

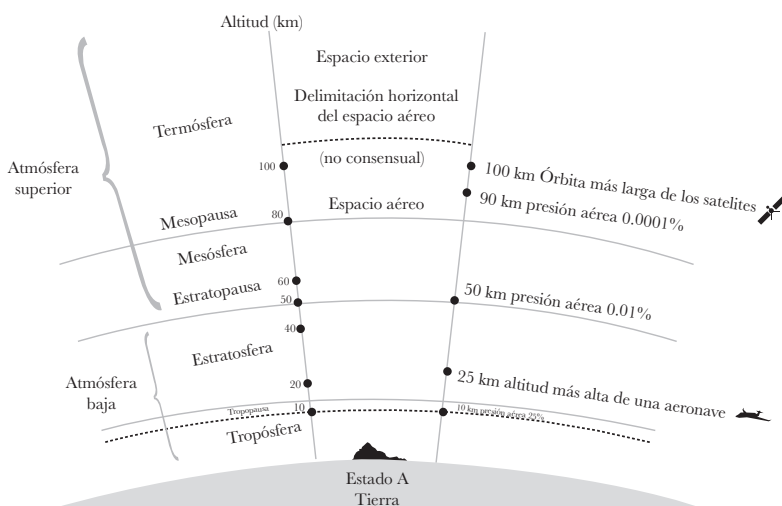
## CAPÍTULO SEXTO

### ATMÓSFERA

#### I. INTRODUCCIÓN

La atmósfera es una envoltura gaseosa que rodea a la Tierra, compuesta por una combinación de gases, que incluye nitrógeno (78.1%), oxígeno (20.9%), argón (0.93%), dióxido de carbono (0.034%) y otros gases, como helio y ozono (Kreuter-Kirchhof, 2012: 1). La atmósfera, en ocasiones denominada simplemente como “aire”, comienza en la superficie de la Tierra, y no existe consenso sobre la distancia a la que termina (véase imagen 1).

Imagen 1  
CAPAS DE LA ATMÓSFERA



FUENTE: Elaboración propia, a partir de Naciones Unidas, 2014: 49.

Los cambios en la composición y condiciones de la atmósfera, en particular de la troposfera y la estratosfera, afectan las condiciones de la Tierra. Cerca del 80% de la masa de la atmósfera se localiza en la troposfera mientras que en la estratosfera se ubica la capa de ozono que protege la superficie terrestre de la radiación ultravioleta del Sol (Kreuter-Kirchhof, 2012: 1).

La atmósfera es fundamental para la vida en el planeta, pues su composición particular permite la existencia de la diversidad de organismos vivos; no obstante, a lo largo de la historia, las actividades humanas han deteriorado la calidad del aire, particularmente a partir de la Revolución Industrial, al introducir sustancias en la atmósfera, cuya presencia afecta la composición natural de la misma a un ritmo sin precedentes, lo que puede producir impactos locales, regionales y globales, que afectan la salud y el ambiente. Por ello, su protección a nivel jurídico resulta necesaria, a través de normas que regulen las actividades que inciden sobre ella y eviten el desequilibrio atmosférico. Tres principales problemas atmosféricos han intentado ser atendidos y resueltos a partir de la adopción de normas jurídicas a nivel local, bilateral, regional y multilateral, a saber: la contaminación del aire, la degradación de la capa de ozono y el cambio climático, mismos que referiremos en seguida.

## II. PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La contaminación atmosférica representa el mayor riesgo ambiental para la salud; según datos de la OMS, en 2012, una de cada nueve muertes estuvo relacionada con la contaminación del aire. De esas muertes, alrededor de tres millones son atribuibles únicamente a la contaminación exterior (WHO, 2016: 15). Por ello, todos los países realizan esfuerzos en materia de prevención y control de la contaminación del aire, y México no es la excepción.

De acuerdo con la normatividad mexicana, la contaminación de la atmósfera ocurre cuando se encuentran presentes uno o más contaminantes en dicho medio, definidos éstos como “toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera [...] altere o modifique su composición y condición natural” (artículo 3o., fracción VII, LGEEPA), que causen desequilibrio ecológico individualmente o de manera combinada.

Si bien existen contaminantes generados por causas naturales —tales como los óxidos de azufre y cenizas de las erupciones volcánicas, la pro-

ducción de metano de organismos en descomposición, las partículas de sal provenientes del mar o el monóxido de carbono y dióxido de carbono proveniente de incendios forestales—, las normas jurídicas buscan regular, principalmente, la generación de contaminantes antropogénicos; es decir, aquellos ocasionados por las actividades humanas.

Los contaminantes se clasifican en primarios (los que se encuentran en la atmósfera en el estado en el que fueron emitidos, como el dióxido de carbono, el metano y el óxido nítrico) y, secundarios (los que se generan a partir de reacciones químicas y fotoquímicas de los contaminantes primarios en la atmósfera, como ocurre para la formación del ozono a nivel troposférico). La naturaleza de la contaminación del aire depende no sólo del tipo y cantidad de sustancia que es emitida, sino también de la ubicación, las condiciones meteorológicas y las características del lugar en el que se emite y de los sitios a los que se transporta.

En América Latina las principales fuentes de contaminación de la atmósfera incluyen el transporte, la industria, la combustión a gran escala, residencial y comercial, la extracción y distribución de combustibles fósiles, los residuos y rellenos sanitarios, así como la incineración de biomasa. La concentración de partículas contaminantes en la mayoría de las ciudades de la región se encuentra por encima de los umbrales establecidos por la OMS en las directrices sobre la calidad del aire, por lo que gran parte de la población urbana se encuentra expuesta a un aire de baja calidad con consecuencias tanto para el ambiente como para la salud pública (UNEP, 2016) (véase tabla 12).

Tabla 12  
 FACTORES PRINCIPALES DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

<i>Actividades</i>	<i>Contaminantes</i>	<i>Umbrales</i>	<i>Efectos</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Transporte</li> <li>– Industria</li> <li>– Combustión a gran escala residencial y comercial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)</li> <li>– Monóxido de carbono (CO)</li> <li>– Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</li> <li>– Ozono (O<sub>3</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 20 µg/m<sup>3</sup> media en 24h</li> <li>– 40 µg/m<sup>3</sup> de media anual</li> <li>– 100 µg/m<sup>3</sup> en media de 8 horas</li> </ul>	Locales y regionales: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Problemas de salud</li> <li>– Lluvia ácida</li> </ul>

<i>Actividades</i>	<i>Contaminantes</i>	<i>Umbrales</i>	<i>Efectos</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Extracción y distribución de combustibles fósiles</li><li>– Residuos y rellenos sanitarios</li><li>– Incineración de biomasa</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Plomo (Pb)</li><li>– Partículas menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>)</li><li>– Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– 20 µg/m<sup>3</sup> de media anual</li><li>– 10 µg/m<sup>3</sup> de media anual</li></ul>	

FUENTE: Elaboración propia, a partir de UNEP, 2016 y OMS, 2006.

Los primeros intentos por regular la contaminación de la atmósfera se dieron a nivel local. Así, por ejemplo, en el siglo XIII, en Londres, Inglaterra, se intentó prohibir la quema de carbón. Pero no fue hasta el siglo XX cuando se identificaron situaciones de contaminación atmosférica en contextos transfronterizos, al reconocerse que las corrientes de aire pueden transportar contaminantes del espacio aéreo de un país a otro (Rowlands, 2010: 317). Uno de los primeros casos a nivel internacional en materia transfronteriza ambiental surgió a partir de la transferencia de contaminantes industriales de la frontera canadiense a la estadounidense, tal como se analiza en seguida:

*Trail Smelter Case (Estados Unidos c. Canadá), 1941.*

*Hechos:* Los residentes del estado de Washington, Estados Unidos, solicitaron al gobierno federal de dicho país, presentar una queja al gobierno de Canadá (en ese entonces un dominio del Reino Unido) por el daño significativo ocasionado por las emisiones de dióxido de azufre provenientes de una fundidora ubicada en Trail, Columbia Británica. En 1941, un tribunal arbitral internacional, creado bajo los términos de un acuerdo firmado por ambos países, ordenó a los dueños de la fundidora a pagar a los Estados Unidos por los daños ocasionados, así como a realizar cambios en sus operaciones.

