



Agenda Ciudadana
en **Iberoamérica**
Ciencia, Tecnología e Innovación

México

CAMBIO CLIMÁTICO Y SUSTENTABILIDAD

Coordinación:

Dra. Telma Gloria Castro Romero, Centro de Ciencias de la
Atmósfera, CCA , (UNAM)

Dr. Rafael Lozoya Díaz, Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad
en el Sureste, CCGSS

Dra. María Amparo Martínez Arroyo, Instituto Nacional de Ecología y
Cambio Climático, INECC

Mtra. Mireya Imaz Gispert, Programa Universitario de Estrategias para la
Sustentabilidad, PUES, (UNAM)

Dr. Fernando Tudela Abad, Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad
en el Sureste, CCGSS

Dr. Enrique Martínez Meyer, Instituto de Biología, (UNAM)

Dr. Alessandro Rizzo, Instituto de Investigación para el Desarrollo, IRD

Marco de referencia

Estamos en presencia de un problema de índole global que afecta a todos los países, aunque suele incidir con mayor gravedad en aquellos de menor desarrollo relativo y por ende con menores capacidades para enfrentarlo. Por ello, las posibles soluciones al desafío del cambio climático rebasan las posibilidades de cualquier país aislado, por grande que éste sea.

Así, por razones de eficacia y equidad, enfrentar el cambio climático exige una acción concertada por parte de todos, pero con responsabilidades, capacidades y contribuciones diferenciadas. Sus consecuencias, no siempre fáciles de predecir, se pueden detectar con técnicas estadísticas y empiezan a adquirir dimensiones de catástrofe. Los riesgos reconocibles se han ido amplificando en los últimos años.

Abordar el problema en su plena dimensión exige replantear aspectos centrales del proceso de desarrollo en los más variados ámbitos y sectores. Sin embargo, no se puede por ello sectorizar su atención circunscribiéndola al ámbito específico del medio ambiente.

Enfrentar el cambio climático forma parte de la agenda prioritaria de los más altos niveles de gobierno. Hacerlo en forma efectiva y oportuna, evitando asumir riesgos inaceptables para nuestras sociedades, implica movilizar de inmediato acciones de gran alcance y aprovechar una ventana de oportunidad que se podría cerrar en dos o tres lustros. Los integrantes de la generación actual que están en condiciones de incidir en la toma de decisiones fundamentales enfrentan por ello una pesada responsabilidad.

Una movilización de la magnitud requerida, que a veces se ha equiparado a una nueva Revolución Industrial, sería impensable sin una sólida base social de apoyo. Los países han venido construyendo un marco institucional que, en su vertiente multilateral ha seguido directrices emanadas del mejor conocimiento científico disponible. Para ello se creó en 1988 el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), impulsado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y sancionado por la Asamblea General de las Naciones Unidas,¹ cuya misión consiste en proveer información científica, comprensiva y objetiva sobre el cambio climático, que permita a los gobiernos tomar decisiones en el marco institucional referido.

Además de algunos estudios específicos, el IPCC produce con regularidad Informes de Evaluación integrales, el último de los cuales vio la luz entre 2013 y 2014. Sobre la base de la participación altruista de más de mil científicos y especialistas, el desempeño del IPCC le hizo acreedor en 2007 al Premio Nobel de la Paz.

La convergencia entre el trabajo científico y las decisiones adoptadas en el seno de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha permitido avances en el régimen climático, cuya expresión más reciente puede hallarse en el Acuerdo de París, adoptado por unanimidad el 12 de diciembre de 2015 en la XXI Conferencia de las Partes (COP) ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, instrumento legal que entró en vigor en 1994.

1. Resolución A/RES/43/53: Protección del clima global para las presentes y futuras generaciones de la humanidad. 6 de diciembre de 1988.



La negociación del Acuerdo de París convocó a más de 150 jefes de Estado o de Gobierno bajo un mismo techo en la ciudad de referencia, hecho sin precedente en la historia de las Naciones Unidas. También careció de precedentes la firma de este instrumento en Nueva York por parte de 175 países en un solo día, el 22 de abril de 2016, Día de la Tierra. La intensa movilización internacional tiene su correlación en un nuevo posicionamiento del tema en las agendas nacionales, con el consiguiente establecimiento de una institucionalidad especializada prácticamente en la totalidad de los países.

Por su prolija extensión y su elevada especialización, los sucesivos informes del IPCC, incluso sus Resúmenes para Responsables de Políticas, resultan muy poco asimilables para la ciudadanía.

La complejidad y la trascendencia del tema, el sentido de urgencia que ha adquirido la problemática en los últimos años y las perspectivas de una nueva y decisiva etapa en el régimen climático internacional son factores que confieren particular oportunidad a la construcción de una agenda ciudadana de ciencia, tecnología e innovación en relación con el cambio climático.

La opinión pública manifiesta serias carencias de información relevante y oportuna, así como distorsiones o errores en relación con el conocimiento científico actual sobre el tema, por lo que se requiere un gran esfuerzo de sensibilización, difusión y divulgación para subsanar estas deficiencias. Así, sobre la base de una mejor información, la ciudadanía podría expresar con eficacia sus intereses y prioridades para que la ciencia oriente sus esfuerzos hacia temas, problemas, enfoques y propuestas mejor alineadas con la percepción ciudadana y los rasgos culturales de nuestras sociedades. Además, una población mejor informada está en condiciones de ejercer presión sobre los poderes públicos para que incrementen la atención prestada al cambio climático, así como para exigir el cumplimiento de los instrumentos normativos vigentes en la materia.

La construcción de una Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación en materia de cambio climático se enmarca en una obligación contraída por los países ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, la cual prescribe, en su artículo 6, que las Partes:

- a. Promoverán y facilitarán, en el plano nacional y, según proceda, en los planos subregional y regional, de conformidad con las leyes y reglamentos nacionales y según su capacidad respectiva:
 - i. La elaboración y aplicación de programas de educación y sensibilización del público sobre el cambio climático y sus efectos;
 - ii. El acceso del público a la información sobre el cambio climático y sus efectos;
 - iii. La participación del público en el estudio del cambio climático y sus efectos y en la elaboración de las respuestas adecuadas; y
 - iv. La formación de personal científico, técnico y directivo;
- b. Cooperarán, en el plano internacional, y, según proceda, por intermedio de organismos existentes, en las actividades siguientes, y las promoverán:
 - i. La preparación y el intercambio de material educativo y material destinado a sensibilizar al público sobre el cambio climático y sus efectos; y



- ii. La elaboración y aplicación de programas de educación y formación, incluido el fortalecimiento de las instituciones nacionales y el intercambio o la adscripción de personal encargado de formar expertos en esta esfera, en particular para países en desarrollo.

En el contexto de las negociaciones recientes, este artículo figura entre los que han suscitado menos controversias en cuanto a su desarrollo y cumplimiento.

El cambio climático: Una amenaza global

El cambio climático se ha perfilado en los últimos años como la principal amenaza global a la que se enfrenta la humanidad. Sus manifestaciones iniciales, detectadas ya de manera inequívoca, se expresan como: alteraciones en la variabilidad del clima; anomalías en las temperaturas y la estacionalidad de muchos procesos; progresiva elevación del nivel del mar; acidificación de los océanos; intensificación de la actividad ciclónica; incidencia anormal de fenómenos hidrometeorológicos extremos tales como sequías e inundaciones; cambios en los ciclos agrícolas, y alteraciones en la transmisión de enfermedades por vectores, entre otras.

Lo anterior, determina afectaciones crecientes a la salud pública, las infraestructuras, los procesos productivos, y otros aspectos que inciden de manera decisiva en el proceso de desarrollo de nuestras sociedades. En el ámbito natural, el cambio climático determina una progresiva transformación de los ecosistemas y un deterioro potencialmente irreversible de su biodiversidad, con consecuencias tan severas como impredecibles.

De mantenerse las tendencias actuales, este proceso global podría llegar a comprometer los sistemas de soporte de vida del planeta y las perspectivas de supervivencia de una buena parte de las especies que lo habitan, incluyendo la nuestra.

Superponiéndose a transformaciones climáticas naturales de muy lenta evolución, el proceso de cambio climático en la actualidad se caracteriza por estar originado a partir de las actividades humanas que conllevan emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero. Estas emisiones crecientes, al rebasar la capacidad de los sumideros terrestres y marinos para absorberlas, han incrementado las concentraciones de estos gases en la atmósfera, derivando así en un fenómeno de cambio climático. Este hecho suscita un consenso científico muy sólido, cuya evolución se refleja tendencialmente en los sucesivos Informes de Evaluación del IPCC.

En contraste con este consenso, algunos medios de comunicación siguen invocando incertidumbres ajenas a la realidad del conocimiento científico actual. La progresión de las concentraciones de gases de efecto invernadero se encuentra muy bien documentada desde el punto de vista observacional y se correlaciona con las emisiones determinadas por las actividades productivas y demás procesos socioeconómicos.

