

PETRÓLEO, MEDIO AMBIENTE Y SALUD

Sylvia VEGA GLEASON

SUMARIO: *Introducción. I. Energía y desarrollo-ambiente y salud. II. Legislación, medio ambiente y salud. 1. Legislación sanitaria y ambiental. Antecedentes. 2. Los energéticos ante la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la protección a la salud. III. Normatividad ambiental y salud. 1. Las normas. 2. Las normas norteamericanas. IV. Riesgos a la salud y la industria petrolera. 1. Riesgos a la salud. 2. Análisis de riesgos. 3. Energéticos y riesgos a la salud. 4. Petróleo y riesgos a la salud. 5. Riesgos laborales en PEMEX (1990). V. Contaminación atmosférica, control y salud. 1. Contaminación atmosférica y salud. 2. Medidas de control de la contaminación generada por la industria petrolera en los Estados Unidos. VI. Emisión de hidrocarburos y su control. 1. Compuestos de hidrocarburos y la salud. 2. Toxicidad de la gasolina. 3. Compuestos orgánicos volátiles. 4. Emisiones por fuentes móviles. 5. Medidas adoptadas por la industria petrolera en México para disminuir la emisión de hidrocarburos y de compuestos orgánicos volátiles. VII. Sustancias peligrosas y tóxicas en la industria petrolera. 1. Las sustancias tóxicas y peligrosas y sus efectos en la salud. VIII. Daños a la salud por efecto de la contaminación y demandas públicas. Anexo.*

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad hacer una revisión de la regulación sanitaria y ambiental que incide en las actividades de la industria petrolera, sobre todo en el caso en que la salud humana, puede ser afectada por cuestiones ambientales.

En este sentido cabe hacer una aclaración, en México la normatividad ecológica y la sanitaria se encuentran fragmentadas en dos grandes cuerpos legales, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la Ley General de Salud, decimos fragmentadas ya que el objeto de la primera es para protección al ambiente, y

la segunda, para la salud que puede verse afectada por cuestiones ambientales.

Es por ello que para hacer un análisis integral se requiere conocer estas dos grandes áreas y reunir diferentes puntos de vista, como en el caso del presente estudio, que constituye el análisis de la legislación bajo la consideración de las Ciencias de la Salud.

La regulación ambiental con alto contenido técnico, se enfrenta al fenómeno de la industrialización y de un estilo de desarrollo predeterminado, que no contiene como referente a lo ambiental para su aplicación. En el caso que nos ocupa, en México este fenómeno se ha caracterizado por el desarrollo de la industria petrolera, éste es el punto de donde partimos, los efectos que el mal manejo del ambiente provoca en la salud, en una de las más importantes industrias de este país.

En el presente trabajo se resumen, desde dos diferentes perspectivas, los riesgos para la salud pública asociados directa o indirectamente con la industria petrolera y las acciones y medidas de control y regulación tendientes a disminuir tales riesgos.

I. ENERGÍA Y DESARROLLO—AMBIENTE Y SALUD

El impacto ambiental implica "la modificación del ambiente en cuanto se alteran las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente y se afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres". Dentro de este rubro es que se debe considerar el riesgo a la salud humana como consecuencia de cualquier desequilibrio ecológico.

Durante décadas no se consideró que la industrialización, además de propiciar el bienestar de la población, producía también una degradación de los sistemas naturales, degradación que finalmente alteraría el anhelado bienestar. Al respecto, es impresionante el hecho de que el consumo mundial de energía ha provocado la acumulación de toneladas de gases en la atmósfera. Esta acumulación actúa produciendo el efecto "invernadero", que se pronostica aumentará de manera catastrófica y a corto plazo la temperatura de la Tierra.

El impacto ambiental producido por los energéticos comprende los efectos de todas y cada una de las fases de un ciclo energético, como son: la exploración, la extracción, el refinamiento o el enriquecimiento, el transporte, el almacenamiento, el consumo y la producción de dese-

chos. Cabe recordar que el carbón, el petróleo y el gas natural son los llamados combustibles de origen fósil, y que proveen el 90% de la energía mundial requerida; de éstos, el petróleo es el de mayor consumo.

Para analizar las estrategias de desarrollo a seguir en cada país es necesaria la evaluación objetiva de los riesgos que presentan las fuentes de energía.

En los últimos años ha comenzado a cobrar peso, el punto de vista de acuerdo con el cual el desarrollo económico debe satisfacer necesidades actuales sin comprometer por ello el futuro, únicamente un desarrollo de este tipo puede ser llamado sostenido en un sentido amplio.

Hoy en día los países en vías de desarrollo se enfrentan al reto de progresar económicamente y, al mismo tiempo, de conservar sus recursos y sistemas naturales que son necesarios para el bienestar y la salud de sus poblaciones.

Es de esperarse que en los próximos años la contribución relativa de los países en desarrollo a la contaminación global vaya en aumento. Esto será especialmente cierto para aquellos Estados que no guíen su política de expansión económica por la idea de un desarrollo sostenido. Los países que obren de tal manera provocarán el agravamiento de problemas que superan con mucho lo regional; cabe esperar que dichas naciones aumenten su contribución, por ejemplo, a la acumulación global de gases modificadores de la capa de ozono y de los gases que propician el efecto invernadero.

En la actualidad no existe fuente energética alguna que no implique un costo ambiental. Los combustibles fósiles continúan siendo con mucho la principal fuente de energía utilizada en los procesos industriales.

Es por tanto necesario tomar en cuenta el costo ambiental que la explotación de cada una de las fuentes de energía implica, al momento de diseñar una política de desarrollo sostenido. Es necesario recordar, además, que el costo ambiental lleva implícito un costo sobre el bienestar humano.

El método más socorrido para controlar el impacto ambiental del uso de energéticos, es la regulación administrativa, que generalmente impone costos desiguales de control entre los contaminadores, los usuarios y los afectados. En particular, es inevitable el aumento en el costo de cualquier servicio o producto, cuando se le somete a un control de impacto ambiental.

Está visto que el control de la contaminación tiene un alto costo social y una baja ganancia ambiental. Por tanto, es preferible la prevención de la contaminación. En tal sentido, es mejor reducir la producción de subproductos o deshechos contaminantes, que el desarrollo de una tecnología costosa que controle la emisión de tales subproductos, o el llevar a cabo programas de limpieza de medios ya degradados.

Los instrumentos legales y administrativos que se encuentran vigentes en distintos países tienen todos un carácter provisional y aproximativo, debido a que es imposible contar en la actualidad con información confiable sobre los daños presentes y probables que la contaminación pueda acarrear al medio ambiente. Tampoco se sabe a ciencia cierta cuáles son las repercusiones que las exposiciones múltiples a las diversas mezclas de varios contaminantes puedan tener sobre la salud humana. En los países desarrollados se han llevado a cabo políticas conservadoras y cautelosas en lo concerniente al control de la contaminación; en tales países la sobrestimación de los riesgos y la sobrerregulación han sido la pauta, especialmente en lo concerniente a las repercusiones sobre la salud humana. Esto ha traído consigo, en algunos casos, la aplicación de medidas muy rigurosas sin que existieran evidencias científicas concluyentes que las apoyaran, y sin que se hubiesen calculado las repercusiones económicosociales de dichas medidas.

Los altos costos requeridos para mantener o mejorar la calidad del medio ambiente, especialmente para una sociedad con un bajo crecimiento económico, ponen en duda la conveniencia de aplicar las políticas de protección ambiental vigentes en los países desarrollados.

El principio legal de responsabilidad ambiental debería ser que los contaminadores sean claramente responsables por todo el daño que causen y que corresponda a ellos demostrar que sus emisiones no resultan riesgosas para el ambiente o para la salud humana. O en su defecto cumplir con las normas establecidas, trasladando al poder público la carga de la prueba. Al respecto, debe hacerse notar que en general se obtienen mejores resultados cuando se le solicita a una industria su cooperación para alcanzar las metas establecidas, que cuando, por el contrario, son los posibles afectados, los que deben de probar que una industria particular les afecta de alguna manera, en estos últimos casos es muy frecuente que las compañías se resistan a admitir daño alguno.

II. LEGISLACIÓN, MEDIO AMBIENTE Y SALUD

1. *Legislación sanitaria y ambiental. Antecedentes*

La legislación para la preservación del medio ambiente y su relación con la salud tiene en México, su primer antecedente en el reglamento de Higiene en el Trabajo del año de 1945. En dicho documento se define a la higiene industrial como "el conjunto de todas las acciones tendientes a proteger a la comunidad contra la insalubridad que pudiese ser ocasionada por la industria", y se le otorga a la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA), la facultad de diseñar y realizar programas de saneamiento del medio, el primero de los cuales tuvo vigencia hasta el año de 1958.

No fue sino hasta el principio de la década de los setenta cuando el interés en el saneamiento del medio ambiente resurgió, debido a que el deterioro ambiental causado por la industria en los países desarrollados, y los problemas de salud pública, consecuencia de dicho deterioro, comenzaron a hacerse más patentes. En México el año de 1970 se crea la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, dependiente de la entonces SSA, y se promulga la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, en 1971.

A lo largo de la década de los setenta, los problemas ambientales fueron considerados como una cuestión de salud pública, y por tanto fue la entonces SSA la encargada de atenderlos, mientras que los problemas relacionados exclusivamente con los recursos y sistemas naturales eran atendidos por otras dependencias del gobierno federal, fundamentalmente por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).

En el año de 1982 se deroga la ley federal anterior y se promulga la Ley Federal de Protección del Ambiente, donde ya se incluyen artículos específicos sobre la protección a la fauna, la flora, el suelo y los ecosistemas marinos; es de notar el cambio de punto de vista en relación con el enfoque que se tenía de estos problemas en los años anteriores, donde el objetivo principal era prevenir y controlar la contaminación con relación a la salud humana a un enfoque más amplio de protección al ambiente en general.

En 1982 también se crea la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), con una subsecretaría encargada de planear y dirigir la política ambiental en el país, dándose un cambio radical en el enfoque

administrativo de las necesidades y prioridades de los problemas ambientales que aquejaban ya al territorio nacional.

De esta manera se globaliza y se desvía el manejo del problema ambiental y se atiende todo desequilibrio que se presente en cualquier ecosistema, incluyendo los escenarios urbanos y a las poblaciones humanas; sin embargo, la salud pública pierde en relación con el ambiente la prioridad que había tenido en las legislaciones anteriores y sólo se toca, como veremos mas adelante, marginalmente.

Los problemas de salud relacionados con la contaminación del ambiente quedaron bajo la jurisdicción de la SSA ahora Secretaría de Salud a nivel de una dirección general de salud ambiental, que en cada reestructuración administrativa se pone en duda su funcionamiento.

2. *Los energéticos ante la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la protección a la salud*

A. *Atribuciones normativas*

En el primer capítulo de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), se definen las atribuciones y facultades de la autoridad ecológica, la SEDUE, así como su coordinación con otras dependencias y entidades de la administración pública con competencia en la materia. En sus artículos se especifica que, entre otras atribuciones corresponde a la SEDUE, en materia de emisión normativa, cumplimiento y aplicación ecológica:

a) La de formular criterios ecológicos, que deberán observarse en la aplicación de las políticas y programas para la prevención y control de la contaminación del aire, agua, y suelo. Los criterios ecológicos se definen en el artículo tercero de la LGEEPA, como los lineamientos destinados a proteger el ambiente y mantener y restaurar el equilibrio ecológico. No se aclara, sin embargo, que estos criterios protegen, en primera o última instancia, al ser humano. Esta característica de los lineamientos, que no se encuentra implícita en su definición, ha sido hecha explícita en diversas legislaciones de otros países. Sería conveniente que lo mismo ocurriera en nuestro país.

b) Expedir normas técnicas ecológicas de observancia nacional, que determinen qué condiciones son necesarias para garantizar el bienestar de la población, asegurar la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. Algunas de estas normas

deberán ser incorporadas y aplicadas conforme a las normas oficiales mexicanas que se establezcan para los productos utilizados como combustibles o energéticos, tema de nuestro estudio.

c) Prevenir y controlar la contaminación por fuentes fijas y verificar el cumplimiento de los límites máximos permitidos, establecido en las normas técnicas ecológicas correspondientes para las emisiones de automotores, es decir, de fuentes móviles. Las actividades y servicios que originen emanaciones, emisiones, descargas o depósitos de sustancias que causen o puedan causar, desequilibrios ecológicos o daños al ambiente, o bien afectar los recursos naturales, la salud o el bienestar de la población, deberán observar los límites y procedimientos que fijen las normas técnicas ecológicas aplicables. Lo mismo sucede con las actividades o servicios que causen o puedan causar daños a bienes propiedad de particulares, o propiedad del Estado.

d) Formular y conducir las políticas de saneamiento ambiental en coordinación con la Secretaría de Salud en lo referente a la salud humana.

e) Proponer al ejecutivo federal disposiciones que regulen las actividades relacionadas con materiales o residuos peligrosos.