*Criterio:* El tribunal arbitral, con base en el principio *sic utere tuo ut alienum non laedas* (usa de lo tuyo sin causar daño en lo ajeno), estableció que ningún Estado tiene derecho a usar o permitir que se use su territorio de manera que cause perjuicios por emanaciones en el territorio de otro Estado o a dicho territorio, ni a los bienes o personas que en él se encuentren, cuando el asunto sea de gran trascendencia y los perjuicios estén demostrados por pruebas claras y convincentes (Naciones Unidas, 2014 y Tejado, 2015).

Como se advierte, la resolución del tribunal se apuntala en los principios de buena vecindad y prevención.

Posteriormente, a raíz de los impactos de la lluvia ácida en algunos países en Europa, se negoció en esa región, durante la década de los setenta, un régimen complejo y exhaustivo para regular el transporte a larga distancia de contaminantes atmosféricos. Así, en 1979 se adoptó el Convenio sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia, un tratado marco que estableció las bases normativas para atender dicho problema. Subsecuentemente, el mencionado Convenio ha sido complementado con ocho protocolos, que regulan contaminantes particulares, como el dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, así como efectos específicos de la contaminación, tales como la acidificación, la eutrofización y el ozono a nivel de suelo; también establecen objetivos de reducción de contaminantes diferenciados para los Estados; ello en función de sus emisiones y de la vulnerabilidad de los ecosistemas ubicados en sus territorios respectivos. Si bien este Convenio y sus protocolos fueron adoptados en el contexto europeo, han permitido la participación de países como Canadá y Estados Unidos, que no pertenecen a esa región, lo que contribuye a que más países se involucren en el diseño y aplicación de objetivos que benefician el estado atmosférico global.

Ahora bien, en el contexto nacional, para prevenir y controlar la contaminación de la atmósfera, la regulación mexicana prevé la medición de las emisiones de gases como el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), el ozono ( $\text{O}_3$ ) y el plomo (Pb), generados por fuentes fijas y móviles; definidas las emisiones como “la descarga directa o indirecta a la atmósfera de toda sustancia, en cualquiera de sus estados físicos, o de energía” (artículo 6o., fracción II, RLGEPA-MPCCA), y de la inmisión de cada contaminante, entendida como el grado de presencia del contaminante en la atmósfera a nivel de piso. Asimismo, la regulación busca el establecimiento de los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera, y de inmisión de cada contaminante, como elementos para garantizar la calidad del aire. En este sentido, las autoridades de los tres órdenes de gobierno deben considerar los siguientes criterios para la protección de la atmósfera (artículo 110, LGEEPA):

- 1) La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país, y
- 2) Las emisiones de contaminantes, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Dado que la problemática atmosférica involucra a los tres órdenes de gobierno, sus facultades se detallan en la tabla 13.

Tabla 13  
DISTRIBUCIÓN DE COMPETENCIAS EN MATERIA ATMOSFÉRICA

<i>Facultades de la Federación</i>	<i>Facultades de las entidades federativas</i>	<i>Facultades de los municipios</i>
La regulación de la contaminación de la atmósfera, proveniente de todo tipo de fuentes emisoras. Prevención y control de la contaminación atmosférica en zonas de jurisdicción federal.	La prevención y control de la contaminación atmosférica en los bienes y zonas de jurisdicción estatal, así como la generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos industriales, y por fuentes móviles que no sean de competencia federal.	La aplicación de las disposiciones jurídicas en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica en los bienes y zonas de jurisdicción local, así como la generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos mercantiles o de servicios, y por fuentes móviles que no sean de jurisdicción federal, con la participación del gobierno estatal.

FUENTE: Elaboración propia, con base en los artículos 5o., fracción XII; 7o., fracción III; 8o., fracción III y 112, fracción I, LGEEPA.

Se consideran fuentes fijas de jurisdicción federal la industria química, del petróleo y petroquímica, de pinturas y tintas, automotriz, de celulosa y papel, metalúrgica, del vidrio, de generación de energía eléctrica, del asbesto, cementera y calera, y de tratamiento de residuos peligrosos (artículos 111 bis, LGEEPA, y 17 bis, RLGEPA-MPCCA), cuyos responsables se encuentran obligados a (artículo 17, RLGEPA-MPCCA):

- Emplear equipos y sistemas que controlen las emisiones a la atmósfera.
- Integrar un inventario de sus emisiones contaminantes a la atmósfera.
- Instalar plataformas y puertos de muestreo.
- Medir sus emisiones contaminantes a la atmósfera, registrar los resultados y remitir a la SEMARNAT los registros.

- Llevar a cabo el monitoreo perimetral de las emisiones cuando la fuente se localice en zonas urbanas o suburbanas, colinde con áreas naturales protegidas, y cuando puedan causar grave deterioro a los ecosistemas.
- Llevar una bitácora de operación y mantenimiento de sus equipos de proceso y control.
- Dar aviso anticipado a la SEMARNAT del inicio de operaciones de sus procesos y de paros programados, si pueden provocar contaminación.
- Dar aviso inmediato a la SEMARNAT en el caso de falla del equipo de control, si puede provocar contaminación.
- Además del cumplimiento de las NOM en la materia y de la obtención de las autorizaciones correspondientes, como la licencia ambiental única (LAU).

De manera que, tratándose de empresas nuevas que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, de servicios o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera y que se encuentren incluidas dentro de las fuentes fijas de jurisdicción federal ya referidas, éstas deben tramitar la LAU. Mientras que las empresas que ya operan con una licencia de funcionamiento y que carecen de una LAU pueden solicitarla de manera voluntaria bajo el esquema de relicenciamiento. El trámite se realiza en la SEMARNAT, la que procederá a revisar que la solicitud cuente con la información y con los requisitos necesarios para otorgar la LAU; una vez obtenida ésta, quedará sin efecto la licencia de funcionamiento.

La LAU es un instrumento que reúne en un solo trámite la presentación, evaluación y resolución de los permisos, licencias o autorizaciones que los establecimientos industriales deben obtener de la SEMARNAT y la ASEA para su operación y funcionamiento (artículos 109 bis 1 y 111 bis, LGEEPA).

Aunado a ello, los responsables de las fuentes fijas de jurisdicción federal deben presentar el reporte de sus emisiones contaminantes a la atmósfera a través de la cédula de operación anual (COA), dentro del periodo comprendido entre el 1o. de marzo y el 30 de junio de cada año. La información presentada a través de la COA —que incluye fuentes, tipos y puntos de generación de emisiones, características del equipo para el control de la contaminación y los resultados de muestreos y análisis— sirve para integrar el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), una base de datos de los contaminantes al aire, al agua, al suelo y al subsue-

lo, a los materiales y a los residuos peligrosos de establecimientos sujetos a reporte de competencia federal (artículos 21, RLGEIPA-MPCCA y 10, RLGEIPA-MRETC).

Por lo que hace a las fuentes móviles, están constituidas por vehículos automotores: automóviles, camiones y autobuses diseñados para circular en la vía pública. En la mayoría de las áreas urbanas, los vehículos automotores son los principales generadores de las emisiones de contaminantes tóxicos del aire y contaminantes que reducen la visibilidad.

Por tanto los fabricantes de vehículos automotores deben aplicar los métodos, procedimientos, partes, componentes y equipos que aseguren que no se rebasaran los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera, y los concesionarios del servicio de transporte público federal deben tomar las medidas necesarias para asegurar los niveles de sus emisiones (artículos 29 y 31, RLGEIPA-MPCCA). Mientras, la Federación debe establecer sistemas de verificación de emisiones de fuentes móviles de jurisdicción federal; esto es, sistemas de medición de emisiones de gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera.