La concentración promedio de dióxido de carbono, principal gas de efecto invernadero, que se mantenía muy estable en torno a 280 ppm en toda la era pre-industrial,



alcanzó un nivel promedio de 407.7 ppm en mayo de 2016,² correspondiente al “pico” de este año, lo cual refleja un preocupante incremento de 3.76 ppm en tan sólo un año³ e indica lo lejos que estamos de alcanzar el objetivo último que persiguen todos los acuerdos internacionales vigentes en la materia, consistente en estabilizar las concentraciones de esas emisiones en la atmósfera a un nivel no peligroso. Los actuales niveles de concentración de CO₂ carecen de precedente, al menos en los últimos ochocientos mil años y, por la larga permanencia de éste y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera, representan una pesada carga para las generaciones futuras.

Si las actividades humanas, en particular aquellas que implican procesos de combustión y de cambios de uso de suelo, como la deforestación, provocan el cambio climático a la escala temporal de los procesos actuales, transformar dichas actividades también podrá contrarrestarlo y reducir sus efectos negativos. Enfrentar este proceso antes de llegar a situaciones irreversibles y de gran riesgo constituye una necesidad apremiante para todos los países.

Las tendencias actuales del cambio climático nos conducirían a un aumento en la temperatura promedio planetaria por encima de los 3°C, sin precedente en los últimos tres millones de años. El Acuerdo de París incorpora el objetivo de “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”.⁴

Ese objetivo, reforzado respecto de lo dispuesto anteriormente en el Acuerdo de Copenhague y en los Acuerdos de Cancún, tiene implicaciones para las concentraciones máximas aceptables⁵ y las máximas emisiones globales admisibles en distintos periodos.⁶ Los compromisos asumidos implicarían dejar sin quemar más de la mitad de las reservas de hidrocarburos actuales. La COP 21 determinó, por otra parte, encargarle al IPCC un estudio especial sobre las implicaciones de limitar el aumento de temperatura a 1.5°C.

En su doble vertiente de mitigación (atención a las causas: reducción de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, o reducción de la “huella de carbono” de los procesos de producción y consumo) y de adaptación (atención a

2. El dato proviene de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de EUA, que está a cargo del Observatorio de Mauna Loa, Hawaii, el cual ha venido midiendo las concentraciones de CO₂ y manteniendo registros de esta variable desde 1958. Si contabilizáramos también los demás gases de efecto invernadero considerados en el Protocolo de Kioto, el nivel de las concentraciones promedio de CO₂e (equivalentes en bióxido de carbono) rebasaría probablemente los 450 ppm.

3. El incremento anual promedio de concentraciones de CO₂ en el periodo 1950-70 era de alrededor de 1ppm. En el periodo 1970-90 había ascendido a cerca de 2ppm.

4. Acuerdo de París: Art.2. Si siguiéramos con las tendencias y políticas actuales, es muy probable que la elevación de la temperatura promedio rebase los 3°C, lo cual no tiene precedente por lo menos en los últimos tres millones de años

5. Probablemente el objetivo del Acuerdo de París implicaría limitar las concentraciones a 450ppm de CO₂e.

6. Limitándose a 50/50 de probabilidad de mantenerse por debajo del umbral de los 2°C, las emisiones de gases de efecto invernadero, que en la actualidad podrían rebasar los 50Gt de CO₂e, deberían ser inferiores a 35Gt de CO₂e en 2030, y a 20Gt de CO₂e en 2050. El propio Acuerdo de París señala que estas emisiones netas deberían ser nulas antes de que concluya el siglo.



los efectos: reducción de la vulnerabilidad de los sistemas de los que dependen la salud de los ecosistemas y el bienestar de la población, o aumento de su resiliencia frente a los impactos negativos derivados del cambio climático, así como la potenciación de los efectos positivos, si los hubiera), la atención al cambio climático es cada vez más urgente y requiere una transformación radical de los modelos de desarrollo de todos los países, en particular de los iberoamericanos.

Iberoamérica y el cambio climático

Percepción social

En el marco de la elaboración de una agenda ciudadana, cabe destacar que una de las peculiaridades de Iberoamérica respecto de otras regiones del mundo radica en que su opinión pública se encuentra más sensibilizada en relación con el cambio climático y muestra mayor disposición a apoyar medidas avanzadas para la mitigación y adaptación al mismo. En los últimos años, diversas encuestas y sondeos de alcance internacional evidencian este hecho diferencial. Como muestra basta citar la última encuesta disponible del Pew Research Center, centrada en la percepción de amenazas globales,⁷ cuyos resultados coinciden con los de varios estudios anteriores⁸ al señalar que en América Latina el tema emergió como la preocupación global predominante, por delante incluso de la inestabilidad económica global, como se pone de manifiesto en el cuadro siguiente.

Mediana (en porcentaje) de encuestados que manifiestan “estar muy preocupados” por el cambio climático, así como por la inestabilidad económica global. Comparativo entre países o regiones

	Estados Unidos	Europa	Oriente Medio	Asia / Pacífico	América Latina	España	África	Todos los países
Cambio climático	42%	42%	35%	41%	61%	59%	59%	46%
Inestabilidad económica global	51%	40%	33%	35%	54%	63%	50%	42%

Pew Research Center: Encuesta sobre percepciones globales. Primavera de 2015

España es, entre todos los países de Europa en los que se realizó esta encuesta, donde la opinión pública ha expresado mayor preocupación por el cambio climático.

7. Encuesta realizada por el Pew Research Center en 40 países, con la participación de 45,435 encuestados, entre marzo y mayo de 2015.

8. Se puede consultar al respecto la encuesta de Nielsen, empresa global de mercadotecnia, cuyos resultados [“Sustainable Efforts & Environmental Concerns Around the World”] se publicaron en agosto de 2011, así como la edición anterior, de 2013, de la misma encuesta del Pew Research Center sobre percepción de amenazas globales. En relación con Iberoamérica y el cambio climático, los resultados de ambas convergen en la misma dirección.

Sobre esta base, Iberoamérica estaría en mejores condiciones que otras regiones para promover con legitimidad acciones eficaces a nivel nacional, promover legislación ambiciosa en la materia y ejercer un liderazgo en los foros internacionales, en particular multilaterales, que se ocupan del cambio climático.

Todos los países iberoamericanos, a excepción de Nicaragua, presentaron sus “Contribuciones previstas determinadas a nivel nacional” (INDCs, por sus siglas en inglés), asociadas ahora al Acuerdo de París. En su mayor parte incluyen acciones de adaptación, además de las de mitigación. Aunque no se trata de obligaciones jurídicamente vinculantes, reflejan un compromiso político firme que define la acción climática de cada país y fija sus alcances para los próximos años. El propio Acuerdo de París señala una secuencia quinquenal de revisiones que deberán ir ampliando los alcances de estas contribuciones.

El cumplimiento de las contribuciones ofrecidas en los INDCs de la región obligará a una compleja movilización de actores y recursos, tanto nacionales como de la cooperación internacional.

Emisiones iberoamericanas: Mitigación

La responsabilidad actual de Iberoamérica⁹ respecto del cambio climático se da en función de la magnitud de sus emisiones de gases de efecto invernadero. En 2012, último año respecto del cual se dispone de información comparable para la totalidad de los países, estas emisiones representaban en Iberoamérica alrededor de 4,854 Mt CO₂e, incluyendo aquellas derivadas del cambio de uso del suelo y la forestería.¹⁰

Las emisiones iberoamericanas representaban 10.5% del total mundial y tan sólo dos países (Brasil y México) emiten conjuntamente poco más de la mitad del total de la región.

La población de este espacio socio-cultural rebasa los 644 millones de habitantes; es decir algo más de 9% del total mundial, por lo que las emisiones iberoamericanas per cápita no difieren mucho de las correspondientes al promedio mundial.

Es de resaltar que en Iberoamérica se ha manifestado en los últimos años un dinamismo menor que el de las emisiones globales, lo cual es reflejo del extraordinario crecimiento de algunas economías emergentes como la de China.

La participación de las emisiones provenientes del cambio de uso del suelo/ forestería, conversión neta de bosques, en relación con el total de sus emisiones, constituye una peculiaridad regional en relación con el promedio mundial. En el conjunto de América Latina este sector representa poco más de una quinta parte de sus emisiones totales. Este rasgo, que se ha llegado a conceptualizar como una de las “anomalías” de las emisiones latinoamericanas, deriva de factores regionales como los siguientes:

9. A efectos de este análisis Iberoamérica comprende la totalidad de los países americanos de habla hispana o portuguesa, más España y Portugal.

10. Este dato se obtuvo a partir de la información contenida en el Climate Analysis Indicators Tool (CAIT), que el World Resources Institute ha venido publicando en red desde fines del año 2003. El año de 2012 es el más reciente del que esta base de datos, en permanente renovación, tiene información. La información acerca de las emisiones por cambio de uso del suelo y la forestería proviene de la FAO.



- Abundancia en la región de bosques y selvas sometidos en las últimas décadas a intensos procesos de deforestación, sobre todo para abrir espacios a la agricultura y a la ganadería.
- Fuerte presencia de la hidroelectricidad en la estructura energética de la región.
- Reducido acceso a fuentes convencionales de energía por parte de amplios sectores de la población.
- Escasas reservas y limitada producción regional de carbón.

