸ Las partículas inhaladas grandes, las visibles, son capturadas por los delgados vellos de la nariz, donde son retenidas. Luego son eliminadas al sonarse la nariz, al estornudar o al ser tragadas.

La dosis de sustancias tóxicas recibida está determinada por la cantidad de aire que llega a los pulmones y la concentración de contaminantes en la atmósfera. Al hacer ejercicio, las personas respiran más profundamente por lo que reciben una dosis mayor de contaminantes que las personas sedentarias que respiran suavemente. Asimismo, los niños reciben una mayor dosis de tóxicos por kilogramo de peso que los adultos porque respiran más veces en un mismo periodo.

Los dos efectos crónicos principales por una larga exposición al aire contaminado, aparte del cáncer, son las enfermedades obstructivas pulmonares crónicas y los cambios en el desarrollo y crecimiento de los pulmones. El primer caso abarca un grupo de enfermedades, como bronquitis, enfisema y daños en las vías respiratorias

⁵⁸⁷ *Ibidem*, p. 35.

⁵⁸⁸ *Ibidem*.

pequeñas, cuyo síntoma común es el sofocamiento. Aparte del tabaco y de los riesgos ocupacionales, la exposición al aire contaminado de la ciudad, especialmente en los niños, origina este tipo de enfermedades; el bióxido de azufre y el sulfato particulado también contribuyen en gran medida y el bióxido de nitrógeno y el ozono destruyen las paredes de los alvéolos provocando algo parecido al enfisema.⁵⁸⁹

El cáncer pulmonar⁵⁹⁰ es provocado principalmente por fumar, pero el aire contaminado contribuye con una fracción importante. En el aire están presentes agentes cancerígenos que son subproductos de la combustión, como es el caso de los benzo[a]pirenos, las dioxinas, los asbestos, el arsénico y el cadmio.⁵⁹¹

En ciudades como la de México, la contaminación atmosférica provoca cansancio físico (y emocional) porque cualquier problema que afecte a los pulmones, hace trabajar de más al corazón. Al agregar una capa de moco protector los pulmones trabajan de más porque esta capa cierra el paso al aire y la respiración se torna más difícil y, cuando los pulmones trabajan más para llevar el oxígeno a la sangre, el corazón tiene que latir más rápido. Asimismo, algunos contaminantes tensan los vasos sanguíneos y entonces es aún más difícil para el corazón bombear sangre. La tos y los estornudos también hacen que el cuerpo gaste más energía.

Los pulmones pueden librarse por sí solos de una capacidad sorprendente de desechos pero esta capacidad se reduce poco a poco por la persistente inhalación de ceniza, hollín y ácidos.⁵⁹²

⁵⁸⁹ *Ibidem*, p. 47-8.

⁵⁹⁰ Que provoca la muerte del 25% de los afectados por cáncer.

⁵⁹¹ Hartc, J., *Op. cit.*, p. 49.

⁵⁹² Ward, Barbara y Dubos, René, *Una sola Tierra*, p.93.

Solventes

Los solventes orgánicos se evaporan rápidamente y casi no dejan residuos. Se utilizan para disolver otros compuestos, para limpiar, para despintar y como vehículo para pinturas, pegamentos, productos de limpieza y para extraer impurezas. También en muchos productos domésticos y drogas.

La variedad de solventes disponibles es enorme, cientos de ellos que se mezclan en más de 30 mil formulaciones. Sin embargo, los más comunes caen en cinco categorías generales: alcoholes (como metanol y alcohol isopropílico), cetonas (como metil etil cetona y acetona), hidrocarburos alifáticos (como hexano), hidrocarburos aromáticos (como benceno, tolueno, xileno) y, por último, hidrocarburos halogenados (como tricloroetileno, cloruro de metileno y clorofluorocarbonados). Otros grupos menos comunes incluyen a los éteres glicólicos y a los acetatos. De los halogenados, los más usados son los clorados, casi todos son liberados al medio, principalmente al aire, después de su uso. Los más populares son cloruro de metileno, tricloroetano, tricloroetileno y tetracloroetileno.⁵⁹³ La demanda de estos productos ha ido disminuyendo por el reciclaje, los cambios tecnológicos y la substitución con solventes menos tóxicos basados en agua. Sin embargo, se siguen usando en grandes cantidades y miles de pequeños negocios aún utilizan compuestos clorados con poco control de su uso y disposición final.

La mayoría de los solventes son peligrosos: algunos son inflamables, otros explosivos, algunos son corrosivos y la mayoría son tóxicos. Los que contienen halógenos (cloro, fluor, yodo y bromo) son tóxicos. La exposición a los solventes puede incluir daños sobre la piel, el hígado, la sangre, el sistema nervioso central y, a veces, sobre riñones y pulmones. Algunos son irritantes y otros son capaces de producir

⁵⁹³ Harte, J., *Op. cit.*, p. 109.

cáncer. Debido a que se evaporan fácilmente a temperatura ambiente, la mayoría de las exposiciones se dan por respirar sus vapores que, aún por periodos muy cortos, puede provocar irritación de garganta y pulmón, edema pulmonar, aletargamiento, ligera pérdida de conciencia, visión borrosa, nerviosidad, insomnio, náusea, vómito, desorientación, confusión, arritmia cardíaca, inconsciencia y muerte. La mayoría de estos síntomas pasan rápido cuando la exposición cesa. Algunos síntomas de una exposición aguda pueden no ser sentidos de inmediato; tal es el caso de ciertos solventes halogenados que provocan daños en pulmón, hígado y riñón a largo plazo. La exposición repetida a algunos solventes puede provocar bronquitis crónica, daño permanente en hígado y riñones así como problemas neurológicos permanentes. Los solventes pueden afectar la capacidad del cuerpo para producir sangre y algunos pueden dañar el sistema inmune. Muchos de los clorados que se encuentran en el mercado son sospechosos de provocar cáncer y problemas de nacimiento y neonatales.⁵⁹⁴

En los productos de uso común se encuentran más de sesenta solventes diferentes, como etanol, alcohol isopropílico, queroseno, propilenglicol, isobutano, butano y propano, de los cuales ninguno resulta demasiado tóxico o es cancerígeno, pero la cantidad que se libera diariamente al aire en las ciudades es bastante grande. Algunos pueden causar serios problemas ambientales al contribuir a la formación de ozono mientras que otros (como los clorofluorocarbonados, el tricloroetano y el tetracloruro de carbono) contribuyen a la desaparición de la capa de ozono estratosférico⁵⁹⁵. A veces estos solventes se mezclan con otros compuestos o se degradan para formar productos más tóxicos. El tricloroetano, por ejemplo, en el suelo se convierte en cloruro vinílico, que es más tóxico.⁵⁹⁶

⁵⁹⁴ *Ibidem*, p. 110.

⁵⁹⁵ Tema de gran importancia que no se pretende cubrir en extenso por manifestarse principalmente en la estratosfera, lejos de la ciudad.

⁵⁹⁶ Harte, J., *Op. cit.*, p. 111.

Contaminantes olorosos

En la ciudad es difícil que un contaminante alcance la concentración necesaria en el aire como para ser percibido directamente y nítidamente. A menos que suceda un derrame o una fuga accidental, o que se pase cerca de una alcantarilla, de un tubo de escape que emita grandes cantidades de humo, de un puesto de fritangas o de un cúmulo de basura. Lo que resulta claro es que el aire urbano no huele bien porque incluye una mezcla de una gran cantidad de contaminantes resultado de la convivencia de sus millones de habitantes.

Pútridos

Sulfuro de hidrógeno

El sulfuro de hidrógeno, H₂S, es un gas invisible que huele como a huevo podrido y que es tan venenoso como el cianuro.⁵⁹⁷ Este olor puede provocar náusea, falta de aliento y dolores de cabeza. Es un producto natural de la putrefacción de la materia orgánica y suele emanar de las alcantarillas. El hedor que generan las plantas de tratamiento de agua y la biodegradación de las lagunas de desechos industriales puede ser arrastrado por el viento varios kilómetros. Las erupciones volcánicas también liberan cantidades apreciables de sulfuro de hidrógeno.

En general, gracias a las leyes ambientales, el gas ya no es un contaminante común del aire urbano. Su nivel normal en la atmósfera es de casi 0.05 ppb, muy por debajo del límite de detección olfativo de 100 ppb. El olor comienza a ser claramente ofensivo a 3,000 ppb, a una concentración de 150,000 ppb produce parálisis olfatoria y arriba de 300 mil ppb ocasiona muerte inminente.⁵⁹⁸

⁵⁹⁷ En 1950, 320 personas fueron hospitalizadas y 22 murieron en Poza Rica, después un estallido en la refinería que liberó sulfuro de hidrógeno sin quemar. (Biddle, *Op. cit.*, p. 79).

⁵⁹⁸ *Ibidem*.

Aromáticos

Particulares entre los compuestos químicos que huelen resultan ser los "aromáticos", que incluyen al benceno y sus parientes. Aparte de su característico olor, fácilmente detectable y que no resulta desagradable, todos poseen un anillo de seis carbonos en su estructura. Junto con el benceno, el tolueno y los xilenos destacan por su elevada toxicidad. Se encuentran en pinturas, resinas, limpiadores, pegamentos, pesticidas, plásticos, detergentes, pigmentos, hule sintético, solvente para pegamentos, tintas, lacas, linóleo, perfumes, solventes, removedores de lacas, desengrasantes, plumones y muchos otros productos.

Benceno

La estructura de anillo del benceno, C_6H_6 , es la estructura básica de muchos compuestos orgánicos naturales y sintéticos. En los organismos vivos el anillo de benceno es un componente normal de sustancias importantes como vitaminas, azúcares y enzimas involucradas en los procesos bioquímicos. El benceno producido por el hombre en cantidades enormes, a partir del petróleo y del carbón, es un componente habitual de la gasolina (de 1.8 a 5%, en volumen) para automóviles y aviones y también se usa como aditivo en combustibles.³⁹⁹

Debido a que está presente en muchos productos, el benceno está muy distribuido en el aire y en el agua. Es un constituyente de las emisiones de los motores de los automóviles y de las principales industrias manufactureras y de refinación. Las emisiones de los autos son la fuente del 80% del benceno ambiental. El mayor riesgo de contraer cáncer por el benceno se debe a la inhalación de los vapores al cargar

³⁹⁹ El benceno es un reemplazante efectivo del plomo en la gasolina que eleva el octanaje de los combustibles sin plomo. La gasolina sin plomo Premium contiene hasta 3% de benceno.

gasolina.⁶⁰⁰ Sin embargo, la mayor fuente de exposición al benceno es el humo del cigarrillo.

La exposición por inhalación o por contacto con la piel y los ojos provoca irritación del tracto respiratorio superior, dermatitis e irritación de los ojos, respectivamente. Si el benceno es aspirado hasta los pulmones puede provocar edema pulmonar y hemorragias. Una exposición aguda por una inhalación excesiva deprime el sistema nervioso central provocando dolor de cabeza, vahídos, náuseas, convulsiones, coma y posiblemente la muerte. La exposición crónica al benceno es asociada con anemia aplásica, cambios en la producción de glóbulos blancos y rojos en la medula de los huesos y otros efectos sobre la sangre. Los estudios epidemiológicos relacionan las aberraciones cromosómicas y la leucemia con la exposición a este compuesto clasificado como cancerígeno.⁶⁰¹

Tolueno

En la medida que se eliminó el plomo de la gasolina las refinerías han tenido que agregar mayores cantidades de tolueno y de otros hidrocarburos aromáticos para mejorar el número de octano y el funcionamiento antidetonante del combustible. Tanto las refinerías como los automóviles y los camiones y los motores que queman petróleo dispersan cantidades significativas del compuesto a la atmósfera. El tolueno es un sustituto para el benceno, que es más tóxico.

El tolueno puro, $C_6H_5CH_3$, es un líquido volátil altamente inflamable, con un olor picante muy parecido al del benceno. Sus vapores son más pesados que el aire. La exposición más grande es resultado de la contaminación atmosférica. Las emisiones de los automóviles, camiones y aviones, junto con los derrames de aceite y gasolina y la

⁶⁰⁰ Se estima que el chance de desarrollar cáncer durante el tiempo de cargado de combustible es de casi 8 en 100 mil. (Harte, J., *Op. cit.*, p. 233).

⁶⁰¹ Los cambios en la medula de los huesos pueden darse varios años después de que la exposición ha terminado. (*Ibidem*, p. 234).

evaporación de combustible de los tanques y del carburador, liberan vapores de tolueno al aire. Los convertidores catalíticos pueden eliminar más del 95% del compuesto de las emisiones de escape si el convertidor está instalado y funcionando apropiadamente. Debido a su baja solubilidad en el agua, en la atmósfera el tolueno no es arrastrado por la lluvia de manera apreciable y puede viajar largas distancias desde su fuente arrastrado por el viento. En la atmósfera urbana contribuye a formar ozono y al problema del smog fotoquímico. Los niveles de tolueno en el aire que rodea a las gasolineras son mayores que los que se pueden encontrar en otras partes. Fumar cigarrillos es otra fuente de exposición a este contaminante, tanto para el fumador como para los fumadores pasivos.⁶⁰²

Los vapores del tolueno son irritantes, especialmente para los ojos. La inhalación irrita el tracto respiratorio, deprime el sistema nervioso central y daña hígado y riñones. Los síntomas tempranos de la exposición pueden incluir alguna combinación de los siguientes efectos: fatiga, debilidad, confusión, euforia, vahídos, dolores de cabeza, pupilas dilatadas, insomnio, hipersensibilidad a la luz e irritación de la piel. Exposiciones largas pueden conducir a daños en riñones e hígado y, en caso de embarazadas, se asocia con daños a los fetos. El alcohol etílico (el de la cerveza, vino y licores) provoca que la mayor parte del tolueno del cuerpo migre hacia la sangre provocando un aumento en la exposición de órganos vitales, como el cerebro.⁶⁰³

Xileno

El xileno, $C_6H_4(CH_3)_2$, el más tóxico de los hidrocarburos aromáticos, es uno de los contaminantes más comunes del aire de las zonas urbanas e industriales. Se detecta fácilmente porque su olor se percibe a partir de una concentración de 1 ppm.

La exposición a bajos niveles de xileno en el aire externo es inevitable. Altas

⁶⁰² *Ibidem*, p. 415-6.

⁶⁰³ *Ibidem*, p. 416.

concentraciones en el aire pueden provocar irritación de ojos y nariz, tos, ronquera e inclusive edema pulmonar. La inhalación continua de niveles que provocan irritación conduce a síntomas que recuerdan la borrachera, incluyendo aletargamiento del tiempo de reacción, pobre equilibrio y depresión o agitación del sistema nervioso central, seguidos por inconsciencia, temblores e insomnio.⁶⁰⁴

Asfalto

El asfalto, también conocido como bitumen o alquitrán, frecuentemente es encontrado en el medio ambiente porque es muy usado en el pavimento de calles y como impermeabilizante. Es una sustancia negra con un inconfundible olor aromático particularmente notable cuando está caliente.⁶⁰⁵

Dependiendo de la temperatura y de su composición química específica puede ser fangoso o sólido, algunas formas sólidas son quebradizas y otras gomosas. Su composición química es bastante compleja y consiste de una variedad de hidrocarburos pesados y ligeros. Debido a que al calentarlo emite muchos más compuestos potencialmente tóxicos (hidrocarburos aromáticos ligeros) que el pavimento frío, las mayores exposiciones las sufren los trabajadores que asfaltan o impermeabilizan. La ciudadanía en general está expuesta principalmente cuando pasa por sitios donde están pavimentado, en donde el asfalto es vaciado y nivelado, o cuando entra a una construcción en la que están impermeabilizando.

El contacto persistente de la piel con el asfalto puede provocar cáncer y, la exposición prolongada a sus vapores, problemas respiratorios. A los niveles normales de exposición a sus vapores, no posee un riesgo significativo para la salud. Aunque se recomienda evitar pasar el tiempo cerca de zonas de pavimentación o impermeabilización. La exposición del público en general al asfalto no está regulada

⁶⁰⁴ *Ibidem*, p. 435.

⁶⁰⁵ *Merek Index*, p. 133.

aunque, por ser fuente de partículas, en la Ciudad de México las actividades relacionadas se suspenden durante las contingencias.

Clorofórmicos

Cloroformo

El cloroformo, CHCl_3 , es un solvente que huele y sabe dulce. Aunque se evapora rápidamente, no prende fuego con facilidad ni es explosivo. Se usa como fluido en los refrigeradores industriales y en algunos productos como jarabes, pasta de dientes, linimentos, pegamentos y pesticidas.