Para ello, la SEMARNAT se encuentra facultada para establecer los procedimientos a los que deberán sujetarse los centros de verificación obligatoria de los vehículos de transporte público federal, y será la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) la que, en su caso, los autorice. Corresponde también a la SCT, formular el programa para la verificación de dichos vehículos (artículos 7o., fracción X, y 8o., fracciones I y II, RLGEIPA-MPCCA).

Por su parte, las entidades federativas deben establecer y operar sistemas de verificación de emisiones de automotores en circulación (artículo 112, fracción V, LGEEPA). En relación con la verificación vehicular obligatoria, el Poder Judicial de la Federación ha expresado que dichos programas

persiguen una finalidad legítima, al buscar prevenir, controlar y reducir las emisiones de contaminantes provenientes de fuentes móviles que circulan en la ciudad, así como asegurar una calidad del aire satisfactoria para la salud y el bienestar de la población; sin embargo, esas razones son insuficientes para determinar que el modelo del automóvil sea un elemento que demuestre en términos absolutos y justifique preliminarmente la restricción de circular todos los días (Tesis I.15<sup>o</sup>.A.14 A, 2015).

Por otra parte, a efecto de incentivar el cumplimiento de la normatividad en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica, la regulación prevé la adopción de instrumentos económicos, tales como estímulos fiscales para quienes: i) adquieran, instalen y operen equipos para



el control de las emisiones; ii) fabriquen, instalen o proporcionen mantenimiento a equipos de tratamiento de emisiones; iii) realicen investigación de tecnología para disminuir su generación, y iv) ubiquen o relocalicen sus instalaciones para evitar emisiones en zonas urbanas (artículo 12, RLGEPA-MPCCA).

Ahora bien, entre los instrumentos principales que se han desarrollado en México para la prevención y control de la contaminación del aire destacan: las NOM, los programas de gestión para mejorar la calidad del aire, el Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire, las autorizaciones y los reportes de emisiones.

### 1. *Normas oficiales mexicanas en materia atmosférica y salud ambiental*

Las NOM en materia de calidad del aire constituyen la principal herramienta para establecer los valores de concentración máxima permisible para la salud pública de contaminantes en la atmósfera; los niveles máximos permisibles por contaminante y por fuente de emisión de olores, gases y partículas sólidas y líquidas tratándose en fuentes existentes, nuevas o localizadas en zonas críticas; el establecimiento y operación de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire; la certificación de la emisión de contaminantes de fuentes determinadas; los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes provenientes de vehículos automotores nuevos en planta y en circulación, y las previsiones a las que deberá sujetarse la operación de fuentes fijas en casos de contingencias y emergencias ambientales (artículo 111, fracciones I, III, VII, VIII, IX y XIV, LGEEPA).

En este sentido, existen NOM de salud ambiental que establecen los límites máximos permisibles y las que establecen métodos y procedimientos de medición; ante la inexistencia de estas últimas, generalmente, se consideran métodos utilizados internacionalmente, como los recomendados por la *Environmental Protection Agency* (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos). A continuación, se enlistan algunas de las NOM más relevantes en la materia:

- NOM-020-SSA1-2014, Salud ambiental. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O<sub>3</sub>) en el aire ambiente y criterios para su evaluación.
- NOM-021-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de car-

bono (CO) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.

- NOM-022-SSA1-2010. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
- NOM-034-SEMARNAT-1993. Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
- NOM-036-SEMARNAT-1993. Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
- NOM-038-SEMARNAT-1993. Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
- NOM-156-SEMARNAT-2012. Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

Cabe señalar que, dada la prevalencia de la contaminación atmosférica en todo el país, se crearon nuevos estándares de medición sobre calidad del aire, mediante la norma oficial mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019, que establece los lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud, conocido como «Índice Aire y Salud»; éstos endurecen los valores para determinar la calidad del aire en relación con los riesgos a la salud pública en zonas urbanas y obligan a informar de manera clara, oportuna y continua el estado de la calidad del aire, los probables daños a la salud que ocasiona y las medidas que se pueden tomar para reducir la exposición.

## *2. Programas de gestión para mejorar la calidad del aire*

Los programas de gestión para mejorar la calidad del aire (ProAire) constituyen herramientas para la reducción de las emisiones de contaminantes a la atmósfera, según la calidad del aire que se determine para cada área, zona o región del país. Estos programas buscan revertir las tendencias de deterioro de la calidad del aire tanto en las principales ciudades del

país como en las entidades federativas y en las regiones. Su antecedente se encuentra en el Programa Integral contra la Contaminación Atmosférica, elaborado para la Ciudad de México en 1990.

Los ProAire cuentan con tres elementos fundamentales:

1. Un diagnóstico de la situación de la calidad del aire, basado principalmente en la información de los sistemas de monitoreo atmosférico, así como de los inventarios de emisiones y de la modelación de la contaminación del aire en la zona de estudio.
2. Una estrategia para mejorar la calidad del aire, es decir, controlar y/o disminuir, en una zona determinada, los contaminantes atmosféricos emitidos por fuentes naturales y antropogénicas, y que contiene medidas y acciones específicas a implementarse a lo largo de la vigencia del programa.
3. Un espacio de acuerdos, para implementar la estrategia con la participación de los actores involucrados y la sociedad civil.

En el ámbito federal, la SEMARNAT se encuentra facultada para formular y aplicar programas para disminuir las emisiones de las fuentes fijas y móviles; mientras que, en el ámbito estatal, corresponde a los gobiernos de las entidades federativas, formular programas para mejorar la calidad del aire, para lo cual pueden contar con el apoyo técnico de esta dependencia, a la que, en cualquier caso, deben someter sus Proaire para su aprobación (artículo 111, fracciones IV, V y XII, LGEEPA).

Actualmente, existen veintiún Proaire, y están en elaboración once; los primeros se ubican en Michoacán; Tlaxcala; Salamanca; Celaya e Irapuato; zona metropolitana del valle de Toluca; zona metropolitana de Tijuana; Puebla; Mexicali; Jalisco; Nogales; Durango; Hidalgo; Chihuahua; Nuevo León; Coahuila; Nayarit; zona metropolitana de Oaxaca; zona metropolitana de Querétaro-San Juan del Río; zona metropolitana de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez; zona metropolitana de León; zona metropolitana del valle de México, y megalópolis, esta última conformada por la Ciudad de México, los estados de México e Hidalgo, Puebla, Morelos y Tlaxcala (SEMARNAT, 2017).

Pese a estos esfuerzos, no en todos los casos se han incorporado estimaciones de la línea base de los impactos a la salud pública, para que posteriormente se puedan contrastar con las reducciones de contaminantes y, por ende, los beneficios sociales de la mejora de la calidad del aire (INSP, 2017: 15).

### 3. *Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire*

El Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA) constituye una herramienta para recabar, almacenar y difundir información sobre la calidad del aire. El SINAICA se integra con los datos que resultan de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire que llevan a cabo las entidades federativas y los municipios, así como de los inventarios de las fuentes contaminantes de jurisdicción federal y local y de sus emisiones (artículo 41, RLGEPA-MPCCA).

Actualmente, las mediciones de calidad del aire de los sistemas de monitoreo que operan en las diversas entidades federativas del país se pueden consultar en línea en la página del SINAICA: *http://sinaica.inecc.gob.mx*, en dos diferentes secciones:

- Datos crudos de calidad del aire y de variables meteorológicas en tiempo real.
- Indicadores de calidad del aire. Esta sección incluye además la visualización y descarga de los datos históricos validados.