De cualquier forma, el dato integrado regional enmascara una gran diversidad de situaciones nacionales. En algunos países, como Paraguay, Nicaragua, Ecuador, Honduras, Bolivia, entre otros, la magnitud de las emisiones por “cambio de uso del suelo/forestería” puede representar más de 30% del total de las emisiones nacionales. En otros casos, como en Chile, Costa Rica, Cuba y Uruguay, esta magnitud es en cambio nula o de signo negativo, resaltando que la capacidad de absorción de los sumideros forestales es igual o mayor que la contribución de la deforestación a las emisiones. En estos países la biomasa forestal está creciendo en términos netos, o al menos permanece estable.

La referida importancia del cambio de uso del suelo y del sector forestal en la producción de las emisiones de América Latina constituye una fuente adicional de incertidumbre en relación con las emisiones totales iberoamericanas, debido a que su magnitud se conoce con un rango de error o incertidumbre mucho mayor que el de aquellas determinadas por la quema de combustibles fósiles y la producción de cemento.

Las tareas de mitigación comprometidas van a representar para la región un enorme esfuerzo. Las emisiones per cápita, que en la región representan ahora alrededor de 7.5 toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_{2e}), deberán bajar por debajo de 2 tCO_{2e} en 2050, convergiendo así con el promedio mundial que correspondería a ese año. En este mismo periodo, la intensidad de emisiones, es decir, las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de producto económico, deberá disminuir entre 7 y 8 veces, en función del crecimiento económico esperado y del límite admisible de emisiones.¹¹

Cada uno de los países iberoamericanos deberá partir de los resultados de un inventario nacional de emisiones y diseñar estrategias y políticas para reducirlas en cada sector o actividad, considerando la eficiencia y la factibilidad económica, tecnológica y política de las políticas, programas, medidas y proyectos que permitan lograr la mitigación deseada.

A corto plazo, se tendrán que alcanzar emisiones netas de cero en el sector de “cambio de uso del suelo y forestería”, en aquellos países que todavía presentan elevadas tasas de deforestación. En lo que algunos han denominado “descarbonización” de la economía, se necesitará también promover una introducción masiva de energías limpias y renovables, procurando que el sector eléctrico nacional también se acerque a mediados de siglo a emisiones netas de cero. La participación de la ciu-

11. Esta estimación se refiere al promedio mundial, respecto al cual no se aleja mucho el de la región, y fue propuesta por Sir Nicholas Stern. Véase N. Stern (2015).



dadanía será indispensable para seleccionar las estrategias más adecuadas, con los mayores beneficios, e impulsar las transformaciones necesarias con base en el mejor conocimiento disponible.

La adaptación al cambio climático en iberoamérica

Incluso si se impulsara de forma decidida la mitigación en la región y se estuviera en vías de cubrir el objetivo del Acuerdo de París, el cambio climático está en marcha y está produciendo efectos dañinos que persistirán, incluso amplificándose. Por eso será necesario tomar medidas para controlar los riesgos y salvaguardar el proceso de desarrollo de los países iberoamericanos implementando acciones de adaptación.

En función de las tendencias actuales de las emisiones globales, se prevé (W. Vergara et al 2013) que América Latina y el Caribe sufrirán hacia mediados de siglo impactos como los siguientes:

- Colapso de una porción importante de los biomas coralinos del Caribe
- Desaparición de la mayor parte de los glaciares ubicados por debajo de los 5 mil metros de altura en los Andes de latitud tropical
- Probabilidad de algún grado de sabanización en la cuenca amazónica
- Reducciones en los rendimientos de muchos cultivos básicos
- Incremento en las inundaciones de zonas costeras
- Mayor exposición a enfermedades tropicales
- Desestabilización del ciclo hidrológico en grandes cuencas
- Intensificación de eventos hidrometeorológicos extremos

En una estimación sumamente conservadora, que no incluye factores de fundamental importancia para el desarrollo sostenible como la pérdida de biodiversidad y de los servicios ambientales asociados, el impacto económico para la región debido a estos deterioros representaría por lo menos 100 mil millones de dólares americanos por año en 2050, es decir, cerca del 2.2% del PIB regional de 2010. El impacto económico de estos daños ambientales, en su mayor parte irreversibles, se seguiría incrementando en la segunda mitad del siglo.

Una parte sustantiva de estos daños cuantificados en términos económicos se podría evitar con medidas de adaptación que costarían entre 17 y 27 mil millones de dólares; es decir, menos de una cuarta parte de la fracción considerada del costo real del impacto.

La adaptación implica una gestión de riesgos que sería beneficiosa incluso si no hubiera que tomar en cuenta los efectos adversos del cambio climático. Para muchos países, adaptarse a la variabilidad natural del clima y adoptar medidas preventivas adecuadas representaría un enorme adelanto en relación con la situación actual. La región en su conjunto padece un déficit crónico de políticas de prevención de desastres desencadenados por fenómenos hidrometeorológicos extremos. El cambio climático no hace sino agravar esta situación. La adaptación no podría sin embargo revertir la pérdida irreversible de capital natural, con efectos intergeneracionales muy difíciles de contabilizar y de asumir.



El reto

Las agendas de mitigación y de adaptación coinciden en gran medida con la agenda, más amplia, del desarrollo sostenible. La acción climática presenta beneficios ambientales y sociales que trascienden al ámbito de la contención del cambio climático y el control de sus efectos. Muchas de las acciones que se emprenden para impulsar el desarrollo sostenible aportan igualmente beneficios climáticos. El reto consiste en articular las estrategias climáticas, alineándolas con las políticas de desarrollo sostenible. En definitiva, se propone formular como sigue el reto al que nos enfrentamos: En el marco del desarrollo sostenible, contribuir a desarrollar las capacidades que permitan impulsar la mitigación del cambio climático y la adaptación a sus efectos adversos.

En síntesis, romper la actual dependencia de los modelos de producción y consumo respecto de prácticas que generan emisiones crecientes de gases y compuestos de efecto invernadero y atajar el cambio climático implica una transformación social y económica de gran escala, equivalente a un cambio en nuestro modelo civilizatorio.

Construir y poner en práctica la Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación en el ámbito del cambio climático coadyuvará en alguna medida a enfrentar este reto.



México: Objeto de estudio y banco de pruebas para la política climática

En el contexto de América Latina y el Caribe, México desempeña un papel destacado en relación con el tema del cambio climático global y los desafíos que plantea para la construcción de conocimientos que puedan dar sustento a las estrategias para enfrentarlo, tanto en la vertiente de mitigación (reducción de emisiones de gases de efecto invernadero) como en la de adaptación (reducción de la vulnerabilidad y gestión de riesgos asociados al cambio climático).

Por una parte, el caso de México ofrece un conjunto de objetos de estudio de particular interés para el desarrollo de la ciencia del cambio climático y de las medidas de respuesta. Como país de desarrollo intermedio (“alto-medio” según el Banco Mundial)¹, enfrenta problemas propios de los países industrializados, que tienden a focalizarse en la “agenda gris” (contaminación), así como aquellos propios de países en desarrollo, ubicados en latitudes tropicales o subtropicales, en donde predomina la “agenda verde” (gestión de los ecosistemas). En congruencia con esta dualidad, en 1994 México se incorporó a la membresía de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) sin perder por ello su categorización como país en desarrollo.

En relación con los procesos multilaterales centrados en el cambio climático, a pesar de ser un país con fuertes intereses petroleros, ha mostrado su compromiso con la atención al cambio climático y ha procurado desempeñar un papel proactivo, de “puente” entre visiones y estrategias encontradas que adolecían de una permanente polarización norte-sur y un déficit crónico de confianza.

En sus cerca de 1.964 millones de km² de superficie terrestre se encuentra una notable variedad de condiciones fisiográficas, topográficas, climáticas y un gran número de tipos de suelo y vegetación. A la diversidad de los recursos bióticos de su territorio se suma una muy amplia diversidad sociocultural, estrechamente asociada con la anterior.

En la actualidad, la población del país asciende a cerca de 120 millones de personas². Aproximadamente 10% de la población total es de extracción indígena. Coexisten en el país más de sesenta idiomas indígenas, entre los que destacan las lenguas náhuatl, maya, tzeltal, mixteco, tzotzil, zapoteco, otomí, enumerados en orden decreciente respecto a la magnitud de su población hablante. En este sentido, se calcula que más de 13 millones de personas, muchas de ellas indígenas, habitan los territorios forestales de México, incluyendo sus bosques y selvas, matorrales de zonas áridas, pastizales y vegetación hidrófila³.

1. N. Fantom/ U. Serajuddin: *The World Bank's Classification of Countries by Income*. Policy Research Working Paper 7528; enero 2016. La clasificación se basa en el análisis del Ingreso Nacional Bruto.

2. En la Encuesta Intercensal de 2015, realizada por el INEGI, se contabilizaron 119 millones 530 mil 753 habitantes.

3. Llano, Manuel, y H. Fernández (comps). 2017. Análisis y propuestas para la conservación de la biodiversidad en México 1995-2017. Ciudad de México, 100 pp. [www.biodiversidad2016.org.mx]



El 52.3% de la población total del país se encuentra en condiciones de pobreza⁴. En México, la desigualdad por ingreso es la mayor de los 34 países miembros de la OCDE, además de que se ha venido acentuando en los años recientes⁵.