B. Atribuciones en materia de calidad del aire

Por otro lado, en relación a la calidad del aire en los artículos del 110 al 116 de la LGEEPA, referentes a la prevención y control de la contaminación atmosférica, se establece que la calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y en todas las regiones del país; por lo cual las emisiones contaminadoras deben ser reducidas y controladas. Al respecto la SEDUE:

a) Expedirá normas técnicas ecológicas, especificando los niveles permisibles de emisión e inmisión por contaminante y por fuente de contaminación.

b) Convendrá y podrá requerir la instalación de equipos de control de emisiones a quienes realicen actividades contaminantes.

c) Expedirá normas técnicas ecológicas para el establecimiento y operación de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

d) Expedirá normas técnicas ecológicas para la certificación de los niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera provenientes de fuentes determinadas.

e) Expedirá las normas técnicas ecológicas para la industria automotriz para la reducción de las emisiones contaminantes de origen vehicular, considerando los valores de concentración máxima permi-

sible para el ser humano de contaminantes en el ambiente, determinados por la Secretaría de Salud (SS).

También, asienta que en todas las emisiones a la atmósfera se deberán observar las previsiones de la ley y sus reglamentos, así como las de las normas técnicas ecológicas. Cuando dichas emisiones contengan materiales o residuos peligrosos se requerirá para su emisión la previa autorización de la SEDUE.

El reglamento correspondiente en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica asienta que: las emisiones de olores, gases y partículas sólidas no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión e inmisión, por contaminante y por fuente, que se establezcan en las normas técnicas ecológicas, que para tal efecto emitan SEDUE y la SS. Las mencionadas normas deberán basarse en las concentraciones máximas permitidas para el ser humano de contaminantes en el ambiente, que son determinadas por la SS.

Tomando en cuenta la diversidad tecnológica que presentan las fuentes emisoras, podrán establecerse en las normas técnicas ecológicas diferentes valores para los niveles máximos permisibles de emisión e inmisión para un mismo contaminante, según se trate de fuentes existentes, nuevas o localizadas en zonas críticas. Dichas zonas son determinadas por la SEDUE en coordinación con la SS, previos estudios.

Para las fuentes fijas existe la obligación de: contar con equipos de control de emisiones, inventario de emisiones, medición y registro. Si la fuente se localiza en una zona urbana o suburbana, o bien en un área natural o protegida, se deberán además de realizar mediciones perimetrales de contaminantes; esto también es válido en caso de que, por características propias, la fuente pueda provocar un grave deterioro al ecosistema.

La medición de los contaminantes se llevará a cabo conforme a los procesos de muestreo y cuantificación establecidos en las normas oficiales mexicanas o, en su caso, en las normas técnicas ecológicas.

En lo que respecta a las fuentes móviles se establece que: las emisiones que generen las fuentes móviles no deberán exceder los niveles máximos permisibles que establezcan las normas técnicas ecológicas que emitan la SEDUE, la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (SEMIP) y la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), tomando en cuenta los valores de concentraciones máximas permisibles para el ser humano de contaminantes en el ambiente determinados por la SS.

Por otro lado, los fabricantes de vehículos automotores deberán aplicar métodos y procedimientos, y utilizar las partes, componentes y equipos, que aseguren que los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes no serán rebasados.

Para hacer operativos estos principios, la LGEEPA establece en su capítulo de "Denuncia popular" en el artículo 189, que:

Toda persona podrá denunciar ante la secretaría, o ante las autoridades federales o locales según su competencia, todo hecho, acto u omisión de competencia de la Federación que produzca desequilibrio ecológico, o daños al ambiente, contraviniendo las disposiciones de la LGEEPA y los demás ordenamientos relacionados con la protección al ambiente y la preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Este derecho ciudadano es consignado en la legislación ecológica, bajo el rubro de "denuncia popular". Debe señalarse, sin embargo, que lo que se denuncia es que se produzca el desequilibrio ecológico o el daño al ambiente y no se hace explícito en la legislación el derecho de los ciudadanos a denunciar aquellos hechos u actos que tengan un efecto negativo directo sobre la salud humana.

Cuando por infracción a las disposiciones de la ley se hubieren ocasionado daños o perjuicios, el o los interesados podrán solicitar a SEDUE un dictamen técnico al respecto; tal dictamen tendrá valor de prueba en caso de ser presentado en juicio.

C. *Atribuciones en relación con actividades y materiales considerados peligrosos*

En el artículo 145 de la LGEEPA se especifica que la SEDUE promoverá que, en la determinación de los usos del suelo, se especifiquen las zonas en las que se permita el establecimiento de industrias, comercios o servicios considerados riesgosos por la gravedad de los efectos que puedan generar en los ecosistemas o en el ambiente, y en la salud.

En el artículo 146 se anota que la SEDUE y la Secretaría de Gobernación (SG), previa opinión de las demás secretarías con competencia, determinarán y publicarán en el *Diario Oficial* de la Federación los listados de aquellas actividades que deberán considerarse como altamente riesgosas, para efectos de lo establecido en la LGEEPA.

En el artículo 147 encontramos que la realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas se llevarán a cabo de acuerdo con lo dispuesto en la LGEEPA, con las disposiciones reglamentarias que de ella emanen y con las normas técnicas de

seguridad y operación que expidan en forma coordinada la SEDUE, la SEMIP, la SECOFI, la SS, la SARH y la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). Con tal fin, en aquellos establecimientos en los que se realicen actividades consideradas como altamente riesgosas, deberá de contarse con los equipos e instalaciones que se requieran de acuerdo con las normas técnicas que se expidan.

Quienes lleven a cabo actividades altamente riesgosas, elaborarán o, en su caso actualizarán, aquellos programas que sean necesarios para la prevención de accidentes en la realización de sus actividades. Tales programas deberán ser sometidos a la aprobación de SEDUE, SECOFI, SEMIP, SS y STPS.

Por otro lado el artículo 150 de la misma ley establece que la SEDUE, previa opinión de la SEMIP, SECOFI, SS, SARH y SG, determinará y publicará en el *Diario Oficial* de la Federación los listados de materiales y residuos peligrosos para efecto de lo establecido en la LGEEPA.

Se establece en el artículo 151 de la mencionada ley, que en lo referente a la instalación, operación de los sistemas de recolección, así como para el almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración, o disposición final de residuos peligrosos, se requerirá de la autorización previa de SEDUE. Al pasar al artículo 152 se encuentra que los materiales y residuos definidos como peligrosos para el equilibrio ecológico, deberán ser manejados con arreglo a las normas técnicas ecológicas, y de acuerdo con los procedimientos que se establezcan de común acuerdo con la SECOFI, la SS, la SEMIP y la SARH. Debe mencionarse que en la ley no se hace mención específica a aquellos materiales o residuos que puedan representar un riesgo directo a la salud humana, siendo que los daños a la salud de tipo accidental, para las poblaciones aledañas a los sitios en donde se manejan este tipo de materiales, resultan de gran importancia.

D. El reglamento de sustancias y residuos peligrosos

El Reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos señala en su artículo cuarto, que la SEDUE determinará y publicará en el *Diario Oficial* de la Federación los listados de los residuos peligrosos, así como sus actualizaciones, y expedirá las normas técnicas ecológicas y los procedimientos para el manejo de los residuos peligrosos, con la participación de las SECOFI, SS, SEMIP Y SARH.

La SEDUE controlará el manejo de los residuos peligrosos que se generen en las operaciones y procesos de extracción, beneficio, trans-

formación, producción, consumo, utilización y servicios. Únicamente la SEDUE podrá autorizar al generador de residuos, o a los particulares que presten el servicio de disposición de tales, para la realización de cualquiera de las operaciones relacionadas con el manejo de residuos peligrosos.

En el artículo quinto se apunta que serán responsables del cumplimiento de las disposiciones del reglamento y de las normas técnicas ecológicas, que de él se deriven, entre otros, el generador de residuos peligrosos, así como las personas físicas o morales, públicas o privadas, que manejen, importen o exporten dichos residuos.

En el artículo sexto se especifica que los generadores de residuos peligrosos están obligados a determinar la peligrosidad de los mismos de acuerdo a las pruebas y análisis necesarios, conforme a las normas técnicas correspondientes, y al listado que expida la SEDUE, previa opinión de SECOFI, SS, SEMIP, SARH y SG.

Por otro lado el generador de residuos peligrosos deberá, según el artículo octavo del reglamento, inscribirse en el registro que establezca la SEDUE; llevar una bitácora mensual sobre la generación de los residuos, dar el manejo previsto a los residuos peligrosos en el reglamento y en las normas correspondientes; almacenarlos en condiciones de seguridad, transportarlos según la normatividad y darles el tratamiento que corresponda según lo dispuesto en el reglamento y las normas técnicas ecológicas.

En el capítulo V "De las medidas de control y seguridad y sanciones", se anota que las infracciones de carácter administrativo a los preceptos de la ley y del reglamento serán sancionadas por la SEDUE según el artículo 58. Independientemente de las sanciones, la SEDUE podrá revocar las autorizaciones que hubiere concedido.

En el artículo 60 se define que vencido el plazo para subsanar las infracciones cometidas, y si éstas no se hubieran corregido, se podrán imponer multas por cada día que transcurra sin obedecer el mandato, sin que excedan de veinte mil días del salario mínimo general vigente en el Distrito Federal. Por otro lado, el artículo 61 del reglamento se refiere a la inspección y vigilancia para verificar la observancia del reglamento.

Los artículos 62 y 63 establecen la posibilidad de obtener de la SEDUE un dictamen si se hubieren ocasionado daños y perjuicios o de presentar ante la Secretaría o autoridad competente una denuncia popular, respectivamente.

E. *Sustancias y actividades altamente riesgosas*

En relación con las sustancias peligrosas, a diferencia de lo que sucede con los residuos peligrosos, no existen reglamentos o normas técnicas; únicamente se cuenta con el acuerdo de SEDUE y SG por medio del cual se expide el primer *listado de actividades altamente riesgosas*, publicado en el *Diario Oficial* del 28 de marzo de 1990, el cual en sus considerandos señala que:

El criterio que se adopta para determinar cuales actividades deben considerarse como altamente riesgosas, se fundamenta en que la acción o conjunto de acciones, ya sean de origen natural o antropogénico, estén asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radioactivas, corrosivas o biológicas, en cantidades tales que, en caso de producirse una liberación, ya sea por fuga o por derrame de las mismas o bien por una explosión, ocasionarían una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Que por lo tanto, se hace necesario determinar la cantidad mínima de las sustancias peligrosas con las propiedades antes mencionadas, que en cada caso convierten su producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final en actividades que, de producirse una liberación, sea por fuga o por derrame de las mismas, vía atmosférica, provocarían la presencia de límites de concentración superiores a los permisibles, en una área determinada por una franja de 100 metros en torno de las instalaciones, o medio de transporte, y en el caso de formación de nubes explosivas, la existencia, de ondas de sobrepresión. A esta cantidad mínima de sustancia peligrosa, se le denomina cantidad de reporte.

El artículo primero del acuerdo señala que: "Se considerará como actividad altamente riesgosa, el manejo de sustancias peligrosas en un volumen igual o superior a la cantidad de reporte", es decir, no sólo por sus características inherentes, sino también por las cantidades de reporte correspondientes.

En este acuerdo se expide el primer listado de actividades altamente riesgosas y corresponde a aquellas en que se manejan sustancias tóxicas.

Estos listados, según los considerandos del Acuerdo, constituirán el sustento para determinar las normas técnicas de seguridad y operación, así como para la elaboración de programas para la prevención de accidentes.