En relación con la contaminación atmosférica, la CNDH emitió la recomendación general 32/2018, como resultado de una queja relacionada con la violación de derechos humanos por la falta de actualización de los límites máximos de contaminantes criterio de las NOM en materia de salud y ambiental, así como sobre la inadecuada distribución en todo el territorio nacional de gasolina y diésel con calidades satisfactorias. La CNDH (2018) determinó la violación de los derechos humanos a la salud, a un nivel de vida adecuado, a un medio ambiente sano y de información por, entre otras, la falta de cumplimiento de los límites máximos permisibles de concentración de contaminantes que ocasionan contaminación atmosférica urbana; la omisión de revisiones quinquenales y actualizaciones de NOM; la falta o inadecuada implementación de estaciones y redes de monitoreo para medir las emisiones contaminantes a la atmósfera, así como la falta de información actualizada de las redes de monitoreo pertenecientes al SINAICA. En virtud de sus conclusiones, la Comisión efectuó recomendaciones generales para las secretarías de Salud, Economía, Medio Ambiente y Recursos Naturales, Energía; la Comisión Reguladora de Energía; la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, y estados de la República y municipios, de las cuales se destacan las siguientes:

- Revisar y actualizar las NOM que establecen contaminantes, criterio acorde con los límites máximos recomendados por la OMS.
- Realizar estudios e investigaciones indispensables para la emisión de una NOM que regule los límites máximos de emisión sobre compuestos orgánicos volátiles.
- Realizar estudios sobre las cuencas atmosféricas, contaminación atmosférica urbana y sus fuentes principales, en zonas y/o ciudades con más de cien mil habitantes, donde no existan investigaciones y documentación actualizada.
- Iniciar la revisión técnica de todas las estaciones de monitoreo atmosférico en el país para determinar fallas técnicas u optimización de su funcionamiento.
- Iniciar las gestiones necesarias para la instalación de estaciones de monitoreo de calidad del aire en ciudades con problemática de contaminación atmosférica urbana y que no cuenten con estaciones.

### III. PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO

La estratosfera, ubicada por encima de la superficie terrestre, es la capa en la que más del 90% del ozono atmosférico absorbe la radiación ultravioleta del Sol. Esta capa de ozono protege la superficie de la Tierra (Kreuter-Kirchhof, 2012: 1), y por ende, a los seres vivos, de la radiación ultravioleta del sol, causante de enfermedades como el cáncer de piel, las cataratas oculares, la supresión del sistema inmunológico y el daño a las plantas (Louka, 2006: 344). En la década de los setenta, la comunidad científica identificó los efectos negativos de los clorofluorocarbonos (CFC), sustancias utilizadas ampliamente en la industria de los refrigerantes, solventes y fabricación de espumas en la estratosfera, al fungir como catalizadores de la molécula de ozono que aceleran la separación de los tres átomos de oxígeno. Otras sustancias que contienen elementos químicos, como el cloro, el flúor, el bromo, el carbón y el hidrógeno, también tienen el potencial de reaccionar con el ozono y generar con ello el adelgazamiento de la capa de ozono. La destrucción de la capa de ozono constituye un problema atmosférico de naturaleza global, pues independientemente del lugar en el que se emitan las sustancias que la degradan, éstas pueden permanecer por largos periodos en la atmósfera, ser transportadas y tener efectos globales (véase tabla 14).

Tabla 14  
FACTORES PRINCIPALES DEL ADELGAZAMIENTO  
DE LA CAPA DE OZONO

<i>Actividades</i>	<i>Contaminantes</i>	<i>Efectos</i>
– Industria de los refrigerantes, solventes y fabricación de espumas	– CFC – Otras sustancias que contienen elementos químicos como el cloro, el flúor, el bromo, el carbón y el hidrógeno	Globales: – Adelgazamiento de la capa de ozono – Cáncer en la piel – Debilitamiento de los sistemas inmunológicos

FUENTE: Elaboración propia, a partir de Louka, 2006.

### 1. Régimen internacional de protección de la capa de ozono

Tras una serie de reuniones de representantes de órganos gubernamentales y no gubernamentales, organizadas por el PNUMA, se adoptó en 1985 el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono. Este tratado obligó a los Estados parte a cooperar en materia de investigación científica e intercambio de información, así como a adoptar políticas para controlar las actividades humanas que pueden dañar la capa de ozono.

Si bien el Convenio de Viena no previó obligaciones para que los Estados redujeran sus emisiones en cantidades específicas, el posterior Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono (SAO), adoptado en 1987, sí estableció obligaciones diferenciadas para limitar la producción y el consumo de compuestos que agotan el ozono en la estratosfera (CFC, halones, hidroclorofluorocarbonos —HCFC— y el bromuro de metilo, entre otros), con la finalidad de eliminarlos progresivamente de acuerdo con calendarios específicos para los países desarrollados y en desarrollo. Así, el Protocolo concedió un periodo de gracia de diez años a los países en vías de desarrollo para que implementaran las medidas de control requeridas por el acuerdo, con base en el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas.

En 1990, las partes del Protocolo establecieron el Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal como mecanismo financiero, con el fin de facilitar la cooperación técnica y la transferencia de tecnología que permitiera a los países en desarrollo, cumplir con las medidas

de control establecidas en el Protocolo. Como ejemplo, el fondo otorgó 32 millones de dólares a la empresa Quimobásicos, en compensación por cerrar su línea de producción de CFC en México, lo que en promedio redujo en un 60% la producción de estas sustancias en todo el continente americano y 12% a nivel mundial.

Por otro lado, el Protocolo prohibió a los Estados parte las importaciones y exportaciones de sustancias que agotan la capa de ozono cuando se tratara de relaciones comerciales con países que no formaran parte del convenio.

El régimen establecido por el Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal constituyó el primero en materia ambiental de carácter evolutivo, al establecer mecanismos para dar continuidad al monitoreo de las condiciones de la capa de ozono, permitir cronogramas más estrictos e incorporar sustancias y obligaciones adicionales para los Estados, a partir de la adopción de enmiendas y ajustes por parte de la conferencia de las partes con procedimientos simplificados. Por lo anterior, desde 1990 se han realizado varios ajustes enumerados mediante enmiendas al Protocolo, adoptadas en Londres (1990), en Copenhague (1992), en Viena (1995), en Montreal (1997), en Beijing (1999), y nuevamente en Montreal (2007). Cabe señalar que durante la 19a. Reunión de las Partes del Protocolo de Montreal se acordó un ajuste al calendario para eliminar de manera temprana, es decir, al 2030, la producción y el consumo de HCFC, sustancias que constituyen el otro gran bloque de sustancias que agotan la capa de ozono, además de los CFC. Actualmente, más de 95 sustancias químicas están controladas por el Protocolo de Montreal.

## *2. Medidas adoptadas por México para la protección de la capa de ozono*

México ratificó el Convenio de Viena el 14 de septiembre de 1987, y presentó el Protocolo de Montreal el 31 de marzo de 1988, obligándose como país en vías de desarrollo a los términos establecidos en dichos acuerdos. Como resultado de ello, se creó la Unidad de Protección a la Capa de Ozono, dependiente de la SEMARNAT, con objeto de implementar las medidas necesarias para el cumplimiento de los compromisos de México ante el Protocolo de Montreal. También se desarrolló el Sistema de Información y Seguimiento de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SISSAO) para vigilar su importación y exportación y contar con un registro estadístico de su movimiento (SEMARNAT, 2015: 357).

Posteriormente, en septiembre de 1998, se adoptó la NOM de emergencia NOM-EM-125-ECOL-1998, que establece las especificaciones de protección ambiental y la prohibición del uso de compuestos clorofluorocarbonos en la fabricación e importación de refrigeradores, refrigeradores-congeladores y congeladores electrodomésticos; enfriadores de agua, enfriadores-calentadores de agua y enfriadores-calentadores de agua para beber con o sin compartimiento refrigerador, refrigeradores para uso comercial y acondicionadores de aire tipo cuarto, que prohibió el uso de los compuestos clorofluorocarbonos: CFC-11 utilizado como agente espumante para aislantes rígidos; del CFC-12 utilizado como refrigerante, y del R-502 utilizado también como refrigerante, además de establecer requisitos de marcado y etiquetado.

De forma complementaria, el Reglamento de la LGEEPA en materia del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, publicado en el *DOF* el 3 de junio de 2004, mandató que la NOM que se adoptara para determinar las sustancias sujetas a reporte de competencia federal debía contemplar sustancias agotadoras de la capa de ozono (artículo 18, RL-GEEPA-MRETC). En ese sentido, la NOM-165-SEMARNAT-2013, que establece la lista de sustancias sujetas a reporte para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes, incorpora varios HCFC y prevé como criterio para incluir nuevas sustancias químicas en la lista respectiva que constituyan una sustancia agotadora de la capa de ozono contemplada en acuerdos internacionales vinculantes de los que México sea parte.