Por otra parte, México cuenta con experiencias valiosas de desarrollo institucional y de trabajo científico, relacionadas en forma directa o indirecta con el cambio climático, que pueden sustentar la formulación y puesta en práctica de políticas públicas que contribuyan a enfrentar lo que constituye uno de los mayores desafíos globales de nuestro siglo.

Biodiversidad de México

Uno de los rasgos que confiere particular interés al caso mexicano deriva de la presencia de una excepcional diversidad biológica⁶, o biodiversidad. Ubicado entre dos grandes océanos y en una zona de transición entre las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical, en nuestro país se encuentran representados la mayoría de los ecosistemas presentes en el planeta, salvo los muy fríos. Con tan solo 1.5% de la superficie terrestre mundial, alberga aproximadamente 12% del total de especies conocidas⁷. Por la extraordinaria riqueza biótica de la que dispone se ha clasificado como “país megadiverso”, categoría en la que se ubican otros cinco países de la región: Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela⁸.

Por otra parte, en México abundan los endemismos, es decir las especies que sólo se localizan en el país, lo cual conlleva una elevada responsabilidad mundial a efectos de su conservación: 72% de las cactáceas, 66% de los anfibios, 56% de los reptiles de México son endémicos⁹.

4. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal): Panorama Social de América Latina 2015. La cifra que maneja el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval) corresponde a 2014, y es algo inferior: 46.2% de la población total estaría en condiciones de pobreza.

5. Con datos de entre 2008 y 2012, México tiene un Coeficiente de Gini de 0.441, según el estudio de G. Esquivel para Oxfam: Desigualdad Extrema en México: Concentración del Poder Económico y Político. (2015).

6. La «diversidad biológica» se refiere a la variedad existente entre los organismos vivos de todos los orígenes —entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y de otro origen acuático y los complejos ecológicos de los que forman parte— e incluye la diversidad en el seno de las especies, entre las especies y de ecosistemas (CBD 1992).

7. Fuente: Conabio. 2006. Capital natural y bienestar social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [Documento electrónico disponible en el portal de Internet: www.conabio.gob.mx]. Para mayor detalle véase: Conabio. 2008. Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Conabio. 2009. Capital natural de México, vol. II : Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Esta obra, que contó con la participación de múltiples especialistas, representa la evaluación científica más completa sobre el estado del conocimiento, la conservación y el uso de la diversidad biológica de México, con especial énfasis en la descripción y el análisis de los servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas y su relación con el bienestar social.

8. Diecisiete países en el mundo se consideran “megadiversos”, ateniéndose a la caracterización adoptada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y su Centro Mundial para el Monitoreo de la Conservación. La caracterización de un país como “megadiverso” toma particularmente en cuenta la presencia de endemismos, es decir de especies que sólo se pueden localizar en dicho país. <http://www.biodiversitya-z.org/content/megadiverse-countries>

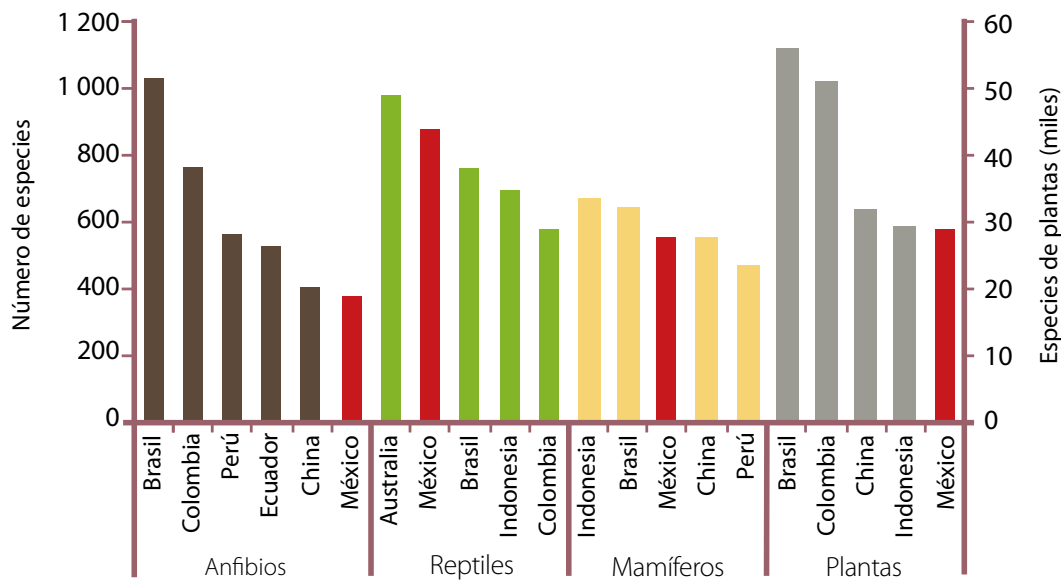
9. Coordinación de información y servicios externos. Conabio. México. 2015.



México es también uno de los centros de origen y domesticación de especies de plantas (“Centros Vavilov”) más importantes del mundo. La necesidad de la investigación y la colaboración internacional para la conservación de la diversidad genética de las especies silvestres de origen ha sido objeto de un amplio reconocimiento¹⁰, que se reviste ahora de un nuevo sentido de urgencia por las posibles afectaciones que deriven del cambio climático.

Gracias, en particular, a los esfuerzos continuados de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) desde su creación en 1992 y a la colaboración de destacados ecólogos y biólogos que trabajan en centros universitarios y de investigación, el país ha podido desarrollar una muy extensa base de datos y un conocimiento notable de su biodiversidad, enfocándola hacia su utilización sustentable.

Riqueza de especies de los países megadiversos para distintos grupos taxonómicos



Fuente: Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2015.

Para México: Coordinación de información y Servicios Externos. Conabio. México. 2015.

Para el resto de los países:

Plantas: World Resources Institute. USA. 2004.

Anfibios: Amphibiaweb. 2016. Disponible en: <http://amphibiaweb.org/index.html>.

Reptiles: *The reptile database 2015*. Disponible en: www.reptile-database.org.

Sociedade Brasileira de Herpetologia. 2015. Disponible en: www.sbherpetologia.org.br/index.php/repteis.

Mamíferos: IUCN. *The IUCN Red list of threatened species 2015.4. The IUCN Species Survival Commission*. 2015.

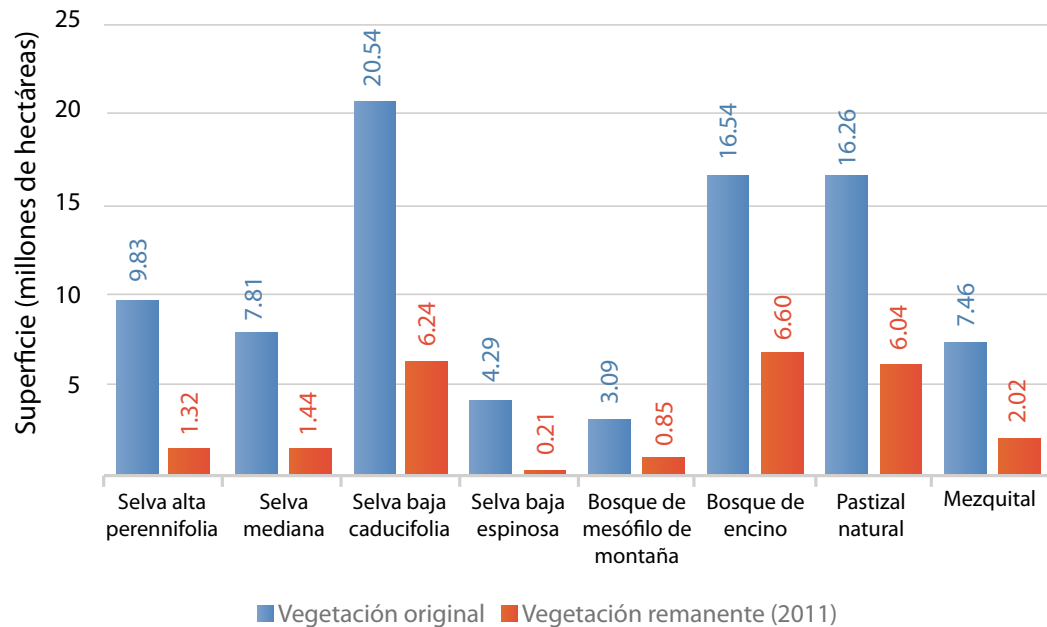
Disponible en: www.iucnredlist.org/about/summary-statistics.

¹⁰. C.K. Khoury et al (2016): *Origins of food crops connect countries worldwide. Proceedings B Royal Society Publishing*.



El gran capital natural de México, del cual derivan muy valiosos servicios ambientales de diversa índole, ha sido objeto de un marcado deterioro durante las últimas décadas. La expresión más visible de este deterioro se encuentra en los procesos de deforestación y degradación de la vegetación natural.

México: destrucción de la vegetación original por tipo de vegetación



Fuente: Elaborado por Llano et al (2017), con base en datos de Inegi. 2014. Uso de suelo y vegetación, Serie V.; y Semarnat. 2006. La gestión ambiental en México. Semarnat, México.

