



I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

Medidas para alcanzar la neutralidad del carbono ante el cambio climático en México

Magda Gabriela Sánchez Trujillo¹ - Jesús Esperanza López Cortes² - Carlomagno Sancho Noriega³

Resumen

El Acuerdo de París estableció el objetivo de mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C sobre los niveles preindustriales y continuar los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura a 1,5 °C. Esto significa que neutralizar el carbono (descarbonización) a cero emisiones netas solo puede alcanzarse mediante estrategias específicas para cada país que tengan en cuenta las oportunidades y los desafíos nacionales.

Este documento tiene como objetivo presentar los objetivos y resultados de las medidas de descarbonización profunda sectorial de 7 países de América Latina incluido México en concordancia con el acuerdo de París y con las prioridades de desarrollo nacionales. Si bien se produjeron resultados para toda la economía, este documento se centra en mostrar los resultados de los sectores de electricidad, transporte de pasajeros y AFOLU (fomento a la captura de carbono en la agricultura, sector Forestal y cambio de uso de suelo AFOLU, por sus siglas en inglés). Lo anterior debido, a sus emisiones actuales, a su potencial de crecimiento y a la identificación de estrategias exitosas para la descarbonización. Los resultados de este análisis ofrecen orientaciones para la toma de decisiones en la planeación de la política climática.

Palabras clave.

Cambio climático, descarbonización, desarrollo sustentable, estrategias climáticas, sectores económicos.

Abstract

¹ Profesora Tiempo Completo. Miembro del SNI-1. Perfil Prodep. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México

² Profesora Tiempo Completo. Miembro del SNI-1. Perfil Prodep Universidad Autónoma de Chiapas. México.

³ Universidad Nacional de Frontera del Perú.



I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

The Paris Agreement set the goal of keeping the global average temperature rise well below 2°C above pre-industrial levels and continuing efforts to limit the temperature increase to 1.5°C. This means that deep decarbonization to net-zero emissions can only be achieved through country-specific strategies that take into account national opportunities and challenges. The objective of this document is to present the objectives and results of the deep sectoral decarbonization routes of 7 Latin American countries, including Mexico, in accordance with the Paris agreement and with national development priorities. This document focuses on showing the results of the electricity, passenger transport and AFOLU sectors (promotion of carbon sequestration in agriculture, the Forestry sector and AFOLU land use change). The foregoing due to its current emissions, its growth potential and the identification of successful strategies for decarbonization. The results of this analysis offer guidelines for decision-making in planning climate policy.

Introducción

Neutralizar o descarbonizar es un término que está presente en disertaciones políticas y académicas en todo el mundo. Está orientado a eliminar el consumo de combustibles fósiles que en su composición tengan carbono, cuya combustión libera contaminantes y gases de efecto invernadero que afectan a los ecosistemas y la salud de las personas. El más abundante de los gases de efecto invernadero originados por las actividades humanas es el dióxido de carbono (CO₂), que causa calentamiento cerca de la superficie terrestre con consecuencias con efecto en el clima a escala global. No obstante, además de combustibles fósiles como el petróleo, sus derivados y el gas natural (metano) se encuentra el carbón como la leña que se encuentra en la vegetación (Ayala, 2014).

Las emisiones mundiales de Gases de efecto invernadero (GEI) como consecuencia de las actividades humanas aumentaron, desde la era preindustrial, en 70% entre 1970 y 2008 (Ramírez, 2009), mientras que las emisiones anuales de dióxido de carbono (CO₂), aumentaron alrededor de 80% entre 1970 y 2015 (IPCC, 2017). La contaminación generada en el proceso depende de la peculiaridad de cada combustible y de la tecnología consumida para quemarlos (figura 1).

I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

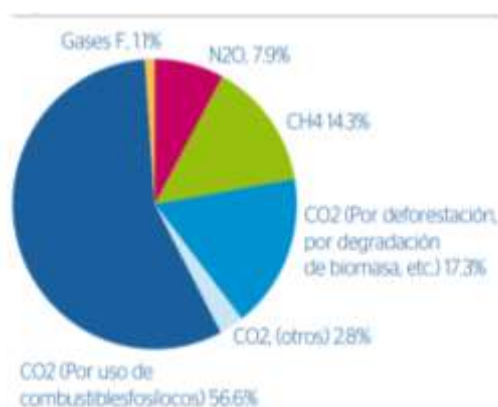


Figura 1. Origen de
en términos de CO2 equivalente. IPCC, 2017.

GEI. Emisiones totales

Mientras más carbono en la estructura molecular, mayores serán las cantidades de este elemento emitidas a la atmósfera. Además, si se queman combustibles fósiles como petróleo, carbón o gas natural, queda carbono circulando en la atmósfera permaneciendo por muchos años.