Aunado a ello, entre 1989 y 2015 se disminuyó el consumo total ponderado nacional de SAO en poco más de 98% (pasó de 29 mil a 610.2 toneladas). Esta disminución se debe principalmente a la eliminación del consumo de los CFC con mayor potencial de agotamiento y al incremento en el uso de sustancias alternativas como los HCFC con bajos potenciales de agotamiento, pero también regulado su consumo por el Protocolo, por lo que las metas de reducción progresiva de los HCFC planteaba una disminución del 10% en 2015 hasta alcanzar el 100% en 2040 (SEMARNAT, 2015: 358).

#### IV. CAMBIO CLIMÁTICO

A partir de la Revolución Industrial, en el siglo XVIII, la composición de la atmósfera se ha visto significativamente alterada por la generación extraordinaria de gases y compuestos de efecto invernadero (GyCEI) —principalmente dióxido de carbono, metano y óxido de nitrógeno—, por el uso de combustibles fósiles en actividades industriales, así como por las intensivas



actividades agrícolas y la desmedida deforestación. Los GyCEI constituyen naturalmente componentes de la atmósfera que actúan como deflectores de la radiación infrarroja de la superficie terrestre, lo que regula la temperatura promedio de la superficie terrestre. Sin embargo, ante la concentración excesiva de estos gases en la atmósfera, originada por las actividades humanas, éstos no logran ser absorbidos por los mecanismos naturales, lo que ha provocado cambios acelerados de algunas características del sistema climático global, como la temperatura de la superficie terrestre y la distribución de la precipitación. A dicho fenómeno se le ha denominado “cambio climático”, y constituye un problema atmosférico de naturaleza global, pues independientemente del lugar en el que se emitan los GyCEI, éstos se distribuyen uniformemente en la atmósfera global (Molina *et al.*, 2017: 57-58).

En su último informe, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés, *Intergovernmental Panel on Climate Change*), concluyó que la influencia humana en el sistema climático es clara; que las emisiones antropogénicas recientes de GyCEI son las más altas en la historia; que el calentamiento del sistema climático es inequívoco; que la atmósfera y el océano se han calentado; que la cantidad de nieve y hielo han disminuido, y que el nivel del mar se ha incrementado (IPCC, 2014: 2). Al respecto véase la tabla 15.

Tabla 15  
 FACTORES PRINCIPALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

<i>Actividades y su porcentaje de emisiones</i>	<i>Gases y compuestos de efecto invernadero</i>	<i>Efectos</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Quema de combustibles fósiles (energía) (73%).</li> <li>– Agricultura y sus insumos (13%).</li> <li>– Procesos industriales (6%).</li> <li>– Cambio de uso de suelo y degradación de ecosistemas forestales (5%).</li> <li>– Residuos sólidos (3%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).</li> <li>– Metano (CH<sub>4</sub>).</li> <li>– Óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O).</li> <li>– Hidrofluorocarbonos (HFC).</li> <li>– Perfluorocarbonos (PFC).</li> <li>– Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).</li> <li>– Trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>).</li> <li>– Contaminantes climáticos de corta duración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Incremento de la temperatura.</li> <li>– Incremento del nivel del mar.</li> <li>– Incremento en frecuencia y magnitud de fenómenos hidrometeorológicos extremos.</li> <li>– Cambios abruptos del clima.</li> </ul>

FUENTE: Elaboración propia, con base en Molina *et al.*, 2017.

De acuerdo con un informe publicado en 2015 por la Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos, junto con el Centro de Investigación de la Unión Europea, actualmente los principales emisores de CO<sub>2</sub> son: China (30%), Estados Unidos (15%), la Unión Europea (10%), India (7%), la Federación Rusa (5%) y Japón (4%) (Molina *et al.*, 2017: 129). En México, por su parte, las emisiones derivadas de la utilización y quema de combustibles fósiles representó el 1.37% de las emisiones globales en 2012, colocándolo en el lugar décimo tercero de la lista de principales emisores (IEA, 2014). Para afrontar el cambio climático, es fundamental reducir las emisiones de GyCEI a través de la adopción e implementación de medidas de mitigación, entendida esta última como la “aplicación de políticas y acciones destinadas a reducir las emisiones de las fuentes, o mejorar los sumideros de gases y compuestos de efecto invernadero” (artículo 3o., fracción XXVIII, LGCC).

Por otra parte, ante la cada vez más frecuente ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos —tales como sequías, tormentas tropicales, huracanes, olas de calor o de frío— provocados por el cambio climático, gran cantidad de asentamientos humanos se encuentran en riesgo, debido a la combinación de dichos fenómenos naturales con su vulnerabilidad, entendida como el grado de susceptibilidad o de incapacidad para afrontar los efectos adversos del cambio climático. Ante ello, la capacidad de adaptación y resiliencia de los sistemas naturales y humanos constituyen aspectos fundamentales de la respuesta al cambio climático (Molina *et al.*, 2017: 99-100). La “resiliencia” se define como “la capacidad de los sistemas naturales o sociales para recuperarse o soportar los efectos derivados del cambio climático” (artículo 3o., fracción XXXV, LGCC) y la “adaptación” como las “medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que puedan moderar el daño, o aprovechar sus aspectos beneficiosos” (artículo 3o., fracción II, LGCC).

### 1. Régimen internacional del cambio climático

Ante la naturaleza global del cambio climático, resulta necesario el compromiso y esfuerzo de la comunidad internacional en su conjunto, lo que ha llevado a la adopción de acuerdos y a la creación de esquemas de gobernanza internacionales que tienen como propósito frenar el desequilibrio de las condiciones climáticas del planeta causadas por las actividades humanas.

En 1979, en la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima —una reunión de científicos de todo el mundo convocada por la Organización

Meteorológica Mundial— se puso de manifiesto por primera vez a nivel internacional que el aumento de la temperatura y el cambio climático constituían una amenaza real para el planeta. Posteriormente, se creó el *IPCC* en 1988, conformado por científicos de alto nivel, cuya misión es revisar, validar y actualizar las evidencias científicas sobre el cambio climático, a través de la publicación de informes periódicos. El primer informe de evaluación del *IPCC*, publicado en 1990, proporcionó las bases científicas para las negociaciones del primer tratado internacional en materia de cambio climático (Molina *et al.*, 2017: 144).

La CMNUCC se abrió a la firma en la Conferencia de Río el 13 de junio de 1992; fue firmada en aquel momento por 155 Estados y la comunidad europea, y entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Su objetivo consiste en lograr la estabilización de las concentraciones de GyCEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático en un plazo suficiente para permitir a los ecosistemas, adaptarse naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible (artículo 2o., CMNUCC). La CMNUCC reconoce en su preámbulo la importancia del principio de precaución, y establece que el cambio climático y sus efectos constituyen una “preocupación común de la humanidad”.

Con base en el principio de responsabilidades comunes, pero diferenciadas, la CMNUCC establece compromisos distintos tanto para los países desarrollados como para los países en desarrollo. Entre las obligaciones de los primeros se encuentran: adoptar políticas nacionales y tomar medidas de mitigación; limitar sus emisiones antropógenas de GyCEI; financiamientos nuevos y adicionales para cubrir los gastos de los países en desarrollo, y ayudar a los particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático en las acciones de adaptación (artículos 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5, CMNUCC).