Este compuesto puede ser hallado en el aire urbano y en áreas industriales, así como en los hogares, como resultado de la fabricación de papel, de las emisiones de los automóviles, del humo del tabaco, de la quema de plásticos y de la evaporación de ríos y lagos contaminados. El cloroformo permanece en la atmósfera durante varios meses antes de que sea fotoquímicamente degradado. Por esta razón, las emisiones en el aire se pueden extender sobre grandes áreas haciendo casi imposible evitarlo.⁶⁰⁶

Cloruro de metileno

El cloruro de metileno, CH_2Cl_2 , es un líquido incoloro volátil con un dulce y placentero olor parecido al del cloroformo. Es bastante peligroso cuando se calienta porque emite fosgeno, un gas tóxico. Es el producto químico más comúnmente usado para despintar. También se usa como propelente para aerosoles y como ingrediente inerte en fumigantes, pesticidas y soluciones limpiadoras industriales, así como en el aseo de zapatos, en la fabricación de impermeables, extinguidores de fuego, desodorantes ambientales y quitamanchas.⁶⁰⁷

⁶⁰⁶ Harte, J., *Op. cit.*, p. 275.

⁶⁰⁷ *Ibidem*, p. 346.

Es un contaminante común del aire urbano porque casi el 80% del cloruro de metileno producido es liberado a la atmósfera inmediatamente después de su uso. Sin embargo, su acumulación en la atmósfera es improbable porque se degrada rápidamente en el aire.

La toxicidad de este compuesto es complicada porque en el cuerpo se descompone en monóxido de carbono y entonces los efectos tóxicos son predominantemente provocados por el CO en la sangre más que por el compuesto en sí. La susceptibilidad individual a la intoxicación con CO depende del peso corporal, de los hábitos fumadores y de la capacidad pulmonar. La principal ruta de exposición es por inhalación y es fácilmente absorbido cuando está dentro de los pulmones. La ingestión aumenta con el ejercicio y con la cantidad de grasa en el cuerpo del individuo expuesto. El cloruro de metileno absorbido es distribuido por el cuerpo y cruza fácilmente la barrera sangre-cerebro y la placenta. La absorción a través de la piel y del tracto gastrointestinal es lenta. El compuesto se quema al contacto con la piel. Los niveles de carboxihemoglobina pueden permanecer altos por muchas horas después de la exposición por la conversión dilatada del cloruro de metileno de las reservas acumuladas en la grasa. Las personas expuestas a altos niveles de esta sustancia muestran una disminución en el funcionamiento manual y en los lapsos de atención. En altas concentraciones resulta irritante para los ojos y el tracto respiratorio, y la persona expuesta se vuelve adormilada y puede sentir náuseas. La exposición crónica al solvente ocasiona daños al hígado y al sistema nervioso central. También puede causar arritmias cardíacas y cáncer.⁶⁰⁸

⁶⁰⁸ *Ibidem*, p. 346-7.

Tricloroetileno

El tricloroetileno, C_2HCl_3 , es un líquido incoloro, volátil, no-inflamable con un característico olor dulce parecido al del cloroformo. Se descompone para formar fosgeno y cloruro de hidrógeno. La mayor aplicación es para desengrasar metales pero también se usa en una gran variedad de productos como tinturas, tintas para impresión, líquidos correctores, quitamanchas, limpiadores de tapetes y desinfectantes; en la fabricación de cloruro de polivinilo, barnices, adhesivos, pinturas, lacas y como ingrediente inerte para acarrear el ingrediente activo de los fungicidas e insecticidas. Es el solvente prevaeciente en los productos usados para limpiar en seco.⁶⁰⁹ La mayor parte del tricloroetileno producido va a parar al ambiente por lo que está muy distribuido en el aire, agua y suelo. En la atmósfera se rompe en cuestión de días.

Este compuesto es fácilmente absorbido cuando se inhala. Una vez en el torrente sanguíneo, se distribuye por todo el cuerpo y se concentra en grasa, riñones, hígado, pulmones, glándulas adrenales y cerebro. El tricloroetileno y sus subproductos son excretados a través de la orina, del aire exhalado y, en menor grado, del sudor, heces y saliva. Los efectos por exposición crónica incluyen fatiga, dolor de cabeza, irritabilidad, pérdida de memoria, euforia pasajera y depresión. También puede provocar intolerancia al alcohol. Cuando se inhala durante largos periodos puede derivar en cirrosis.⁶¹⁰

Tetracloroetileno

El tetracloroetileno, C_2Cl_4 , también conocido como Percлено o Percosolv, es un líquido denso incoloro con un dulce olor como a cloroformo. Es un compuesto químico muy utilizado para limpiar en seco. El 90% de sus emisiones son hacia el aire pero las mayores concentraciones en exteriores se dan en la vecindad de las tintorerías que

⁶⁰⁹ *Ibidem*, p. 420.

⁶¹⁰ *Ibidem*, p. 421.

limpian en seco. Estas emisiones contribuyen al smog fotoquímico en las áreas urbanas.⁶¹¹

Puede ocasionar efectos sobre el hígado, los riñones y el sistema nervioso central. La inhalación es la ruta más importante por la cual entra al cuerpo. La dosis ingerida es proporcional a los niveles de exposición y aumenta con el ejercicio. La mayor parte es eliminado a través del aire exhalado. La gente expuesta a altos niveles de sus vapores como los que trabajan en tintorerías, sufre irritación ocular, confusión y depresión respiratoria.⁶¹²

Etéreos

Tetracloruro de carbono

El tetracloruro de carbono, CCl₄, es un líquido claro, incoloro con un olor dulce parecido al del éter. La mayor parte se usa para fabricar propelentes fluorocarbonados, pero también como limpiador y solvente para aceites, grasas, lacas, barnices, gomas y resinas y en la producción de pinturas y plásticos. Antes se usaba en el hogar en fluidos limpiadores y en extinguidores, pero su uso ha sido discontinuado por su toxicidad y sus efectos sobre el ambiente.⁶¹³

La fuente principal de emisiones de CCl₄ al ambiente es su producción, el uso de fumigantes y pesticidas y la producción de fluorocarbonados. En el aire permanece distribuido porque le toma como 50 años degradarse. Se estima que una persona promedio toma diariamente pequeñas cantidades de tetracloruro de carbono del aire, del agua y de la comida. Provoca efectos adversos en la salud cuando es inhalado, ingerido o absorbido por la piel. La exposición a altas dosis en el aire puede llegar a ser fatal.

⁶¹¹ *Ibidem*, p. 413.

⁶¹² *Ibidem*, p. 413-4.

⁶¹³ La Clean Air Act de 1990 estipuló que para el año 2000 la producción y uso de este compuesto debe haber terminado. (*Ibidem*, p. 261).

Desdichadamente, el dulce olor de este compuesto no provee una alarma satisfactoria para la sobreexposición que puede afectar hígado, riñones y pulmones. El contacto repetido o prolongado con la piel puede ocasionar ampollas o irritación. La inhalación repetida de niveles no letales produce náusea, vómito, vahídos, somnolencia y fatiga, así como anomalías en los ojos, como una reducción en el campo visual.⁶¹⁴

El CCl_4 que se encuentra en el aire es casi imposible de evitar. Las reacciones químicas que lo involucran merman el ozono estratosférico.

Cloruro de metilo

El cloruro de metilo, CH_3Cl , es un gas incoloro venenoso con olor etéreo. Se usa como aditivo antidetonante para la gasolina; los humos de la gasolina cuando se llena el tanque en un día caluroso le deben ese ligero efecto somnífero a ese compuesto. Es recomendable mantenerse alejado al cargar combustible.

Después de deprimir el sistema nervioso central, el cloruro de metilo daña el hígado y los riñones. Puede ocasionar la muerte por una exposición rápida a altas concentraciones o por respirar prolongadamente bajos niveles.⁶¹⁵

Picantes

Formaldehído

El formaldehído, HCHO , es un gas incoloro a temperatura ambiente, famoso por su olor picante y propiedades irritantes. Es el más simple de los aldehídos, compuestos altamente reactivos. Se da en la naturaleza y en el cuerpo humano en pequeñas cantidades, pero está considerado como uno de los principales compuestos químicos orgánicos presentes en las emisiones de la industria así como en los gases de escape de los coches, en el humo de los cigarrillos y en los materiales de construcción. Se usa para

⁶¹⁴ *Ibidem*, p. 260-1.

⁶¹⁵ *Ibidem*, p. 87-8.

hacer muchos productos de plástico, paneles y aislamientos para edificios, muebles, relleno de colchones, cosméticos, drogas, ropa de poliéster, películas fotográficas, pinturas, alfombras. También se utiliza como preservativo, embalsamador, fertilizante, fumigante y desinfectante.

Es contaminante atmosférico porque es un producto normal de la combustión encontrado en el humo del cigarro y en las emisiones de los autos, de los incineradores y de las plantas de energía. Virtualmente toda la población está expuesta al formaldehído porque está muy distribuido. Las principales rutas de exposición son la inhalación y la absorción por la piel. En contraste con su destino en un edificio o una casa, al aire libre tiene una corta vida media y se degrada rápidamente con el Sol.

Es considerado como uno de los mayores peligros para la salud. Es un irritante para los ojos y el tracto respiratorio superior a concentraciones típicas del aire del Distrito Federal (50 a 2000 ppb). Dispara el asma y es un probable cancerígeno. Los síntomas clásicos de la exposición a bajos niveles incluyen flujos nasales, dolor de garganta, dificultades para dormir, sinusitis, dolor de pecho, náusea frecuente, vómito, malestar y bronquitis. Los síntomas ocurren a niveles tan bajos como 0.05 ppm. El límite al cual se percibe su olor (50 a 1500 ppb) no tiene nada que ver con el nivel de exposición seguro ya que la mayoría de la gente se acostumbra a su olor. Durante los episodios de inversión térmica en las ciudades, las concentraciones en el aire pueden alcanzar de 50 a 86 ppb. La emisión de formaldehído de un auto a una velocidad de 60 Km/h alcanza niveles de cerca de 1000 ppb (4000 ppb en un motor a diesel). Mucha gente no puede tolerar concentraciones prolongadas de 4 a 5 mil ppb. De 100 a 25,000 ppb puede volver imposible estar de pie, llevando a la náusea, vómito y aturdimiento.⁶¹⁶

⁶¹⁶ *Ibidem*, p. 60.

Ácido acético

El ácido acético, CH_3COOH , es un compuesto químico natural que se encuentra en las frutas. Es un líquido incoloro con un picante olor a vinagre. Es uno de los productos químicos que más se producen. Se utiliza en solventes, en la industria textil, para producir resinas vinílicas y en la fabricación de poliéster. También se usa como aditivo para gasolina y en cosméticos. La principal fuente de emisiones a la atmósfera son los vapores de la gasolina.

Las propiedades toxicológicas del ácido acético bajo exposiciones ordinarias no son bien conocidas pero, a altas concentraciones en el aire, produce irritación de membranas mucosas, ojos, piel y garganta y deprime el sistema nervioso central. También contribuye a la formación del smog en las ciudades a través de la formación de ozono. Su concentración letal para humanos en el aire es de 1000 ppm.⁶¹⁷

Plásticos

Di(2-etilhexil)ftalato

El Di(2-etilhexil)ftalato es un compuesto químico con un ligero olor que es característico del plástico. Se agrega al plástico⁶¹⁸ para hacerlo suave y flexible y es uno de los contaminantes a los cuales la gente está más expuesta. Es muy usual en productos como imitaciones de piel, impermeables, tenis y juguetes.⁶¹⁹

Desafortunadamente, este tipo de plastificante no es parte permanente del producto plástico en el cual se emplea y muchas toneladas de él se desprenden y se depositan en el aire, el agua y la tierra. Una cantidad similar es liberada a la atmósfera durante la fabricación de plásticos y sus productos. Este compuesto ha sido detectado en tierra, aire y agua. Provoca muy pocos problemas serios de salud, aún cuando se inhalen

⁶¹⁷ *Ibidem*, p. 197.

⁶¹⁸ Más de una tercera parte en peso de muchos plásticos puede corresponder a este compuesto.

⁶¹⁹ Harte, J., *Op. cit.*, p. 298-9.

grandes cantidades, pero la exposición prolongada es asociada con daños al hígado y a los testículos.

Corporales

El cuerpo humano excreta o secreta miles de compuestos químicos volátiles, muchos con fuerte olor. Produce sudor, orina, heces, saliva, gases y aceites de la piel y va dejando una penetrante estela de amoníaco, de pútrido sulfuro de hidrógeno, vinagroso ácido acético, picante alcohol etílico y apuestosos mercaptanos. La mezcla de efluvios refleja las influencias ambientales diarias tales como lo que se bebe y come, las drogas y los productos higiénicos, así como factores personales como el género, la edad, el grupo étnico, el estado reproductivo, la salud y las condiciones emocionales.⁶²⁰ El olor corporal puede ser horrible o sublime, y aún ambos a la vez, en relación con quien lo huele. En la privacidad no es un contaminante pero se convierte en uno peligroso al exponerlo a la crítica de la colectividad. El aire urbano está lleno de olores que producen sus habitantes más perfumes para encubrirlos y, de repente, hasta cachondas feromonas.

Los malos olores corporales los asociamos con falta de higiene pero también con enfermedades, como la malaria (del italiano *mal aria*, literalmente “mal aire”). Así que sirven para diagnosticar males como cirrosis, gota, fiebre amarilla, tifoidea, difteria, escorbuto, rubéola y diabetes.⁶²¹ La solución dada por nuestra civilización a los olores corporales es el contraataque químico con desodorantes y perfumes. El problema de los olores corporales se puede tomar grave si consideramos la cantidad de liberada por cada individuo y la multiplicamos por el número de habitantes de esta ciudad...

⁶²⁰ Biddie, *Op. cit.*, p. 24.

⁶²¹ *Ibidem*, p. 138.

Sudor

Las secreciones de la piel son causadas por tres posibles culpables. Primero las glándulas ecrinas, que están distribuidas por casi todo el cuerpo y que producen una solución sudorosa de sales inorgánicas (potasio, sodio, zinc), glucosa, vitamina C, riboflavina y aminoácidos, que regulan la temperatura del cuerpo mediante su evaporación. Casi dos litros de líquido por hora pueden ser producidos por los aproximadamente dos millones de estas glándulas. Este tipo de sudor generalmente es considerado inodoro, pero algunos alimentos, en especial el ajo, pueden tomarlo desagradable así como ciertos desórdenes metabólicos como la diabetes.⁶²²

En segundo lugar las glándulas sebáceas que segregan la mayoría de los lípidos que mantienen la piel flexible e impermeable. Estas glándulas especializadas, que segregan un tenue y desagradable olor, están ubicadas en todos los puntos de entrada al cuerpo, incluyendo párpados, canales del oído, ventanas de la nariz, labios, pezones y en el orificio anal y de los genitales. Esto resulta un poco conveniente porque también producen sustancias que retardan el crecimiento de microbios patogénicos.⁶²³ Su mayor densidad se alcanza en la frente, la cara y en el cuero cabelludo. No se presentan en las palmas de las manos o en las plantas de los pies.

Y, finalmente, las glándulas apócrinas que permiten liberar un guisado de compuestos, especialmente durante periodos de excitación o nerviosismo. Estas son la principal fuente de olores corporales en los humanos y se encuentran primordialmente en los sobacos, pero también en la región esternal del pecho, en el área genital y anal, en el cuero cabelludo, en las mejillas, en los párpados y en los canales de la oreja. En los poros, las bacterias florecen sobre las secreciones para producir ácido isovalérico de olor ácido. Estas glándulas sólo operan entre la pubertad y la menopausia y son mucho

⁶²² *Ibidem*, p. 25.

⁶²³ *Ibidem*.

más grandes en los hombres que en las mujeres (aunque las mujeres pueden tener más). También difieren en tamaño y número entre las diversas razas (los negros tienen más que los blancos y estos más que los asiáticos), lo que ha conducido a toda clase de estúpidos estereotipos.⁶²⁴

Mal aliento y eructos

Este tipo de emisiones se puede considerar como una fuente de contaminación menor cuya importancia es directamente proporcional a la distancia. Si bien tampoco están catalogados como contaminantes atmosféricos peligrosos, es indudable que contaminan el ambiente.

La cavidad bucal es una fuente bien establecida de olores endógenos (de los pulmones) y exógenos (de las bacterias de la boca). La concentración de sulfuro de hidrógeno, que huele a huevo podrido, puede llegar a las 700 ppb y la del fétido metil mercaptano a casi 200 ppb. Las caries, los resfrios, la tonsilitis y las enfermedades sinusíticas y periodontales generan olor fétido y mal sabor. Las enfermedades del hígado producen "hedor hepático", un aliento parduzco debido al etiol metano (CH_3SH) que tiene olor a huevo podrido⁶²⁵ y a otros alquiltioles. Las enfermedades del riñón producen un aliento como a pis y los abscesos pulmonares lo vuelven pútrido. Los desordenes gastrointestinales, por el contrario, no producen mal aliento, halitosis, por lo que el olor del aliento no indica nada sobre lo que sucede en el estómago o en los intestinos.⁶²⁶

Los eructos no son mas que aire tragado. Todos tragamos un poco de atmósfera al comer o beber y la devolvemos aromatizada.