México, al igual que países de América Latina y el Caribe, y el resto del mundo están obligados a atender, durante el siglo XXI, el desafío del cambio climático. Tener respeto por el medio ambiente y, al mismo tiempo, afrontar el desafío de la estabilidad económica y la mejora de las condiciones de vida de su población (Objetivos de Desarrollo Sustentable).

Entre los serios riesgos que se deben enfrentar ante la crisis climática, está la disminución de la producción; que impacta, la disminución de cantidad y calidad de los alimentos y por tanto decremento en los ingresos principalmente del sector agrícola y de la población más vulnerable, así como el aumento de la desigualdad en los ingresos, problemas de disponibilidad y suministro de agua en regiones semiáridas que dependen principalmente del derretimiento de los glaciares ⁴, inundaciones en áreas urbanas relacionadas con la precipitación extrema, modificación del cambio de uso de suelo, desaparición de bosques, extinción de corales y pérdida de biodiversidad dado el aumento de la deforestación, el aumento de temperatura, la concentración de CO2 y la acidificación de los océanos (Xu, 2001).

Por otro lado, se calcula mayor propagación de enfermedades transmitidas, dadas las tendencias al aumento de temperatura y a la precipitación extrema cuyas consecuencias incluye el cólera y

⁴ Si hay menos nieve y hielo, disminuyen las reservas de agua para uso humano y se reduce el de radiación de la superficie a la energía del sol, lo que acelera la retención de calor en la Tierra.



I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

enfermedades diarreicas, así como otras infecciones como el paludismo y dengue incluyendo la migración y desplazamiento de la población a otros lugares (Organización Mundial de la Salud, OMS, 2022).

Con el propósito de limitar el calentamiento global, y con ello, reducir la probabilidad de estos efectos graves generalizados e irreversibles en las personas y los ecosistemas, se han planteado, una serie de medidas de adaptación y mitigación. El conjunto de estrategias sobre la crisis climática en América Latina y El Caribe incluye diversos énfasis sectoriales, atendiendo a las características climáticas, geográficas o socioeconómicas de cada país (Bárcena, 2020).

Respecto al Acuerdo de París, aprobado en el 2015, fue negociado por 195 países miembros de las Naciones Unidas y que firmó en abril de 2016. Participaron 97 países, incluida la Unión Europea, el documento tiene como propósito tomar medidas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante acciones de mitigación y adaptación a fin de aumentar la resiliencia de la población y los ecosistemas frente al cambio climático. Para efectos del presente trabajo se considera el artículo 2 que establece tres compromisos.

- 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, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático.
- Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos.
- Situar los flujos financieros en un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero (CMNUCC, 2016, pág. 24).

El artículo 3 establece que cada país debe generar compromisos de mitigación y adaptación determinados individualmente a escala nacional. Tales compromisos se denominan contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN), y con ellos se busca estabilizar las emisiones de CO₂, evitar que la temperatura mundial aumente más de 2 °C y, de ser posible, lograr que aumente menos de 1,5 °C. Además, los países deben informar sobre sus avances cada cinco años con metas cada vez más ambiciosas.



I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

En este sentido, identificar la fragilidad de la sociedad ante los impactos del cambio climático puede ser, a la vez, una oportunidad de definir e implementar medidas de ajuste, que garanticen el desarrollo futuro de manera sostenible. Los expertos y las organizaciones que les representan buscan desde diferentes perspectivas lograr que las emisiones se desconecten de la producción y el consumo, es decir; sustituir, las fuentes de energía basadas en carbono por fuentes renovables y limpias, de abandonar las prácticas de deforestación y adoptar usos sostenibles de agroforestería, proteger los océanos de la contaminación y las altas temperaturas, a fin de preservar la vida que es relevante para las cadenas alimentarias.

Modificar estas tendencias requiere hacer transformaciones profundas en el paradigma de desarrollo y en las inversiones que lo hacen posible. Ante este contexto, el objetivo del presente estudio es presentar los objetivos y resultados de las rutas de descarbonización profunda sectorial de 7 países de América Latina incluido México en concordancia con el acuerdo de Paris y con las prioridades de desarrollo nacionales.

Desarrollo

La neutralización o descarbonización y su impacto en el cambio climático requieren ser abordados desde una dimensión económica y la social. Históricamente, en las economías desarrolladas han logrado alcanzar niveles elevados de crecimiento con base en la industrialización que tiene un alto contenido de carbono entre otros contaminantes. Esta es una deuda que las economías industrializadas tienen con los países en desarrollo; la comunidad internacional acordó en 1992 que la solución al problema del cambio climático exigía responsabilidades comunes pero diferenciadas, que involucraban mayor compromiso, más recursos y transferencias de tecnología, de parte de los países desarrollados.