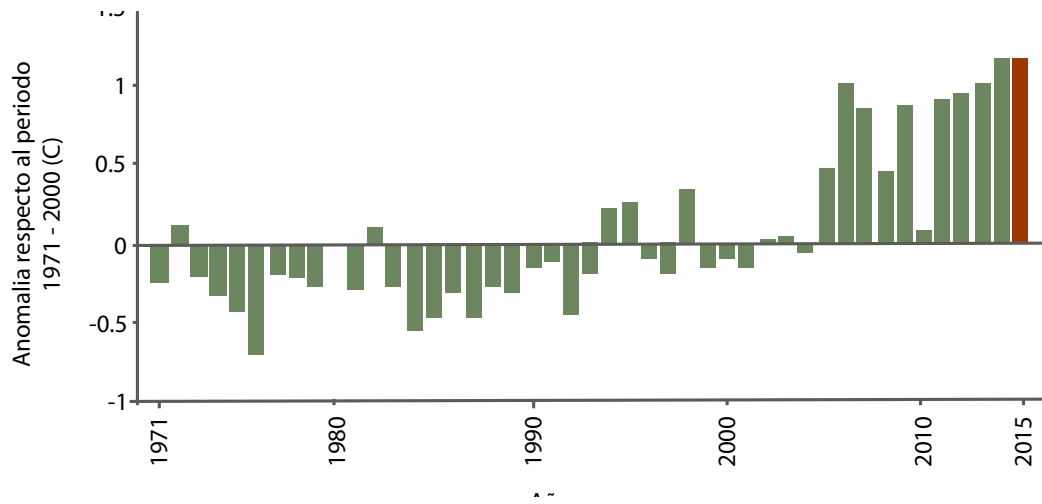
Los ecosistemas con mayor afectación han sido la “selva alta perennifolia”, que originalmente cubría alrededor de 10 millones de hectáreas (1.32 millones de ha en la actualidad) y la “selva baja espinosa” (4.29 millones de ha iniciales, de las que quedan tan sólo 210 mil ha).

Al impacto negativo de un proceso de desarrollo que durante muchas décadas ha venido descuidando su base de recursos naturales, se agregan ahora los efectos del cambio climático que contribuyen a acelerar su deterioro.

México: Impactos del cambio climático y vulnerabilidad frente a los mismos

El calentamiento derivado del cambio climático se observa ya en México de la siguiente forma:

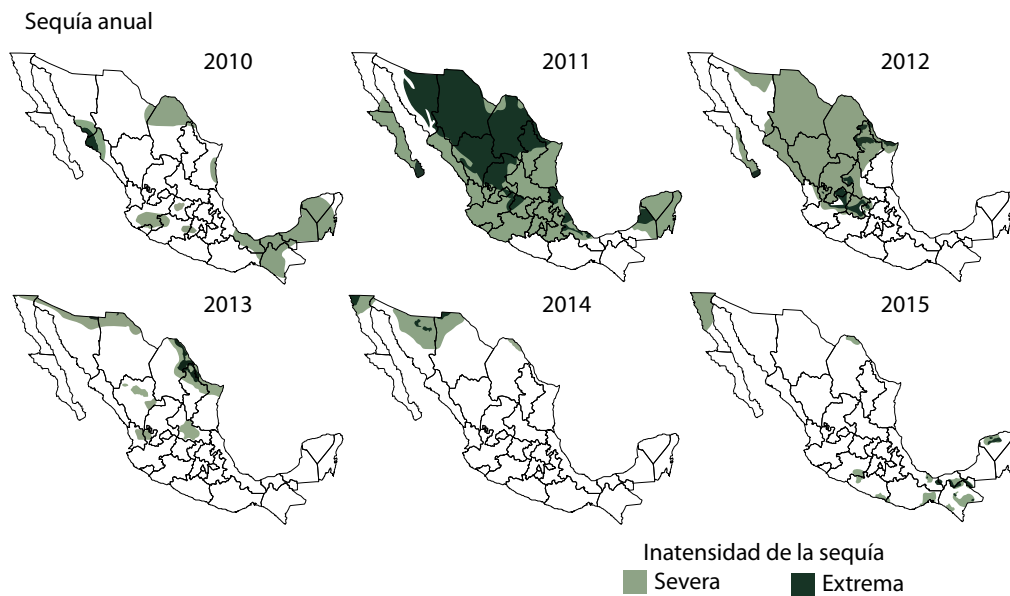
Anomalía de la temperatura media anual en México, 1971 - 2015



Nota: La barra café corresponde a la anomalía estimada en 2015 Fuente: Reporte del Clima en México. Reporte Anual 2015. Conagua. México. 2015.

Los modelos climáticos disponibles anticipan una reducción en la precipitación promedio anual del país en el presente siglo, así como una profundización de las condiciones de aridez en el norte/noreste. El cambio climático pudiera haber incidido en un recrudecimiento de sequías extremas en diversas zonas, como las padecidas en 2011-2012.

Recurrencia de las sequías severa y extrema en México, 2010-2015



Fuente: SEMARNAT: Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2015. Cap.5.



En las zonas húmedas del sureste, esta reducción en la precipitación promedio anual pudiera coexistir con una concentración de lluvias en breves lapsos de tiempo. Asimismo, se espera una intensificación de la actividad ciclónica, tanto en el Caribe y Golfo de México como en el Pacífico, en congruencia con un progresivo calentamiento de la superficie del mar. La frecuencia de tormentas tropicales y huracanes no necesariamente variará, pero habría indicios de que la intensidad de éstos últimos pudiera estar incrementándose actualmente.

En todo el mundo el cambio climático determina una elevación generalizada, aunque desigual, del nivel del mar, producto tanto del derretimiento de hielos terrestres como de la dilatación térmica de las capas superficiales de los océanos¹¹. México no constituye una excepción al respecto y aunque no se ha sometido a una observación sistemática, la elevación del nivel del mar se ha medido en diversos puntos de las costas mexicanas, reflejando valores que varían de algo menos de 2 mm/año a más de 9 mm/año¹².

El cambio climático también determina una acidificación de los océanos por absorción del bióxido de carbono, cuyas concentraciones en la atmósfera han ido en constante aumento¹³. Esta acidificación dificulta o incluso puede revertir la calcificación operada por numerosos organismos marinos¹⁴, comprometiendo su supervivencia.

El calentamiento, la elevación del nivel del mar y la reducción del pH de las aguas marinas superficiales representan una amenaza para los recursos marino-costeros, sobre todo en las tierras bajas de la costa, sujetas a inundación y a la penetración terrestre de la cuña salina. Algunos ecosistemas particularmente sensibles como los arrecifes coralinos, manifiestan ya un deterioro notable. El blanqueamiento de los corales, por ruptura de la relación simbiótica con algas, constituye una de las expresiones más claras de ese deterioro, con visos de volverse irreversible, tanto en México como en muchos otros contextos geográficos.

Con la intención de proyectar posibles cambios en parámetros climáticos básicos se ha venido trabajando en la construcción de modelos y la elaboración de escenarios para el clima futuro en el país. Estos modelos tienen todavía una resolución espacial bastante reducida.

Por otra parte, los escenarios de clima futuro no podrían ser predictivos: se limitan a establecer situaciones de congruencia entre la dinámica del clima y la de los factores que la determinan, en particular las trayectorias representativas de concen-

11. De acuerdo con registros recientes de la NASA, en el periodo 1993-2016, la tasa de incremento del nivel global del mar fue de 3.42 milímetros anuales.

12. INE, Semarnat y UNAM. Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al calentamiento global y fenómenos hidrometeorológicos extremos. Informe Final INE/A1-051/2008. INE, Semarnat y UNAM. México. 2008.

13. La evolución de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera se ha venido determinando desde 1958, por medición directa, en el Observatorio de Mauna Loa, Hawaii. El valor de este indicador ascendió allí a 406.13 ppm en enero de 2017, lo cual representa 3.61 ppm más que la medición correspondiente al mismo mes del año anterior. La concentración promedio en el periodo preindustrial permanecía constante en torno a las 280 ppm.

14. Véase: <http://ocean.si.edu/ocean-acidification>; desarrollado con el apoyo del Smithsonian Museum of Natural Science.



tración de gases de efecto invernadero (RCP, por sus siglas en inglés)¹⁵. La contención del avance del forzamiento radiativo¹⁶ que se logre en años venideros dependerá de la dinámica de las emisiones globales de gases y compuestos de efecto invernadero, y por consiguiente de la eficacia que demuestre el Acuerdo de París, adoptado a fines de 2015, en el logro de sus objetivos de mitigación.

El Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C. (CICESE), el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y el Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA-UNAM), en coordinación con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), con financiamiento del fondo del Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) y bajo la administración del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), llevaron a cabo el estudio "Actualización de Escenarios de Cambio Climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional"¹⁷. Este estudio se basa en la utilización de 15 modelos de circulación global. El país necesita todavía contar con ejercicios más sofisticados de modelación del clima con alta resolución.

Biodiversidad y cambio climático

Los cambios —en curso y proyectados— en los parámetros climáticos representan una muy seria amenaza para la biodiversidad del país¹⁸. El cambio climático empieza a determinar modificaciones importantes en la distribución y frecuencia de especies, y con toda probabilidad inducirá un gran número de extinciones, adicionales a las que derivan de otras causas.