⁶²⁴ *Ibidem*.

⁶²⁵ Merck Index, p. 938.

⁶²⁶ Biddle, *Op. cit.*, p. 20-21.

Flatulencias o gases o...

Más de 400 especies de bacterias trabajan en los intestinos humanos formando un gusado químico continuo. Estas amigas ayudan a digerir la comida y a sintetizar sustancias necesarias, como la vitamina B. Junto con ellas también hay metanógenos que producen metano y gasificadores como Clostridia, E. Coli, Bacteroides así como varias levaduras y protozoarios. Las emanaciones de los traseros están compuestas principalmente por nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, metano y CO₂ en variados porcentajes que dependen de lo que se haya comido. Los carbohidratos indegeribles son fuentes prodigiosas de hidrógeno, de ahí la reputación antisocial de los frijoles, el maíz y las papas.⁶²⁷

Virus

Los virus no poseen olor pero se transmiten principalmente vía el contacto respiratorio persona a persona o por las excreciones del cuerpo. Son un paquete de instrucciones genéticas capaces de adueñarse del metabolismo de las células vivientes y de hacer copias de ellos mismos. En latín, virus significa "veneno". En una época en la cual la mayoría de las enfermedades causadas por bacterias son tratables, los virus continúan con carta blanca para matar.

Existen alrededor de cinco mil virus conocidos, varios cientos de ellos pueden infectar a los humanos, en una variedad espléndida de formas con tamaños desde 0.3 hasta 0.02 micrones de largo.⁶²⁸

Los virus respiratorios que suelen afectar a los humanos incluyen influenza, paperas, mononucleosis y cientos de pequeños virus del resfriado común. El sarampión también se transmite en pequeñas gotas esparcidas por la tos o los estornudos, pero los virus desaparecen de la nariz y la garganta después de que aparece el salpullido. Los

⁶²⁷ *Ibidem*, p. 57.

⁶²⁸ *Ibidem*, p. 153.

virus que saltan a nosotros de los animales e insectos incluyen aquellos que pueden provocar rabia, encefalitis, fiebre amarilla, dengue y varias fiebres hemorrágicas exóticas como el ébola.⁶²⁹

En la mayoría de los casos de infecciones virales no hay terapia específica; nuestro sistema inmunológico gana o pierde la pelea. Los virus son invulnerables a los antibióticos. Se consiguen drogas antivirales pero la mayoría de las medicinas que pueden enfrentarlos también son capaces de causar efectos colaterales sobre las células saludables. Las vacunas continúan siendo la única tecnología adjunta para el sistema inmuno natural contra los virus.

El olor ciudadano

Cuando hay suficiente luz se puede ver; las cosas tienen gusto al ponerlas en la boca; para tocar hay que entrar en contacto con algo o alguien; se oyen los sonidos suficientemente altos; pero el olfato siempre está en funcionamiento, con cada respiración. Para dejar de oler hay que taparse la nariz, con el peligro inherente de morir. El olfato es el sentido más directo de los humanos, no necesita intérpretes: el efecto es inmediato y no es diluido por el lenguaje, los pensamientos o la translación. El hecho de que el procesamiento de la información olfativa esté dominada por áreas primitivas del cerebro (amígdala, hipocampo, tálamo) ayuda a explicar por qué la percepción de los olores es relativamente inexpressable y tiene tanto que ver con las emociones. Un color nunca parecerá tan repulsivo como el olor a huevo podrido.

En la ciudad, la nariz ha sido forzada repentinamente a realizar una función para la cual no fue creada: de protección contra el polvo y la contaminación. Asimismo, se ha sometido el sentido a los intolerables olores de la basura y del gran laboratorio

⁶²⁹ *Ibidem*, p. 154.

químico en que se han convertido las ciudades. Todavía hasta 1940 los habitantes del Ciudad de México podían percibir en febrero el acercarse de la temporada de tolvaneras, originadas en el lecho parcialmente desecado del lago de Texcoco;⁶³⁰ la contaminación ambiental era mínima. A partir de la década de los setenta la ciudad empezó a oler a gasolina. Actualmente, la ciudad es un mundo de olores. La mayoría no son agradables, aunque esto sea subjetivo. Pero más allá del gusto personal es indispensable tomar algunas medidas para prevenir enfermedades por el uso de productos que contienen compuestos tóxicos.

Para reducir el volumen de benceno y de tolueno liberados al ambiente, por ejemplo, se debe reducir el consumo de gasolina aumentando la eficiencia del combustible de los automóviles y utilizando menos este medio de transporte. Asimismo se deben reducir las fugas y los derrames de las bombas de gasolina en las gasolineras, reemplazar los tanques de almacenamiento subterráneos de gasolina que presentan fugas y usar el transporte colectivo cuando sea posible.

Las pinturas de aceite y los solventes generalmente incluyen benceno y tolueno en su composición por lo que se deben usar sustitutos para estos productos o emplear un pequeño “esfuerzo físico” extra en lugar de removedores de pintura químicos. Los productos basados en agua no sólo funcionan tan bien como los basados en aceite sino que también son menos tóxicos y fáciles de limpiar.

Con respecto a los compuestos halogenados se pueden tomar varias medidas. Tratar de comprar productos en aerosol que no contengan cloruro de metileno, aunque suele ser difícil determinar si lo contiene como ingrediente en tales productos. El problema del tetracloroetileno se puede resolver fácilmente comprando ropa que no requiera un frecuente lavado en seco. En general el lavado en seco se recomienda para

⁶³⁰ León-Portilla, Miguel (Coord.), *Historia de México*, p. 2645.

ropa que es delicada o frágil, entonces resulta irónico porque los solventes para el lavado en seco desgastan más rápidamente las telas que los limpiadores de agua. Cuando la ropa sea lavada en seco, debe asegurarse que se seque al aire libre por al menos seis horas antes de meterla a la casa y se deben abrir las ventanas del coche cuando transporte la ropa recientemente lavada en una tintorería en seco.

Se debe eliminar el uso de solventes industriales con un papel preponderante en la formación del ozono. Los solventes no reactivos no forman ozono pero destruyen la capa de ozono estratosférico. Se deben hallar solvente realmente benignos. De cada litro de pintura que usa solventes, thinner o aguarrás, sólo el 30% queda impregnado como pigmento y el otro 70% va a la atmósfera. Hasta que los productos no porten etiquetas más concisas que informen a la gente, los consumidores deben elegir productos basados en agua cuando puedan o escoger los productos menos tóxicos para la gente y el ambiente.

También es indispensable dejar de tirar las pinturas viejas, el aceite o la gasolina a la basura o al drenaje (práctica ilegal). Se debe buscar la disposición adecuada. El aceite gastado puede ser reutilizado, y algunos residuos son aceptados por los manejadores de residuos industriales.

Si queremos cambiar el aroma de la ciudad debemos empezar por limpiar sus calles, casas y cuerpos que le habitan y, principalmente, su aire. También debemos reforestarla con plantas, flores y árboles que purifiquen su atmósfera.

CAPÍTULO VIII. EL GUSTO

El gusto es una prueba, un ensayo. Las otras sensaciones llegan desde cierta distancia, de una manera casi incontrolable; el gusto no, porque no se puede saborear las cosas a distancia. A cierta edad, si las condiciones económicas y mentales de un individuo son suficientes, ya puede elegir lo que se mete en la boca y también decidir lo que le gusta y lo que no, porque el gusto es un sentimiento individual. Para saborear las cosas es necesario introducir las en la boca aunque, en ocasiones, es posible hacerlo a distancia mediante evocaciones mentales. La memoria juega un papel fundamental en el sentido del gusto y, al probar algo, su gusto queda registrado en el cerebro. Según el placer o el disgusto que provoque lo saboreado, volverá a ser ingerido o no.

El gusto

Este sentido es fundamental para la supervivencia de la especie. Los humanos deben comer, beber y respirar para vivir, pero la respiración es involuntaria. Los otros sentidos pueden disfrutarse en todo su esplendor cuando uno está solo, el gusto es muy social.

El gusto trabaja en estrecha colaboración con el olfato para ayudar a identificar los sabores. Antes de comer algo primero es olido y así se activa la salivación, sin la cual nada tiene sabor. Saborear es un proceso más lento que oler.⁶³¹ Las microscópicas células receptoras de sustancias químicas ubicadas en la lengua, llamadas papilas gustativas, son los principales órganos del gusto.

La boca es la puerta de entrada al cuerpo y también donde se aloja la lengua que es una estructura muscular que sirve para hablar, comer y saborear. Está cubierta por unas diez mil papilas gustativas⁶³² que pueden detectar sabores dulces, ácidos, amargos y

⁶³¹ Ackerman, Diane, *A natural history of the senses*, p. 141.

⁶³² Las células de las papilas gustativas tardan tan solo una semana en ser renovadas. (Farndon, John, *Encyclopedia*, p. 128).

salados en diversas localizaciones. Cada papila contiene de 10 a 20 receptores, a los que llegan los compuestos químicos disueltos en saliva, que envían información a las neuronas que alertan al cerebro.

Sabores

Lo primero que se prueba al nacer es la leche materna (*colostrum*) que es rica en anticuerpos, “el registro de la experiencia epidemiológica materna”. Junto con amor y afecto proporciona una sensación de seguridad, calidez y bienestar: el primer sentimiento intenso del placer. Al ir creciendo los pequeñines van probando todo lo que esté a su alcance, bueno o malo por igual, pero instintivamente se reconoce lo amargo como malo, tóxico, y es escupido. Con los años, la variedad de alimentos y de bebidas que se han probado y que se pueden reconocer por el gusto es inmensa. El ser humano puede ingerir casi de todo, incluyendo aquello que sabe que es venenoso (alcohol, sal, café, etc.).

El sabor de las cosas incluye su textura, olor, temperatura, color y dolor (como los chiles).⁶³³ Químicamente, analizar sustancias por su sabor debe haber sido una práctica primitiva y ocasionalmente peligrosa, pero en algunos casos era muy efectiva. El acetato de plomo, por ejemplo, era conocido como *azúcar de plomo* y el sulfato de magnesio como *sal amarga*.⁶³⁴ La importancia del gusto en la terminología química temprana se observa en la palabra *alumbre*, que describe el sabor astringente de muchos sulfatos de metal que se podían clasificar como “alumbres” bajo el criterio del gusto únicamente. El término “sal” también se relaciona con el sabor, dado que la sal original (cloruro de sodio) daba sabor a la comida. Cuando Duhamel, en 1736, distinguió las sales de sodio de las de potasio, citó su distinto sabor como evidencia. Antes del uso de

⁶³³ Ackerman, D., *Op. cit.*, p. 142.

⁶³⁴ Crosland, Maurice P., *Estudios históricos en el lenguaje de la química*, p. 93.

indicadores en el siglo XVII los ácidos y los álcalis podían distinguirse algunas veces mediante sus sabores fuertes y amargos, respectivamente. Según un tratado atribuido a Alberto Magno, el término "álcali" quería decir "las heces de lo amargo" (*faex amaritudinis*).⁶⁵ Para la química orgánica el gusto es de importancia para reconocer sustancias, tal es el caso de los diferentes ácidos como el acético, el fórmico, el láctico, el cítrico, el málico o el tartárico; por no mencionar al fundamental alcohol.

Las cosas con mal sabor no siempre son tan malas, como muchos niños saben pero no quieren entender, algunos alimentos con pésimo sabor son buenos para la salud. La ciencia y las madres lo confirman.

Sabor de los contaminantes

El elaborado sentido del gusto de los humanos parece ponerlos en guardia ante ciertas sustancias. Si algo tiene un sabor desagradable, probablemente será venenoso o sentará mal. El cuerpo humano generalmente relaciona lo amargo con algo malo, dañino. La percepción de este sabor se realiza al fondo de la lengua, como una defensa final contra el peligro antes de que la sustancia pase la frontera final de la garganta. La amargura se puede detectar en dosis tan pequeñas como de una parte en dos millones.⁶⁶ No es necesario reconocer que los venenos tienen sabores diferentes; basta con que sean amargos.

Como ya se mencionó, para sentir el gusto de las cosas se deben ingerir, aunque gran parte del placer del gusto es oler y sólo se puede oler algo cuando se evapora. Resulta difícil entonces distinguir contaminantes en el aire a través de este sentido porque: a) la gran mayoría de los contaminantes son gases y es difícil introducir una cantidad suficiente a la boca (y cuando resulta factible nadie quiere hacerlo), y b) la

⁶⁵ *Ibidem*, p. 101.

⁶⁶ Ackerman, D., *Op. cit.*, p. 139.

concentración en el aire es muy baja como para que le puedan conferir un gusto específico. Tal vez una manera nada recomendable de conocer el sabor de las emisiones es conectar la boca al tubo de escape de un coche encendido.

Un grave problema es que las partículas que se emiten al aire se depositan en los alimentos que se venden en la calle, en el agua de tinacos mal tapados y en el suelo donde crecen las verduras y las frutas. El agua sucia y contaminada por sustancias químicas y biológicas produce enfermedades gastrointestinales (diarrea, parasitosis intestinal, hepatitis viral tipo A). Los contaminantes del agua incluyen residuos industriales de tipo orgánico e inorgánico (nitratos, plaguicidas, trihalometanos, solventes orgánicos y metales pesados), biológicos (bacterias y virus) y contaminación orgánica natural (materia vegetal en descomposición).

Antaño el agua contenía cantidades apreciables de plomo pero ya no y los tinacos nuevos disminuyen el contenido de bacterias. Sin embargo, todavía contiene altos niveles de nitratos, cloro, arsénico y cadmio.⁶³⁷ El arsénico y el cadmio provienen de la combustión de combustibles fósiles porque son contaminantes traza del carbón y del petróleo. Los nitratos provienen tanto de la combustión como del uso de fertilizantes. En los alrededores de los basureros la lixiviación de los residuos puede contaminar el agua subterránea. En el sistema de distribución hidrológico se pueden agregar varios contaminantes (plomo, cadmio, hierro, zinc, níquel y otros) por la corrosión de las tuberías, asbesto por la ruptura de tuberías de cemento, inhibidores de la corrosión como fosfatos que pueden interferir con el metabolismo de metales traza, cloro para desinfectar, efectivo contra la mayoría de las bacterias patógenas pero no contra virus y protozoarios, pero que produce subproductos tóxicos como trihalometanos

⁶³⁷ Harte, John, et al., *Toxics A to Z*, p. 56.

y cloroformo, que se producen cuando el cloro reacciona con materia orgánica natural como hojas podridas, corteza y suelo y con contaminantes orgánicos industriales.⁶³⁸

Protozoarios y amibas

Al igual que las bacterias, los protozoarios son organismos de células simples pero tienen núcleo y un tamaño mayor. Viven en sitios húmedos como suelos, charcos y océanos.⁶³⁹ Las amibas, por su parte, son protozoarios sin forma fija.⁶⁴⁰ Se mueven cambiando de forma, y se alimentan rodeando la comida, fagocitosis. Algunas viven en el agua y el suelo. Otras son parásitas de plantas y animales.⁶⁴¹ Ambos tipos de organismos pueden presentar una potencial importancia en el caso de ciertos tipos de alergias humanas y enfermedades.

En el aire de la Ciudad de México se han aislado 63 especies distintas de protozoarios suspendidos. Las especies *Kinetoplastida* y *Chryomonadida* son las más abundantes, principalmente las del género *Bodo*, *Cercobodo*, *Monas* y *Helkesimarrix*. También se han encontrado *Amoebastagellates*, incluyendo *mastigamoeba* y *Tetramutis*. El único ciliado aislado fue el *Colpodasteini*.⁶⁴² Con respecto a las amibas se han aislado 108 especies, de las cuales 19 resultan patógenas a través de inoculación intracerebral y nueve por la vía nasal. Las especies de los géneros *Acanthamoeba*, *Vahlkampfia* y *Hartmanella* son los más abundantes. La *Acanthamoeba Polyphaga* es la de mayor abundancia de las tres.⁶⁴³

La habilidad de los protozoarios y de las amibas para formar quistes es un factor importante para su presencia, sobrevivencia, abundancia y diversidad en la atmósfera.

⁶³⁸ *Ibidem*, p. 57.

⁶³⁹ Farndon, J., *Op. cit.*, p. 79.

⁶⁴⁰ "Amiba" proviene del griego *amoibe*, que significa cambio.

⁶⁴¹ Farndon, J., *Op. cit.*, p. 79.

⁶⁴² Rivera, F. *Seasonal distribution of air-borne protozoa in Mexico City and its suburbs*, p. 17-36.

⁶⁴³ Rivera, F., Ramírez, E. y cols. *Seasonal distribution of air-borne pathogenic and free-living amoebae in Mexico city and its suburbs*, p. 65-87.