De las principales estrategias para la descarbonización profunda a cero emisiones han sido bastante debatidas:

- i) reducir la demanda que no mejora el bienestar;
- ii) mejorar la eficiencia energética y de materiales;
- iii) descarbonizar los sectores energéticos y los insumos materiales, y cambiar los usos finales hacia éstos;



I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

iv) encaminar las reducciones de GEI mediante el uso del suelo y procesos técnicos de emisiones negativas.

Método de Rutas de Descarbonización Profunda (DDP)

Esta metodología considera los siguientes puntos:

a) Un análisis retrospectivo con base en el objetivo de cero emisiones netas hasta el presente a fin de establecer políticas y acciones a corto y largo plazo e implementar las transformaciones sectoriales, b) Identificar la complejidad de alcanzar los objetivos de reducción de emisiones y los de desarrollo, analizar las sinergias, los riesgos y costos asociados a estos retos; c) puntualizar las transformaciones materiales detalladas de cada sector de forma clara y objetiva, finalmente d) Señalar de posibles divergencias para que las estrategias sean consistentes ante la volatilidad del contexto.

Este método se validó previo al acuerdo de París, tuvo participación de 16 países industrializados y emergentes que en ese momento representaban cerca del 75% del total de emisiones mundiales de carbono. Cada país abordó el problema acorde a sus condiciones y compromisos con el objetivo común de reducir emisiones contaminantes.

Método de Descarbonización Profunda en América Latina y el Caribe (DDPLAC)

La metodología toma en cuenta el trabajo previo de (DDP), cuyo propósito es identificar como están abordando la problemática los países de América Latina y el Caribe entre ellos; Argentina, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México y Perú y cómo sería posible mejorar su crecimiento económico y nivel de vida, a la vez que reducir sus emisiones de GEI.

Este proyecto integra cuatro objetivos específicos: a) construir modelos de energía y emisiones donde previamente no existían, a fin de potenciar las capacidades nacionales para el análisis de los objetivos de desarrollo y de reducción de emisiones, b) crear una comunidad regional de práctica de modelización, donde previamente no existía, a fin de fomentar el intercambio de conocimientos entre los países e integrar un enfoque regional de la descarbonización profunda, c) integrar y modelizar mediante el método de escenarios una narrativa cualitativa y cuantitativa y de Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) y rutas de Descarbonización Profunda (DDP), d) valerse de las capacidades nacionales y resultados para establecer un compromiso sistemático con seguimiento por parte de los responsables de establecer directrices a las partes interesadas e informar los procesos de la política climática nacional y sus estrategias a largo plazo acordes al artículo (Art 4.3, 4.9 y 4.19) del Acuerdo de París.

I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

Para tal efecto, cada país utilizó diferentes formas de modelado considerando los sectores objetivo (ver figura 2).

	Nombre o familia del modelo	Modelo	¿Incluye ¿Sistema de energía?	¿Incluye AFOLU?	¿Incluye vínculos mundiales?
México	Rutas	Simulación	si	A veces	no
Perú	POLYSYS	Equilibrio parcial	No, otros resultados de modelización utilizados	Sí, enfoque principal	no
Colombia	GCAM	Evaluación integrada, equilibrio parcial del mercado múltiple	si	si	Sí. Las emisiones de Colombia se fijaron dentro de las emisiones globales de 1,5 °C y 2 °C del modelo GCAM.
Ecuador	Mensaje ELENA	Evaluación integrada, optimización, equilibrio parcial	si	Sí, equilibrado con el sistema de energía: las demandas de energía útil y alimentos, considera deforestación y reforestación de los bosques se calculan exógenamente	No, pero se pueden incorporar elementos del modelo brasileño COFFEE, como el presupuesto de carbono de 1,5 °C que se utilizó.
Costa Rica	OSeMOSYS	Modelo de Optimización del Sistema de Energía	si	Se ha añadido un modelo externo para este proyecto. El equipo está expandiendo el modelo para capturar las Sinergias del sector energético con el clima, la tierra y el agua.	no
Argentina	IMACLIM y LEAP	Simulación / modelo híbrido CGE	si	Modelo exterior añadido	Importaciones no energéticas a la cuota de producción y exportaciones inflexibles a las condiciones de comercio. Propongo a crecimiento mundial de las exportaciones no energéticas.