En los considerandos del Acuerdo se establece que este listado y los subsiguientes constituirán el sustento para determinar las normas técnicas de seguridad y operación, así como para la elaboración de los programas para la prevención de accidentes previstos en el artículo 147 de la LGEEPA. Con esto se reconoce que no es sino hasta 1990 cuando se empezaron a generar programas de prevención de accidentes y las normas técnicas respectivas. Faltan por expedir los listados de sustancias inflamables, explosivas, reactivas, radioactivas, corrosivas y biológicas.

El Acuerdo en su artículo segundo, define a la sustancia peligrosa como: "aquella que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radiactividad, corrosividad o acción biológica pueda ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes"; más adelante, el mismo artículo nos señala lo que debe entenderse por sustancia tóxica al decir: "aquella que puede producir, en organismos vivos, lesiones, enfermedades, implicaciones genéticas o muerte".

El artículo tercero corresponde al listado de actividades altamente riesgosas, que son: la producción, el procesamiento, el transporte, almacenamiento, uso o disposición final de las sustancias listadas, en volúmenes iguales o superiores a las cantidades de reporte.

Se puede decir que existe una definición ambigua, al no querer enfrentar el problema de los efectos ambientales en la salud, ya que se mencionan "organismos vivos", al hablar de "toxicidad ambiental". La no referencia al ser humano pareciera que deja fuera de responsabilidad, por el manejo de sustancias peligrosas, a aquellos que generen daños a la salud humana. La definición de toxicidad siempre ha ido ligada a la salud humana, desde Paracelso.

III. NORMATIVIDAD AMBIENTAL Y SALUD

1. *Las normas*

Es una necesidad insoslayable el identificar y cuantificar las posibles fuentes de daño al medio ambiente, especialmente de aquellas que provoquen daños que tengan repercusiones para la salud humana. La intensidad de tales daños debe establecerse, con base en una serie de valores: éticos, biológicos, sociales y económicos. Una vez establecida la escala de valores que fundamentan la importancia de los daños

ambientales posibles, deberá derivarse de ésta, un conjunto de regulaciones que conduzcan a la disminución o nulificación de tales riesgos.

La determinación de los niveles aceptables de riesgo para el ambiente, es un proceso político, en el cual hay cabida para consideraciones de tipo ético, social y económico. Sin embargo, tienen como fundamento consideraciones científico-técnicas sin las cuales es imposible justificar una legislación ambiental y sanitaria.

La base de la regulación ambiental se encuentra en las normas de calidad de agua, aire, suelo, alimentos, y en las normas de emisión de contaminantes y de manejo de residuos o desechos peligrosos. Una norma, o estándar, es un instrumento legal con obligatoriedad; en algunas circunstancias se establecen guías o lineamientos que no tienen la fuerza legal de una norma, son medidas administrativas destinadas a manejar adecuadamente problemas ambientales. Estos criterios o lineamientos son previos al posible establecimiento de una norma.

Es indispensable establecer a la par que las normas, un conjunto de mecanismos que permitan averiguar cuándo, dónde y cómo es qué, una de tales normas, está siendo violada. Es además necesario contar con una escala de sanciones por violaciones a las normas, que tome en cuenta la gravedad y la duración del incumplimiento de la norma, y que las multas sean, de tal monto que efectivamente desincentiven la infracción de las normas. En cualquier otro caso el método regulatorio de control de la contaminación resulta inoperante.

Una política realista de prevención de la contaminación deberá contemplar además la creación de incentivos económicos y fiscales para que en el país se desarrollen técnicas y procesos eficientes, tomando en cuenta la realidad económica y social del país.

2. Las normas norteamericanas

La legislación norteamericana, que es una de las más desarrolladas al respecto, contiene dos figuras jurídicas importantes; por una parte están los "criterios" (*criteria*), que consisten en la información científico-técnica necesaria para establecer las normas de calidad, y por otra parte se encuentran los "objetivos" (*goals*). Estos últimos pueden ser de dos tipos distintos: objetivos relacionados con la calidad del ambiente (agua, aire, suelo) y objetivos concernientes a la emisión de contaminantes. Los objetivos de calidad del ambiente son definidos

como aquellos niveles de contaminación "deseables", que se pretende alcanzar en un tiempo dado.

En los "criterios" se analizan los estudios epidemiológicos, clínicos y experimentales, donde se establece cuál es el peligro a la salud humana y al ambiente, representado por la presencia de un contaminante específico en el medio ambiente. Es con base en estos estudios que se determina la concentración máxima permisible de un contaminante en un medio determinado. Una vez que se han fijado tales concentraciones máximas, se hacen las recomendaciones pertinentes para establecer los objetivos, tomando en cuenta las condiciones económicas y técnicas prevalecientes. Al final del proceso, que comprende un lapso suficiente, se establecen las normas o estándares, tomando en cuenta las consideraciones políticas y administrativas pertinentes.

Por otro lado, las normas relativas al control de emisiones se refieren a medidas directas sobre contaminantes específicos; y son legalmente obligatorias, siempre que se hayan establecido para la región en la que se encuentre la fuente contaminadora a la que se le pretende aplicar y para el tipo de contaminantes emitidos, por esa fuente particular. Estas normas son herramientas legales para el control local de problemas de contaminación, y se definen en función tanto de la cantidad de un contaminante particular como de los volúmenes y los flujos emitidos por una industria. Además de esto, se toma en cuenta para la definición de la norma las características particulares del proceso industrial del que se esté tratando y de la ubicación de la fuente de contaminación.

En el proceso de emisión, aplicación y evaluación de una norma se hallan involucrados tanto el gobierno, en su papel de regulador, como los expertos científico-técnicos, como asesores; el público o la población afectada, como aplicadores y la industria contaminadora, que es la posible afectada económicamente por la imposición de normas.

Existen por tanto tres niveles de acciones necesarias para el establecimiento de una norma: las de tipo científico-técnico, las de carácter político y social, y por último las legales-administrativas.

En México en 1982 la SS expidió un acuerdo en el cual se establecen las concentraciones de los diversos contaminantes aéreos que serán los criterios mediante los cuales se determinará la calidad del aire. En el acuerdo aparece la lista de contaminantes aéreos reconocidos por la mencionada Secretaría. Esta lista elaborada en el año de 1976 por un grupo de expertos provenientes de los sectores público, privado y social, consta de los siguientes temas: el bióxido de azufre, el monóxido

do de carbono, el bióxido de nitrógeno, el ozono y el total de las partículas en suspensión.

Este acuerdo se basa tanto en la Ley Federal de Protección del Ambiente de 1982, como en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación originada por la Emisión de Humos y Polvos, de 1971, ambos abrogados en 1988. Sin embargo, en la LGEEPA y en el nuevo Reglamento en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica, no existen bases que permitan definir los criterios que fundamentan las normas de calidad del aire para cada uno de los contaminantes que se consideran prioritarios para su control.

En ninguno de estos textos se ha establecido, tampoco, a qué dependencia del poder ejecutivo compete supervisar el cumplimiento de estos criterios; también se omite señalar cuáles podrían ser las metas (*goals*) que el ejecutivo federal se impone con respecto a la calidad del aire.

Por último se debe señalar que en la ley y el reglamento mencionados están ausentes las necesarias consideraciones científico-técnicas en relación a los estándares de calidad del aire utilizados en otros países. Es deseable, a este respecto, que las normas técnicas que establezca la SEDUE sobre emisiones a la atmósfera, tengan como base los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente, que debe determinar la SS, actualizando el acuerdo de 1982.

Una norma o estándar de calidad del aire es según la definición de la Clean Air Act una regla cuyo logro y mantenimiento, con un margen de seguridad adecuado, es un requisito para proteger la salud pública, de acuerdo al juicio del administrador de la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos de Norte América (EPA). Este administrador debe basar su juicio en los criterios de calidad del aire a los cuales ya se ha hecho referencia, la norma técnica ecológica mexicana la define la LGEEPA, pero no tiene referencia a la salud.

En el artículo tercero del acuerdo de 1982 se estipula que los lineamientos para evaluar la calidad del aire servirán como referencia para definir las metas a alcanzar en un mediano plazo en aquellas áreas en las cuales actualmente se pueda presentar una degradación del aire por efectos de la contaminación. A la fecha en 1992 la única región del país donde existe una red de monitoreo continuo de la calidad del aire es la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), que es en donde continuamente se sobrepasan las concentraciones fijadas para cada contaminante, con excepción de las concentraciones de SO₂, CO y NO₂.

Es notable que, a pesar de no existir normas de calidad del aire, en el Reglamento en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica, en el capítulo IV, queda estipulada la competencia y los lineamientos para establecer y operar los sistemas de monitoreo del aire, así como para establecer un sistema nacional de información de la calidad del aire, es decir que el monitoreo que se realiza es con base en un criterio y no en un seguimiento de normas.

El objetivo de medir y monitorear es cumplir con la norma, para saber quiénes no están cumpliendo y dar un plazo para su cumplimiento y así llegar a la meta del criterio. Por ello el avance en el conocimiento de los efectos dañinos de la exposición humana a los contaminantes, hace necesaria una revisión de las concentraciones establecidas en 1982, además de que las condiciones socio económicas que influyen de manera indirecta en la fijación de esas concentraciones también han variado de entonces a la fecha. En este año 1992 se habrán cumplido, diez años desde el establecimiento de los criterios vigentes; este parece ser un plazo razonable para evaluar el cumplimiento de tales criterios o límites, cabe aclarar que el plomo no aparece en el acuerdo de 1982.

IV. RIESGOS A LA SALUD Y LA INDUSTRIA PETROLERA

1. *Riesgos a la salud*

Los riesgos a la salud se encuentran en el medio ambiente, en donde se desarrolla la vida de la población, en la comida que se ingiere, en las construcciones en donde se vive o se trabaja, en el transporte, en las actividades en que se invierte el tiempo libre, etcétera.

Dentro del campo de la salud ambiental únicamente son considerados aquellos riesgos que se encuentran relacionados con la presencia de factores adversos a la salud; en el aire, en el agua, en el suelo o en los alimentos (contaminación de los alimentos), o bien, aquellos otros riesgos que se presentan en actividades, procesos o situaciones que resulten peligrosas tanto para el ser humano como para su medio ambiente.

Para enfrentar este tipo de riesgos es necesario definir, en términos administrativos, qué es un riesgo para la salud; la naturaleza y la magnitud del mismo, las evidencias de su presencia y los medios factibles de protección contra sus efectos adversos. Por tanto, deben

llevarse a cabo por parte de las autoridades competentes un análisis completo y objetivo de todas aquellas condiciones que pueden ser peligrosas para la salud de la población, e implementar las acciones reguladoras para el manejo adecuado de las mismas.

2. *Análisis de riesgos*

Estos riesgos se analizan de la siguiente manera: primero se determina si existe o no un peligro, es decir, la presencia de una sustancia o de una condición que pueda afectar adversamente la salud humana, después de haber identificado un peligro es necesario caracterizarlo en términos cualitativos y cuantitativos por los efectos que pueda producir.

En este punto es necesario evaluar la probabilidad de que se presenten efectos negativos por la exposición a cada peligro específico, es decir, se debe evaluar cualitativa y cuantitativamente el probable grado de exposición para el ser humano. Con base en todos los pasos anteriores se llegan a definir diferentes niveles de riesgo, y se hace posible la clasificación de cada uno de los riesgos en el nivel que le corresponde (que puede ser bajo, mediano, alto, extremadamente alto). Tal clasificación sirve de base para las políticas administrativas de regulación y control.

Un análisis de riesgo debe contemplar tanto las bases científico-tecnológicas que determinan la probabilidad en la causalidad de un peligro, como la perspectiva político administrativa, que permite la correcta determinación de los márgenes de seguridad para cada población, y que involucra además la aceptación consciente, por parte de la sociedad, de un riesgo. Por último, este análisis servirá de base para que desde el ámbito legislativo-administrativo se desarrollen las medidas necesarias de control y regulación.

3. *Energéticos y riesgos a la salud*

Es desde esta perspectiva desde donde se ha tratado de analizar el riesgo global que para la sociedad implican los diferentes sistemas energéticos, actualmente en uso o proyectados. En tal análisis pueden incluirse sólo aquellas actividades relacionadas con la operación del sistema energético, o ser consideradas actividades o procesos industriales como, por ejemplo, las de construcción, transporte, etcétera; por

lo general se aplica, esta segunda opción. Es importante, al determinar el riesgo global, considerar no sólo los riesgos que se presentan para la población en general, sino también los riesgos ocupacionales relacionados con el total del ciclo energético de los productos utilizados como combustibles.