La fuente principal de la carga aérea de estos organismos es el suelo. Los factores que favorecen la incidencia y diversidad del aislamiento son la velocidad y dirección del viento, la alta humedad relativa, la frecuente generación de tormentas de polvo, la resuspensión por el tráfico vehicular, la proximidad a depósitos de basura y a grandes extensiones de suelo descubierto y la temperatura (cuando no favorece la producción de altos niveles de ozono). Los factores que resultan hostiles a los protozoarios son la industria y sus contaminantes, y las altas concentraciones de O₃ y SO₂, especialmente en invierno, cuando ocurren inversiones térmicas.⁶⁴⁴ Con respecto a las amibas aéreas, el cubrimiento del suelo es un factor asociado con una reducción en su incidencia y diversidad.⁶⁴⁵

La *E. Coli*, importante indicador de la presencia de materia fecal, se halla presente en la Ciudad de México, tanto al aire libre como en interiores. Las infecciones intestinales producidas por las cepas ambientales tienen un gran impacto epidemiológico.⁶⁴⁶ Tal es el caso de la amibiasis, infección producida por el protozoario intestinal *Entamoeba histolytica*, que es una enfermedad muy difundida en México y causa severos daños al hígado.⁶⁴⁷ La *Amoeba gingivalis* ataca las encías.⁶⁴⁸

⁶⁴⁴ *Ibidem*.

⁶⁴⁵ *Ibidem* 12.

⁶⁴⁶ Rosas, I., E. Salinas, y cols. *Escherichia coli* in Settled-Dust and Air Samples Collected in Residential Environments in Mexico City, p. 4093-4096.

⁶⁴⁷ Martínez Palomo, A., *Las amibas enemigas invisibles*, p. 11.

⁶⁴⁸ *Ibidem*, p. 22.

El mal gusto

Los compuestos químicos que se tragan pueden ser absorbidos rápido o lentamente, depende de la sustancia y del estado del tracto gastrointestinal (que depende, por ejemplo, del tiempo transcurrido desde la última comida). Algunos (como el etanol) se absorben rápidamente por el estómago mientras que otros no pueden ser absorbidos y salen del cuerpo incólumes a través de las heces. Los que son absorbidos pasan por el hígado antes de llegar a la sangre. Las sustancias tóxicas que dañan al hígado son más peligrosas cuando son tragadas porque entran en contacto directo con el hígado. En contraste, si la misma cantidad es inhalada se diluye en el flujo sanguíneo y alguna parte es eliminada por los riñones antes de alcanzar el hígado.

Como sea, cantidades grandes de compuestos químicos pueden agobiar al hígado al enviar tóxicos sin procesar a la sangre; dosis pequeñas pueden resultar inofensivas en el hígado, e inclusive ser excretadas, antes de entrar a la circulación. Entonces, la cantidad de sustancia tragada que alcanza al resto del cuerpo puede ser más pequeña que la cantidad absorbida por el estómago y el intestino delgado. En contraste, los compuestos que entran a la corriente sanguínea por lo pulmones o la piel son distribuidos más fuertemente por todo el cuerpo antes de que el hígado tenga oportunidad de procesarlos en sustancias menos peligrosas.⁴⁴⁹

Los compuestos son absorbidos lentamente por el tracto gastrointestinal. Una dosis potencialmente fatal de una sustancia tóxica puede ser eliminada limpiando el estómago, induciendo el vómito o mediante un enema. Sin embargo, las dosis cotidianas de contaminantes deben encontrar la salida del cuerpo naturalmente, ya sea pasando por los intestinos sin sufrir cambios, o siendo absorbidas y luego excretadas en la orina, las heces o el aliento.

⁴⁴⁹ Harte, *Op. cit.*, p. 35.

Si bien el gusto resulta de poca ayuda para reconocer la contaminación, la alimentación puede ayudar a combatir los efectos que ésta produce. El cáncer en el sistema digestivo está relacionado con la alimentación y también las enfermedades cardíacas. Los chiles, por ejemplo, contienen altas cantidades de beta caroteno (que en el cuerpo se convierte en vitamina A), que tiene propiedades antioxidantes que combaten el cáncer, así como capsaicina que lo pone a uno dulce y baja la temperatura del cuerpo. Los fitonutrientes ayudan a prevenir el cáncer, pero la industria alimenticia ha tratado durante décadas de eliminarlos de los alimentos para evitar que su presencia provoque sabores amargos o agrios.⁶⁵⁰ A mucha gente no le gusta comer verduras. Como es de esperar, a los vegetales tampoco les gusta que se los coman, y para evitarlo generan pesticidas naturales y otras toxinas de sabor amargo. Sin embargo, este tipo de sustancias, en cantidades pequeñas, han demostrado ser benéficas para la salud.

Si la mayor causa de muertes es por enfermedades del corazón y por cáncer, entonces es necesario cambiar de dieta (a una sana, sin grasas), no fumar y hacer ejercicio (que ha de ser mejor que no hacerlo). Asimismo, es recomendable mantenerse bien alimentado, lavarse las manos antes de comer y evitar ingerir comida en la calle.

Gran parte de la contaminación del cuerpo es culpa de la forma de vida de cada individuo pero también el medio que hemos creado nos devuelve la agresión. Todo lo que tiramos al aire nos regresa a través del ciclo del agua o por su depositación en el suelo, donde son tomados por la vegetación y los animales que luego comemos, o directamente sobre lo que comemos. De la biosfera nada escapa.

⁶⁵⁰ Cohen, Leonard A. *Diet and Cancer*, p. 42-48.

CAPÍTULO IX. CONTAMINACIÓN EN INTERIORES

“El buen contaminador por su casa empieza”. Gustavo Marcovich

La gente que no trabaja o vive al aire libre pasa alrededor del 90% del tiempo en interiores: en el hogar o en el trabajo. Los materiales de construcción, los muebles y diversos productos, así como las actividades domésticas, liberan sustancias que pueden afectar la calidad del aire. En oficinas, escuelas, hospitales y otros edificios también puede haber este tipo de problemas que afectan la salud y la calidad de vida de sus ocupantes. Algunos contaminantes pueden provocar enfermedades como alergias, asma y cáncer pulmonar. Los niños pequeños son especialmente vulnerables.

Todas las construcciones de la ciudad son también parte de ella y, por tanto, los contaminantes que se generan en sus interiores afectan a la atmósfera citadina y a sus habitantes.

Contaminación en interiores

Este fenómeno apareció con la primer pared, creció al aparecer otras tres paredes y se disparó al ponerles un techo. Ya en la prehistoria las cavernas del hombre contaban con hoyos para dejar salir el humo de las fogatas; luego se abrieron ventanas, para espiar a los vecinos y ventilar las casas, chimeneas y, más recientemente, extractores y purificadores de aire.

A partir de la década de los cuarenta la población comenzó a crecer notablemente y a desear un mejor nivel de vida. La industria de la construcción desarrolló nuevos materiales (madera terciada, paneles, aislantes de espuma y losetas) elaborados con adhesivos y soluciones que anteriormente no formaban parte de la atmósfera hogareña (como el formaldehído y los asbestos que son sospechosos de

provocar cáncer). En los muebles apareció el acolchado de espuma y los acabados apretados y resistentes para protegerlos. Al mismo tiempo aparecieron productos para hacer más fácil el trabajo doméstico y los hogares fueron invadidos por limpiadores, insecticidas y otros productos. Las modernas construcciones herméticamente cerradas y aisladas no permiten la entrada de aire fresco ni la salida de los contaminantes, aparte de que guardan la humedad que favorece el crecimiento de hongos y otros microorganismos. Así, los niveles de contaminantes en interiores pueden llegar a ser varias veces más elevados que al aire libre.

En la actualidad existen muchas cosas en los hogares que pueden contaminar el aire.⁶⁵¹ Los materiales de construcción, los muebles, los productos de limpieza y otras actividades pueden liberar gases y partículas. El gas radón puede escapar del suelo. Los procesos de combustión de cigarrillos, velas y combustibles para estufas y hornos emiten gases y partículas. La contaminación en interiores también se da en los automóviles ya que la mayoría cuenta con un sistema de ventilación que introduce aire al interior del coche donde el polvo y los contaminantes se depositan.⁶⁵² Las grandes avenidas y las vías rápidas son sitios sucios por donde se pasean grandes cantidades de partículas de tierra y polvo, emisiones industriales y automotrices, pavimento, abrasivos, abrasiones de llantas, cenizas de la combustión, productos químicos, materia vegetal, polen, esporas y bacterias que se mezclan en una potente nébula que resulta 100 veces más densa que en el aire alejado unos metros del camino.

En el hogar, entre los peores olores se encuentran los ácidos carboxílicos en la comida rancia, los tioles, las aminas y el humo del tabaco. El tetrahidrotiofeno, considerado como exquisitamente oloroso, es el aditivo odorante que se agrega al gas

⁶⁵¹ En el interior el aire está más contaminado en invierno que en verano por la calefacción y por la falta de ventilación.

⁶⁵² Bennett, Steven J., *Ecopreneuring*, p. 167.

natural para su detección en caso de fuga y puede ser detectado cuando las concentraciones alcanzan los 4 billones de moléculas por litro de aire.⁶³

Los contaminantes de interiores que representan los mayores riesgos para la salud son: radón, formaldehído y otros compuestos orgánicos volátiles, humo del tabaco, asbestos, subproductos de la combustión y contaminantes biológicos. La fuente de contaminación del aire más común proviene de pequeños y temidos corpúsculos como el polvo de ácaros, bacterias, polvo, caspa e inclusive cucarachas. Otros contaminantes son menos comunes pero presentan ciertos riesgos y son molestos. Tal es el caso de polvo, fibras, naftalina, amoniaco, productos de cloro, solventes, acetona, acroleína, xileno, emanaciones corpóreas y la basura.

Compuestos orgánicos volátiles y formaldehído

Los compuestos orgánicos volátiles están formados por carbón, hidrógeno, oxígeno y otros elementos. Se encuentran presentes en pegamentos, pinturas, solventes y otros productos de uso común. No todos son peligrosos, como es el caso de los que proporcionan el aroma a las flores, pero hay un montón con potenciales efectos sobre la salud, por lo que es prudente minimizar la exposición. Otras fuentes de compuestos orgánicos volátiles son el humo del tabaco, la ropa de la tintorería, las pinturas y los limpiadores, los pesticidas, los refrescadores de ambiente, las alfombras y los acabados, el polvo, los hongos, el moho e inclusive algunas aguas potables.

Uno de estos compuestos, el formaldehído, es un fuerte sospechoso de provocar cáncer en algunos individuos (ver Capítulo VII). Este aldehído es un componente común de los productos de madera como paneles, tablas de fibras, madera terciada, aislantes de espuma, pegamentos, telas y otros suministros de edificios. Puede irritar los

⁶³ Biddle, Wayne, *A Field Guide to the Invisible*, p. 142.

ojos y la nariz y provocar problemas respiratorios. El problema es mayor en los edificios que no cuentan con buena ventilación y los que usan espuma de urea y formaldehído como aislantes. Muchos materiales de construcción emiten cantidades apreciables de formaldehído gaseoso por más de cinco años después de su producción, en especial al subir la temperatura. En consecuencia, un significativo segmento de la población está expuesto a niveles de formaldehído suficientemente altos como para producir síntomas molestos. En habitaciones con varias personas fumando, el formaldehído puede alcanzar las 250 ppb; una bocanada típica de humo de cigarro contiene 40 mil ppb. A los niveles encontrados en sitios encerrados (100-25,000 ppb) provoca irritación del sistema respiratorio superior.⁶⁵⁴

Por otra parte, el ozono formado por copiadoras, faxes, impresoras y otros equipos electrónicos puede reaccionar con compuestos orgánicos volátiles provenientes de muebles, pinturas, ropa de la tintorería y aún con desodorantes y perfumes personales para crear un "smog de oficina". Estas corrientes de mezclas químicas pueden dañar delicados circuitos de las computadoras y provocar efectos adversos en la salud como dolor de cabeza, fatiga y problemas respiratorios.⁶⁵⁵

El humo del cigarrillo

"El tabaco seca el cerebro, disminuye la visión, y liquida la sangre". Advertencia de 1620.

Un tipo muy común de contaminación del aire viene del hábito de fumar. Cuando la gente quema el tabaco de cigarros, pipas y cigarrillos produce un humo característico que contiene cientos de compuestos químicos tóxicos y que se impregna en el hogar, la oficina, el automóvil, la ropa y el cabello.

⁶⁵⁴ *Ibidem*, p. 59.

⁶⁵⁵ *Ibidem*, p. 109.

Fumar durante varios años puede ocasionar múltiples enfermedades; tanto los que fuman poco, como los que lo hacen mucho, con el tiempo tiene problemas para respirar y se resfrían y se les inflama la garganta con mayor frecuencia que las personas que no fuman. También pueden desarrollar úlceras o enfermedades cardiacas. Las mujeres embarazadas pueden dar a luz niños prematuros o muy pequeños. Los fumadores pueden sufrir enfermedades permanentes como cáncer, asma o enfisema. Fumar es la principal causa de cáncer pulmonar, por el contenido de benzo[a]pirenos, nitrosaminas, arsénico y cadmio.⁶⁵⁶ Algunos fumadores también desarrollan cáncer en garganta, labios o lengua. El daño también es para la gente presente, lo que se conoce como contaminación pasiva o de fumador pasivo.

La nicotina, ingrediente activo de los cigarrillos, es una poderosa droga⁶⁵⁷ e insecticida⁶⁵⁸ que se halla naturalmente en las hojas de tabaco. La gente que fuma, masca tabaco, maneja hojas de tabaco o usa insecticidas con nicotina puede recibir altas dosis de este compuesto. También está presente en el humo que reciben los fumadores pasivos pero la cantidad que absorben es menor. Es un veneno que actúa de manera potente y rápida. Se absorbe fácilmente en el cuerpo después de inhalarla, olerla o por contacto con la piel. Pequeñas dosis pueden provocar náuseas, vómito, diarrea, dolor de cabeza, sudoración, salivación, desmayos y estimulación neurológica. Grandes dosis provocan convulsiones, arritmia cardíaca e inclusive la muerte en pocos minutos; aunque es difícil recibir cantidades letales de nicotina al fumar porque la gente que recibe una dosis masiva se enferma demasiado como para continuar la exposición. Sin embargo, es posible que los niños reciban dosis fatales como resultado de comer cigarrillos u otros productos que la contengan (chicles o parches). Los fumadores

⁶⁵⁶ Fumar puede ser responsable de alrededor del 90% de los casos de cáncer. (Cohen, Leonard A., *Diet and Cancer*, p. 42-48).

⁶⁵⁷ Está químicamente relacionada con drogas como la cafeína, cocaína, morfina y quinina.

⁶⁵⁸ Ya no se usa como insecticida, pese a que es muy potente, porque se han desarrollado productos superiores.

regulares desarrollan tolerancia a los efectos de la nicotina y los bebedores de alcohol tienden a eliminar más rápido la nicotina de sus cuerpos que los no bebedores. En la Tabla 9 se muestran diversas dosis de nicotina. El humo del tabaco también interactúa sinérgicamente con otros cancerígenos como radón, asbesto, arsénico y alcohol para incrementar el riesgo de cáncer inherente de cada material.⁶⁵⁹

Tabla 9. Dosis de nicotina.⁶⁶⁰

Cantidad promedio en cada cigarrillo	15-25 mg
Cantidad inhalada en un cigarrillo	menor a 3 mg
Dosis total por un cigarro pequeño	1-4.5 mg
Niveles promedio de nicotina en la sangre de los fumadores	menos de 0.003 mg/100 mL de sangre
Concentración fatal en la sangre	1 mg/100 mL de sangre

Aunque los cigarrillos emiten una cantidad relativamente pequeña de benceno, en comparación con las emisiones industriales, los fumadores respiran directamente una gran cantidad de este compuesto. Los no fumadores también están expuestos a mayores niveles de benceno por los cigarrillos y otras fuentes de interiores que por las fuentes industriales. El humo del cigarrillo también contiene al menos diez aldehídos diferentes, como acetaldehído, acroleína, crotonaldehído, cloroacetaldehído y furfural⁶⁶¹ y 1% en volumen de CO (10,000 ppm).⁶⁶²

Las nitrosaminas son otros contaminantes de interés que se forman al quemar tabaco (y en los interiores de los coches, donde la piel curada de las vestiduras las libera al aire). Estos compuestos son un grupo de moléculas orgánicas complejas formadas por la reacción química entre nitrítos y grupos de ciertas proteínas que contienen nitrógeno

⁶⁵⁹ Harte, John, et al., *Toxics A to Z*, p. 49.

⁶⁶⁰ *Ibidem*, p. 359.

⁶⁶¹ Bidle, W. *Op. Cit.*, p. 59.

⁶⁶² *Ibidem*, p. 33.