A partir de los trabajos de Holdridge¹⁹ sobre "zonas de vida" se pudo, en una primera aproximación, correlacionar las variables (precipitación, evapotranspiración, pisos altitudinales, latitud) que caracterizan posibles escenarios derivados del cambio climático con las formaciones vegetales resultantes. Se utilizan hoy modelos computacionales más sofisticados, pero muy demandantes de información, para predecir grupos funcionales de vegetación a partir de parámetros físicos en evolución.

Otros enfoques se basan en la determinación de "nichos ecológicos" —distribución de especies individuales a partir de escenarios climáticos diversos. CONABIO,

15. Los escenarios denominados "Trayectorias Representativas de Concentraciones" (*Representative Concentration Pathways*; RCPs) son los utilizados en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC. Los escenarios RCPs sustituyen a los Escenarios de Emisiones del Reporte Especial (SRES) que utilizó el IPCC en los dos Informes precedentes. Se distinguen ahora cuatro trayectorias: RCP8.5, RCP6, RCP4.5 y RCP2.6, según la intensidad del forzamiento radiativo correspondiente, medido en W/m².

16. Variación, expresada en W/ m², del flujo radiativo neto en la tropopausa o en la parte superior de la atmósfera, debida a una variación del causante externo del cambio climático.

17. Se puede acceder a estos escenarios a través de la página web del INECC: <http://escenarios.inecc.gob.mx/index2.html>.

18. J. Soberón M. (2010): El cambio climático y la biodiversidad de México. En: Greenpeace: México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación.

19. Holdridge, L. R., 1947, "Determination of world plant formations from simple climatic data", en *Science* 105:367-368.



así como algunas universidades, han desarrollado relevantes estudios sobre el impacto previsible del cambio climático sobre la biodiversidad de México.

Los ecosistemas no son receptores pasivos de impactos derivados del cambio climático: inciden a su vez en la dinámica del clima, pues la biomasa que forma parte de dichos ecosistemas constituye un gran depósito de carbono en permanente intercambio con el carbono atmosférico²⁰. En este sentido, el Centro Mundial para el Monitoreo de la Conservación estima que el carbono almacenado tanto en la biomasa aérea como en el suelo ascendería hoy en México a 28,099 Mt, de las cuales sólo 7% se localiza en las Áreas Naturales Protegidas²¹.

Una biomasa en crecimiento mediante un proceso de reforestación o aforestación, por ejemplo, podría reforzar el funcionamiento de los ecosistemas correspondientes como sumideros de carbono, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático. La deforestación, así como la degradación de los recursos forestales y del suelo, determinará un efecto contrario que, junto con el provocado por las emisiones industriales y la quema de combustibles fósiles, acelerará el cambio climático.

Vulnerabilidad de México ante el cambio climático

Por sus condiciones biofísicas y sociales, México es particularmente vulnerable frente al cambio climático. Las circunstancias que enumera el Art.4.8 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) son todas ellas de aplicación a nuestro país, salvo la condición de "sin salida al mar"²².

Los recursos hídricos, se caracterizan por una marcada desigualdad en su distribución espacial y temporal, y se ven afectados además por fenómenos naturales recurrentes, como las secuencias "El Niño"/"La Niña" (en la literatura técnica: El Niño *Southern Oscillation* o ENSO). Algunas zonas del país, como la zona metropolitana del Valle de México, el norte de Sinaloa, la cuenca del río Conchos y el norte de la cuenca Lerma Chapala enfrentan condiciones críticas en cuanto a disponibilidad de agua, en función de la gran demanda social del recurso.

La disponibilidad de agua en calidad y cantidad suficientes, que ha venido disminuyendo en las últimas décadas debido al crecimiento poblacional, la expansión urbana, la contaminación de los cuerpos de agua y la sobreexplotación de los acuíferos podría reducirse todavía más como consecuencia del cambio climático. Este proceso global podría provocar en amplias zonas del país disminuciones de más de 15% en

20. El carbono representa aproximadamente la mitad de la biomasa de los ecosistemas forestales.

21. Véase: <https://www.unep-wcmc.org/#?dashboard=show>

22. El Art. 4.8 de la CMNUCC enumera las siguientes circunstancias en países en desarrollo, que ameritan una consideración particular: a) pequeñas islas; b) presencia de zonas costeras bajas; c) presencia de zonas áridas y semi-áridas, bosques y zonas susceptibles de degradación forestal; d) áreas propensas a desastres naturales; e) zonas susceptibles de padecer sequías y desertificación; f) áreas urbanas con elevada contaminación atmosférica; g) áreas con ecosistemas frágiles, incluyendo los ecosistemas montañosos; h) países cuyas economías son muy dependientes de los ingresos derivados de la producción, procesamiento y exportación o del consumo de combustibles fósiles y de productos asociados con elevado contenido energético.



la precipitación promedio en el transcurso del presente siglo²³. Las consideraciones anteriores obligan a una revisión a fondo de la gestión del recurso hídrico, incorporando a medidas complejas y ambiciosas de adaptación.

Sectorizar la atención al cambio climático en las instituciones dedicadas al medio ambiente resulta disfuncional, pues las consecuencias no se restringen a la esfera ambiental, sino que afectan a todas las variables del desarrollo económico y social del país. Por ello, resulta indispensable movilizar esfuerzos para avanzar en el conocimiento científico relacionado con el tema, impulsar medidas de mitigación (reducción de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero) y de adaptación (gestión de riesgos derivados de los efectos del cambio climático) en casi todos los sectores económicos tanto a nivel global como nacional.

México: Medidas de respuesta

Una nueva institucionalidad emergente para el cambio climático

Las medidas de respuesta de México frente al cambio climático presentan un gran interés por haber sido pioneras en muchos aspectos, a nivel regional e incluso en el conjunto de países en desarrollo. La determinación de estas medidas y su análisis involucra un espectro muy amplio de disciplinas, que incluyen los conocimientos relativos a las políticas públicas y la Administración, diversos ámbitos del Derecho y la Economía, en interacción interdisciplinaria con otras ciencias.

En México, como en muchos otros países, la acción climática se ubicó inicialmente en el sector del medio ambiente del gobierno central. La política ambiental empezó a consolidarse a partir de la entrada en vigor de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 1988, con reformas posteriores entre la que destaca la de 1997). Esta política experimentó un fuerte impulso a partir de la década de los noventa, sobre todo a nivel del ejecutivo federal.

En 1992 se creó la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). En 1994 se creó la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap), que se transformó en 2000 en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), con reformas que incluyen la desafortunada desincorporación del sector pesquero del ámbito institucional del medio ambiente.

El primer fundamento legal para la acción climática en México radica en la ratificación por parte del Senado de la República de la CMNUCC²⁴. El Protocolo de Kioto, adoptado en 1997, no cambió sustancialmente las obligaciones asumidas por los

23. P.F. Martínez-Austria / C. Patiño-Gómez (2012): Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Ciencias del Agua. Vol.III; n°. Enero-marzo 2012.

P.F. Martínez-Austria / C. Patiño-Gómez (2010): Atlas de vulnerabilidad hídrica de México ante el cambio climático. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Esta institución actualizó el Atlas.. en 2016. La publicación está disponible en formato digital: https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/atlas-2016/

24. Adoptada en 1992, la CMNUCC entró en vigor en 1994.



países en desarrollo. Para hacer frente a los compromisos contraídos y aprovechar las oportunidades que ofrecía el régimen multilateral emergente, México promovió instancias intersectoriales cada vez más amplias. Este proceso inició con la creación en 1997 del Comité Intersectorial para el cambio climático, como instancia informal de coordinación entre siete Secretarías de Estado. El Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero se creó en 2004 para gestionar proyectos del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) en el marco del Protocolo de Kioto. En 2005 se estableció la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), de carácter formal, que se fue ampliando y consolidando en años sucesivos. En la actualidad esta Comisión se integra mediante la participación de 14 Secretarías del Gobierno Federal²⁵.

México fue el primer país en desarrollo en contar con una legislación integral en relación con el cambio climático: la Ley General de Cambio Climático (LGCC)²⁶, que dio estabilidad al armazón institucional para la acción climática, regulando su funcionalidad. A raíz de esta ley, el Instituto Nacional de Ecología se transformó en el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), con funciones no sólo de construcción del conocimiento en la materia, sino también de evaluación de la política climática del país²⁷.

La LGCC fue también el primer instrumento que fijó metas aspiracionales ambiciosas, como la de lograr, en 2050, reducir las emisiones totales de gases de efecto invernadero a la mitad en relación con las correspondientes al año 2000. El tope de las emisiones en 2050 sería así de 320 MT CO₂e, alrededor de 2 T CO₂e por habitante²⁸.

La aprobación de la LGCC, prácticamente sin oposición, tanto en la Cámara de Diputados como en el Senado es muestra inequívoca de la emergencia y consolidación de una opinión pública que, aún sin un conocimiento científico cabal, ha asimilado la realidad del cambio climático, ha entendido su gravedad y ha expresado disposición para enfrentarlo de manera prioritaria. Ulteriores reformas fueron aprobadas por unanimidad en el Legislativo.