Estos análisis se han llevado a cabo con objeto de hacer comparaciones entre los diferentes sistemas de combustibles fósiles y aquellos que utilizan fuentes renovables de energía o bien, de los que utilizan la energía nuclear.

Estas comparaciones no han sido del todo correctas, ya que falta una estructura conceptual que permita hacer comparaciones con un valor intercambiable entre diferentes tipos de riesgos. Los riesgos para la salud relacionados con los sistemas energéticos son cualitativamente diferentes. Cabe hacer diferencia, por ejemplo, entre los riesgos ocupacionales por un lado, y por otro los del ambiente en general, y entre los riesgos por catástrofes y aquellos que se presentan por exposición crónica.

En una situación ideal, las decisiones sobre las políticas energéticas se tomarían con base en la probabilidad y en la intensidad de los efectos de un riesgo dado. Sin embargo, en la actualidad esto no es posible, ya que sólo se cuenta con algunas aproximaciones analíticas imprecisas

En un estudio realizado por H. Inhaber respecto de los riesgos totales a la salud por el desarrollo de sistemas energéticos, el riesgo se mide en función de la cantidad de energía producida por el total de un sistema en megawatts-año. Como vida media efectiva de las unidades que conforman este sistema se estiman treinta años. Los daños a la salud fueron considerados en este modelo, o bien como número de muertes, de accidentes o de enfermedades, o como número de hombres-días perdidos por cada uno de los efectos antes citados, correspondiéndole a cada muerte un valor de 6,000 hombres-día perdidos.

La proporción de enfermedades relacionadas con el riesgo total que presentan los sistemas energéticos, incluyendo los riesgos ocupacionales y los riesgos para la población en general, en términos de hombres-día perdidos es, de acuerdo con Inhaber:

FUENTE	PROPORCIÓN TOTAL	PROPORCIÓN TOTAL MENOS LA CORRESPONDIENTE A LA CONTAMINACIÓN AÉREA
Carbón	0.98	0.01-0.02
Petróleo	0.99	0
Gas Natural	0.08	0
Nuclear	0.34-0.52	0.27-0.45.
Hidroeléctrica	0.01	0

Nota: Se excluyen los datos referentes a sistemas de energéticos renovables, ya que son los menos precisos y aceptados.

La alta proporción de enfermedades que se relacionan con el uso de la energía derivada del carbón y del petróleo, se debe principalmente a las enfermedades provocadas en la población en general por la contaminación atmosférica y, específicamente, por la contaminación por bióxido de azufre y partículas.

Los mismos datos mostrados de otra manera, tomando el riesgo como el número de hombres-día perdidos/megawatt-año son los siguientes (recuérdese que cada muerte se cuenta como 6,000 hombres-día perdidos):

Para el área ocupacional tenemos:

Carbón=60, Hidroeléctrica=25, Petróleo=20, Nuclear=8, Gas Natural=5.

Para el área de salud pública tenemos:

Carbón=3000, Petróleo=1000, Hidroeléctrica=10, Nuclear=3.5, Gas Natural=0.06

De tal manera que es evidente que en un orden del de mayor al de menor riesgo total los sistemas energéticos se encuentran de la siguiente manera:

Carbón > Petróleo > Hidroeléctrica > Nuclear > Gas Natural.

4. *Petróleo y riesgos a la salud*

Los riesgos a la salud relacionados con la utilización del petróleo y sus derivados se presentan en cada una de las etapas del ciclo energético correspondiente, desde su explotación hasta sus usos. Es evidente

que en cada una de estas etapas es diferente el sector de la población que se expone a dichos riesgos; en las primeras etapas de exploración, explotación, transportación y refinación, la población en riesgo está constituida principalmente por trabajadores. En esta fase se presentan procesos con un alto grado de accidentabilidad, es por ello que en las áreas de exploración y explotación las medidas de control están reguladas en función de la seguridad del trabajador principalmente. Sin embargo, dentro de las medidas de control de accidentes deben estar comprendidas las relativas a los asentamientos humanos y la definición correspondiente a las responsabilidades de la industria petrolera, en caso de ocurrir un siniestro que afecte no sólo sus instalaciones, sino también a la población aledaña a las mismas.

Por otro lado, dentro del análisis de riesgo correspondiente a los energéticos, también se ha considerado el riesgo a que está expuesta la población en general, que recibe las emisiones provenientes de las diferentes fuentes que utilizan como combustibles a los mismos, o a sus derivados.

La salud de la población puede verse afectada como resultado de un accidente que provoque, entre los expuestos, daños de diferente gravedad, lesiones irreversibles, incapacidades e incluso la muerte. A la vez, se presentan riesgos acumulativos, a mediano o a largo plazo, por exposición continua o intermitente a ciertos peligros entre la población trabajadora, entre la población vecina a las instalaciones de la industria o entre la población en general que habita en regiones altamente contaminadas por el uso desmedido de combustibles derivados del petróleo.

En la actualidad no existen en ningún país estadísticas de salud o de siniestralidad que registren la incidencia de lesiones, enfermedades y accidentes, con sus respectivos grados de severidad, relacionados con las circunstancias ocupacionales o residenciales de los afectados.

Sí existen, sin embargo, los registros de mortalidad asociados a diferentes regiones de un país y a diferentes actividades. Por tal motivo, se han tomado este tipo de datos, aparentemente parciales, para establecer los riesgos asociados a diferentes circunstancias de exposición a riesgos. Con base en datos actuariales, es posible establecer una relación entre: el número de muertes y el número de posibles enfermos para una determinada enfermedad; así como el número de muertes y el posible número de lesionados para diferentes tipos de accidentes, de tal manera que el número de muertes es un indicador general de riesgo.

Para poder comparar el riesgo por el uso de diferentes tipos de combustibles, se utiliza un modelo en el que se considera el riesgo de muerte por la utilización de diferentes combustibles en la producción de energía eléctrica, y se especifica como número de muertes por gigwatt-año de energía eléctrica (muertes/GWa(e)). Un gigwatt-año equivale a un millón de kwatts por año y sería la energía eléctrica producida por una termoeléctrica que trabajase continuamente a una velocidad de 1000 Mwatts/año. Para dar una idea de la energía representada por un Gwatt, podemos mencionar que la producción de energía eléctrica en los Estados Unidos en 1980, fue de 270 Gwatts.

Al utilizar este modelo, se ha concluido que el riesgo ocupacional medido en una escala logarítmica, que va de 0 a 10 muertes/GWa(e), para los combustibles derivados del petróleo se tiene un valor de una muerte/GWa; si las condiciones de explotación son inseguras este valor aumenta en magnitud. Se debe hacer notar que este riesgo corresponde a exposiciones intensas de corta duración, de tipo accidental, sin considerar lo que se conoce como accidentes severos. Por otro lado, no se tienen suficientes datos para poder cuantificar el riesgo de mortalidad ocupacional a largo plazo, relacionada con el petróleo y sus derivados.

El riesgo entre la población general por causa de accidentes, sin considerar los severos, se encuentra entre 0.1-1 muertes/GWa(e) en una escala logarítmica de 0-10. En general se considera que las muertes ocurridas en accidentes, que se presentan durante el transporte de los combustibles, y el riesgo, se encuentran en función de la distancia recorrida y de la cantidad de combustibles transportada.

El riesgo entre la población en general por exposición a largo plazo se presenta por la utilización de los combustibles y por la emisión a la atmósfera de sustancias dañinas para la salud. Los efectos de estas emisiones son por lo general inespecíficos y se pueden asociar con otras causas, pero no es imposible ignorar toda la evidencia que existe respecto de la relación entre las emisiones de SO₂, proveniente de los combustibles fósiles, y el desarrollo o exacerbación de enfermedades cardio-respiratorias. Tales enfermedades pueden incluso ocasionar la muerte, por tanto, de manera muy general e imprecisa, se ha considerado al SO₂ como el indicador de la toxicidad de las emisiones de los combustibles fósiles. No es correcto, sin embargo, establecer esta correlación con el contenido potencial y los efectos de otros contaminantes aéreos, productos primarios o secundarios de la combustión.

También se debe considerar que el tiempo de exposición a las emisiones es generalmente muy breve, pero que son compartidas por grupos poblacionales de grandes dimensiones. De los datos conocidos de exposiciones a niveles muy altos por periodos prolongados, se extrapola que las muertes que sería dable esperar, considerando las condiciones reales de exposición de una población en una ciudad promedio de un país desarrollado, se encuentran entre una y 10 muertes/GW(e).

Con el fin de poder realizar comparaciones entre distintos sistemas energéticos, se utiliza como base en cada uno de estos análisis a la producción de una cantidad fija de energía eléctrica. Sin embargo, estos mismos resultados pueden utilizarse para describir la producción de otros tipos de energía, ya sea calórica, mecánica, etcétera.

El riesgo asociado al uso de un combustible dado es proporcional a la cantidad del mismo que sea consumido y a la magnitud de las emisiones dañinas, están ambos factores relacionados con la cantidad de energía producida por unidad de tiempo.

De una manera general, en el modelo de análisis de riesgo comentado en esta sección, la comparación de riesgos entre el uso de los diferentes combustibles de origen fósil se muestra en el siguiente cuadro:

RIESGO	COMBUSTIBLE		
	CARBÓN	PETRÓLEO	GAS NATURAL
OCUPACIONAL			
ACCIDENTES	ALTO	MEDIO	MEDIO
ENFERMEDADES	MEDIO	NS	NS
POBLACIÓN GENERAL			
ACCIDENTES	MEDIO	BAJO	BAJO
ENFERMEDADES	ALTO	ALTO	NS
ACCIDENTES SEVEROS	ALTO	ALTO	ALTO

NS=No significativo

Se considera como accidente severo el evento que provoca 10 o más muertes simultáneas. En los datos de la Swiss Reinsurance Company para el periodo de 1969-1986 se cuenta con los siguientes datos estadísticos.

En relación al uso de carbón, se registraron 62 accidentes severos que ocurrieron como desastres en las minas de carbón con un número de muertos por evento entre 10-434 y un promedio de muertes/año mayor a 200.

Para el petróleo se registraron seis accidentes severos en las plataformas, con un número de muertes por evento entre los 6 y los 123; se registraron 15 incendios con explosiones en refinerías con un número de muertes por evento entre 5 y 145 y un promedio anual de 25 muertes; por último, se registraron 42 incendios con explosiones durante el transporte con un número de muertes entre 5-500 por evento y un promedio anual de 90.

En relación al uso de gas natural, se registraron 24 incendios con explosiones en diferentes tipos de instalaciones y de transporte con un número de muertes por evento entre los 6 y los 452, y un promedio anual de 80.

5. *Riesgos laborales en Pemex (1990).*

En el último reporte estadístico, correspondiente a los dos primeros cuatrimestres de 1990, que sobre riesgos del trabajo publica la Comisión Consultiva Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, Pemex informa sobre sus riesgos de trabajo sólo los correspondientes a accidentes de trabajo y a accidentes en trayecto, pero no reporta enfermedades de trabajo, tampoco, a diferencia de otras fuentes, desglosa sus datos por entidades federativas. Las cifras correspondientes son las que a continuación se presentan: 4,438 riesgos de trabajo, de éstos 4,262 fueron accidentes de trabajo y 176 accidentes en trayecto. Los días de incapacitación por riesgos de trabajo en estos ocho meses de 1990 fueron 265,164 y se registraron 455 incapacidades permanentes y 17 defunciones, todo esto por accidentes. De las 455 incapacidades permanentes 266 (58.5%) se dieron en el área correspondiente a la extracción petrolera, 112 (24.5%) en la de industrialización, 29 (6.4%) en construcción, 28 (6.2%) en trayecto y 20 (4.4%) en servicios. De las defunciones 11 (64.7%) se presentaron en la extracción, 4 (23.5%) en la industrialización y 2 (12.8%) en servicios.

En este punto es necesario enfatizar que los riesgos no son sólo

números aislados, sino datos relacionados con una situación en la cual se debe tomar una decisión, que no puede ser concebida sin considerarse previamente las diferentes medidas de seguridad para disminuir el peligro inherente. También deben ser evaluados los costos y los beneficios de cada una de estas opciones, y se debe seleccionar la que a juicio de quien toma las decisiones sea la más adecuada. Recordemos que ninguna de las opciones viables reducirá el riesgo a cero, por tanto, debe decidirse cuáles son los riesgos considerados como aceptables. Los riesgos aceptables forman la base para determinar los límites máximos permisibles y las normas de seguridad.