**TESIS CON
FALLA DE OFIGEN**

(aminas), reacción que se da frecuentemente en el estómago. Las nitrosaminas son estables y se descomponen lentamente cuando se exponen a la luz solar. Los fumadores están ocho veces más expuestos que los no fumadores. Fumar expone al cuerpo a la inhalación de diferentes nitrosaminas en cantidades que varían desde 1 hasta 310 ng/cigarrillo. Los dos efectos a la salud de importancia ocasionados por nitritos y nitrosaminas son la formación de metahemoglobinemia (que la sangre no transporta efectivamente el oxígeno), provocada por los nitritos, y el cáncer de estómago, de esófago y nasal causado.⁶⁶³ Por otra parte, en el humo del tabaco, aparte de las nitrosaminas y otros alquitranes que provocan cáncer, también está presente el cianuro que es convertido por las bacterias de la saliva en el ion tiocianato, el cual acelera la formación de nitrosaminas en el estómago cuando se traga.⁶⁶⁴

Subproductos de la combustión

Los combustibles usados en hornos, calentadores, parrillas, estufas, comales, chimeneas y similares pueden liberar contaminantes al aire. Estos combustibles incluyen queroseno, gas natural, madera y petróleo. La madera emite partículas muy finas mientras que los otros producen gases peligrosos como NO₂, SO₂, CO, formaldehído y compuestos orgánicos volátiles.

El monóxido de carbono es responsable de gran cantidad de casos de severo envenenamiento químico, principalmente por el uso inadecuado de calentadores domésticos, como anafres y estufas.

⁶⁶³ Harte, J., *Op. Cit.*, p. 363.

⁶⁶⁴ *Ibidem*, p. 361.

Contaminantes biológicos

Los agentes biológicos incluyen bacterias, virus, polen, polvo de ácaros y de otros insectos, residuos de animales (pequeñas escamas capilares, plumas y piel) y tierra vegetal. Pueden viajar por el aire y suelen ser invisibles. Generalmente son inhalados, ya sea de manera individual o pegados a partículas de polvo, y penetran al sistema respiratorio. La mayoría de estos contaminantes se encuentran en interiores pero algunos tienen su origen en el exterior. Se encuentran en todos los hogares y resulta imposible deshacerse de ellos por completo. Son inevitables pero controlables.

Dos condiciones son esenciales para mantener el crecimiento biológico: nutrientes y humedad. Bacterias, hongos y tierra vegetal se alimentan y florecen en sistemas con mal mantenimiento como ductos de ventilación, aire acondicionado, humidificadores y deshumidificadores y filtros de aire⁶⁶⁵; así como en alfombras y en sitios mal ventilados donde la humedad se acumula, como baños, cocinas, cuartos de lavado y sótanos. Los virus pueden ser transportados por la gente mientras que plantas, mascotas e insectos son fuentes potenciales de polen, caspa y otros alérgicos. El polvo de ácaros y otros insectos puede prosperar en sillones, sillas con tela, alfombras y colchas.

Algunos agentes biológicos pueden provocar enfermedades infecciosas o no infecciosas. Pueden producir estornudos, reacciones alérgicas, picazón, lagrimeo, carraspera, tos, vahídos, aletargamiento y problemas respiratorios y digestivos. Los asmáticos son especialmente susceptibles a estos alérgicos.

Para que una persona desarrolle alergia, además de tener una predisposición genética, requiere estar constantemente y durante un tiempo prolongado en contacto con las sustancias alérgicas que flotan en el ambiente y que no se identifican a simple

⁶⁶⁵ Dichos sistemas también pueden acarrear contaminantes biológicos de afuera y circularlos hacia el interior.

vista. El polvo doméstico, que se compone de los restos de la vida humana doméstica (migajas de comida, fibras, escamas de piel, arena, materia vegetal como polen y esporas, microbios, garrapatas, hongos y desechos de insectos y animales domésticos), contiene alergénicos. Suficiente polvo hace estornudar a cualquiera e incluso, a veces, puede ser directamente tóxico y se asocia con enfermedades como asma, dermatitis y rinitis en personas hipersensibles. Otra fuente biológica común en el polvo doméstico incluye los restos y desechos de arañas, grillos, moscas, escarabajos, pulgas, potillas, cucarachas, gatos, perros, conejos, cerdos, ratas y ratones.⁶⁶⁶

El polvo que se acumula en colchones, cortinas, alfombras y muñecos de peluche provoca alergias porque contiene ácaros, pequeños animales que son causantes directos de la infección. Para sobrevivir los ácaros necesitan calor, humedad y que no haya cambios bruscos de temperatura. Se alimentan de las células de la piel humana que todos los días desechamos, keratinocitos, y que son sustituidas por nuevas. Estos insectos microscópicos son inofensivos para las personas no alérgicas.⁶⁶⁷

El polvo de garrapata de la familia *Pyroglyphidae*, especialmente del género *Dermatophagoides*, que prospera en las alfombras, muebles y colchones justo a la temperatura ambiente, es el principal culpable de las alergias en la mayor parte del mundo. Tales organismos gustan de humedades relativas sobre 45% y en altas alturas o climas secos no viven tan felices. La mayoría de las garrapatas en el polvo están muertas y es su diminuto excremento el que contiene los alérgenos.⁶⁶⁸

⁶⁶⁶ Biddle, W. *Op. Cit.*, p. 46-7.

⁶⁶⁷ La Jornada, *Investigación y Desarrollo*, Enero del 2000, pág. 10.

⁶⁶⁸ Biddle, *Op. Cit.*, p. 46.

Fibras minerales

Los materiales fabricados con fibras minerales (como la fibra de vidrio) generalmente se utilizan como aislantes térmicos en construcciones de las cuales pueden escapar algunas fibras que entran en contacto con la piel o son inhaladas y representar un riesgo tóxico. El asbesto es el tipo de fibra mineral más peligroso. Las fibras minerales son de color gris a amarillento y se componen principalmente de óxido de silicio (SiO_2) que es el componente principal del vidrio y de las rocas. Pueden variar en su longitud desde unos milímetros hasta varios centímetros y su espesor va desde el de un cabello humano hasta una centésima de ese grosor.⁶⁶⁹

Al aire libre, la concentración es de tres fibras por metro cúbico de aire. Pero, en una habitación con aislamiento térmico de este material, puede alcanzar una concentración diez veces mayor. Al entrar en contacto con la piel, pueden provocar una leve irritación y picazón, así como irritación de ojos. La fibra de vidrio no representa un problema para el sistema respiratorio pero la fibra de roca si puede ocasionar enfermedades respiratorias y, posiblemente, cáncer pulmonar tras exposiciones grandes.

Naftaleno

El naftaleno (C_{10}H_8), mejor conocido como “bolas de naftalina”, posee un olor mohoso familiar para la mayoría de las personas. Se usa en el hogar para preservar la ropa de las polillas y en limpiadores de alfombras, líquidos correctores de máquinas de escribir, adhesivos y desodorantes de baños. Es un sólido cristalino blanco a temperatura ambiente, aunque a veces es café, que resulta particularmente tóxico para los niños cuando se lo comen. Huele si se lo deja al sol y se evapora fácilmente en una habitación caliente. El naftaleno usado en el hogar como bolas y como desodorante en el baño es un veneno casero común.

⁶⁶⁹ Harte, *Op. cit.*, p. 350.

La inhalación es la ruta más común de exposición en la casa. Resulta más tóxico, sin embargo, cuando accidentalmente se ingiere o después de un contacto prolongado con la piel. Es irritante para los ojos cuando se encuentra en el aire. La inhalación prolongada o la ingestión producen náuseas, vómito y desorientación; puede alterar la función renal y provocar la formación de cataratas. Sobre la piel puede causar reacciones alérgicas caracterizadas por dermatitis.

Amoniaco

La concentración ordinaria de amoniaco (NH_3) en el medio ambiente no es peligrosa.⁶⁷⁰ Sin embargo, el mayor peligro se da en el hogar, donde es de gran uso como limpiador en solución (5 a 10% de amoniaco disuelto en agua). Las exposiciones caseras al amoniaco son peligrosas en tres situaciones: 1) al limpiar sin la ventilación adecuada; 2) por contacto accidental con los ojos o la piel o por tragarlo; y 3) al mezclar amoniaco con hidróxido de sodio o blanqueador (hipoclorito de sodio) para formar soluciones limpiadoras, lo cual produce cloroaminas, gases más peligrosos que el amoniaco puro o que los vapores del blanqueador. Una mala ventilación permite que los vapores del amoniaco, ordinariamente inofensivos, alcancen niveles que pueden provocar síntomas de intoxicación. Al limpiar en sitios encerrados y pequeños, que requieran que se agache la cabeza, la exposición es mayor. Al mezclar lejía o hidróxido de sodio con un limpiador de amoniaco se liberan cantidades tóxicas de gas amoniacal. Las cloroaminas gaseosas son peligrosas porque no son bien absorbidas por las membranas mucosas protectoras del tracto respiratorio superior y son inhaladas profundamente hasta los pulmones donde se vuelven a convertir en amoniaco y en ácido hipocloroso, que pueden reaccionar con las células desprotegidas de los alvéolos.

⁶⁷⁰ En áreas de alta densidad poblacional el amoniaco puede tener un efecto regional sobre los cuerpos de agua cercanos.

El amoniaco es un irritante que afecta la piel, los ojos y las vías respiratorias. Los síntomas incluyen una sensación de quemadura (en los ojos, piel, nariz y garganta), dolor de cabeza y de pulmones, náusea, lloriqueo, tos e incremento de la respiración. También puede generar edema pulmonar (líquido en los pulmones) y neumonía. La inhalación de vapores concentrados o de cloraminas provoca irritación de los tejidos profundos de los pulmones. El amoniaco gaseoso se disuelve rápidamente en las superficies húmedas del cuerpo provocando quemaduras alcalinas.⁶⁷¹

Los fabricantes de cigarrillos utilizan amoniaco para reforzar los efectos biológicos de la nicotina. En el tabaco natural la nicotina se aloja en las moléculas de sales no volátiles. El amoniaco libera nicotina pura que se evapora más fácilmente y se disuelve mejor en las grasas. Cuando los fumadores inhalan, la adictiva droga se absorbe más rápidamente por el tejido pulmonar. El tabaco de los cigarrillos generalmente contiene 3% de amoniaco, el cual ayuda a evaporar casi un cuarto de la nicotina en cada fumada inhalada, o sea casi 100 veces más que sin amoniaco.⁶⁷²

Cloro

El cloro (Cl₂) es un gas tóxico famoso por los accidentes de las pipas que lo transportan y lo derraman. Actualmente, el cloro y los compuestos que lo contienen están en todas partes: en productos domésticos como blanqueadores, limpiadores y sal de mesa (cloruro de sodio); en plásticos (cloruro de polivinilo), en propelentes de aerosoles (clorofluorocarbonos) y en pesticidas. Las exposiciones tóxicas comunes tienden a provenir de derrames accidentales y del uso inapropiado de los productos domésticos.

El cloro es un elemento químico natural que, a temperatura ambiente, es un gas amarillo verdoso con un olor picante. Es más pesado que el aire y es muy reactivo, por lo cual se combina rápidamente con la mayoría de los elementos para formar

⁶⁷¹ Harte, J., *Op. Cit.*, p. 215.

⁶⁷² Biddle, *Op. cit.*, p. 13.

compuestos.⁶⁷³ Es un fuerte irritante de las membranas mucosas de los ojos, nariz, garganta, vías respiratorias y pulmones. Si la concentración es lo suficientemente alta puede causar la muerte.

El cloruro de hidrógeno (HCl) es un gas incoloro con olor picante. Dejando a un lado los accidentes, no hay riesgo para la salud de la población en general por la exposición al cloro, al cloruro de hidrogeno o al ácido clorhídrico.

El “blanqueador doméstico” contiene cloro en forma de una solución débil de hipoclorito de sodio (ClNaO), que en sí puede ser peligroso, pero el problema más serio se da cuando se mezcla con otros productos para mejorar su poder limpiador. Con ácido, por ejemplo, produce cloro gaseoso. Algunos limpiadores de baños y removedores de herrumbre contienen suficiente ácido como para liberar grandes cantidades de cloro gaseoso al mezclarse. El hipoclorito de los blanqueadores es una sustancia corrosiva, capaz de dañar la piel, los ojos y otras membranas.

Cloroformo

Posiblemente la principal fuente de cloroformo (CHCl₃) en el aire, para una persona normal, es el baño. El cloroformo se evapora rápidamente del agua caliente clorada, y las concentraciones en el aire encerrado del baño pueden llegar a ser bastante altas. Aunque las concentraciones típicas dentro de las casas son similares a las encontradas en el aire urbano, la gente que toma un baño puede estar expuesta a concentraciones de 10 a 100 veces mayores. El aire interior también puede contaminarse con cloroformo como resultado del uso de productos de limpieza y de lavandería que contienen cloro como blanqueador.

⁶⁷³ Es muy raro encontrarlo en forma pura en la naturaleza. Las erupciones volcánicas son las únicas fuentes naturales de cloro y las cantidades emitidas son pequeñas.

Solventes

Entre los solventes de uso doméstico se encuentran los removedores de pintura (contienen metileno que el cuerpo metaboliza en CO, por lo que deben aplicarse con mucha ventilación⁶⁷⁴) y el tetracloroetileno (contaminante común de interiores porque es llevado a la casa por los limpiadores usados en la ropa) que puede ser comprado como quitamanchas, limpiador de tapetes y tapizados y para quitar pintura.

Acetona

La acetona (CH_3COCH_3) es un líquido claro con un dulce olor picante que algunos describen como fragante y a menta. Es un solvente que se evapora y prende fuego fácilmente. Resulta familiar para la mayoría de las personas por su uso como quitaesmalte de uñas. Es un compuesto muy usado en el hogar y en la industria (en la producción de cloroformo, plásticos, pesticidas, adhesivos y drogas). También es producida naturalmente por el cuerpo como producto de su metabolismo. La gente entra en contacto con la acetona al usar solventes, incluyendo ciertas pinturas y esmaltes.

La exposición crónica a una baja concentración no se considera peligrosa, pero altas concentraciones pueden irritar los ojos y las membranas mucosas. La inhalación de concentraciones muy altas (que no se presentan fácilmente en un medio normal) puede deprimir el sistema nervioso central provocando vahidos, debilidad y pérdida de conciencia. El uso generalizado la hace fuente común de envenenamiento en niños. La acetona puede causar resequedad en la piel y llegar a dañarla ligeramente. Algunas personas pueden ser alérgicas a este compuesto y cuando se la aplican les produce dermatitis.

⁶⁷⁴ Biddle, *Op. cit.*, p. 32.

Acroleína

La acroleína (aldehído acrílico, $\text{CH}_2=\text{CHCN}$) es un líquido incoloro a temperatura ambiente pero es volátil, por lo que la exposición se da por inhalación. Tiene un fuerte olor ácido y sofocante, como a suciedad. Su repugnante olor resulta útil para una de sus principales aplicaciones: odorante para el gas cloruro de metilo que se usa en refrigeradores industriales, porque dicho gas no puede ser olido a concentraciones peligrosas.

Aunque se usa principalmente en sitios industriales, pequeñas cantidades de acroleína pueden encontrarse en el hogar ya que se libera al cocinar y es un componente del humo del cigarro. Irrita intensamente los ojos, la piel y el tracto respiratorio superior. La exposición a altas concentraciones en el aire provoca constricción de los tubos bronquiales y edema pulmonar. Aunque puede causar la muerte, aún a concentraciones relativamente bajas en el aire, su horrible olor y sus propiedades irritantes tienden a proteger a la gente de exposiciones fatales.⁶⁷³

Xileno

Para la persona promedio, la exposición más alta y potencialmente peligrosa al xileno se da cuando se usan pinturas basadas en aceite en espacios cerrados.

Emanaciones corpóreas

Si bien los olores corporales no son considerados contaminantes atmosféricos sí pueden llegar a ser terribles en sitios cerrados como el transporte, los hogares y los sitios laborales o de estudio.

⁶⁷³ Peligro inmediato para la vida y la salud: 5 ppm en el aire. (Harte, J., *Op. Cit.*, p. 200).

Basura

Aparte del cotidiano y odiado cúmulo de basura que se genera domésticamente, las casas suelen albergar una serie de productos que las convierten en potenciales laboratorios químicos con los subsecuentes peligros en su uso, manejo y disposición. Los productos más frecuentemente encontrados, que al pasar a mejor vida se convierten en residuos peligrosos, incluyen limpiadores domésticos (productos con amoníaco, desodorantes, destapacaños, detergentes), productos automotores (aceite, anticongelantes, cremas para encerar), para el mantenimiento del hogar (pinturas, solventes, pegamentos), artículos de jardín (fertilizantes, insecticidas), pilas y baterías (desechables y recargables), medicamentos, cosméticos y material fotográfico.