Otros cambios institucionales permitieron ir consolidando la acción climática. La creación de la Comisión Nacional Forestal (Conafor) y el avance legislativo en la mate-

25. En la CICC participan ahora las Secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales; de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; de Salud; de Comunicaciones y Transportes; de Economía; de Turismo; de Desarrollo Social; de Gobernación; de Marina; de Energía; de Educación Pública; de Hacienda y Crédito Público; de Relaciones Exteriores, y de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. [Art.45 de la LGCC].

26. Publicada el 6 de junio de 2012, la Ley General de Cambio Climático entró en vigor el 10 de octubre de ese mismo año. La LGCC determina la política del país en la materia, distribuye competencias entre los tres órdenes de gobierno (Federación, Estados y Municipios) para la mitigación y la adaptación, formaliza las metas nacionales, establece obligaciones para los ciudadanos y las instancias gubernamentales, modifica y refuerza el esquema institucional de atención al problema.

27. En su Junta de Gobierno intervienen: la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (presidente), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; de Gobernación; de Desarrollo Social; de Hacienda y Crédito Público; de Energía; de Salud; de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. [Art.17 de la LGCC].

28. Esta meta se había anticipado por parte de la Delegación de México en la COP14, celebrada en Poznan, Polonia, en 2008.



ria permitieron reforzar la gestión de los recursos forestales, con implicaciones positivas para la acción climática, tanto en el plano de la mitigación como en el de la adaptación.

El programa de pago por servicios ambientales de la Conafor, iniciado en 2007, movilizó algunos apoyos económicos para la conservación de la biodiversidad y los recursos hídricos, así como para la atención a la mitigación del cambio climático, mediante la valoración del servicio de captura de carbono.

Información sobre el cambio climático e impulso al conocimiento

La información más completa relativa al clima y a la acción climática se puede hallar en las Comunicaciones Nacionales que el país presenta periódicamente ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. La organización de sus contenidos obedece a pautas internacionales. El INE (después INECC) se ha encargado de la elaboración de estas Comunicaciones, para lo cual ha contado con la colaboración de investigadores y expertos externos.

En el cuadro adjunto se resume la secuencia y los alcances de las Comunicaciones Nacionales de México, único país de la región que ha presentado cinco ejercicios de esta índole:

Comunicación y fecha de publicación	Periodo de datos reportados en el inventario	Descripción
Primera, 1997	1990	-Primera estimación nacional de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). -Incluye una visión general de las circunstancias nacionales respecto al cambio climático y los avances y resultados de los primeros estudios de vulnerabilidad de país ante el cambio climático.
Segunda, 2001	1994, 1996 y 1998	-Actualización del inventario nacional. -Las emisiones de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura sólo presentaron datos para 1996 -Incluyó escenarios de emisiones de GEI futuras.
Tercera, 2006	1990 a 2002	-Actualización y recálculo de inventario nacional. -Las emisiones de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura consideran el periodo 1993-2002
Cuarta, 2009	1990 a 2006	-Incluye los avances nacionales en materia de cambio climático a partir de la publicación de la Tercera Comunicación. -Actualización y recálculo de inventario nacional.
Quinta, 2012	1990 a 2010	-Incluyen los avances nacionales en materia de cambio climático entre la Cuarta y Quinta Comunicaciones Nacionales. -Incorpora el tema de de cambio climático en ciudades. -Actualización y recálculo de inventario nacional.

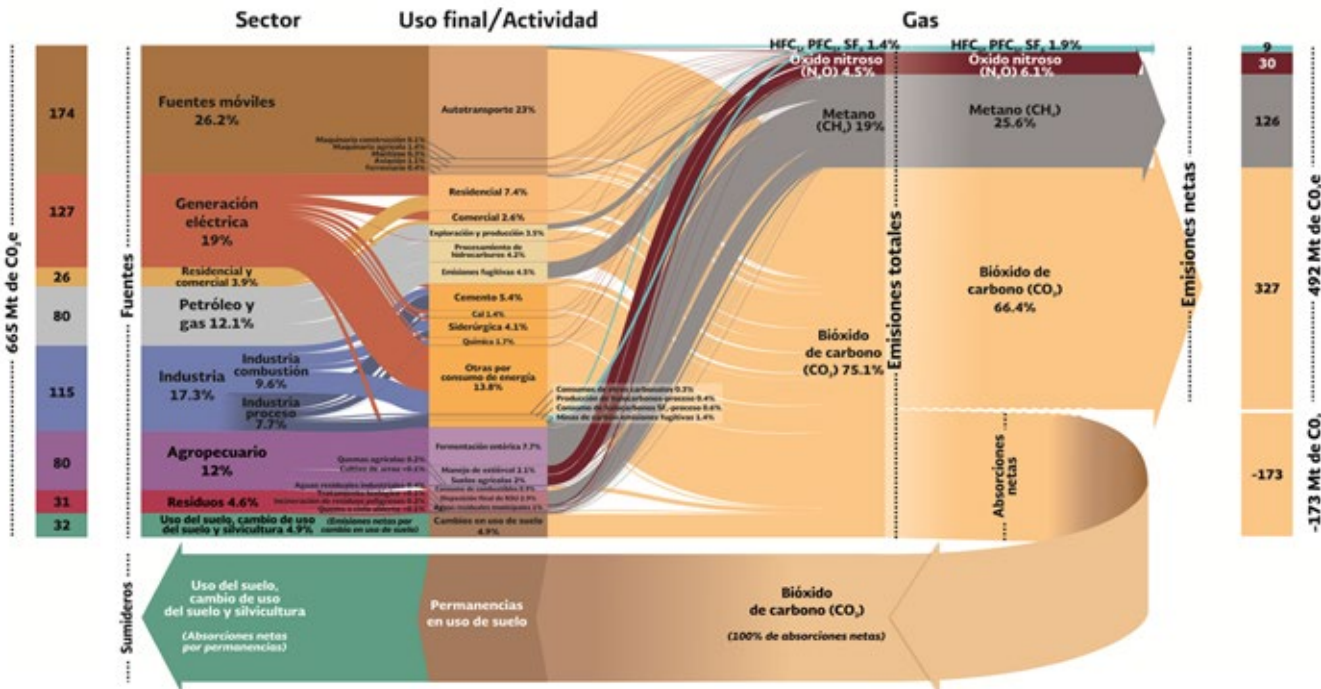
Fuente: Semarnat. *Comunicaciones Nacionales de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Primera o Quinta)*. Semarnat. México 1997 a 2012. Semarnat. *Cambio Climático: Una reflexión de México*. Semarnat. México 2012.



- La Sexta Comunicación Nacional de México se encuentra todavía en elaboración.

Un elemento central de cada Comunicación Nacional es el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero. México cuenta con la secuencia más completa de inventarios de esta índole de América Latina y el Caribe. En las Comunicaciones recientes los inventarios, además de expresarse mediante tablas numéricas detalladas, se han representado bajo la forma de diagramas sintéticos en los que se distingue la magnitud de las emisiones (grosor de las bandas), los sectores económicos de proveniencia, las actividades económicas y la indicación de los gases de efecto invernadero resultantes, considerándose todos aquellos incluidos en el Anexo A del Protocolo de Kioto.

Emisiones de gases de efecto invernadero México 2013



Fuente: Semarnat: Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2015.

Las tareas de mitigación consisten en adelgazar progresivamente las bandas correspondientes a la sección "Fuentes" del diagrama.

La información proveniente del inventario nacional de gases y compuestos de efecto invernadero se considera legalmente²⁹ como "de interés nacional", en los términos de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica.

29. ACUERDO por el que se determina Información de Interés Nacional la información proveniente del Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, publicado en el Diario Oficial de la Federación 08/08/2014.

Como lo especifica la Ley General de Cambio Climático, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) está a cargo del Sistema de Información sobre el Cambio Climático, para cuyo desarrollo cuenta con la colaboración de la Semarnat y de otras dependencias. Este Sistema integra, actualiza y pone a disposición del público la información estadística, geográfica e indicadores disponibles en México sobre temas como: clima, emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, proyectos de mitigación, vulnerabilidad, riesgos, población y biodiversidad, entre otros.

El ámbito académico no ha permanecido al margen del interés colectivo por el cambio climático y sus implicaciones. Universidades y centros de investigación mexicanos, incluyendo la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Politécnico Nacional han establecido programas específicos en la materia y han organizado encuentros nacionales anuales en los que los investigadores del país han podido intercambiar ideas y confrontar resultados.

Además, se han desarrollado diversos esfuerzos para acercar la ciencia a la sociedad y despertar el interés en temas como el cambio climático, que son de vital importancia para el desarrollo del país. Así, por ejemplo, en 2009 la Semarnat realizó una publicación gráfica sobre el cambio climático dirigida a un público no especializado, de cuya difusión se encargó la Secretaría de Educación Pública (SEP) mediante un tiraje de más de un millón de ejemplares, y que el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) dedicó al tema la atención principal al organizar la XXIII Semana Nacional de Ciencia y Tecnología, celebrada en el Zócalo de la Ciudad de México en septiembre de 2016.

El INECC ha promovido también avances en el conocimiento con la finalidad de orientar y facilitar la adopción de políticas públicas. Para avanzar hacia este objetivo acordó con el CONACyT la creación de un Fondo Sectorial de Investigación Ambiental, que ha podido allegar recursos a instituciones públicas o privadas para impulsar la investigación científica aplicada, tecnológica y de innovación. Las sucesivas convocatorias del Fondo Sectorial han destacado siempre temas específicos de cambio climático.