Es indudable que la calidad de la vida en general mejoró notablemente después de la revolución industrial, y hasta el momento se sigue considerando que los beneficios por el uso masivo de energéticos sobrepasa los riesgos asociados. Esta visión está cambiando, dadas las dimensiones y características de los riesgos a los cuales se puede enfrentar la humanidad en un futuro cercano por el uso indiscriminado de las fuentes energéticas. Por tanto, el punto a discusión, tanto en el nivel nacional como en el internacional, es la relación costo/beneficio asociada con el uso de las diferentes fuentes de energía, y cuál sería la forma más apropiada para incrementar la producción de energía, en caso de que ello fuese necesario.

V. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA, CONTROL Y SALUD

1. *Contaminación atmosférica y salud*

La presencia en el aire de partículas en suspensión con diámetros menores a 10 micrómetros en una región dada, así como partículas de plomo, monóxido y bióxido de carbono, bióxido de nitrógeno, bióxido de azufre y de hidrocarburos volátiles, dependen tanto de la cantidad y calidad de los procesos de combustión que se lleven a cabo en la región considerada, como del tipo y calidad de los combustibles que se utilicen en dichos procesos.

El total de las partículas en suspensión puede ser dividido en dos grandes clases de acuerdo con sus dimensiones. Las partículas que exceden a los 25-50 micrómetros de diámetro, el 50% de las cuales son de origen natural, son consideradas como de baja peligrosidad para el ser humano, ya que su tamaño no permite el que sean inhaladas. Estas partículas de grandes dimensiones constituyen casi la totalidad de la

concentración de partículas totales suspendidas. El otro grupo está constituido por partículas con diámetros menores a los 10 micrómetros; son consideradas de alta peligrosidad tanto por su composición química como por el hecho de que pueden ser inhaladas por los seres humanos.

Existen contaminantes llamados secundarios, que no son emitidos directamente por las fuentes contaminantes; el ozono y las precipitaciones ácidas son dos ejemplos de este tipo de contaminación. La formación del ozono depende de la concentración y proporción relativa en el aire de los óxidos de nitrógeno y de los compuestos orgánicos volátiles fotorreactivos, así como de la presencia de luz solar.

Es similar el caso de la precipitación ácida, compuesta por partículas que provienen de reacciones en las que participan el bióxido de azufre y el bióxido de nitrógeno atmosféricos. Las partículas de ácido sulfúrico y de sulfatos provienen del bióxido de azufre, en tanto que los nitratos son productos del bióxido de nitrógeno.

Al desarrollarse el control de la contaminación atmosférica, se ha hecho claro que la producción de contaminantes primarios y secundarios por el uso de combustibles fósiles está relacionada con la presencia en los mismos de distintas sustancias, algunas de las cuales les son agregadas en su procesamiento industrial. Por tanto, existe una tendencia mundial a disminuir en los combustibles todo componente precursor de contaminantes atmosféricos, en particular, el uso del tetraetilo de plomo en las gasolinas para automotores ha sido prácticamente abolido; todo esto a pesar de los costos que tales cambios le imponen no sólo a la industria automotriz, sino también al consumidor, quien finalmente asume la carga económica.

Un 80% del plomo que se encuentra en la atmósfera proviene de las emisiones de los automotores que utilizan gasolina con tetraetilo de plomo. Este metal es un tóxico muy dañino para el ser humano, ya que tiende a acumularse en la sangre, en el tejido óseo y en algunos órganos; afecta principalmente el funcionamiento del sistema nervioso, los riñones y el aparato cardiovascular. Los niños pequeños son especialmente susceptibles a los efectos del plomo.

De acuerdo con datos publicados en el año de 1981 en los Estados Unidos, una disminución en un 48% en la concentración del plomo en gasolina, aunada a una reducción de un 56% en el consumo de gasolinas con plomo, significó para tal país el descenso de un 37% en los niveles sanguíneos de plomo de la población en general; esto fue logrado en un periodo de cinco años, de 1976 a 1981. Estas cifras

muestran por sí mismas la conveniencia de abolir el uso del plomo en la gasolina.

La gasolina utilizada en México en 1982 contenía 1.98 ml de tetraetilo de plomo por galón; después de reconocerse en el país que la fuente principal del plomo atmosférico era la combustión de la gasolina que contenía este metal, el contenido del mismo se redujo de tal manera que en 1986 la concentración del tetraetilo de plomo oscilaba entre 0.5 a 1 ml por galón de gasolina. Ese mismo año se puso en el mercado la gasolina "Extra" con un contenido de plomo de 0.05 grs por galón, para ser utilizada en automotores con convertidores catalíticos. En 1990 en México se empieza a distribuir la gasolina sin plomo, que contiene un máximo de 0.01 grs de plomo por galón, de uso indispensable para los automotores con convertidor catalítico. Además de las modificaciones en las gasolinas, es necesaria la renovación del parque vehicular existente por modelos técnicamente más desarrollados, que permitan un mayor consumo de las gasolinas sin plomo.

De igual importancia para la salud pública resultan los esfuerzos emprendidos en la mayoría de los países, incluyendo a México, para disminuir el contenido de azufre en los combustibles de origen fósil, y propiciar el uso de combustibles con baja concentración de azufre. Tales esfuerzos tienen por resultado una disminución en las emisiones de bióxido de azufre a la atmósfera, y en la consecuente disminución de precipitaciones ácidas.

Al respecto cabe hacer mención de la reducción en el contenido de azufre de las gasolinas, diesel y combustóleo que se ha venido realizando en México a partir de 1986.

Actualmente se cuenta con cuatro plantas hidrosulfuradoras con una producción de 100 mil barriles diarios de diesel con un contenido de azufre del 0.5% en lugar del contenido anterior del 11%. También se produce combustóleo ligero con un contenido de azufre del 3%, y se tiene en proyecto el desarrollo de plantas hidrosulfuradoras del mencionado combustible para reducir su contenido de azufre hasta un 0.8%.

Durante la temporada invernal se entregan 180 millones de pies cúbicos de gas por día a las dos termoeléctricas del Valle de México, para sustituir el uso del combustóleo y reducir aún más la emisión de bióxido de azufre.

Un análisis exhaustivo, realizado a nivel internacional, de los episodios de alta contaminación ocurridos en diversos países industrializados,

zados, entre los años 40 y 60, mostró que la contaminación por bióxido de azufre y partículas ácidas derivadas del mismo, provocó un aumento en la morbi-mortalidad de las poblaciones expuestas. Tal aumento se debió principalmente a enfermedades cardio-respiratorias entre los seres pertenecientes a los grupos más sensibles de la población, es decir, los niños, los ancianos y aquellas personas previamente enfermas. También se encontró que existe una relación entre la frecuencia con que se presentan las enfermedades respiratorias agudas y crónicas, en una población dada, y su residencia en regiones que presentan niveles anuales de bióxido de azufre y partículas por arriba de lo permitido.

De acuerdo con los datos anteriores, el mantener las concentraciones atmosféricas, diarias y anuales, de bióxido de azufre y sus derivados dentro de los límites permitidos es indispensable para preservar la salud pública, asimismo se debe recalcar que son estos contaminantes los que más frecuentemente se han asociado a situaciones de emergencias atmosféricas. En la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) las concentraciones diarias de bióxido de azufre se mantienen por debajo de los límites permisibles, sólo durante la temporada invernal tienden a elevarse en las áreas norte, en donde, además, se pueden presentar "picos" de concentraciones horarias altas.

Entre los contaminantes derivados de los combustibles de origen fósil, el monóxido de carbono es el que se produce en mayor cantidad; en México se ha calculado que entre el 51 y el 57% de las emisiones de contaminantes en la ZMCM corresponden a este gas, el cual es emitido principalmente por los automotores. La combustión de cualquier combustible carbonáceo produce, entre otros, dos compuestos: el bióxido de carbono y el monóxido de carbono; si la combustión es completa y se lleva a cabo en presencia de un exceso de oxígeno se produce una mayor cantidad del primero, en tanto que la falta de oxígeno provoca una combustión incompleta y un aumento en la producción del monóxido de carbono.

Debido a la altura a la que se encuentra nuestra ciudad, la concentración de oxígeno en el aire de la ZMCM es un 23% menor que la concentración del mismo al nivel del mar; esta situación provoca que, cuando se utilizan vehículos de combustión interna diseñados para operar a nivel del mar, la combustión sea incompleta y se genere una mayor cantidad de monóxido de carbono.

En México, a partir del mes de noviembre de 1989, se le adiciona a las gasolinas el compuesto metil-terbutil-éter, MTBE, que actúa au-

mentando la cantidad de oxigenación del combustible, lo que provoca una reducción en la emisión de monóxido de carbono. Según los informes presentados por Pemex en 1990 la emisión de dicho gas fue un 15% menor a los niveles anuales registrados anteriormente.

Desde la perspectiva de la salud pública, el riesgo de daños a la salud por exposición al monóxido de carbono en concentraciones ambientales es relativamente bajo. Sin embargo, las personas con enfermedades cardiovasculares son extremadamente sensibles a la presencia de este contaminante. Los síntomas de estos enfermos se pueden exacerbar después de exponerse por varias horas a las concentraciones de monóxido que se registran en los sitios con un intenso tráfico vehicular.

También los enfermos pulmonares crónicos, los ancianos y los recién nacidos son potencialmente poblaciones de mayor riesgo.

En la ZMCM los niveles más altos de monóxido de carbono se han registrado en el área noroeste, donde en 1990 se llegó a rebasar más de 35 ocasiones el límite permitido para un promedio de ocho horas.

Con relación a la concentración atmosférica de los óxidos de nitrógeno, y en especial del bióxido de nitrógeno, el riesgo que representan para la salud pública está más ligado con su contribución a la formación del "smog fotoquímico" y con sus posibles efectos adversos en la población general. Al respecto, cabe señalar la existencia de evidencias experimentales que tienden a confirmar el efecto potenciador de la exposición al bióxido de nitrógeno en el desarrollo de infecciones respiratorias.

En la ZMCM no se han registrado concentraciones de bióxido de nitrógeno por arriba de las señaladas en los límites, y las medidas para disminuir sus emisiones están relacionadas con el uso de gasolinas de mejor calidad y automotores más eficientes.

El ozono y otros compuestos similares constituyen el grupo de los oxidantes fotoquímicos; como ya se había mencionado, estos oxidantes se forman por la reacción fotoquímica entre los óxidos de nitrógeno y algunos compuestos orgánicos volátiles. En toda región en donde se conjunte la presencia de numerosas fuentes de emisión de óxidos de nitrógeno y de hidrocarburos, así como una intensa insolación, los niveles de los oxidantes fotoquímicos se elevan, y su control, en parte, dependerá del control de las emisiones de sus precursores.

A partir de 1986, al establecerse en la ZMCM la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, se cuenta con un registro continuo de las

concentraciones de ozono en el aire de esta ZMCM. De esta manera es posible medir la frecuencia con la que se registran concentraciones de ozono por arriba de los límites permitidos durante varias horas al día, y durante las estaciones del año, en las áreas monitoreadas. Tales excedentes en los límites se observan en las áreas suroeste, centro, noroeste y sureste principalmente.

Los criterios sobre el riesgo provocado por la exposición al ozono en concentraciones ambientales han variado debido al análisis de evidencias, principalmente experimentales, que se han generado durante varios años en diversos países.

Actualmente son bien conocidos los efectos nocivos agudos del ozono que se presentan entre las personas más sensibles de la población general; estos efectos son de mayor intensidad cuando la exposición se lleva a cabo durante la realización de actividades físicas intensas.

Los efectos agudos a los que nos referimos son: irritación de las conjuntivas, de la garganta y la nariz, tos, dificultad y dolor durante la respiración profunda, opresión en el pecho, malestar general, debilidad, náusea y dolor de cabeza, así como disminución del funcionamiento respiratorio.

Por otro lado, las nuevas evidencias experimentales indican la existencia de un riesgo a la salud relacionado con un mayor tiempo de exposición, que puede presentarse en aquellas regiones donde la concentración de ozono se mantenga elevada durante todo el año. Estas evidencias muestran que la exposición crónica a este contaminante origina lesiones permanentes en el tejido pulmonar.