Se estima que 4500 toneladas anuales de envases y productos, que se convierten en residuos peligrosos, se generan en los hogares del Distrito Federal.⁶⁷⁶

Recomendaciones

Es bastante difícil controlar y reducir el smog urbano, la congestión vehicular, las emisiones industriales y los promotores de la contaminación atmosférica, pero es posible hacer algo para reducir los niveles de contaminantes en el hogar. La mayoría de las medidas a tomar son sencillas pero necesarias si se quiere una mejor calidad de vida.

Lo elemental es el aire fresco. La mejor manera de reducir la contaminación en interiores es aumentando la ventilación natural, aunque se corre el riesgo de que entren los contaminantes externos, por lo que las ventanas deben abrirse cuando los niveles de contaminación no sean muy elevados. Permitir la entrada de aire de la calle reduce los niveles internos de compuestos orgánicos volátiles. Al usar pinturas, barnices, pegamentos, artículos de limpieza y otros productos (como los que liberan compuestos

⁶⁷⁶ Reforma, 25 de agosto de 2002, p. 7B.

orgánicos volátiles) es recomendable abrir las ventanas y prender los extractores de baños y cocina. Mejor aún, se deben usar productos basados en agua cuando sea posible. Las plantas ayudan, tanto en la decoración como en la depuración del ambiente, ya que filtran algunos contaminantes.

Leer la composición de los productos, seguir las instrucciones y elegir los menos nocivos es de gran ayuda. Algunos muebles, como sillones o sillas, están rellenos con algodón o plumas que no liberan compuestos orgánicos. Para reducir los niveles de exposición al formaldehído se pueden aplicar barreras superficiales (como pinturas, lacas y barnices) a los paneles y tableros. También se debe elegir productos que emitan menos formaldehído y como mantener una adecuada ventilación y la humedad relativamente baja en los hogares en los que se han usado materiales cargados de formaldehído (como en las casas nuevas).

El tema del cigarro (cigarrillos, pipas y puros) es bastante difícil porque hiere susceptibilidades, pero una buena medida es evitar fumar dentro de la casa o en lugares cerrados.

Al cocinar en una estufa de gas es prudente encender el extractor de aire y asegurarse de que funcione apropiadamente. Es preferible, cuando se pueda, utilizar una olla de presión porque cocina más rápido.

Una saludable dosis de sentido común es la mejor manera para controlar la difusión y multiplicación de los agentes biológicos. La limpieza regular y a fondo los mantiene a raya. No se los puede eliminar por completo, pero se puede inhibir su crecimiento. Se debe eliminar la tierra vegetal, el polvo y los insectos que producen ataques de asma y mantener alejada a la mascota de los muebles así como limpiar su cama y su baño. Las alfombras deben aspirarse y limpiarse con frecuencia porque los contaminantes se asientan sobre ellas. Muchos detergentes y productos para limpiar

alfombras son tóxicos o irritantes, en especial para aquellos que sufren de asma y alergias, y si no se lavan bien con agua, quedan residuos de estos compuestos químicos. Ocasionalmente es recomendable que sean lavadas por un profesional y, de preferencia, cambiarlas por pisos de madera, baldosas o vinilo.

La humedad puede invadir el hogar de muchas maneras, como cuarteaduras y filtraciones e incluso a través de algunos aparatos. Cualquier material poroso, como láminas de mármol, alfombras o muebles tapizados, que haya sido dañado por el agua, debe reemplazarse y el agua debe desalojarse del interior y secar perfectamente antes de parchar y pintar para evitar el crecimiento de material biológico en la zona afectada. Los conductos de aire acondicionado y los humidificadores de ambiente deben recibir mantenimiento.

Al utilizar sustancias químicas en el hogar, como amoníaco o acetona, se debe contar con una ventilación adecuada y evitar la inhalación prolongada de sus vapores. Se debe tener precaución al mezclar dos productos de limpieza para evitar la formación de otros compuestos más peligrosos. Tal es el caso del amoníaco que nunca debe mezclarse con lejía, sosa o blanqueador y menos directamente con productos clorados evitar la formación de los peligrosos gases de cloraminas, ni tampoco aquellas que contengan cloro con otras sustancias, como amoníaco o vinagre. Los baños se pueden lavar bien y ventilarlos para controlar los olores en vez de ocultarlos con aromatizantes tóxicos.

Para combatir los efectos de los contaminantes se debe aumentar el consumo de frutas y vegetales ricos en vitamina C y dejar de fumar que es la mejor manera de reducir la exposición a muchos contaminantes (entre ellos los peligrosos benzo[a]pirenos) así como evitar respirar el humo de los que fuman.

El aire exterior ya es lo suficientemente malo como para empeorar el problema con la contaminación al interior. Hay que evitar lo evitable.

CAPÍTULO X. CONCLUSIONES

“Estoy cansado de oír que el hombre está en vías de extinción, junto con la mayoría de las otras formas de vida. Mi punto de vista sobre el hombre sugiere que algo peor que la extinción nos aguarda. La crisis ecológica todavía no amenaza con destruir al hombre como especie, pero sí la calidad de la vida humana: los atributos que hacen diferente la vida humana de la vida animal.” Rene Dubos

El tercer milenio probablemente podrá ser el de la consolidación del hombre como dueño absoluto del planeta y sus alrededores o, de seguir actuando como lo ha hecho hasta ahora, una especie en vías de extinción después de haber destruido gran parte del entorno y de la biodiversidad. En la interrelación de la humanidad con el medio parece que no hay término medio y, en todo caso, como escribió Engels en 1845, “el término medio está más cerca de lo peor que de lo más favorable”. Mientras la humanidad decide su rumbo, los habitantes de las ciudades y en particular los de la Ciudad de México se enfrentan a la disyuntiva de seguir padeciendo un nivel de vida que dista mucho del óptimo o enfrentar los problemas en que se ha metido y luchar por un sitio digno para vivir. La ciudad existe y los que quieren o deban vivirla no tienen porqué morir en el intento. La química presenta un papel preponderante en la construcción de un mundo mejor pero, como señaló Hebert Marcuse, “la lucha por ampliar el mundo de la belleza, de la no-violencia, de la tranquilidad es una lucha política. La insistencia en estos valores, en restaurar la Tierra como medio ambiente humano, es no sólo una idea romántica, estética, poética que concierne únicamente a los privilegiados: es hoy una cuestión de supervivencia”.

Antaño el bienestar individual generaba el bienestar general. Ahora lo general es el malestar. La ciencia y la tecnología, a la par de los grandes satisfactores que han generado, nos conducen por un derrotero que parece no tener final y, para cada gran

descubrimiento o invento que puede resultar de provecho, la maquiavélica imaginación de alguien encuentra un fin destructivo. El sistema capitalista en el cual estamos inmersos no sólo no está interesado en mejorar la calidad de vida humana, sino que por lo general le presenta una férrea oposición. La producción de bienes y servicios no se rige por la necesidad de la sociedad y sí por la acumulación de capital.

Ante el proceso actual de urbanización global, la responsabilidad del hombre consiste en hacer que cada forma urbana sea parte de un sistema ambiental que funcione integralmente y posea el equilibrio y la armonía totales que un sistema semejante requiere. Pero, para lograr esto, es indispensable el trabajo de una comunidad ética y estéticamente preparada para definir el nivel de vida que desea así como para identificar las fuentes que se oponen y cómo ganarles la batalla.

La ciudad

“Utilizar la ciudad para su fin más elevado: la civilización de la humanidad” D.W. Brogan

La mejor definición de “una buena ciudad” es que debe ser un buen lugar para vivir. El objetivo primordial, la defensa de la especie contra el medio, se ha cumplido; sin embargo, el enemigo más feroz habita en las grandes ciudades: el hombre. La ciudad debe reinventarse para cumplir con su finalidad primigenia: estar al servicio del hombre y de su instinto de comunidad. El derecho a la ciudad es el derecho a la vida urbana y a las ventajas que debe presentar sobre la vida rural. Para esto es necesario remodelarla continuamente, ordenarla para que pueda desempeñar su papel. Es una perpetua reconstrucción.

Filippo Buonarroti predice que a futuro “No más capitales, no más grandes ciudades; poco a poco el país se cubrirá de pueblos, construidos en los lugares más

sanos y más cómodos, y dispuestos de forma fácil, para comunicarse entre sí por medio de carreteras y de numerosos canales, que en interés general se abrirán en todas las direcciones". Resulta bastante difícil imaginar a la humanidad borrando de golpe las grandes obras que le han costado años de trabajo edificar" y menos pensar que algún día todos los ciudadanos abandonarían sus hogares para iniciar la construcción de pequeños poblados que a la larga, historia cíclica, devendrán en ciudades y así sucesivamente. Pero, para retomar la escala humana, una posibilidad factible es recuperar el concepto de barrio.

Para Boix Gene, "el barrio, con su fisonomía propia de unidad vecinal, es el camino hacia ese completo espíritu comunal que necesita la ciudad. Los sociólogos y urbanistas opinan que el barrio ha de poseer una población de 5 a 8 mil habitantes, con un centro cívico compuesto por su iglesia, escuela, biblioteca, mercado, clínica, cine, bares, oficinas, parques, etc., todo esto en un radio aproximado de 700 metros para que los habitantes que vivan en los extremos del barrio empleen de 10 a 15 minutos para trasladarse a pie hasta él." Para los ciudadanos el barrio es una realidad más precisa y más viva que la ciudad, es lo más cercano a sus hogares y es el entorno que debe cuidar porque debe ser el sitio donde pasa más tiempo. Los barrios pueden ser administrados por sus moradores y son ellos los que deben tener la responsabilidad de cuidar su medio ambiente y sus funciones tradicionales.

El barrio debe ser un medio apto para niños, ancianos e impedidos. La calle debe ser recuperada por los habitantes y transformada en un lugar agradable para que cumpla con su función social. Los ciudadanos deben redescubrir el placer de caminar y de sentarse, de ver, oír y oler, de jugar. Se debe crear un medio para vivir en el que nos sintamos "en casa", que estimule el contacto social y se vea libre de peligros y

⁶⁷⁷ Esto, claro, sin tomar en cuenta los efectos de las guerras por venir.

molestias. Para llegar a ser un instrumento de libertad y de progreso la ciudad tiene que ser regida por un espíritu comunal. Debe ser una verdadera comuna porque sólo el espíritu comunitario podrá luchar con los problemas que nos desbordan.

La Ciudad de México se funda todos los días y no deja tiempo para la nostalgia: cambia y se perpetua o tiende a desaparecer y ya nunca es la misma. De la ciudad de Tenochtitlán, que según Díaz del Castillo “sobrepasaba en belleza y en riqueza a Constantinopla, las ciudades de Italia y de Roma”, no queda casi nada. De la ciudad que debe ser todavía no hay atisbos.

La ubicación de esta ciudad ya no es la óptima con relación a su función original y a las condiciones de la época de su fundación. Pese a ello, se ha extendido por los alrededores para cumplir con sus cometidos contemporáneos. De todo esto, claro está, no tienen nada de culpa sus fundadores. El plano original de la ciudad fue materialmente borrado por los conquistadores españoles y luego se fue adecuando a las diversas funciones y al bosquejo proporcionado por la naturaleza.

En la actualidad, el área metropolitana de la ciudad sigue experimentando un crecimiento acelerado (en extensión, como el desarrollo de Santa Fé hacia Toluca, o en altura, como el distribuidor de San Antonio o el proyecto del segundo piso en el Periférico), y el único límite al que la viabilidad urbana se puede enfrentar en el futuro es el abastecimiento insuficiente de agua.

Los grandes problemas que padece esta capital están indefectiblemente ligados a la cuestión económica. El desarrollo del país bajo un modelo netamente capitalista ha hecho que la historia de la ciudad esté marcada por la persistente explotación del campo y su relación antagónica con la ciudad. Así, la organización del espacio urbano y rural está bajo los influjos de las relaciones de dominación-dependencia. Más allá de todo esto, el Distrito Federal es anterior al capitalismo industrial: era una ciudad política

(administrativa y militar) ligada al capital comercial. Se puede decir que no tiene ningún plan preciso, avanza o se hunde al azar, es, básicamente, una aglomeración de todo, un closet atascado y desordenado, la personificación de la entropía.

En esta ciudad se multiplican e interconectan todos los problemas de transporte, comunicación, educación, vivienda, salubridad, saneamiento, diversión, seguridad, etc. Pero no es una ciudad aislada del resto del país, por el contrario, sus problemas derivan esencialmente de los del todo nacional. Por lo tanto, su destino también depende de que mejoren las condiciones de vida en el campo y en la provincia. Pero, sobre todo, debe existir una planificación que satisfaga a los intereses de los que viven en esta ciudad. El proceso de urbanización no puede repetir los pasos que siguieron otros países ni puede creerse que nuestro desarrollo económico vaya a repetir las mismas etapas y alcanzar las mismas metas y niveles que las naciones económicamente desarrolladas. México y su ciudad capital, el Distrito Federal, deben tener un plan propio acorde a sus gustos y necesidades. Lo dijo Le Corbusier, "el plan es el generador. Sin un plan se carece de orden e intención. El plan lleva en sí mismo la esencia de la sensación. Los grandes problemas del mañana, determinados por las necesidades colectivas, plantean las incógnitas del "plan" en una nueva forma. La vida moderna exige —e inclusive está esperando— un nuevo tipo de plan, tanto para la casa como para la ciudad."⁶⁷⁸ La planificación del desarrollo económico y social, aunado a un esquema que proponga los niveles de calidad de vida que se desean, es la vía para combatir la contaminación. Es hora de dejar de copiar el concepto de otras ciudades y consultar los deseos de los ciudadanos sin autoritarismo. Citando a Otl Aicher, "sólo la planificación que no se imponga puede ser eficaz. Sólo la despolitización dentro del espíritu de la libre investigación científica puede realzar su verosimilitud. Pero una ciencia que se respete a

⁶⁷⁸ Aunque Le Corbusier no tuvo un gran éxito como planificador urbano.

sí misma no puede aceptar la responsabilidad sobre nada que vaya más allá de la simple previsión. Programa y objetivos son privilegios de la Política. La política no puede ser relevada de la responsabilidad de definir los objetivos generales y de plantear las imágenes directoras del desarrollo social...”.

Para estructurar un plan se deben tener en cuenta las más profundas necesidades psicológicas de la sociedad: los sentimientos humanos, el clima, los problemas relativos a la ingeniería, los problemas sociales, la ecología, el transporte, la economía, todo debe estar integrado. El medio ambiente debe ser construido por aquellos que lo ocupan. Es tiempo de establecer una formulación coherente, criticable y empíricamente fundada, acerca de la clase de porvenir que deseamos para el modo de vida urbano.

O se crea una ciudad totalmente nueva o se considera a la ciudad como un proceso orgánico que fluye y cambia continuamente, un proceso que nunca puede llegar a un fin, a un destino ideal. Según palabras de Peter Smithson, “el planeamiento es un problema de continuar, y no de partir de una página en blanco. Aceptamos como un hecho establecido que en cada generación sólo podemos realizar una cantidad determinada de trabajo; por ello debemos concentrarnos en los puntos donde nuestra acción produzca el efecto más significativo sobre la estructura total de la ciudad, en vez de pretender encarar su completa reorganización ideal, que no es mas que una expresión de deseos.” No se puede tener una dirección si no se tiene una meta. Para Lefebvre, “antes de reconstruir la ciudad se debe primero comprender que la ciudad es un empleo de tiempo y que este tiempo es de los hombres, de los habitantes, sin humanismos filantrópicos, sin frases humanitarias, sin humanismo a la antigua usanza, y que hay que organizar de forma humana este tiempo de estos hombres que son los habitantes”.

No se puede pretender un buen urbanismo sin la colaboración de todos. La democracia no nos absuelve de la responsabilidad de decidir cuáles deben ser nuestro

objetivos y valores, y de actuar en consecuencia. “No decidir es decidir” dijo Harvey Cox. El derecho a determinar el modelado de nuestro entorno por medios democráticos es la verdadera libertad en juego. Si el sentido común no rige nuestro entorno, entonces la insensatez lo regirá. En realidad ya lo rige. Si no edificamos nuestras ciudades en bien del público, la explotación privada las seguirá arruinando. El sentido de pertenencia a la Ciudad de México, “nuestra ciudad mía” decía Salvador Novo, debe traducirse en una toma de conciencia de su población; pasar de simples habitantes a ciudadanos.”⁶⁷⁹ “Los actos míos son más míos si son de todos” decía Octavio Paz. Los ciudadanos deben tomar conciencia de que la ciudad es su ciudad y un mejor ambiente disminuye el crimen y la violencia.