I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

Figura 2. Modelo utilizado en el proyecto DDPLAC. BID, 2020

Cabe mencionar que además de la validez y confiabilidad científica de cada modelado, las NDC tomaron en cuenta el horizonte 2030 y cada equipo integró un reporte cuantitativo y cualitativo claro y objetivo de como su país podrá llegar a cero emisiones a partir de sus emisiones actuales y las demandas energéticas. Posteriormente, cada país completó un tablero de control interactivo con los indicadores sectoriales al 2050 Waisman, et al. (2019).

Materiales y método

El estudio se centra en un enfoque cuantitativo, desde la perspectiva del diseño de escenarios, orientada a la optimización bajo una restricción de carbono y centrado en la evaluación de la máxima acción posible en cada sector y en la identificación de transformaciones clave para ser impulsadas por los países a fin de lograr reducir emisiones o mejoras.

Para tal efecto, se consideró el proyecto Rutas de Descarbonización Profunda en América Latina y el Caribe (DDPLAC) iniciativa del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), con el apoyo de la Agencia Francesa para el Desarrollo (AFD) y de la Plataforma Rutas 2050 (2050pathways.org), coordinado por el Instituto de Desarrollo Sostenible y Relaciones Internacionales (IDDRI.org). Se eligieron instituciones de seis países para participar en el proyecto: la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador, la Universidad de Costa Rica, la Universidad del Pacífico en Perú, la Universidad de los Andes y la Universidad del Rosario en Colombia, Tempus Analítica en México⁵, y la Fundación Bariloche en Argentina.

La selección del modelo utilizado en cada región fue resultado de la combinación entre la capacidad de realizar una DDP compatible con el objetivo de 1,5 °C a 2 °C para los temas y sectores de interés (p. ej., reestructuración macroeconómica, transporte, electricidad, o AFOLU) y las relaciones preexistentes con los equipos de mentores.

No se evaluó cuál sería el mejor modelo para una región determinada. Se adoptó la relevancia científica de la colaboración teniendo en cuenta los temas clave de política que debían abordarse, con los aspectos prácticos de establecer la colaboración y relaciones anteriores.

Resultados

⁵ Es una organización de investigación sin fines de lucro creada por personas con experiencia en políticas climáticas, energéticas, ambientales y de innovación.

I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

Los resultados de cada modelo utilizado integran indicadores cuantitativos de 2015 a 2050 en materia de población, estructura económica, emisiones del sistema energético, flujos de CO₂ y uso de suelo. Para cada sector sub-sector los equipos proporcionan actividad, eficiencia/intensidad energética, cambio estructural e intensidad energética de las emisiones de GEI. Además, el registro de emisiones de gases distintos al CO₂ en caso de resultar

relevantes. La figura 3 muestra estimaciones de las NDC⁶ y las DDP⁷ a escala nacional per cápita por combustión y AFOLU⁸ excluyendo GEI.

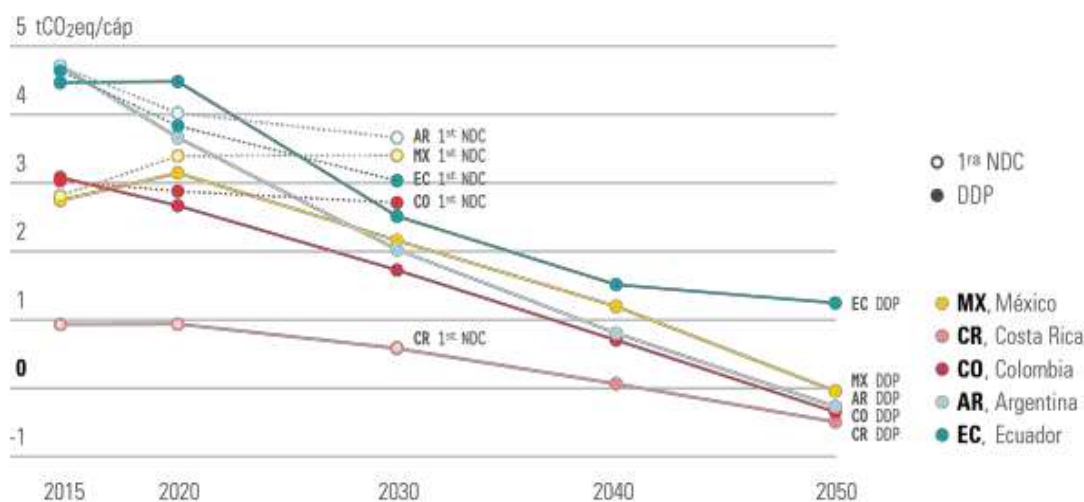


Figura 3. Proyección de emisiones de CO₂ per cápita (tCO₂/cap) por combustión y AFOLU para, las NDC y las DDP.