Las medidas llevadas a cabo por la industria petrolera para controlar la producción de los oxidantes fotoquímicos, han consistido en implementar tecnologías para la obtención de componentes de la gasolina con una reactividad fotoquímica más baja (isomerización de pentanos y hexanos); la reducción de las emisiones de hidrocarburos al utilizarse gasolina oxigenada; la instalación de membranas internas flotantes en los tanques de almacenamiento del petróleo y sus derivados líquidos para evitar la evaporación de compuestos volátiles orgánicos; la instalación de equipos para la recuperación de vapores de gasolina en las terminales de recibo y distribución de combustibles y, a partir de junio de este año, la instalación de estos equipos en las gasolineras instaladas en las regiones contaminadas.

2. Medidas de control de la contaminación generada por la industria petrolera en los Estados Unidos

En los Estados Unidos, en 1977, se estableció que cada estado presentaría dos listas distintas: una en donde se consignaran todas aquellas regiones del Estado que cumplieran con los estándares requeridos de calidad del aire y otra, de las regiones en donde la calidad fuese inadecuada. Para estas últimas, se debían presentar planes para alcanzar y mantener los estándares de calidad del aire. En estos planes se solicitaban tecnologías de control razonablemente alcanzables para las fuentes ya existentes, y para las fuentes nuevas o modificadas se solicitaba implementar la mejor tecnología económicamente posible. De acuerdo con estas propuestas, en 1982 se publicó una lista completa, por categorías, de las principales fuentes estacionarias, y se establecieron sus normas de funcionamiento y emisión de contaminantes. Entre estas fuentes se encuentra la categoría correspondiente a las refinerías de petróleo.

De las emisiones producidas en las refinerías se regulan diversas características, como su opacidad y las concentraciones de monóxido de carbono y bióxido de azufre. También se regulan las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles (VOC), provenientes de los tanques de almacenamiento de líquidos del petróleo (que se definen como: petróleo, condensados y cualquier producto terminal o intermedio manufacturado en una refinería). Al respecto vale la pena mencionar que no existen estándares de calidad del aire para los VOC que, son precursores de los oxidantes fotoquímicos; por tanto, al regular la emisión de VOC fotorreactivos se podría controlar la concentración de oxidantes fotoquímicos en el aire, principalmente del ozono en el caso de la ZMCM.

En las modificaciones de 1990 a la Ley del Aire Limpio (Clean Air Act) de los Estados Unidos, en la cual las referencias a los estándares primarios de calidad del aire, se hacen en términos de estándares de salud, se requiere que, en las áreas con problemas de contaminación por ozono, se reduzcan las emisiones de VOC en un 3% anual, hasta que se alcance el estándar requerido.

Por otro lado, en las gasolineras donde se despachen más de 38,000 litros de gasolina por mes se deben instalar equipos en las bombas para reducir la emisión de VOC, si es que se hallan en áreas donde se exceda el estándar de ozono; en el caso de pequeños establecimientos la cantidad será de 19,000.

Los programas de mantenimiento e inspección vehicular se pondrán nuevamente en marcha en aquellas regiones con problemas de ozono y CO. En las modificaciones de 1990 también cambia la definición de fuentes mayores, de tal manera que las consideradas fuentes menores de VOC entran ahora dentro del control de emisiones (45 toneladas métricas, tons.m., en áreas con contaminación de moderada a seria, 22.5 tons.m. en áreas de contaminación severa y 9 tons.m. en áreas con contaminación extrema).

En la Section Unit 2 del título II con respecto a vehículos automotores se asienta que los autos contribuyen con un 50% al total de las concentraciones de ozono y con un 90% al total de CO. Sin embargo, no sólo son los vehículos los que causan la contaminación, sino también los combustibles que utilizan.

Por esto se implantó el uso obligatorio de gasolina reformulada en las áreas en donde la contaminación de ozono es más severa. Esta gasolina debe tener para el año de 1995 un 15% menos de emisiones de VOC y tóxicos, con un contenido de oxígeno de 2.7% en las ciudades con problemas de contaminación por CO. Para tal efecto se promoverá el uso de aditivos tales como el metanol, el etanol y el MTBE, así como estándares de contenido para aromáticos y benceno.

Lluvia ácida. Se pretenden reducir las emisiones de SO₂ por 9 millones de tons/año, así como a 1.8 millones de tons/año las de NO_x, a través de programas económicos especiales, que contemplan reducciones de diversa magnitud en las emisiones, dependiendo de la fuente, el área y la categoría o giro comercial del que se trate. Para cada uno de estos programas de reducción de contaminantes se tienen proyectadas dos fases distintas. Para el SO₂ la primera fase se inicia en 1995 y la segunda en el año 2000, mientras que para NO_x la primera fase iniciará en 1993, para pasar a una segunda fase en 1997.

VI. EMISIÓN DE HIDROCARBUROS Y SU CONTROL

1. *Compuestos de hidrocarburos y la salud*

Diferentes compuestos pertenecientes al grupo de los hidrocarburos se encuentran en varias concentraciones en el aire de los centros urbanos e industriales. Al menos se han llegado a detectar más de mil diferentes compuestos orgánicos en el aire, cuyas fuentes de emisión se considera son motores de combustión interna o externa, que utili-

zan gasolina, diesel o gas natural como combustibles, además de una aportación menor por el humo del tabaco y de las fuentes naturales.

De entre los hidrocarburos, el metano es el compuesto que se encuentra en mayor concentración en el aire, entre 1.3 y 4 ppm, los demás se encuentran en concentraciones mucho menores, del orden de partes por billón, ppb. De éstos, los más abundantes son el etano, el propano, el butano, el pentano y el isopentano, cuyas concentraciones oscilan entre las 50 y las 200 ppb. La concentración aérea del benceno en las grandes ciudades es alrededor de las 0.025 a 57 ppb.

Los hidrocarburos en general, en las concentraciones que se encuentran en la atmósfera, no representan un riesgo significativo para la salud o el bienestar de la población. No obstante, deben ser controlados en función de su contribución al *smog* fotoquímico, el cual sí representa un peligro real para la población y para el ecosistema. La única excepción la constituye el benceno, el cual, aun a las concentraciones tan bajas que se encuentra en el aire, se puede considerar como un riesgo para la salud, en exposiciones intermitentes por periodos largos.

El metano y otros hidrocarburos como son el etano, propano, butano, etileno, propileno y acetileno, se encuentran entre los gases considerados asfixiantes, que a concentraciones muy altas pueden reemplazar al oxígeno y provocar asfixia, pero en general su concentración es tan baja que ni en el medio ocupacional se encuentran límites máximos permisibles. Sin embargo, ya que estos gases se están usando como propelentes en sustitución de los carburos cloro-fluorados, es de hacerse notar que entre los "inhaladores de aerosoles" el uso continuo de estos gases puede producir una sensibilización cardiaca a la epinefrina, de tal manera que a concentraciones normales de epinefrina se puede presentar fibrilación ventricular e incluso paro cardiaco.

Otros hidrocarburos, a concentraciones altas, producen irritación del tracto respiratorio y son depresores del sistema nervioso central. Para estos compuestos se presentan límites de concentración en el medio ocupacional, principalmente para el hexano, el que ha sido asociado con polineuropatías en personas que han sufrido una exposición crónica al mismo. Ninguno de los hidrocarburos alifáticos volátiles tienen efectos carcinogénicos; sin embargo, los hidrocarburos con un número de carbonos de doce o más pueden ser promotores del cáncer. Debe hacerse notar, no obstante, que los hidrocarburos con estructuras lineales de más de ocho carbonos no son volátiles a las temperaturas ambientales.

De los hidrocarburos aromáticos, que a concentraciones altas son depresores del sistema nervioso central, los más conocidos son el benceno, el tolueno y el xileno. El más tóxico de éstos es el benceno. En seres humanos que han estado expuestos ocupacionalmente a concentraciones de benceno, desde las 60 ppm hasta las 105 ppm durante varios años, se ha encontrado el desarrollo de patologías: aberraciones cromosómicas en los leucocitos, pancitopenia y leucemia. Por tanto, se recomienda establecer un límite permisible en el medio ocupacional lo más bajo posible, entre 1-10 ppm por ocho horas de trabajo.

El grupo de Carcinogen Assessment de la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos estimó que el riesgo de desarrollar leucemia entre la población general expuesta a concentraciones de benceno de 1 ppb durante varios años era de 90 casos por año, lo que representaba en el año de 1973 entre el 0.23 y el 1.62% del total de muertes por leucemia en ese país.

2. Toxicidad de la gasolina

La inhalación en cantidades elevadas de vapores de gasolina puede causar narcosis, coma y muerte súbita, debido a un efecto depresor severo del sistema nervioso central, que ocasiona parálisis respiratoria. La concentración requerida para que se presente una intoxicación severa es de 10,000 ppm, por cuatro o cinco minutos. Entre las personas que tienen como hábito la inhalación de gasolina se presenta pérdida de apetito y de peso, debilidad muscular, calambres y daños a diferentes órganos. Los valores máximos permisibles para los vapores de gasolina están basados en los valores correspondientes de los diferentes componentes de las gasolinas, y en los Estados Unidos se considera, en el medio ocupacional, un valor de 300 ppm por ocho horas de exposición. En un estudio llevado a cabo en siete gasolineras de los Estados Unidos se encontró que durante las operaciones de carga de gasolina no se excedían los 100 ppm de concentración de vapores de gasolina, y que la concentración por ocho horas en estas gasolineras en diferentes días no excedieron de 114 ppm.

La gasolina contiene más de 200 diferentes clases de hidrocarburos, la principal fracción volátil la constituyen los hidrocarburos saturados, que contienen de cuatro a diez carbonos por compuesto, y los hidrocarburos aromáticos. En los vapores se encuentran en mayor concentración: butano, isopentano y metilbuteno y, en proporción mucho menor, el hidrocarburo aromático denominado tolueno.

3. *Compuestos orgánicos volátiles*

Un compuesto orgánico volátil es cualquier compuesto orgánico que participa en reacciones fotoquímicas atmosféricas y que, además, se mide por un método especial de referencia en los Estados Unidos (40 Code of Federal Regulations, Part 60.2). Se clasifican estos compuestos de acuerdo con su reactividad fotoquímica, su interacción con el ozono estratosférico y por sus efectos sobre la salud. Al respecto se han publicado listas de aquellos VOC que, por su baja reactividad fotoquímica no deben ser regulados o controlados. En segundo lugar, se consideran los VOC de baja reactividad, pero que afectan la capa de ozono, y se pensó que su control era de prioridad menor a la de los compuestos más reactivos, que afectan a la salud. Sin embargo, este criterio se ha modificado en los últimos meses, en función de los datos que muestran la acelerada destrucción de la capa de ozono. El resto de los VOC, según la lista que se presenta, son los que se consideran como prioritarios para su control.

Las emisiones de VOC provienen primariamente de fuentes móviles y de los almacenamientos de petróleo crudo y de sus productos volátiles, es decir, gasolinás, combustóleos, etcétera. En segundo lugar, se encuentra la contribución de los solventes orgánicos que se utilizan para cubrir superficies, como desgrasantes o para otras aplicaciones.

En el año de 1974 se determinó, de acuerdo con la técnica de Mayersohn y Crabtree, que la contribución de hidrocarburos volátiles al aire de la ciudad de Los Ángeles provenía en un 75% del uso de los automóviles. Por otra parte, en la totalidad de los Estados Unidos se estimó que en 1977 la aportación por fuentes móviles era el 41% del total; en otras regiones de ese país en donde se considera existen problemas atmosféricos por la emisión de hidrocarburos volátiles, como son ciertas ciudades de Texas, específicamente Houston, se estimó que sólo el 35% de las emisiones de hidrocarburos volátiles provenían de las fuentes móviles, mientras que un 54% fue atribuido a las refinerías del área y al uso de gas natural.

En el estudio llevado a cabo en los Estados Unidos, en el año de 1977, se consideró que, para todo el país, la contribución de hidrocarburos volátiles por combustión de combustibles de origen fósil era sólo del 5%, en tanto que existía toda una serie de procesos industriales que contribuían con un 36% del total de emisiones en el país.