Por su parte, los países en desarrollo tienen algunas obligaciones, que también poseen los países desarrollados, pero, en general, con periodos de cumplimiento más extensos o flexibles. Entre las obligaciones de estos países, incluyendo a México, se encuentran: elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la COP inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de los GyCEI; formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales que contengan medidas de mitigación y adaptación; promover la gestión sostenible y la conservación y reforzamiento de sumideros y depósitos de GyCEI; cooperar en los preparativos para la adaptación a los impactos del cambio climático y desarrollar y elaborar planes apropiados e integrados

para ello; promover y apoyar en la investigación científica, tecnológica, técnica, socioeconómica y de otra índole sobre el sistema climático; promover y apoyar la educación, capacitación y sensibilización del público, así como el intercambio pleno, abierto y oportuno de información, y de comunicar a la COP información relativa al cumplimiento de la CMNUCC, incluyendo los inventarios nacionales y una descripción general de las medidas que ha adoptado o prevé adoptar en materia de mitigación, entre otras (artículo 4.1.a), CMNUCC). Sin embargo, la Convención no estableció obligaciones cuantificadas de reducción de emisiones, por lo que en la primera COP de la Convención, celebrada en Berlín en 1995, las partes adoptaron el Mandato de Berlín, a partir del cual se ordenó la iniciación de negociaciones para adoptar un protocolo, lo que culminó con la adopción en diciembre de 1997 del Protocolo de Kioto, en el marco de la COP3 en Kioto, Japón. A pesar de que Estados Unidos y Kazajistán se negaron a ratificarlo, el Protocolo de Kioto entró en vigor el 16 de febrero de 2005.

Si bien el Protocolo de Kioto no estableció obligaciones nuevas para los países en desarrollo, sí señaló compromisos cuantificados y diferenciados de limitación y reducción de emisiones de GyCEI para los países desarrollados, así como un plazo para su cumplimiento, establecidos en el anexo B del Protocolo. Asimismo, mandató a los países desarrollados a asegurarse, individual o conjuntamente, de que sus emisiones antropógenas agregadas no excedan las cantidades atribuidas a cada uno de ellos, con miras a reducir el total de las emisiones a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el periodo de compromiso comprendido entre 2008 y 2012 (artículo 3, Protocolo de Kioto).

Por otra parte, el Protocolo de Kioto estableció mecanismos flexibles para que las partes pudieran cumplir con sus compromisos, incluyendo la posibilidad de cumplirlos de manera conjunta; realizar transacciones de unidades de reducción de emisiones entre los países desarrollados; utilizar el mecanismo para un desarrollo limpio, que permita a los países desarrollados, contabilizar la reducción certificada de emisiones de proyectos implementados en países en desarrollo, así como el comercio de derechos de emisión. No obstante estos mecanismos flexibles de cumplimiento, Canadá y Japón se retiraron del Protocolo antes de que terminara el primer periodo de cumplimiento, pues sabían que no alcanzarían las metas comprometidas y no quisieron caer en incumplimiento de dicho tratado internacional.

Posteriormente, en la COP17, celebrada en Durban, Sudáfrica, en 2011, las partes del Protocolo de Kioto acordaron establecer un segundo periodo de compromiso, lo que culminó en la adopción de una enmienda al protocolo en la COP18 en Doha, mediante el cual se instituyó un segundo periodo de

compromiso, comprendido del 1o. de enero de 2013 al 31 de diciembre de 2020, y que estableció nuevos compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones con miras a reducir el total de las emisiones a un nivel inferior en no menos del 18% al nivel de 1990, aunque con el compromiso de volver a examinarlos en 2014, para lograr en 2020 una reducción agregada de entre 25% y 40% con respecto a los niveles de 1990. Sin embargo, hasta la fecha la enmienda no ha contado con el depósito de suficientes instrumentos de aceptación para que entre en vigor.

En la COP15 celebrada en Copenhague en 2009, se llegó al consenso de la necesidad de mantener el incremento de la temperatura promedio del planeta por debajo de los 2° C, y en la COP17 se estableció el Grupo de Trabajo Especial sobre la Plataforma de Durban para una Acción Reforzada, encargado de desarrollar una propuesta para un régimen climático aplicable después de 2020. El proceso de negociación de un nuevo acuerdo internacional culminó en diciembre de 2015, con la adopción del Acuerdo de París en la COP21.

El Acuerdo de París —en vigor desde el 4 de noviembre de 2016 tras obtener la ratificación de al menos 55% de las partes de la CMNUCC, que representan al menos 55% de las emisiones globales— constituye un instrumento novedoso que busca la participación universal para “mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2° C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5° C con respecto a los niveles preindustriales” (artículo 2.a, Acuerdo de París).

En vez de establecer obligaciones de reducción de emisiones sólo para países desarrollados en función del principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas, el Acuerdo de París implementa dicho principio de manera diferente, pues requiere a todos los países, sin distinción alguna, definir de manera voluntaria su contribución determinada a nivel nacional (*INDC*, por sus siglas en inglés, *Intended Nationally Determined Contributions*) para la reducción de emisiones, comprometiéndose a comunicarla, implementarla y actualizarla cada cinco años para que sea más ambiciosa.

Por otra parte, el Acuerdo de París delega en gran medida a la COP la adopción de reglas específicas para el desarrollo e implementación de sus disposiciones, y establece un marco de transparencia reforzado para la verificación del cumplimiento de los compromisos de mitigación y adaptación, las emisiones reportadas por cada país en sus inventarios nacionales, así como el apoyo en forma de financiación, transferencia de tecnología y fomento de la capacidad (artículo 13, Acuerdo de París).

El nuevo enfoque del Acuerdo de París derivó de la inconformidad de muchos países desarrollados de que países en desarrollo —como China, India, Brasil, México o Corea del Sur— que actualmente constituyen grandes emisores por virtud de su crecimiento económico, no tuvieran obligaciones de reducción de emisiones específicas, así como de la necesidad de contar con la suficiente flexibilidad para lograr un acuerdo de participación universal. Si bien los compromisos de mitigación establecidos en las *INDC* deberían permitir, de manera agregada, alcanzar la meta de limitar el incremento de la temperatura global en 2° C para el año 2100, con los *INDC* presentados únicamente se lograría disminuir el riesgo que de que la temperatura aumente más de 4 o 5 grados, por lo que resulta fundamental contar con compromisos más ambiciosos (Molina *et al.*, 2017: 150).

México se comprometió a reducir incondicionalmente un 25% de sus emisiones de GyCEI y de contaminantes de corta duración para 2030, lo que implica la reducción de 22% de sus emisiones y 51% de carbón negro. A su vez, el compromiso puede llegar hasta un 36% de las emisiones de GyCEI por debajo de la línea de base para 2030, de manera condicionada, lo que depende de un acuerdo mundial que aborde, entre otras cosas, un precio internacional del carbono, ajustes fiscales en la frontera para el carbono, cooperación técnica, acceso a recursos financieros de bajo costo y transferencia de tecnología (todo a una escala proporcional al desafío del cambio climático mundial).

El *INDC* de México también prevé una serie de medidas en materia de adaptación para 2030, enfocadas, principalmente, en la protección de las comunidades vulnerables y el incremento de la resiliencia de infraestructura y ecosistemas estratégicos. Entre dichas medidas se encuentra el fortalecer la capacidad de adaptación de al menos 50% de los municipios más vulnerables a los efectos adversos del cambio climático; establecer sistemas de alerta temprana y gestión integral del riesgo para cada nivel de gobierno, y cómo alcanzar un nivel cero de deforestación; esto último, muy difícil de lograr. El resumen de los objetivos acordados por México a través de los instrumentos que se han adoptado puede verse en la tabla 16.

Tabla 16  
**OBJETIVOS DE LOS PRINCIPALES INSTRUMENTOS  
 INTERNACIONALES EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO**

<i>CMNUCC</i>	<i>Protocolo de Kioto</i>	<i>Enmienda de Doha al Protocolo de Kioto</i>	<i>Acuerdo de París</i>
Lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.	Reducir, en al menos 5% las emisiones de GyCEI en relación con los niveles registradas en 1990 a nivel global, en el periodo 2008-2012.	Reducir, en al menos 18%, las emisiones de GyCEI en relación con los niveles registrados en 1990 a nivel global, en el periodo 2013-2020.	Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5°C con respecto a los niveles preindustriales.

FUENTE: Elaboración propia.