A excepción de Costa Rica, el resto de los países presentan escenarios pocos alentadores respecto a disminuir las emisiones y optimizar el uso de energía.

Resultados sectoriales electricidad, transporte de pasajeros y AFOLU.

⁶ NDC. Contribución nacional determinada por sus siglas en inglés

⁷ DDP. Ruta de Descarbonización Profunda por sus siglas en inglés

⁸ AFOLU. Captura de carbono en la Agricultura, el Sector Forestal y Cambio de Uso de Suelo, por sus siglas en inglés

I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

Electricidad

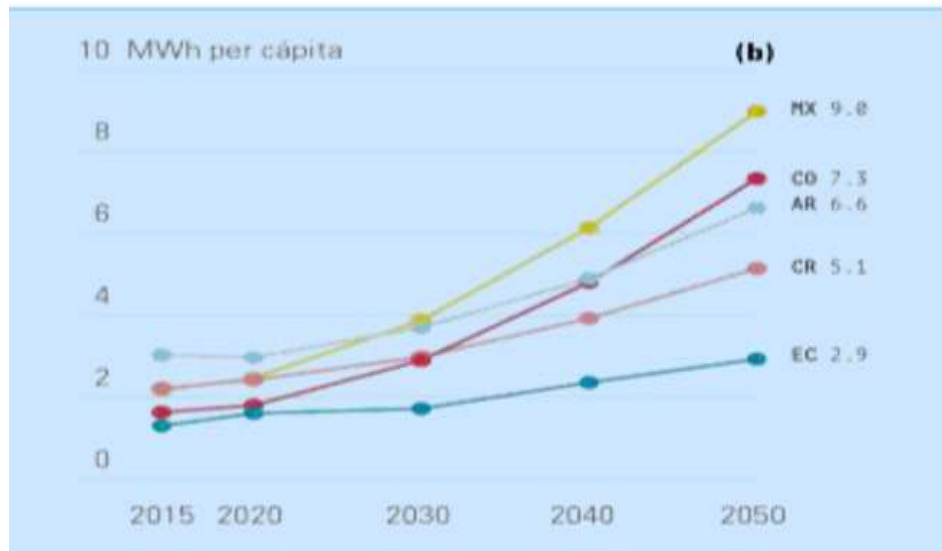


Figura 4.
Generación total de electricidad en TWh (a), MWh per cápita (2015=1). Con datos de BID 2020

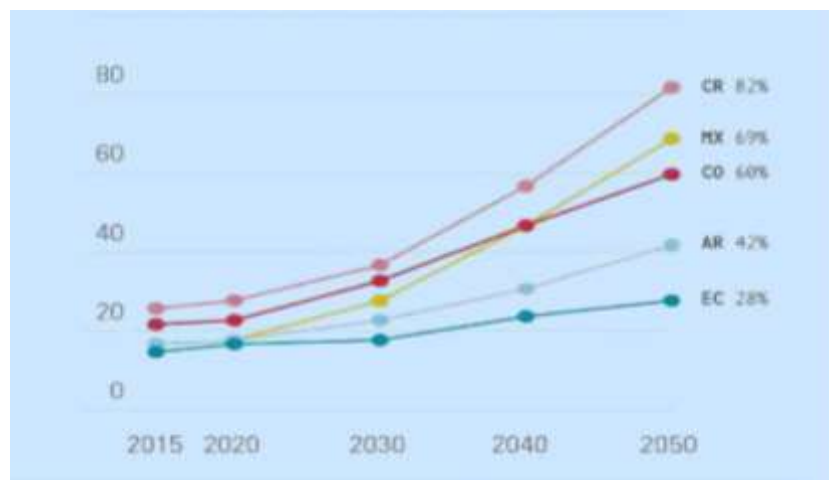


Figura 5.

Porcentaje del total de uso final de energía. Con datos de BID 2020

Transporte de Pasajeros

I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

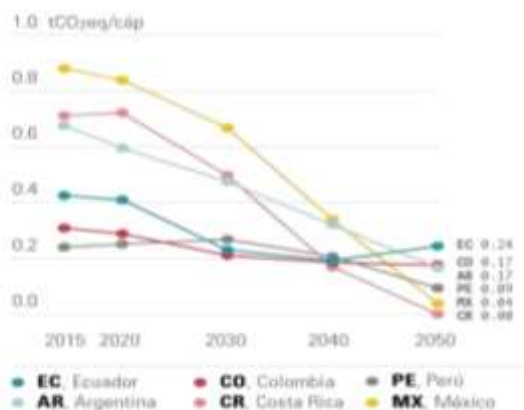


Figura 6. Emisiones de transporte per cápita Con datos de BID 2020.