La manufactura de ciertos productos químicos contribuye con el

27% de las emisiones atribuibles a procesos industriales, en tanto que la producción y mercadeo de gasolinas y gas contribuye con un 31%, la refinación de petróleo con un 11%, y el uso industrial de solventes orgánicos con un 27%.

Por otro lado, se estimó que la contribución a las emisiones de hidrocarburos volátiles en los Estados Unidos, debida a los tiraderos de residuos sólidos fue de sólo el 2 o el 3% del total; en tanto que el uso no industrial de solventes orgánicos, ya sea como base de pinturas y otro tipo de recubrimientos, o en productos de uso doméstico y en fórmulas de plaguicidas, contribuyeron en un 13% a la presencia de hidrocarburos volátiles en la atmósfera de ese país.

La distribución de las emisiones de VOC y la de las emisiones de hidrocarburos volátiles no son totalmente similares, ya que más del 30% de los compuestos volátiles orgánicos no son hidrocarburos.

Según los datos que se obtuvieron en los Estados Unidos en 1985, para una emisión total de 26,800,000 Tons/año de VOC, la distribución de emisiones por fuente fue la siguiente: fuentes móviles 30%; usos misceláneos de solventes 15%; tratamiento y disposición final de residuos peligrosos 14%; recubrimientos 13%; mercadeo de derivados del petróleo 9%; refinación de petróleo 3%; industria química 2%; procesos industriales 2%, y fuentes misceláneas 12%.

4. Emisiones por fuentes móviles

Las emisiones de hidrocarburos de los autos a gasolina provienen de los gases de escape, de las evaporaciones del tanque de la gasolina y del carburador, así como de los gases de escape de los vehículos que usan diesel.

Las emisiones de las fuentes móviles han ido disminuyendo al irse modificando la manufactura de los autos, de acuerdo con las normas de emisión exigidas en cada país.

En las atmósferas urbanas se encuentran vapores de gasolina que provienen no sólo de los autos, sino también del mercadeo y el almacenaje de la gasolina. Estos vapores están constituidos principalmente por hidrocarburos que contienen de cuatro a cinco carbonos por compuesto, pero la estructura exacta depende tanto de la composición de cada gasolina, como de la temperatura que se alcance en el compartimento de cada auto. Sin embargo, se puede apuntar que las parafinas y las olefinas ligeras, es decir, que tienen pocos carbonos, constituyen el 70% de las emisiones del carburador y el 90% de las emisiones

provenientes del tanque. De éstos los compuestos predominantes son, independientemente de la gasolina de que se trate, el isopentano y el n-butano. En las emisiones de los escapes se encuentran hidrocarburos de bajo peso molecular, que no están presentes en la gasolina, como son el metano, el etano, el etileno, el acetileno y, en menor proporción, aromáticos como el tolueno y el benceno.

El convertidor catalítico es uno de los aditamentos que se han utilizado en los autos para disminuir la emisión de hidrocarburos y de VOC. Su función es la de producir una oxidación catalítica interna que no sólo reduzca la cantidad de hidrocarburos y VOC emitidos, sino también que altere las proporciones de compuestos emitidos. El resultado final es una reducción que va del 10 al 35% en la reactividad fotoquímica por gramo de combustible, debido al uso del convertidor.

Aproximadamente un décimo del total de los componentes de la emisión de los autos son compuestos orgánicos distintos de los hidrocarburos. Entre ellos se hallan aldehídos, cetonas, alcoholes, éteres, esterés, fenoles y otros. De éstos los más importantes son los aldehídos, de los cuales los formaldehídos constituyen entre el 60 y el 70%.

Señalaremos, por último, que existen otros factores, además de la composición de las gasolinas, que influyen en la cantidad y en la composición de emisiones de los vehículos automotores. Algunos de estos factores son: los patrones de manejo y velocidades, la temperatura y humedad ambientales, y características propias de los automóviles como son el tamaño de la máquina, el *spark timing*, la relación aire/combustible, etcétera. No se ha podido establecer con toda precisión cómo es que estos otros factores afectan a la emisión de los automóviles, aunque su influencia sea innegable. Por tanto, el valor del convertidor catalítico podrá ser revisado a medida que se conozca más sobre el papel que juegan los mencionados factores; es probable que este conocimiento sugiera métodos más efectivos para el control de la contaminación por vehículos automotores.

Probablemente el más peligroso de los aditivos presentes en las gasolinas sea el tetraetilo de plomo, debido a que es muy fácil que se introduzca en la sangre de las personas expuestas a él. Durante varios años se utilizó este compuesto para obtener un octanaje adecuado en las gasolinas ligeras, al regularse su uso se han tenido que procesar otras fracciones del petróleo para obtener gasolinas que no

requieran de este aditivo, así como modificar los motores para que no requieran de él. En general, el efecto en las gasolinas es el del incremento en la proporción de compuestos aromáticos, los cuales aumentan también en las emisiones de los autos con o sin convertidor catalítico. Siendo el benceno el compuesto aromático más tóxico en las emisiones de las gasolinas, su aumento en las mismas podrá provocar efectos crónicos en la salud de la población en general, efectos que tardarían varios años en ser observables. La baja fotoreactividad del benceno permitiría su acumulación en la atmósfera y podría agravar aún más dicho problema.

El uso de otro tipo de aditivos o de mezclas de gasolinas con alcoholes para disminuir la emisión de los contaminantes más dañinos, provoca resultados contradictorios. Por una parte, disminuye la emisión de monóxido de carbono, CO, que es un tóxico para el ser humano considerado como contaminante "crítico", por ser de los que determinan la calidad del aire y para el cual existen normas o estándares.

En ese estudio, también se encontró una disminución en las emisiones de hidrocarburos, aunque de menor importancia. Sin embargo, puede aumentar la emisión de bióxido de nitrógeno que, además de ser un contaminante crítico, interviene en las reacciones fotoquímicas que provocan el ozono. Por otro lado, las evaporaciones aumentan al usar mezclas de gasolinas con alcoholes. De estas mezclas la de etanol al 10% es la que produce mayor evaporación, y la de MTBE al 15% es la que menor evaporación provoca en los autos con sistemas no cerrados de carburación.

En general, los resultados de usar estas mezclas son los siguientes: los hidrocarburos de las emisiones por el escape se reducen entre un 5 y un 32%, el NOx en el escape va desde sin cambios hasta incrementos, el CO en las emisiones se reduce entre el 8 y el 46% y las evaporaciones aumentan desde un 5% con TBA hasta en un 93% para las mezclas de gasolina con el metanol. Específicamente para la mezcla de gasolina con MTBE al 20%, las emisiones de hidrocarburos por el escape se disminuyen entre un 20 y un 30%, el CO se reduce entre el 40 y el 50%, y las emisiones de NOx aumentan de un 12 a un 22%.

5. *Medidas adoptadas por la industria petrolera en México para disminuir la emisión de hidrocarburos y de compuestos orgánicos volátiles*

En México a partir de 1989, se ha adicionado el compuesto metil-te-

butil-éter (MTBE) a las gasolinas para disminuir las emisiones de hidrocarburos y de monóxido de carbono. La producción de este compuesto y de metanol se están llevando a cabo en diferentes plantas de Petróleos Mexicanos; asimismo, se está realizando la isomerización de ciertos hidrocarburos para disminuir la actividad fotoquímica de los combustibles.

Por otro lado, en los tanques de almacenamiento y distribución en la ex-Refinería 18 de Marzo se están adaptando los techos internos flotantes con el fin de reducir las emisiones de hidrocarburos hasta en un 98%. En las gasolinas se ha desarrollado un sistema hermético de llenado para evitar en un 60% la evaporación de hidrocarburos.

VII. SUSTANCIAS PELIGROSAS Y TÓXICAS EN LA INDUSTRIA PETROLERA

1. *Las sustancias tóxicas y peligrosas y sus efectos en la salud*

Las sustancias peligrosas y tóxicas a las cuales se exponen principalmente los trabajadores de la industria petrolera, en especial los de las refinerías, se enlistan a continuación. Algunas de ellas también se emiten a la atmósfera, se descargan en las aguas residuales o forman parte de los residuos peligrosos.

Gasolina: altamente inflamable, tóxica; provoca depresión en el sistema nervioso central, con efectos anestésicos; irritante de piel y mucosas, también por la inhalación de sus vapores puede producir neumonías. El contacto dérmico prolongado con la gasolina que contenga plomo puede provocar la absorción, a través de la piel, del tetraetil de plomo con la consecuente intoxicación.

Su componente más tóxico para el humano, sin considerar el plomo, es el benceno, además del n-hexano, el n-heptano que también son tóxicos de consideración. Los límites de exposición permisibles en el ambiente laboral toman en cuenta la proporción en que se encuentran en la gasolina las sustancias mencionadas. Su TLV-TWA es de 300 ppm.

Heptano: inflamable y explosivo, tóxico: afecta al sistema nervioso central y periférico, piel y mucosas, así como al aparato respiratorio. EL límite máximo de exposición laboral al heptano es de 400 ppm/ocho horas/cinco días laborables (TWA).

Hexano: inflamable, explosivo, tóxico: similar al anterior, pero de mayor toxicidad. Su TWA es de 50 ppm/ocho horas/cinco días.

Queroseno: inflamable, explosivo y de toxicidad semejante a los compuestos anteriores, pero de menor intensidad, no tiene límite de exposición permisible.

Nafta, éter de petróleo, bencina: con características peligrosas y tóxicas similares a los compuestos anteriores. Su TWA es de 100 ppm.

Gas natural: inflamable y asfixiante; el límite de exposición al mismo está dado en función de sus componentes: metano, etano, propano, nitrógeno y butano y es de 1,000 ppm.

Gas L.P., gas de petróleo licuado: inflamable, explosivo y tóxico: puede afectar el sistema nervioso central y el aparato respiratorio sólo a concentraciones muy altas, de ahí su TWA de 1000 ppm.

Alcólol amílico: inflamable, tóxico: irritante y narcótico, su TWA es de 100 ppm.

Acido cianhídrico: inflamable, explosivo y muy tóxico, su acción es aguda e intensa sobre el sistema nervioso central, sistema cardiovascular, hígado y riñones; su concentración en el medio ocupacional no debe rebasar las 4.7 ppm en 15 minutos.

Benceno: inflamable, tóxico: irritante; toxicidad, crónica, leucemia, TWA de 1 ppm.

Estireno: inflamable, tóxico: irritante, toxicidad crónica que afecta el sistema nervioso central y al aparato respiratorio. TWA de 50 ppm.

Etil-benceno: inflamable, tóxico: irritante, afecta al aparato respiratorio, piel, ojos y sistema nervioso central. TWA de 100 ppm.

Tolueno: inflamable, tóxico: toxicidad similar al benceno, pero de menor intensidad. TWA de 100 ppm.

Cloro-naftaleno: tóxicos: la exposición crónica produce cloroacné, también puede lesionar al hígado. Su toxicidad está en función del número de cloros que contenga en su fórmula, entre los más tóxicos el pentacloronaftaleno tiene un TWA de 0.5 mg/m^3 y el hexacloronaftaleno de 0.2 mg/m^3 .

Dimetilformamida: combustible, tóxico: irritante, produce dermatitis y es hepatotóxico, su TWA es de 10 ppm.

Bromo y ácido bromhídrico: tóxicos: extremadamente irritantes y corrosivos, afectan principalmente a la piel, mucosas, ojos y aparato respiratorio. Para el ácido bromhídrico su concentración en el medio laboral nunca puede llegar a 3 ppm y para el bromo su TWA es de 0.1 ppm.

Aluminio y compuestos: tóxico: su toxicidad es baja, pero la inhalación de polvos y humos de aluminio o sus compuestos se asocia con la

presencia de neumoconiosis (fibrosis pulmonar). No tiene un TWA, pero se recomienda una concentración máxima en ocho horas para polvo de aluminio fracción respirable de 5 mg/m^3 y de 15 mg/m^3 para el polvo total.

Arsénico: tóxico; irritante, corrosivo, inflamatorio, toxicidad crónica, afecta a la piel, hígado, riñones, pulmones y aparato cardiovascular, también se considera carcinógeno. TWA de 0.010 mg/m^3 .