La contaminación

“Donde no hay visión, las personas perecen.” Proverbios 29:18

La lucha contra la contaminación no es nada altruista, por el contrario es la actitud más egoísta que se puede tomar, es un acto de supervivencia pura. Hasta ahora ha sido básicamente relegada a la acción de los científicos y soportada de manera condescendiente por las autoridades. Los técnicos poco pueden hacer porque, como señala Emilio Pradilla “...ya que todo técnico, en cuanto técnico, está al servicio de las relaciones de producción dominantes en la sociedad en cuyo seno desarrolla su práctica particular al margen de la voluntad individual”. La población en general tiene otras preocupaciones, como comer, y sólo una pequeña porción, la clase media alta, tiene el tiempo y los recursos para estudiar, discutir y emprender acciones por la salud del medio, la libertad y la calidad de vida.

⁶⁷⁹ Para Aristóteles, “una ciudad es un cierto número de ciudadanos. debemos considerar a quién hay que llamar ciudadano, y quién es el ciudadano. Llamamos, pues, ciudadano de una ciudad al que tiene la facultad de intervenir en las funciones deliberativas y judiciales de la misma; y ciudad en general, a un número tal de estos ciudadanos que baste para la suficiencia de la vida”.

Para Hilberseimer, el llegar a vivir una vida armoniosa no es simplemente un problema de economía. Es básicamente una cuestión ética. El futuro parece a menudo depender totalmente de soluciones técnicas y económicas. Pero los problemas que tenemos que resolver son esencialmente éticos. Las técnicas y las economías siempre cambian, y los problemas sociales que el hombre tiene que resolver cambian con ellas. Pero los problemas éticos permanecen iguales siempre. Como apuntó Platón, la autorreforma del individuo debe ser el punto de partida para un nuevo orden que todo lo abarque, donde ni la tecnología ni la economía importen, sino el aspecto humano de nuestra sociedad.

Se han expedido infinidad de normas y leyes para combatir la contaminación en el marco de una política que pretende paliar los efectos y no atacar las causas, las fuentes (transporte, industria e insensatez). La contaminación se origina en el sistema de producción capitalista y en la sociedad consumista en el que estamos inmersos. La responsabilidad de las acciones recae directamente sobre el conjunto de la sociedad pero los beneficios sólo sobre unos pocos.

Conocer los orígenes y las causas de la contaminación puede ayudar a los habitantes de la Ciudad de México a aprender cómo tener un ambiente más saludable. Las personas con frecuencia señalan a las fábricas como la única fuente de contaminación del aire. Pero también tienen la responsabilidad de evitar emitir partículas dañinas contaminen el aire. No tenemos control sobre los accidentes pero lo deberíamos tener sobre la vida cotidiana, sobre los peligros evitables. Ser dueños de nuestras acciones sin importar las reacciones. El derecho a contaminar nuestro cuerpo pero no el de los demás.

La contaminación puede ocasionar la muerte en casos extremos pero, entre tanto, afecta principalmente la calidad de vida. Todavía estamos a tiempo de detener nuestra

loca carrera y ponernos a pensar que es lo que realmente necesitamos y qué es lo que deseamos. Como dijo Bill McKibben "tenemos la responsabilidad de sacar al mundo del estupor de que el tener más es mejor, de que el crecimiento es un Dios, de que el hipercrecimiento es lo que necesitamos". En este punto de la historia de la humanidad no vivimos el hábitat y apenas lo habitamos. No tenemos un concepto claro de cómo queremos vivir, de cómo queremos que se desarrollen físicamente nuestras casas y nuestros barrios y ciudades, de dónde y cómo viviremos y trabajaremos, y de cómo esas superficies habrán de relacionarse entre sí y con la naturaleza. Como escribió Mumford "Actuamos más o menos como el hombre que, enloquecido de pasión deja en la ruina su hogar a fin de prodigarle cuanto tiene a un amante caprichoso"

La contaminación que padece esta gran ciudad requiere de grandes discusiones antes de emprender cualquier acción que afecte a sus 20 millones de habitantes. La democracia ya no es vehículo de grandes discusiones: "para que discutir si lo podemos arreglar a votos", parece la lógica actual sin tomar en cuenta que aunque 20 millones de personas digan una estupidez, seguirá siendo una estupidez y, cuando se pretende elevar el nivel de la discusión sólo se logra hasta un "segundo piso". ¿Cómo discutir el vivir mejor si todavía no dilucidamos si es mejor vivir?

Pasamos gran parte de nuestra vida en la ciudad quejándonos. Unos cuantos toman la alternativa y la abandonan hacia ciudades más pequeñas u otros sitios. La mayoría, sin embargo, resignados a vivir por siempre en ella, por cuestiones básicamente económicas, se limitan a culpar a las autoridades del caos en que vivimos y poco hacen por modificar su entorno para vivir mejor. Parecemos convidados de piedra en esta fiesta sin entender que la ciudad no es un ente autónomo que crece y se desarrolla a su antojo. Si bien la forma y el estado de la ciudad es un despiadado indicador del estado de la civilización, esta forma está determinada por las múltiples

decisiones tomadas por sus habitantes y un conocimiento más profundo de tales decisiones puede darnos el discernimiento necesario para conformar mejores ciudades.⁶⁸⁰ Los habitantes de la ciudad somos sus usuarios, sus clientes y sus dueños, por lo que tenemos derecho a forjarla según nuestro gusto así como tenemos la obligación de detectar, analizar y resolver sus problemas.

La base de la solución para los problemas de la ciudad es una educación urbanística y ambiental que sirva a la gente para entender y ser parte del entorno cotidiano. Los ciudadanos deben experimentar con todos los sentidos, usar la fantasía, concentrar sus experiencias y hacer algo concreto en su propio medio ambiente. Vivir la ciudad, observar y analizar, encontrar los problemas y luego, poco a poco, imaginar las soluciones aplicables, las cuales, de nuevo, serán sometidas a evaluación antes de que el diseño final sea elegido.

El cielo no necesita estar gris ni la ciudad debe oler mortecinamente para entender que vivimos en un entorno contaminado. Lo más venenoso no se percibe fácilmente porque lo invisible no implica que no existe. Al igual que lo que ignoramos también existe. El asunto es, como dijo Borges, que “los ojos ven lo que están habituados a ver”.

⁶⁸⁰ Bacon, Edmund N., *Design of cities*, p. 13.

Soluciones técnicas

“Sólo el artista que explora libremente, el filósofo-científico no académico, el poeta mecánico, y economista que no ha esperado nunca el patronazgo que lo autorice a utilizar sus aptitudes coordinadas, es capaz hoy de tener una verdadera iniciativa. Si el hombre ha de continuar existiendo como una exitosa función de configuración compleja, será porque las próximas décadas atestiguarán como el artista-científico se hará cargo espontáneamente de las responsabilidades primordiales del diseño y convertirá la total capacidad instrumental del hombre en capacidad de construir en vez de capacidad de destruir.” R. Buckminster Fuller

Las soluciones para contar con un ambiente limpio no son fáciles. Requieren que el gobierno, las empresas y los ciudadanos identifiquen los distintos tipos de contaminación y busquen cómo disminuirlos. Parece complicado, pero las cosas simples sencillamente no existen.

Es básico reducir las actividades contaminantes. Para esto, es necesario un exhaustivo y confiable inventario de emisiones y sus fuentes para determinar su peligrosidad y la manera de controlarlas. Las fuentes de contaminación más peligrosas en la ciudad son industria, transporte y el uso de compuestos químicos en la vida diaria.

Para eliminar o reducir las emisiones de un proceso contaminante hay cuatro opciones: a) eliminar el proceso, b) relocalizar la operación, c) modificar el proceso y d) implementar equipo de control y límites de emisiones. Las opciones a y b son las más fáciles y las que más se han aplicado en el AMCM con el consecuente desmantelamiento de la industria y las repercusiones económicas y sociales que actualmente se viven. Las industrias cierran o se mudan al interior del país y no se llevan a los trabajadores generando desempleo y miseria.

Modificar los procesos o modernizar las plantas para cumplir con las normas ambientales requiere una gran inversión que debe ser apoyada por el gobierno ya que las empresas difícilmente lo realizan voluntariamente a la vez que resulta casi imposible la

vigilancia de los inspectores y de la sociedad. Sin embargo se deben encontrar los mecanismos para que los industriales, sin importar el tamaño, apliquen medidas básicas como realizar una selección más estricta de los combustibles, aplicar tecnologías industriales para reciclar y reusar e implementar controles tecnológicos sobre las emisiones.

Las primeras medidas, las fáciles, deben limitar y controlar la contaminación generada en fuentes. La generación pública de electricidad debe instalar quemadores de baja contaminación y catalizadores en sus plantas para reducir las emisiones de NO_x , los vehículos de motor deben cumplir con límites a las emisiones cada vez más exigentes y se debe favorecer el uso de transporte público y compartir el auto, los negocios pequeños e inclusive las taquerías deben usar fluidos ligeros reformulados para encender sus parrillas. Especial atención se debe poner al control y reducción de los contaminantes peligrosos como acrilonitrilo, arsénico, benceno, tetracloruro de carbono, emisiones de hornos de carbón, óxido, dibromuro y dicloruro de etileno, yoduro de metilo, per y tricloroetileno. Las industrias también deben estar obligadas a colocar equipo recuperador de vapores en las máquinas que usen productos petrolíferos, así como se obligó a las gasolineras, dispositivos que resultan caros.

En una segunda etapa se debe incentivar el uso de pinturas que no liberen hidrocarburos, de combustibles alternativos y de tecnología limpia. La tercera etapa implica tecnología aun no acabada, como la pintura que seca con lámparas ultravioletas, y vehículos de emisiones cero, como de celdas de combustible.

Para controlar las fuentes de polvo (piedra, suelo, escoria granulada o molida, cortezas, aserrín, paja, asfalto, alquitrán, etc., que son arrancados con la superficie del material se debe proceder a la estabilización física de los cúmulos de residuos inactivos, de los caminos sin pavimentar y de otros para que el viento no los levante. También

ayuda plantar vegetación, bajar velocidad en calles sin pavimentar, limpiar calles pavimentadas y tener cuidado en el manejo de materias primas. Aplacar las calles polvorosas. El verdadero medio de airear, de solear, de sanear la ciudad, química y físicamente, es, en realidad, integrarla con la vegetación a través de reservas, parques suburbanos, y urbanos, parques de barrios, terrenos deportivos y avenidas arboladas. En las áreas verdes de la ciudad y sus alrededores se deben sustituir los químicos agrícolas con armas biológicas de menor peligrosidad.

El gobierno debe desurbanizar la ciudad bajo el marco en que se la ha dejado crecer y desarrollarse pero dentro de la planificación total del desarrollo económico y social del país. Es imprescindible una buena legislación que ponga fin al caos y que con la cooperación de todos los habitantes produzca un medio amable. Los ciudadanos, por ejemplo, se deben comprometer sinceramente a generar menos basura y las autoridades a desarrollar un programa para la correcta transformación de los residuos urbanos.

En cuanto a los automóviles y a sus dueños, quienes no pagan el costo económico de circular por la ciudad y, por el contrario, los subsidios tienden a beneficiarlos, son varias las soluciones que se pueden aplicar. Se debe reducir el tráfico. Reforzar el transporte colectivo, disminuir la densidad de edificación y renunciar a la motorización total y a la movilidad sin barreras. Y, para empezar, se debe restringir el uso de coches. Las licencias de conducir sólo se deben otorgar a mayores de 25 años y retirárselas a quienes infrinjan gravemente la ley.

Es indispensable incorporar la variable energética en la planificación urbana y rural. Los automóviles de dimensiones faraónicas resultan anacrónicos en esta ciudad. Resultan indispensables modelos unipersonales pequeños no contaminantes, tal es el caso de bicicletas, motonetas y peatones. Se debe dar especial importancia a la instalación y funcionamiento de una red de trolebuses, monorraíl, metro y trenes

elevados que no contaminan y facilitan el movimiento de personas y no de vehículos. Ampliar el transporte multimodal de carga por ferrocarril, transporte fluvial, ductos y carreteras y optimización la red vial existente. Producir mejores coches y mejores combustibles (aunque el único combustible que no contamina es el que no se usa). Limitar de manera más estricta las emisiones vehiculares y mejorar la inspección de los vehículos en uso.

El uso de combustibles alternativos (gas natural, etanol o metanol) no altera significativamente el problema del bióxido de carbono ya que son derivados de combustibles fósiles también. La producción de estos combustibles a partir de biomásas significa grandes peligros ambientales a largo plazo y pueden resultar no muy factibles o sustentables. Los vehículos eléctricos (combinación de baterías, celdas de combustible y volantes) ofrecen la alternativa más promisoría a largo plazo para reducir las emisiones de CO₂ y de contaminantes de los vehículos y camiones que usan gasolina y diesel. La electricidad y el hidrógeno de tales vehículos eventualmente se obtendrá de fuentes de energía no petroleras con lo que se eliminarán todos los problemas de gases invernadero y de emisiones contaminantes. Los vehículos eléctricos son los únicos con emisiones de escape cero; aún si se toma en cuenta las emisiones de las plantas, son más limpios que las otras opciones y la reducción del ruido urbano es el principal beneficio. Son más eficientes que los convencionales y el combustible puede provenir de una variedad de fuentes de energía, incluyendo fuentes renovables reduciendo así la dependencia hacia el petróleo.

El sistema de transporte colectivo debe modificarse de fondo para que resulte una verdadera opción de movimiento. El transporte público debe ser barato o gratuito, rápido, cómodo, seguro y divertido. Es necesario cambiar los microbuses por camiones de mayor tamaño y menos contaminantes, invertir en camiones articulados, trolebuses,

metro y trenes ligeros así como cumplir con las paradas fijas del transporte. En una sociedad coherente el automóvil debe desaparecer al sustituir el transporte privado por un transporte público cualitativamente diferente al conocido. La industria automotriz es el principal obstáculo por no darse cuenta de que puede producir masivamente vehículos para uso público, si la demanda existiera. Aumentar la capacidad y el rendimiento del transporte público local con medidas organizativas y constructivas que limiten el tráfico laboral en coche. Aumentar el porcentaje de usuarios del transporte público introduciendo limitaciones en la fluidez del tráfico de los que se desplazan en coche al trabajo. Suprimir los obstáculos que crea el transporte individual para el transporte público colectivo, modificando correspondientemente la red y los recorridos. Aumentar la capacidad y el rendimiento del transporte público local con medidas organizativas y constructivas que limiten el tráfico laboral en coche. Aumentar el porcentaje de usuarios del transporte público introduciendo limitaciones en la fluidez del tráfico de los que se desplazan en coche al trabajo.

Hasta ahora se ha buscado la forma de que los coches circulen más rápido los coches pero, ¿no hay forma de que no circulen? La forma actual en que está estructurada la sociedad parece responder que no por lo que mientras tanto se debe organizar la circulación racionalmente para evitar importantes pérdidas inútiles que resultan del desgaste prematuro de los vehículos por acelerar y frenar bruscamente, despilfarro de combustible y tiempo así como nerviosismo. Por tanto, es necesario descongestionar el centro, aumentar la densidad de viviendas y oficinas para reducir las distancias de recorrido, mejorar la circulación del tráfico y ampliar las zonas arboladas. Sin perder de vista el objetivo central: mover gente en vez de mover coches.

Contrario a la idea generalizada de las autoridades del Distrito federal se debe detener la construcción de superficies para tráfico en la ciudad. A cambio se tiene que

orientar la planificación del tráfico en los centros, limitando conscientemente el debido a los automóviles privados, el comercial y el de los vecinos. Renunciar a las grandes obras relacionadas con el tráfico y concentrarse en la supresión de puntos peligrosos y atenuación de las molestias por ruido y gases. Crear zonas sin tráfico o con atenuación del mismo. Deben eliminarse las molestias que gravitan sobre la movilidad causa del actual caos en el tráfico. El sistema de vías rápidas puede lograr mejoras en el tiempo de recorrido que las hagan tan atractivas que atraigan mucho tráfico y se vean de nuevo sobrecargadas y que familias que antes no usaban el coche diariamente se vean tentadas a usarlo. Al poco tiempo el embotellamiento está de nuevo ahí. Las vías rápidas sólo serían útiles si también se piensa en la reducción del tráfico de automóviles fomentando el poder de atracción y el rendimiento de otras modalidades de transporte. El fomento de las modalidades de tráfico no motorizadas contribuye al máximo a la disminución de los problemas del medio ambiente. Se debe crear una red con transformadas calles en las que no tiene prioridad el automóvil, red que debe unir lugares de residencia, centros principales y secundarios, zonas laborales y zonas de descanso. Las uniones más cortas se deben preservar para peatones y ciclistas aunque se tenga que mandar a los automovilistas a los caminos menos atractivos. Atenuar el tráfico no significa simplemente desplazarlo a otros lugares (por ejemplo, a una nueva calle rápida para poder crear una zona para peatones), sino una vida compatible con el coche. Si el tráfico es un problema lo usual es taparlo, enterrarlo, no elevarlo por sobre la superficie como para que todos lo vean. ¿Ofrendamos el tráfico a los dioses? Los cementerios modernos, las criptas, tienen varios niveles.