Se observan en este aspecto los escenarios de DDP de México, Costa Rica, Colombia, Argentina y Perú resultados óptimos de descarbonización, no así el escenario de DDP de Ecuador donde las las emisiones de transporte se reducen inicialmente, pero luego comienzan a aumentar a partir de 2040.

AFOLU

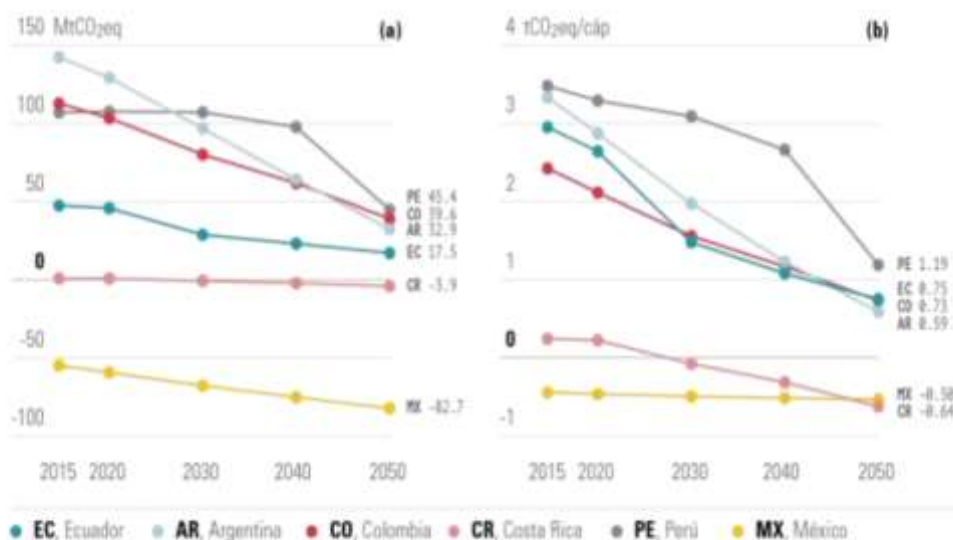


Figura 7. Emisiones de la agricultura, la silvicultura y el cambio del uso del suelo: absolutas (Mt) (a) y toneladas de CO₂e per cápita (b)

I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

En el caso de Argentina, Colombia, Ecuador y Perú, sus emisiones disminuyen significativamente (entre el 58% en el caso de Perú y el 77% en el caso de Argentina), y todos tienen emisiones positivas netas del sector de AFOLU en el 2050. Por su parte, las emisiones per cápita del sector de AFOLU, todos los países tienen emisiones per cápita decrecientes, con reducciones que van desde 0,09 toneladas per cápita para México hasta 3,04 toneladas per cápita para Argentina.

Costos de Rutas de Descarbonización en México

El costo total del Escenario 1 (E1) para el periodo 2019-2030 de acuerdo a estimaciones del proyecto 2030 Planes Sectoriales de Descarbonización será de 292.5 mil millones de dólares. (Ver figura 8), donde la inversión representa el principal costo (57%), seguido por el combustible (34%) y la operación (9%). Entre 2019 y 2020 se presentan los mayores costos, particularmente en el rubro de inversión. Posteriormente, se estima reducción y estabilidad de los costos.

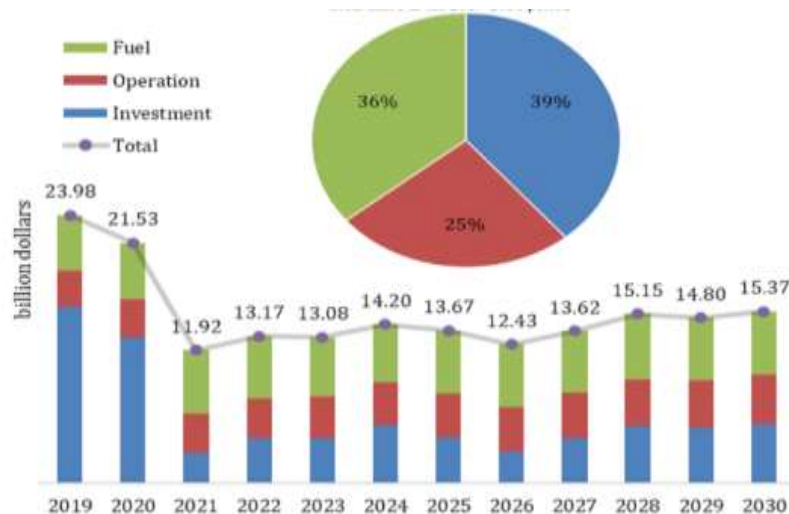


Figura 8. Costo de escenario 1 de descarbonización 2019-2030. 2030 sectorial Descarbonización Plan.