Carbonilos metálicos: pueden contener como metal al cromo, cobalto, hierro, níquel, etcétera; el más utilizado y el más tóxico es el carbonilo de níquel: tóxico: ataca principalmente las cavidades nasales, los pulmones y la piel, produce dermatitis, asma, neumonías y se considera que puede ocasionar cáncer pulmonar. Su TWA es de 0.001 ppm.

Molibdeno: tóxico: su toxicidad es baja, tiene efectos irritantes en ojos y aparato respiratorio. Su TWA para compuestos solubles es de 5 mg/m^3 .

Cloruro de zinc: tóxico: corrosivo e irritante, afecta a la piel, ojos y aparato respiratorio. Su TWA es de 1 mg/m^3 .

Monóxido de carbono: inflamable, tóxico: produce hipoxia y afecta al sistema nervioso central y al sistema cardiovascular. Su TWA es de 35 ppm.

Bióxido de azufre: tóxico: irritante, afecta ojos, piel y aparato respiratorio. Su TWA es de 2 ppm.

Además de las sustancias anotadas anteriormente, también se consideran como posibles riesgos a la salud, específicamente en las refinerías de petróleo la exposición al cloro, amoníaco, dicloruro de etileno, ácidos clorhídrico, fluorhídrico, sulfhídrico, sulfúrico y fosfórico; hidróxido de sodio; dicloruro y tricloruro de etileno, el fenol y algunas etanolaminas.

2. Los límites máximos permisibles

Los TWA (*Time Weighted Average*) y los TLV (*Threshold Limit Value*), son los límites máximos permisibles de exposición aérea a sustancias tóxicas en el medio ocupacional en los Estados Unidos; estos límites están dados para un promedio de exposición diaria de ocho horas de trabajo, para un tiempo de vida ocupacional media. En México, los valores anteriores corresponden a los niveles máximos permisibles de concentración de los contaminantes en los ambientes de los centros de trabajo para jornadas de trabajo de ocho horas, publicados por la STPS en el *Diario Oficial* el 28 de mayo de 1984.

De las sustancias enlistadas en la norma correspondiente, a los residuos peligrosos, varias son las que se producen en la industria petrolera en forma de catalizadores, chatarra, combinados de metales pesados, lodos ácidos y asfaltos.

VIII. DAÑOS A LA SALUD POR EFECTO DE LA CONTAMINACIÓN Y DEMANDAS PÚBLICAS

En el año de 1973 se promulgó en Japón, en respuesta a las demandas de la población afectada por la contaminación, la Ley de Compensación de Daños a la Salud Relacionados con la Contaminación; en dicha ley se establece la facultad del gobierno no sólo para exigir a los responsables la compensación pertinente a las víctimas de enfermedades relacionadas con la exposición a mercurio, arsénico y cadmio, sino también para solicitar compensaciones para los enfermos de bronquitis crónica y asma bronquial, cuando demuestren la relación entre su enfermedad y la exposición a la contaminación aérea en su región de residencia.

Entre las demandas hechas en Japón contra las industrias contaminantes, tal vez las mejor conocidas por la opinión pública sean las presentadas en la ciudad de Yokkaichi, en donde se reconocieron más de mil víctimas, de las cuales siete fallecieron. Como consecuencia de las mencionadas demandas, seis compañías petroquímicas de la región indemnizaron, por orden judicial, a nueve de los demandantes; y se expidieron varias órdenes de las cortes para regular de manera estricta la responsabilidad de las empresas contaminadoras, así como la codelincuencia de las empresas contaminadoras que se encuentren conectadas entre sí a través de materiales y combustibles.

Los contaminantes directamente implicados en el caso anteriormente relatado fueron el bióxido de azufre y las partículas de ácido sulfúrico derivadas del gas, identificadas ambas como "smog blanco"; la enfermedad que se asoció a esta contaminación fue un tipo especial de asma alérgico, bautizado como asma de Yokkaichi.

El suceso de Yokkaichi, en conjunción con otros similares, contribuyó al desarrollo de una severa y ambiciosa regulación que tiene por fin el disminuir las emisiones de bióxido de azufre a la atmósfera, y cumplir con la norma japonesa de calidad del aire para el bióxido de azufre, que es una de las más rigurosas a nivel mundial.

Por otro lado, para cumplir con la reglamentación, la industria fue obligada a invertir en el control y en la prevención de la contaminación hasta que, en 1978, se alcanzaron los límites técnico y económico.

Actualmente, el control de los problemas ambientales en Japón se basa tanto en la negociación del gobierno con la industria como en la persuasión. Únicamente en ocasiones excepcionales el sistema judicial japonés ha tenido que intervenir en casos relacionados con la contaminación, uno de ellos fue el de las mencionadas querellas entabladas en favor de las víctimas de la contaminación atmosférica.

En 1971 el gobierno japonés encomendó al Ministerio de Industria y Comercio Internacional la responsabilidad de disminuir los altos niveles de plomo, registrados en la corriente sanguínea, entre los pobladores de regiones con un elevado tráfico vehicular; este problema había provocado ya diversas protestas públicas. El mencionado Ministerio, después de tres años de consultas con grupos de especialistas, así como de discusiones públicas y negociaciones privadas con la industria, señaló los lineamientos para alcanzar en un corto plazo los niveles permisibles de plomo en la gasolina, que serían alcanzados con una gran inversión gubernamental en la industria de la refinación de petróleo; al mismo tiempo, a través de incentivos económicos y de campañas educacionales, se modificó el patrón de consumo de gasolina entre el público.

En contraste con la política ambiental japonesa, la norteamericana se sustenta en reglamentaciones y normas con lineamientos jurídicos estrictos y coercitivos, así como en sanciones monetarias elevadas. A pesar de no existir en su legislación una ley similar a la japonesa para compensar a víctimas de la contaminación, las demandas al respecto son frecuentes. Además, la industria y los grupos ambientalistas constantemente impugnan judicialmente las acciones del gobierno en este campo.

Las demandas civiles en los Estados Unidos se pueden iniciar contra toda persona física o moral que supuestamente esté violando los estándares de emisión, o que no esté cumpliendo con las órdenes emitidas por las autoridades federales o estatales. También es posible demandar al administrador de la Agencia de Protección del Ambiente cuando se argumente el incumplimiento de un deber no discrecional.

En México, la LGEEPA establece al respecto, en su título sexto, artículo 170, que:

Cuando exista riesgo inminente de desequilibrio ecológico o casos de contaminación con repercusiones peligrosas para los ecosistemas sus componentes, o la *salud pública* la Secretaría como medida de seguridad, podrá ordenar el decomiso de materiales o sustancias contaminantes, la clausura temporal, parcial o total de las fuentes contaminadoras correspondientes, y promover la ejecución ante la autoridad competente, en los términos de las leyes relativas, de alguna o algunas de las medidas de seguridad que en dichos ordenamientos se establecen.

Por otro lado, en los artículos del 182 al 188 de la mencionada ley, correspondientes a "Delitos del orden federal", se establece que para proceder penalmente será necesario que previamente la SEDUE formule la denuncia correspondiente, salvo en los casos de flagrante delito; que son delitos el que sin contar con las autorizaciones respectivas o violando las normas de seguridad y operación aplicables, realice, autorice u ordene, realizar actividades que conforme al artículo 147 de esta ley se consideren como riesgosas, que ocasionen graves daños a la *salud pública*, a la flora, a la fauna o a los ecosistemas.

De una manera similar a la anterior, se imponen penas a los delitos relacionados con el manejo indebido de materiales o residuos peligrosos, que ocasionen o puedan ocasionar graves daños a la *salud pública*, a los ecosistemas o a sus elementos componentes. En los casos en los que las conductas ilícitas se relacionen con las sustancias tóxicas o peligrosas a las que alude el artículo 456 de la Ley General de Salud, se aplicará lo dispuesto en dicha Ley.

Igualmente son delitos penados con prisión y multa la descarga de gases, humos o polvos que ocasionen o puedan ocasionar daños graves a la *salud pública*, a la flora, a la fauna o a los ecosistemas.

En el capítulo séptimo del mismo título se hace referencia a la "Denuncia popular", y se establece que "toda persona podrá denunciar ante la SEDUE o ante otras autoridades federales o locales según su competencia, todo hecho, acto u omisión de competencia de la Federación, que produzca desequilibrio ecológico o daños al ambiente"; y que la Secretaría comprobará los hechos denunciados, así como la evaluación correspondiente. Por último, cuando por infracción a las disposiciones de la LGEEPA se hubieren ocasionado daños o perjuicios, el o los interesados podrán solicitar a la SEDUE, la formulación de un dictamen técnico al respecto, con valor de prueba en caso de juicio.

Con estas posibilidades México se enfrenta a la lucha en contra de la contaminación, con una serie de instrumentos legales y normativos para prevenir los efectos negativos del ambiente en la salud humana.

ANEXO

NORMAS TÉCNICAS ECOLÓGICAS RELACIONADAS CON LAS
ACTIVIDADES DE LA INDUSTRIA PETROLERA Y LA SALUD HUMANA
(publicadas hasta el 3 de octubre de 1991)

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

1. Fuentes móviles

NTE-CCAT-003-88. Establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos y monóxido de carbono provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que utilizan gasolina como combustible. Fecha de publicación 6-06-88.

NTE-CCAT-004-88. Establece los niveles máximos permisibles de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape de vehículos automotores nuevos que usan gasolina como combustible. Fecha de publicación 19-10-88.

NTE-CCAT-010-88. Establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de motores nuevos en planta que usan diesel como combustible utilizado para la propulsión de vehículos automotores. Fecha de publicación 14-12-88.

NTE-CCAT-010-90. Versión modificada de la norma anterior, que se publicó el 21-02-91.

NTE-CCAT-011-88. Establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo, proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible. Fecha de publicación. 14-12-88.

NTE-CCAT-011-90. Versión modificada de la norma anterior, que se publicó el 16-01-91.

NTE-CCAT-015-88. Su versión modificada, la NTE-CCAT-015-90, establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y opacidad provenientes del escape de las motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezclas de gasolina-aceite como combustible. Fecha última de publicación 19-10-90.

NTE-CCAT-017-90. Establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos y monóxido de carbono provenientes del

escape de vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo como combustible, con peso bruto vehicular mayor a 3000 Kg. Fecha de publicación 25-02-91.

2. Fuentes fijas

NTE-CCAT-005-88. Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, provenientes de procesos de combustión de diesel en fuentes fijas. Fecha de publicación 18-10-88.

NTE-CCAT-007-88. Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, bióxido de azufre, y óxidos de nitrógeno, provenientes de procesos de combustión de combustóleo en fuentes fijas. Fecha de publicación 18-10-88.

NTE-CCAT-008-88. Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno provenientes de los procesos de combustión de gas natural en fuentes fijas. Fecha de publicación 19-10-88.

NTE-CCAT-009-88. Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas. Fecha de publicación 18-10-88.

3. Medición de contaminantes

NTE-CCAM-001-88 y la nueva versión NTE-CCAM-001-91. Establece el método de medición para determinar las concentraciones de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Fecha de publicación 24-09-91.

NTE-CCAM-002-88 y la nueva versión NTE-CCAM-002-91. Establece el método de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración del equipo de medición. Fecha de publicación 1-10-91.

NTE-CCAM-003-91. Establece el método de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración del equipo de medición. Fecha de publicación 3-10-91.

NTE-CCAM-004-91. Establece el método para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración del equipo de medición. Fecha de publicación 24-09-91.

NTE-CCAM-005-91. Establece el método para determinar la con-

centración de bióxido de azufre en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración del equipo de medición. Fecha de publicación 2-10-91.

4. *Residuos peligrosos*

NTE-CRP-001-88. Establece los criterios para la determinación de residuos peligrosos y el listado de los mismos. Fecha de publicación 6-06-88.

NTE-CRP-002-88. Establece los procedimientos para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Fecha de publicación 14-12-88.

NTE-CRP-003-88. Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más de los residuos considerados como peligrosos por la NTE-CRP-001-88. Fecha de publicación 14-12-88.

NTE-CRP-008-88. Establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos. Fecha de publicación 6-06-88.

NTE-CRP-009-88. Establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado para residuos peligrosos. Fecha de publicación 8-09-88.

NTE-CRP-010-88. Establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de confinamiento controlado para residuos peligrosos determinados por la NTE-CRP-001-88. Fecha de publicación 14-12-88.

NTE-CRP-011-89. Establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos. Fecha de publicación 13-12-89.