## 2. Medidas adoptadas por México para afrontar el cambio climático

México contribuye con menos del 1.5% a las emisiones globales de GyCEI; no obstante, es un país altamente vulnerable a los efectos adversos del cambio climático, por lo que resulta necesaria la adopción de medidas tanto de mitigación como de adaptación de una manera transversal y con inclusión de los sectores gubernamental, privado y social.

En 2012 entró en vigor la LGCC, que tiene por objeto garantizar el derecho a un medio ambiente sano; definir la concurrencia entre los tres órdenes de gobierno; regular las emisiones de GyCEI de origen antropógeno; regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático; reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas; fomentar la educación, la investigación, el desarrollo y la transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de mitigación y adaptación; establecer las bases para la concertación con la sociedad; establecer las bases para que México contribuya al cumplimiento del Acuerdo de París, y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones (artículo 2, LGCC).

Dado que la problemática relacionada con el cambio climático involucra a los tres órdenes de gobierno, sus facultades principales se detallan en la tabla 17.

Tabla 17  
DISTRIBUCIÓN DE COMPETENCIAS EN MATERIA  
DE CAMBIO CLIMÁTICO

<i>Facultades de la Federación</i>	<i>Facultades de las entidades federativas</i>	<i>Facultades de los municipios</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Formular, conducir y publicar la política nacional de cambio climático, incluyendo la Estrategia y Programa Nacionales de Cambio Climático, y la Contribución Determinada a Nivel Nacional.</li><li>– Elaborar, actualizar, publicar y aplicar el Atlas Nacional de Riesgo y la Política Nacional de Adaptación.</li><li>– Establecer, regular e instrumentar las acciones de mitigación y adaptación.</li><li>– Crear y regular el Fondo para el Cambio Climático.</li><li>– Crear, autorizar y regular el comercio de emisiones.</li><li>– Requerir el reporte de sus emisiones directas e indirectas, a las fuentes emisoras, y</li><li>– Regular, integrar y actualizar el inventario y el registro nacional de emisiones.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Formular, regular, dirigir e instrumentar acciones de mitigación y adaptación, dentro de las materias de su competencia.</li><li>– Elaborar e instrumentar el programa estatal de cambio climático.</li><li>– Gestionar y administrar fondos locales.</li><li>– Integrar el Inventario Estatal de Emisiones.</li><li>– Elaborar, actualizar y publicar el Atlas Estatal de Riesgo, y</li><li>– Vigilar en el ámbito de su competencia el cumplimiento de la LGCC.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Formular e instrumentar políticas y acciones de mitigación y adaptación, dentro de las materias de su competencia.</li><li>– Desarrollar estrategias, programas y proyectos integrales de mitigación.</li><li>– Elaborar, actualizar y publicar el Atlas local de Riesgo, y</li><li>– Vigilar, en el ámbito de su competencia, el cumplimiento de la LGCC.</li></ul>

FUENTE: Elaboración propia, con base en los artículos 7, 8 y 9, y el artículo tercero transitorio, LGCC.



La LGCC prevé la creación de diversos instrumentos de planeación en materia de cambio climático en el largo y mediano plazo, que resultan esenciales para establecer las metas, los objetivos y las líneas de acción en materia de mitigación y adaptación.

En primer lugar, la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) constituye el instrumento rector de la política nacional en el corto, mediano y largo plazos para transitar hacia una economía sustentable; es elaborado por la SEMARNAT y sometido a la consideración de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), y debe contener el diagnóstico y escenarios climáticos, tendencias y propuestas en los usos del territorio y de recursos, oportunidades para la mitigación, escenario y emisiones de línea base y acciones y metas de adaptación y mitigación (artículos 60-64, LGCC). En junio de 2013 se publicó la Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40.

En segundo lugar, el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) constituye el instrumento que establece las acciones y medidas de cambio climático de la administración pública federal centralizada y paraestatal durante un periodo sexenal; es elaborado por la SEMARNAT con la participación del INECC y el Consejo de Cambio Climático (CCC) y sometido a consideración de la CICC, y contiene, entre otras cosas, las metas sexenales de adaptación y mitigación, las acciones para lograr dichas metas, las estimaciones presupuestales necesarias, así como los responsables de su ejecución (artículo 67, LGCC). En abril de 2014 se publicó el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018, que, de acuerdo con la evaluación estratégica realizada por la Coordinación de Evaluación, presenta varias deficiencias, que requieren corregirse en la publicación del siguiente PECC, tales como el seguimiento de avances respecto de cada una de sus líneas de acción y no de forma agregada, así como el establecimiento de lineamientos, criterios o guías para instrumentar la medición, reporte y verificación de las medidas y acciones de mitigación (INECC, 2017: 26).

En tercer lugar, los programas estatales de cambio climático constituyen instrumentos que establecen las estrategias, políticas, directrices, objetivos, acciones, metas e indicadores de la administración pública estatal; deben elaborarse al inicio de cada administración, y deben contener los escenarios de cambio climático y los diagnósticos de vulnerabilidad y de capacidad de adaptación, las metas y las acciones de mitigación y adaptación, así como la medición, el reporte y la verificación de las mismas (artículos 71 y 72, LGCC). Actualmente, al menos ocho entidades federativas cuentan con programas estatales de cambio climático, incluyendo a Chiapas, la Ciudad de México, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Tabasco y Veracruz.

Finalmente, el Programa especial para alcanzar la protección y manejo sustentable de la biodiversidad se prevé como una medida de adaptación, y debía ser adoptado por el gobierno federal antes del 30 de noviembre de 2012, lo cual hasta ahora no ha ocurrido (artículo 30, fracción XVII y artículo tercero transitorio, LGCC). No obstante, la CONANP publicó en 2015 la *Estrategia de Cambio Climático desde las Áreas Naturales Protegidas. Una convocatoria para la resiliencia de México 2015-2020*, un instrumento que, sin embargo, no tiene carácter programático.

La política nacional de cambio climático en materia de adaptación tiene como objetivo reducir la vulnerabilidad de la sociedad y los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático; fortalecer su resiliencia y resistencia; minimizar riesgos y daños con base en escenarios actuales y futuros; establecer mecanismos de atención inmediata y expedita, y facilitar y fomentar la seguridad alimentaria y la preservación de ecosistemas y recursos naturales (artículo 27, LGCC). Por ello, se prevén una serie acciones e instrumentos de adaptación (artículo 30, LGCC), algunos de los cuales no han sido implementados en tiempo, como lo requieren las metas establecidas por la misma LGCC:

- Una política nacional de adaptación a nivel federal, en el marco del Sistema Nacional de Cambio Climático.
- Atlas de riesgo, entendidos como los documentos dinámicos cuyas evaluaciones de riesgo de asentamientos humanos, regiones o zonas geográficas vulnerables que consideran los escenarios climáticos actuales y futuros.
- Planes de desarrollo urbano, reglamentos de construcción y ordenamiento territorial de las entidades federativas y los municipios elaborados o actualizados conforme a la información de los atlas de riesgo.
- Planes de protección y contingencia ambientales en zonas de alta vulnerabilidad, áreas naturales protegidas y corredores biológicos ante eventos meteorológicos extremos.
- Planes de protección y contingencia en los destinos turísticos y en zonas de desarrollo turístico sustentable.
- Programas de prevención y riesgo epidemiológicos reforzados.
- Sistemas de alerta temprana.
- Diagnósticos de daños en los ecosistemas hídricos sobre los volúmenes disponibles de agua y su distribución territorial.
- Sistemas de pago por servicios ambientales hidrológicos que proporcionan los ecosistemas para destinarlos a su conservación.

- Medidas de gestión para la lograr la adaptación de especies en riesgo y prioritarias para la conservación que sean particularmente vulnerables al cambio climático.
- Acciones de restauración de la integridad y conectividad ecológicas para fortalecer la resistencia y resiliencia de los ecosistemas terrestres, costeros y marinos.