En este periodo se consideró que los vehículos eléctricos podrían representar hasta 30% de la demanda total, lo cual podría reducir la tasa de descarbonización con respecto al periodo 2019-2030. Sin embargo, para este escenario se requeriría una capacidad instalada cuatro veces mayor con respecto al 2018.

Considerando un E2 el proyecto estimó un costo total de 182.9 mil millones de dólares para el periodo 2019-2030. Como se muestra en la figura 9.

I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

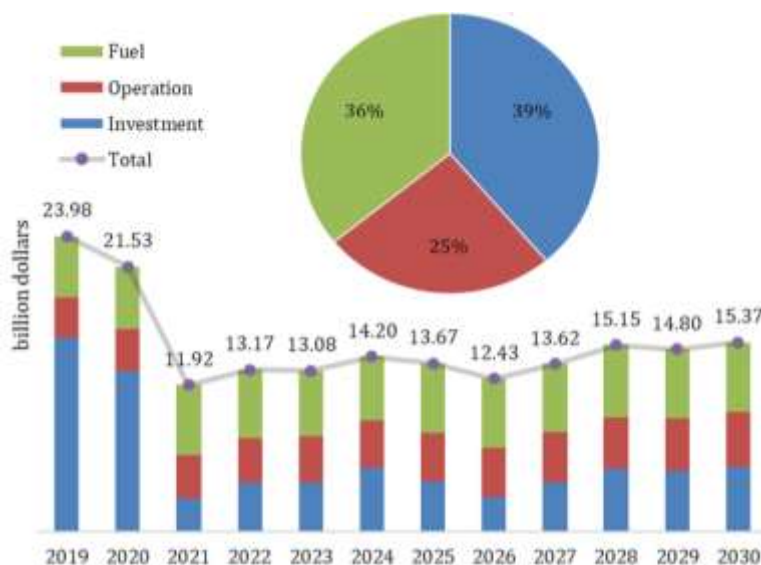


Figura 9. Costo de escenario 2 de descarbonización 2019-2030. 2030 sectorial Descarbonización Plan.

En este contexto los combustibles representan el principal costo (36%), seguido por la inversión (30%) y la operación (25%). Depender de los combustibles fósiles (y su evolución en el mercado internacional) como principal elemento del costo eléctrico, no es lo más conveniente, para la sostenibilidad financiera del sector.

Conclusión

El presente documento fue desarrollado a partir del proyecto de rutas de descarbonización profunda sectorial de 7 países de América Latina incluido México, además de los requerimientos descritos los proyectos y las metodologías que deben cumplir con base al Acuerdo de París y con las prioridades de desarrollo los países analizados.

Las investigaciones de (Benveniste, 2015; Kriegler, et.al 2018; y Benveniste,et al 2018) han demostrado que el actual conjunto mundial de NDC permite demasiadas emisiones para cumplir el objetivo de 1,5 a 2 °C, el cual demanda cero emisiones netas de CO₂ para 2050-2070 y (reducciones específicas de gases para los otros GEI). Este dato aunado a que los principales países emisores no están alineadas con los objetivos del Acuerdo de París (Binsted 2019), sería muy probable que el conjunto de NDC conduzcan a un calentamiento de cerca de +3 °C, los resultados presentados dan cuenta de ello, siendo Costa Rica una notable excepción.



I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

En el caso de México, es necesario fortalecer la política nacional y subnacional de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI), para que el país esté en posibilidades de contribuir a los esfuerzos multilaterales con una reducción acorde con el objetivo de limitar el calentamiento global a un máximo de 2° C, e idealmente no mayor a 1.5 °C, con respecto a la era pre-industrial.

Las emisiones de GEI del país continúan creciendo, a un ritmo muy superior al necesario para cumplir con los objetivos de largo plazo establecidos en el Artículo 2 del Acuerdo de París y reflejados en la Ley General de Cambio Climático, los cuales no se lograrán a menos que las emisiones globales caigan a la mitad para 2030 y a cero (neto) para 2050.

Propuesta

La adaptación de los países hacia la descarbonización para aminorar los efectos del cambio climático requiere una visión a largo plazo de los territorios, en sus distintas escalas, promoviendo el desarrollo sostenible en consonancia con sus capacidades y vocaciones. En este sentido, la planificación urbana y el ordenamiento territorial cumplen un rol esencial para avanzar hacia el fortalecimiento de la capacidad de adaptación tecnológica, económica y social del territorio frente al cambio climático, pudiendo responder a los desafíos presentes y futuros que, este fenómeno plantea, en sus distintos niveles.