En un tema de particular relevancia, como la economía del cambio climático, la Semarnat, asociada con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) impulsaron una investigación cuyos resultados³⁰ sirvieron de pauta para replicar el esfuerzo en otros países de la región, bajo el auspicio de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Sin embargo, si bien dichos estudios ofrecen una primera aproximación al problema, se ha mostrado que presentan limitaciones metodológicas que dificultan su uso para orientar la toma de decisiones³¹. Dado el contexto internacional actual, existe una creciente necesidad de generar estimaciones confiables que puedan ayudar a definir la política climática más conveniente para nuestro país.

30. Galindo, L.M. (coord.): La Economía del Cambio Climático en México. Semarnat / SHCP. México. 2009. La conclusión principal de este estudio fue que el impacto económico anual del cambio climático en 2050 podría representar para México cerca del 4% del PIB, considerando una tasa de descuento del 4%, mientras los costos de cumplir las metas de mitigación adoptadas no rebasarían 2% del PIB.

31. Ver Estrada, F., Papyrakis, E., Tol, R.S.J., & Gay-García, C., 2013. The economics of climate change in Mexico: implications for national/regional policy. *Climate Policy*, 13(6):738-750.



Impulso a las actividades de mitigación y de adaptación

En el plano programático, México adoptó tres Estrategias Nacionales sucesivas de acción climática: en 2000, 2007³² y 2013, ésta última vigente en la actualidad.

El primer Programa Especial de Cambio Climático (PECC) se desarrolló en el periodo 2009–2012 y fue sin duda el mayor esfuerzo de articulación transversal para temas de sustentabilidad del desarrollo que se haya intentado por parte de la Administración Pública Federal. Se sometió a una verificación externa independiente, que se ocupó también de la difusión de resultados con una frecuencia bimestral.

El segundo PECC, emitido ya bajo mandato de la LGCC, se diseñó para abarcar el periodo 2014–2018. Sus alcances fueron incluso más ambiciosos o incluyentes que los del ejercicio antecedente, con lo cual se consolidó una política climática de Estado. Para el segundo PECC se prescindió sin embargo de la verificación independiente y de la difusión frecuente de resultados.

México fue el primer país en desarrollo en implantar un impuesto al carbono (noviembre 2013), aplicado a los combustibles fósiles, en función de sus emisiones diferenciales respecto al gas natural. No obstante, el bajo monto inicial de este impuesto no le ha permitido alcanzar una sensible eficacia a efectos de la mitigación.

El diseño del impuesto al carbono de México contiene, por otra parte, una interesante innovación conceptual: los sujetos obligados pueden pagar el impuesto con certificados de reducción de emisiones (CERs) procedentes del Mecanismo para un Desarrollo Limpio. El desplome generalizado de los mercados de bonos de carbono y sus actuales precios irrisorios han vuelto por el momento nugatoria esta disposición que, con ajustes apropiados, permitiría la conexión entre dos formas de valorar el carbono que parecían inconciliables: el establecimiento de un sistema comercio de emisiones ("*cap and trade*") y la implantación de un impuesto pigouviano al carbono³³.

En marzo de 2015, con anterioridad a la COP21, México presentó su Contribución Prevista Determinada a Nivel Nacional (INDC, por sus siglas en inglés)³⁴, y fue el primer país en desarrollo en hacerlo. En su INDC, México planteó por primera vez un compromiso incondicional de reducción de emisiones: 22% de disminución en 2030 en relación con una línea de base cuantificada. Según el INDC, las emisiones mexicanas de gases de efecto invernadero alcanzarían su máximo en el año 2026.

En el campo de la adaptación, el INDC plantea reducir a la mitad el número de municipios de alta vulnerabilidad frente al cambio climático. Para ello destaca las po-

32. La Estrategia Nacional de Cambio Climático de 2007 fue antecedida en 2006 por un primer documento programático, "Hacia una Estrategia Nacional de Acción Climática", en cuya elaboración intervino el Consejo Consultivo de Cambio Climático y otras instancias de participación de la sociedad civil.

33. Un impuesto pigouviano es el que busca corregir una externalidad negativa, como lo es una emisión de gases de efecto invernadero.

34. Las INDCs se transformaron después, a partir de la entrada en vigor del Acuerdo de París, en Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDCs por sus siglas en inglés).



sibilidades que derivan de la adaptación basada en ecosistemas (AbE), cuyo enfoque incluye el manejo sustentable, la conservación y la restauración de los ecosistemas.

En noviembre de 2016, a pocos días de la entrada en vigor del Acuerdo de París, México presentó, al mismo tiempo que Estados Unidos, Alemania y Canadá, la estrategia climática a largo plazo³⁵ a la que hace referencia dicho instrumento³⁶, siendo otra vez el primer país en desarrollo en hacerlo. Para la elaboración de esta estrategia se utilizaron modelos como el *Massachusetts Institute of Technology Economic Projection and Policy Analysis (EPPA) Model*, calibrado utilizando información nacional.

La estrategia mexicana se planteó en el contexto de una Alianza Norteamericana para el Clima, la Energía Limpia y el Medio Ambiente, que se ve ahora amenazada por los acontecimientos post-electorales en el inmediato vecino del Norte.

Para mencionar otro ejemplo reciente de política pionera en relación con la mitigación del cambio climático en México cabe mencionar la declaratoria³⁷ de la "Región Selva Lacandona", localizada en el Estado de Chiapas, como Zona de Salvaguarda, en la que se prohíben las actividades de exploración y extracción de hidrocarburos, sin solicitar por ello ninguna compensación internacional.

En relación con casi todos los aspectos o temas a los que se ha aludido aquí, México ha podido desarrollar trabajos de investigación y de difusión que empiezan a configurar una base de conocimientos muy significativa, aunque desigual. Falta mucho por hacer y conocer, pues tanto a nivel nacional como regional y global, el impulso a la mitigación del cambio climático y a la adaptación al mismo resulta particularmente exigente en términos de conocimiento. La ciencia se encuentra en el origen de la implantación del tema en el más alto nivel de la agenda internacional.

Esta situación se ejemplifica en el laborioso desempeño de las funciones del IPCC y su reconocida utilidad para orientar la acción multilateral. Como en pocos temas globales, los avances en el trabajo científico interdisciplinario, junto con la posterior movilización ciudadana, han sido claves tanto para advertir a la comunidad internacional sobre los riesgos y la dimensión del fenómeno del cambio climático, precisar su complejidad e impacto socioambiental y dimensionar el costo para el planeta y la sobrevivencia de las especies, como también lo serán para sugerir los mejores rumbos de la respuesta colectiva a este gran desafío global y determinar su eficacia.

35. SEMARNAT-INECC, 2016: Mexico's Climate Change Mid-Century Strategy.

36. Artículo 4, párrafo 19 del Acuerdo de París.

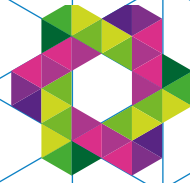
37. DOF: 07/12/2016. DECRETO por el que se establece la zona de salvaguarda denominada Región Selva Lacandona. Esta región tiene una superficie de 18,348.89 km².



Referencia bibliográfica

1. Amparo Martínez (Coord.) (2013): Cambio Climático. Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación. Academia Mexicana de Ciencias, A.C.; Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; Universidad Nacional Autónoma de México.
2. IPCC: Cambio climático 2013; "Bases físicas". Informe del Grupo de Trabajo I.
3. IPCC: Cambio climático 2014; "Impactos, adaptación y vulnerabilidad". Informe del Grupo de Trabajo II.
 - Parte A - Aspectos mundiales y sectoriales
 - Parte B - Aspectos regionales
4. IPCC: Cambio climático 2014; "Mitigación del cambio climático". Informe del Grupo de Trabajo III.
Cada uno de los Grupos de Trabajo indicados publicó además un Resumen Técnico y un Resumen para Responsables de Políticas, éste último disponible en los seis idiomas oficiales de Naciones Unidas.
5. El quinto Informe de Evaluación del IPCC se puede consultar en: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/index.shtml>
6. Nicholas Stern: *Why are we waiting? The Logic, Urgency, and Promise of Tackling Climate Change*. Presentación para la London School of Economics and Political Science. 3 de Junio de 2015.
7. Walter Vergara; A.R. Ríos; L.M. Galindo; P. Gutman; P. Isbell; P.H. Suding; J.L. Samaniego 2013: *The Climate and Development Challenge in Latin America and the Caribbean. Options for climate resilient, low carbon development*. ECLAC, IDB, WWF. Washington DC. USA.
8. La evolución de las concentraciones de CO₂, medidas en el Laboratorio de Mauna Loa, Hawaii, desde 1958 se puede consultar en: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>
9. La base de datos del Climate Analysis Indicators Tool (CAIT), del World Resources Institute, se puede consultar en: <http://cait.wri.org>
10. Los principales resultados de la mencionada encuesta del Pew Research Center se pueden consultar en: <http://www.pewglobal.org/2015/07/14/climate-change-seen-as-top-global-threat>





Agenda Ciudadana
en **Iberoamérica**
Ciencia, Tecnología e Innovación

México