Por su parte, la política nacional de cambio climático en materia de mitigación tiene como objetivo principal establecer planes, programas, acciones, instrumentos económicos, de política y regulatorios para el logro gradual de metas de reducción de emisiones específicas, por sectores y actividades, tomando como referencia los escenarios de línea base y priorizando aquellos sectores con mayor potencial de reducción (artículos 31 y 32, LGCC). Para ello, se prevén, entre otras, las siguientes acciones de mitigación (artículos 33 y 34, LGCC):

- Fomentar la eficiencia energética y el uso de fuentes renovables de energía.
- Promover el aprovechamiento del potencial energético de los residuos sólidos urbanos.
- Diseñar incentivos para la absorción de carbono en las áreas naturales protegidas.
- Reducir las emisiones para el uso de transporte.
- Regular la construcción de edificaciones sustentables.
- Promover tecnologías de mitigación cuyas emisiones sean bajas en carbono durante todo su ciclo de vida.
- Generar educación y cambios de patrones de conducta, consumo y producción.

A manera de resumen, en la tabla 18 pueden observarse las metas a alcanzar por el Estado mexicano, que involucran acciones tanto en materia de adaptación como de mitigación y resiliencia.

Tabla 18  
METAS ESTABLECIDAS EN LA LGCC  
Y EN LA *INDC* DE MÉXICO

<i>LGCC</i>	<i>INDC - Acuerdo de París</i>
<p>Reducir al 2020 un 30% de emisiones respecto a la línea base.</p> <p>Reducir al 2050 un 50% de las emisiones, en relación con las emitidas en 2000.</p> <p>Los tres órdenes de gobierno deberán integrar y publicar atlas nacional, estatales y locales de riesgo antes de que finalice el año 2013.</p> <p>Los municipios más vulnerables al cambio climático deberán contar con un programa de desarrollo urbano que considere los efectos del cambio climático antes del 30 de noviembre de 2015.</p> <p>Las entidades federativas deberán elaborar y publicar los programas estatales de cambio climático antes de que finalice el año 2013.</p> <p>Los municipios con centros urbanos de más de 50,000 habitantes desarrollarán y construirán infraestructura para el manejo de residuos sólidos que no emitan metano a la atmósfera y, cuando sea viable, implementarán tecnología para la generación de energía eléctrica, para el 2018.</p>	<p>Reducir incondicionalmente 25% de las emisiones de GyCEI y de contaminantes de corta duración para el año 2030 (22% de emisiones de GEI y 51% de carbón negro).</p> <p>De manera condicionada, reducir hasta un 40% de las emisiones de GyCEI para el año 2030 (36% de emisiones de GEI y 70% de carbón negro).</p> <p>Fortalecer la capacidad de adaptación de al menos 50% de los municipios más vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, para el año 2030.</p> <p>Establecer sistemas de alerta temprana y gestión integral del riesgo para cada nivel de gobierno para el año 2030.</p> <p>Alcanzar cero deforestación para el año 2030.</p>

FUENTE: Elaboración propia con base en la *INDC* de México y los artículos segundo y tercero transitorios de la *LGCC*.

A fin de lograr tales objetivos y metas de mitigación y adaptación, se ha trabajado en una serie de instrumentos de política pública, entre los que se encuentran los siguientes:

- El Inventario Nacional de Emisiones de GyCEI, elaborado por el INECC de acuerdo con los lineamientos y metodologías establecidos por el Acuerdo de París, la CMNUCC, la COP y la *IPCC*, a

efecto de cumplir con las obligaciones internacionales contraídas por México. El Inventario contiene la estimación de las emisiones antropogénicas de GyCEI y de la absorción por los sumideros, y se elabora con base en la información proporcionada tanto por las autoridades federales como por las de las entidades federativas y de los municipios relacionada con las categorías de fuentes emisoras de su competencia (artículos 74 y 75, LGCC). La versión más actualizada del Inventario Nacional de Emisiones de GyCEI fue publicada en 2013.

- El Registro Nacional de Emisiones (RENE), instrumentado desde 2014 a partir de la publicación del Reglamento de la LGCC en materia del RENE el 28 de octubre de 2014, se integra con la información reportada por las instalaciones de los sectores de energía, industria, transporte, agropecuario, residuos, así como comercio y servicios, que emiten más de 25,000 toneladas de dióxido de carbono equivalente, tanto de emisiones directas como indirectas agregadas provenientes de fuentes fijas y móviles. Las instalaciones reportan sus emisiones de bióxido de carbono, metano, óxido nitroso, carbono negro, gases fluorados, hexafluoruro de azufre, trifluoruro de nitrógeno, éteres halogenados, halocarbonos, así como mezclas de estos y otros gases, a través de la COA que presentan anualmente durante los meses de marzo a junio. Adicionalmente, las instalaciones se encuentran obligadas a verificar sus emisiones cada tres años. Por otra parte, la LGCC prevé que quienes lleven a cabo proyectos o actividades de mitigación o reducción de emisiones pueden inscribir dicha información en el RENE; sin embargo, dicho “brazo” del registro aún no ha sido implementado (artículos 87 y 89, LGCC).

La LGCC reconoce la relevancia de que los tres órdenes de gobierno diseñen, desarrollen y apliquen instrumentos económicos que incentiven el cumplimiento de los objetivos de la política nacional en materia de cambio climático. Para tal efecto, se creó el Fondo para el Cambio Climático (FCC), que tiene como objetivo financiar la implementación de acciones sobre cambio climático; se puede integrar con recursos públicos y privados, nacionales e internacionales, y destina los recursos, en orden de prelación, a acciones para la adaptación, proyectos que contribuyen tanto a la mitigación como a la adaptación, acciones de mitigación, programas de educación, proyectos de investigación, entre otros (artículos 80-82, LGCC). Asimismo, se prevé la creación de un sistema de comercio de emisiones, con el objetivo de promover la reducción de emisiones con el menor costo posible

(artículo 94, LGCC), comenzando con la implementación de un programa de prueba sin efectos económicos para los sectores participantes que tenga una vigencia de 36 meses.

Finalmente, es importante mencionar los arreglos institucionales que se han creado como parte de la gobernanza nacional en materia de cambio climático, a saber:

- El INECC, como organismo descentralizado de la SEMARNAT, encargado de coordinar y desarrollar investigación científica y tecnológica sobre cambio climático; apoyar la elaboración de la ENCC y el PECC; integrar, monitorear y actualizar el inventario y fomentar la construcción de capacidades en entidades federativas y municipios (artículo 15, LGCC).
- La Coordinación de Evaluación, integrada por el titular del INECC y seis consejeros sociales representantes de la comunidad científica, académica, técnica e industrial, encargada de la evaluación de la política nacional de cambio climático por sí mismo o a través de organismos independientes (artículos 23-25, LGCC).
- La CICC, presidida por el titular del Ejecutivo federal e integrada por los titulares de catorce secretarías de Estado, incluyendo a la SEMARNAT, encargada de coordinar las acciones de cambio climático entre las dependencias y entidades de la administración pública federal, aprobar la ENCC y las contribuciones determinadas a nivel nacional, desarrollar criterios de transversalidad, entre otros (artículos 45-47, LGCC).
- El CCC, como órgano permanente de consulta de la CICC, integrada por al menos quince miembros provenientes de los sectores social, privado y académico, encargado de promover la participación social, dar seguimiento a políticas, acciones y metas de cambio climático y de emitir recomendaciones a la CICC (artículos 51 y 57, LGCC).
- El Sistema Nacional de Cambio Climático, como mecanismo permanente de concurrencia, comunicación, coordinación y concertación sobre la política nacional de cambio climático, e integrado por la CICC, el CCC, el INECC, los gobiernos de las entidades federativas, un representante de autoridades municipales, del Congreso de la Unión y de cada una de las asociaciones nacionales (artículos 38 a 44, LGCC).

*Actividad didáctica:* Ver los documentales *Una verdad incómoda*, de Davis Guggenheim, 2006, y *Una verdad incómoda 2*, de Bonni Cohen y Jon Shenk, 2017, e identificar las medidas que se han adoptado a nivel global para afrontar el cambio climático, tanto en términos de mitigación como de adaptación y evaluar su efectividad.