El peatón debe ser considerado como un elemento dentro del sistema de transporte. La calle debe ser del peatón y la carretera del automóvil. Solamente así es como se puede recuperar el nivel arquitectónico, la calidad de vida y el nivel cultural y

cívico para que la ciudad siga desarrollándose y tenga su propia identidad. Una planificación que tenga interés por la justicia social no debe limitarse únicamente a las necesidades de los participantes en el tráfico más poderosos, sino que debe ocuparse, por lo menos al mismo nivel, de los grupos afectados por numerosas desventajas. Caminar es la modalidad de transporte más importante o quizás la única posible para amplios sectores de la población por lo que debe estar al mismo nivel que las demás modalidades. Los peatones, al igual que los demás medios de transporte, deben tener caminos continuos e interrelacionados y que, en los cruces entre distintos tipos de tráfico, no debe tener necesariamente prioridad el coche. Se debe respetar la prioridad del peatón. Debe haber calles con prioridad para el automóvil y caminos con prioridad para el peatón. Los primeros deben permitir una circulación rápida y los segundos para unir de la forma más corta posible. Crear zonas para peatones en los centros secundarios y sobretodo en las zonas residenciales. Eliminar el aparcamiento de las aceras. Deben coexistir las actividades no motorizadas y el automóvil adaptado al medio urbano. No se trata de limitar la movilidad en la ciudad, sino de aumentar la posibilidad para todos y no sólo para los automovilistas.

Crear un medio para vivir en el que nos sintamos "en casa", que estimule el contacto social y se vea libre de peligros y molestias. La ciudad debe ser de nuevo digna de ser habitada. El tiempo libre y la comunicación deben volver a la ciudad y a sus calles, se debe redescubrir la función social de las calles.

La primera ley de la termodinámica indica que no podemos conseguir algo por nada y la segunda ley indica que casi cualquier acción del hombre tiene un impacto indeseable sobre nuestro ambiente o sobre el sistema que soporta la vida. Entonces no existe una solución tecnológica completa para la contaminación en nuestra nave espacial, aunque la tecnología puede ayudar. El aumento constante en el número de

pasajeros y sus conductas derrochadoras en el uso de la energía y los materiales debe asegurar un decline constante en la calidad de la vida y son una amenaza para la supervivencia de un gran número de los pasajeros.

Epílogo

Quetzalcóatl afligido: -¿Qué haré, nahual mío?

Nahual: -Puesto que la cosa salió mal, que resulte como sea.

(Leyenda de los Soles)

Hasta ahora, la que hay, es la ciudad que merecemos. La pregunta no debe ser ¿por qué vivir en la ciudad?, si no ¿por qué no vivir en la ciudad? Es hora de “hacer frente a la Fiera: la Gran Ciudad” decía Le Corbusier. Para ello primero debemos transformar nuestro pensamiento lineal y arrogante en uno circular y cibernético, en armonía con los ciclos ecológicos que nos sustentan. Esta acción de información, basada en la esperanza que trasciende el lúgubre pesimismo, el ciego optimismo tecnológico y la apatía, nos ofrece la gran oportunidad de acercarnos al elusivo sueño de paz, libertad, hermandad y justicia para todos los pasajeros de este planeta. Aún no es demasiado tarde. Hay tiempo para lidiar con estos complejos problemas si bastantes de nosotros realmente nos preocupamos. Depende de nosotros.

“La filosofía se realiza”⁶¹ concluyó Hegel. Debemos dar el brinco y pasar del animal urbano al hombre urbano. Amar al prójimo como a uno mismo (pero no tanto en el Metro). Necesitamos vivir bien ahora. Ser felices. Es necesario presionar a las autoridades, reclamar, y mucha discusión. Este planeta viaja a la deriva de Dios y ya es hora de que resolvamos nuestros problemas sin hablar de ellos como si se debieran a fuerzas sobrenaturales. La “contaminación”, la “pobreza”, etc. no pueden ser ya tratados

⁶¹ “¿Cómo puede un hombre aprender a conocerse a sí mismo? Únicamente por la acción; por la reflexión nunca. En la medida que persigas cumplir con tu deber, sabrás lo que hay en ti. Pero, ¿cuál es tu deber? La exigencia del momento.” Goethe

como divinidades malignas ante las cuales simplemente miramos azorados cómo juegan con nosotros. En 1959, Wright Mills escribió “la horrible e irracional estructura, llena de frustraciones de la Ciudad de hoy, ¿se debe a la fatalidad, a fuerzas imprevisibles, o podéis ahora identificar grupos de personas responsables de decisiones que afectan a los innumerables medios discernibles en la ciudad? Históricamente, la contestación es obvia: se debe a la fatalidad... Se ha hablado mucho sobre la ausencia de un orden discernible en nuestro medio ambiente. A mí esto me parece estúpido. ¿No son acaso la ganancia capitalista y la acumulación del capital el denominador común de todo ese orden?” Es indispensable analizar lo que está pasando en la ciudad y lo que puede pasar en ella. Es hora de soñar con nuestra “ciudad ideal”. Si, es obvio que el problema es la sobrepoblación, los autos, la industria, pero lo que ya no resulta tan obvio es para qué está todo eso aquí y si no hay forma de evitarlo o controlarlo. Es hora de que dejemos de ser esclavos de nuestros propios avances tecnológicos, de ser simplemente “los vehículos para la evolución de nuestros propios artefactos”.

“No puedo creer eso” dijo Alicia

“¿No puedes?” dijo la Reina en tono compasivo. “Intentalo otra vez: respira profundo y cierra los ojos”.

Alicia se rió. “No tiene objeto tratar –dijo–: no se puede creer en cosas imposibles”.

“Me atrevo a decir que no has tenido mucha práctica”, dijo la Reina. “Cuando yo tenía tu edad, lo hacía siempre media hora al día. ¡Vaya! A veces creía yo hasta en seis cosas imposibles antes del desayuno.”

Lewis Carrol (A través del Espejo)

BIBLIOGRAFÍA

- Ackerman, Diane, *A natural history of the senses*, New York. Vintage Books, 1995.
- Anderson, E.V., *Oxygenated Fuels Mandate: Marketers Ponder Additive Strategy*, C&EN, August 3, 1987.
- Associations of Architects of the Nordic Countries, *Environmental Education – Towards better Architecture and living*, Nordic Report, Finland, 1981.
- Auzelle, Robert, *Técnicas del Urbanismo*, Buenos Aires, EUDEBA, 1959.
- Aymonino, C., *Orígenes y desarrollo de la Ciudad Moderna*, Barcelona, Gustavo Gili, S.A., 1975.
- Bacon, Edmund N., *Design of Cities*, London, Thames and Hudson, 1975.
- Bahrdt, Hans P., *La moderna metrópoli*, Buenos Aires, EUDEBA, 1970.
- Bardet, Gaston, *El Urbanismo*, Buenos Aires, EUDEBA, 1959.
- Bennett, Steven J., *Ecopreneuring*, New York, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- Berkow, Robert, Ed. *The Merck Manual of Diagnosis and Therapy*, Rahway, N.J., Merck Research Laboratories, 1992.
- Berner, Elizabeth K. And Berner, Robert A., *Global Environment*, Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall, 1996.
- Biddle, Wayne, *A Field Guide to the Invisible*, New York, Henry Holt and Company, 1998.
- Boix Gene, José, *Urbanismo*, Barcelona, Ediciones CEAC, 1974.
- Boubel, Richard W., et al. *Fundamentals of Air Pollution*, San Diego, Academic Press, 1994.
- Budavari, Susan (Editor), *The Merck Index*, N.J., Merck & Co., Inc., 1989.
- Buonicore, Anthony J., "Air pollution control", *Chemical Engineering*, June 30, 1990.
- Castells, Manuel, *La cuestión urbana*, México, Siglo XXI, 1974.
- Chabot, Georges, *Las ciudades*, Barcelona, Editorial Labor, 1972.

- Chermayeff, Serge y Alexander, Christopher, *Comunidad y privacidad*, Buenos Aires, Nueva Visión, 1968.
- Chueca Goitia, Fernando, *Breve historia del urbanismo*, Madrid, Alianza Editorial, Décima Edición, 1985.
- Coe, W.W., *Combustion efficiency vs. NOx*, Hydrocarbon Processsing, May, 1980.
- Cohen, Leonard A., *Diet and Cancer*, Scientific American, 257, 1987.
- Crosby, Theo, *Architecture: City sense*, New York, 1965.
- Crosland, Maurice P., *Estudios históricos en el lenguaje de la química*, México, UNAM, 1988.
- Derycke, Pierre-Henri, *La Economía Urbana*, Madrid, Instituto de Estudios de Administración Local, 1971.
- Dí Castri, Francesco, *Nuevas perspectivas para la Ciudad*, Ambiente, 38, Año IV, Septiembre de 1983.
- Diccionario Enciclopédico Abreviado*, Tomos I, II y III, Madrid, Espasa Calpe, 1933.
- Ezcurra, Exequiel, *De las chinampas a las megalópolis*, México, Fondo de Cultura Económica, (Colección La ciencia para todos), 1998.
- Famdon, John, *Encyclopedia*, Londres, DK Publishing, Inc., 1997.
- Fernández, C., Federico, *Las modernas ruedas de la destrucción*. México D.F., Ediciones El Caballito, 1991.
- Frankel, Maurice, *Manual de Anticontaminación*, México, Fondo de Cultura Económica, 1993.
- Gallion, Arthur B. y Eisner, Simon, *Urbanismo: planificación y diseño*, Ciudad de México, 1972.
- Garza, Gustavo (Coord.), *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*, Gobierno del Distrito Federal y Colegio de México, Primera Edición, 2000.
- Gushee, D.E., *Alternative fuels for cars: Are they cleaner than gasoline?* CHEMTECH, Part 1, July, 1992.

- Hall, Peter, *Las grandes ciudades y sus problemas*, Madrid, Ediciones Guadarrama, S.L., 1965.
- Harte, John, et al., *Toxics A to Z*, California, University of California Press, 1991.
- Hoffmann, Anita, *Animales desconocidos: relatos acarológicos*, La Ciencia desde México, México, D.F., SEP, FCE, CONACYT, 1988
- Hollenberg, J.L.; Stephens, E.R., *Demonstrating the chemistry of air pollution*, Journal of Chemical Education, Vol. 64, No. 10, October, 1987.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Secretaría del Medio Ambiente y Gobierno del Distrito Federal, *Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 1999*, México, 1999.
- L'Architecture D'Aujourd'hui, May/Jun, Num. 173 (1974).
- León-Portilla, Miguel (Coordinador general), *Historia de México*, México, Salvat Mexicana, (Doce Tomos), 1978.
- Lefebvre, Henri, *De lo rural a lo urbano*, Barcelona, Ediciones Península, 1973.
- Lefebvre, Henri, *El derecho a la ciudad*, Barcelona, Ediciones Península, 1973.
- Martínez Palomo, Adolfo, *Las amibas, enemigos invisibles*, (La ciencia desde México), SEP, FCE, CONACYT, México, D.F., 1987.
- Miranda, José, Jiménez, M. W. y Fernández, M.T., *Historia de México*, México, Editorial ECLAL, 1970.
- Molina, M. M., et. al., *Gasoline distribution cycle and vapor emissions in Mexico City Metropolitan Area*, Air & Waste Management, 1997.
- Nava, M., et. Al., *Ozone ground levels as an air quality indicator for the Mexico City Metropolitan Area (MCMA) from 1986 to 1994*, Air Pollution IV, Eds. Caussade, et al, Comp. Mechanics, 1996.
- Nietzsche, Gunter, *La Ciudad: estática o dinámica*, Cuadernos Summa Núm. 10, Año 1, septiembre, Ediciones Nueva Visión SAIC, Bs. As., 1968.
- OCDE, *Hacia un transporte limpio: vehículos limpios de bajo consumo*, México, 1994.
- Ortega, P.F. *Las malas gasolinas*, Expansión, octubre, 25, 1989.

- Ortiz Monasterio, Fernando, et. al., *Tierra profanada: historia ambiental de México*, Instituto Nacional de Antropología e Historia y Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, México, 1987.
- Paredes-Gutiérrez, R., A., et. al., *Estudio comparativo del contenido de elementos en el aerosol atmosférico de tres sitios en la Ciudad de México usando PIXE*, Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 13(2), 1999.
- Paulhans, Peters (Ed.), *La ciudad peatonal*, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1981.
- Peralta, Oscar, Determinación de carbón negro a partir de monóxido de carbono en la Ciudad de México, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, 2001.
- Pini, Daniel, *México: La búsqueda de la supervivencia*, Ambiente, 38, Año IV, Septiembre de 1983.
- Pirenne, Henri, *Medieval Cities: Their origin and the Revival of Trade*, Princeton University Press, 1925.
- Pitchford, M. y Johnson, B., *Vehicles emissions empiric model*, Environ. Sci. Technol, 27, 741, 1993.
- Peters, M.S., *Summary of present knowledge of the chemistry of air pollution*, Chemical Engineering Progress Symposium Series, Vol. 67, No. 115.
- Petterssen, Sverre, *Introduction to meteorology*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York and London, 1941.
- Pradilla, E. y Jiménez, C., *Arquitectura, urbanismo y dependencia neocolonial*, Ediciones Siap-Planteos, Buenos Aires, 1973.
- Raga, G.B. y Kok, G.L., *Evidence for Volcanic Influence on Mexico City Aerosols*, Geophysical Research Letters, 26(8), 1999.
- Ramón, Fernando, *La ideología urbanística*, Alberto Corazón Editor, Madrid, 1974.
- Ramón, Fernando, *Miseria de la Ideología Urbanística*, Editorial Ciencia Nueva, Madrid, 1967.
- Rivera, F., Lugo, A. y cols. "Seasonal distribution of air-borne protozoa in Mexico City and its suburbs", *Water, Air and Soil Pollution*, 61, 1992.

- Riverá, F., Ramírez, E. y cols., "Seasonal distribution of air-borne pathogenic and free-living amoebae in Mexico city and its suburbs", *Water, Air and Soil Pollution*, 74, 1994.
- Riveros, H. G., Tejeda, J., et. al., "Hydrocarbons and carbon monoxide in the atmosphere of Mexico City", *Air & Waste Management Association*, 45, 1995.
- Rosas, I., Belmont, R., et. al., "Seasonal variations of atmospheric lead levels in three sites in Mexico City", *Atmosphere*, 8, 1995.
- Rosas, I., Belmont, R., et. al., "Some aspects of the environmental exposure to chromium residues in Mexico", *Water, Air and Soil Pollution*, 48, 1989.
- Rosas, I., Calderón, C., et. al., "Seasonal distribution of Aspergillus on the air of an urban area: Mexico City", *Grana*, 31, 1992.
- Rosas, I., Salinas, E., "Escherichia coli in Settled-Dust and Air Samples Collected in Residential Environments in Mexico City", *Applied and Environmental Microbiology*, 63(10), 1997.
- Rosas, I., Yela, A., et. al., "Preliminary assessment of protein associated with airborne particles in Mexico City", *Aerobiología*, 11, 1995.
- Ruiz Santoyo, M. E. G. y Vega Rangel, E., "Formación de ozono y su reactividad en la atmósfera de la Ciudad de México", *Educación Química*, 6(3), 1995.
- Salazar, S. y Bravo, J. L., "Sulfatos y Nitratos en particulas atmosféricas y su relación con algunos parámetros ópticos", *Geofísica Internacional*, 25(3), 1986.
- Sato, Alberto, *Ciudad y Utopía*, Centro Editor de América Latina, S.A., Buenos Aires, 1977, p. 7.
- Secretaría de la Presidencia, *Medio Ambiente Humano, Problemas Ecológicos Nacionales*, Cuadernos de Documentación, Serie estudios, Núm. 1, México, 1972
- Segre, Roberto, *Las estructuras ambientales de América Latina*, Siglo XXI Editores, México, 1977.
- Senent, Juan, *La contaminación*, Biblioteca Salvat de Grandes Temas, Barcelona, 1973. SEP e INBA, *El peatón en el uso de las ciudades*, Cuadernos de Arquitectura y Conservación del Patrimonio Artístico, México, Septiembre, 1980.

- Van Eckardt, Wolf, *La crisis de las ciudades*, Ediciones Marymar, Buenos Aires, 1972.
- Van Wylene, G.J.; Sonntag, R.E., *Fundamentos de termodinámica*, Editorial Limusa, México, 1982.
- Villarruel, R.E. *Investigación de métodos analíticos para la cuantificación de éter metilterbutílico en gasolinas*. F.Q., UNAM, D.F., 1991.
- Vivó, Jorge A., *Geografía Física*, Editorial Herrero, S.A., México, 1978.
- Walsh, W.P., *Motor vehicle emissions control technology transfer to developing countries*, APCA, June 22-27, 86-58.3, 1986.
- Ward, Barbara y Dubos, René, *Una sola Tierra*, Fondo de Cultura Económica, México, 1984.