En México, la ruta de descarbonización examinada para el sector eléctrico podría reducir sus emisiones a 64 MtCO₂e para el 2030, un nivel que se ajustaría al escenario de 1.5°C. La recomendación de los expertos se orienta a: i) duplicar la participación de las energías renovables en 2030 con respecto a las tendencias de desarrollo del sector; ii) retirar las centrales basadas en combustibles fósiles que emiten GEI (carbón y combustóleo); iii) reducir la participación de otras tecnologías basadas en combustibles fósiles como el ciclo combinado a gas natural. En el mediano plazo, la formulación de un marco regulatorio y mecanismos de financiamiento que incentiven el desarrollo de las tecnologías limpias, de almacenamiento podría incrementar la flexibilidad de la red y disminuir la inversión en infraestructura de transmisión y distribución.

Referencias bibliográficas:



I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

- A.F.P. Lucena, H. McJeon, F. Miralles-Wilhelm, A. Sharma. (2019). Stranded asset implications of the Paris Agreement in Latin America and the Caribbean, *Environmental Research Letters*. (2019) pp. 0–18.
- Ayala-Chávez, R. (2014). El pico de petróleo y la transición energética en México; aplicación del modelo de Hubbert bajo condiciones actuales y con restricciones de cambio climático.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2020). División Cambio Climático. Documento de trabajo del BID; 1157.
- Bárcena, A. (2020). Comisión Económica para América Latina. La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe. Recuperado de: eiba.org.mx/publicaciones/Centro_Documentacion/CEPAL/2020-06_Emergencia.CC.ALC_Cepal.pdf.
- Benveniste, O., Boucher, C. Guivarch, H. Le Treut, P. Criqui (2018). Impacts of nationally determined contributions on 2030 global greenhouse gas emissions: Uncertainty analysis and distribution of emissions, *Environmental Research Letters* 13 (2018). <https://doi.org/10.1088/17489326/aaa0b9>.
- Binsted, G. Iyer, J. Edmonds, A. Vogt-Schilb, R. Arguello, A. Cadena, R. Delgado, F. Feijoo, Boyd, J. Turner, B. Ward (2015). Intended nationally determined contributions: what are the CMNUCC 82016). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 21er período de sesiones, celebrado en París del 30 de noviembre al 13 de diciembre de 2015. Adición. Segunda parte: Medidas adoptadas por la Conferencia de las Partes en su 21er período de sesiones (FCCC/CP/2015/10/Add.1), Bonn.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) e Iniciativa climática de México (ICM), Presupuestos de carbono: Una oportunidad para ampliar la ambición climática del sector eléctrico. Ciudad de México, 17 de octubre de 2019.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2017). Cambio climático 2017 informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra, 104 pp.
- implications for greenhouse gas emissions in 2030? (2015) p 42. <http://eprints.lse.ac.uk/64525/>
- Kriegler E, Bertram, T. Kuramochi, M. Pehl, M. Stevanovic, N. Höhne, G. Luderer, J.C.
- Minx, H. Fekete, J. Hilaire, L. Luna, A. Popp, J.C. Steckel, S. Sterl, A.W. Yalew, J.P. Dietrich, O. Edenhofer (2018). Short term policies to keep the door open for Paris climate goals, *Environmental Research Letters*. 13 (2018). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac4f1>



I CONGRESO NACIONAL DEL PENSAMIENTO TRANSFORMACIONAL

- Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Organización Mundial de la Salud (OMS) 2022). Cambio climático y salud. Recuperado de <https://www.paho.org/es/temas/cambio-climatico-salud>.
- PEMEX (2017) Informe anual. México: Petróleos Mexicanos (PEMEX).
- PEMEX (2018) Informe de Sustentabilidad 2018. México: Petróleos Mexicanos (PEMEX).
- Ramírez, D. Ordaz, J. y Mora, J. (2009). Istmo centroamericano: Efectos del Cambio Climático Sobre la Agricultura. CEPAL, CCAD, DFID.
- Secretaría de Energía (SENER) (2019). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019 – 2033. México: Secretaría de Energía.
- SEMARNAT (2017), Sexta Comunicación Nacional ante la CMNUCC, <https://www.gob.mx/inecc/articulos/sexta-comunicacion-nacional-ante-lacmnucc?idiom=es> [December4, 2018].
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). MSc thesis.
- Waisman, H., Bataille, H. Winkler, F. Jotzo, P. Shukla, M. Colombier, G. Anandarajah, R. Boer, Cho, P. Criqui, A. Denis-Ryan, S. Dhar, M. Fischedick, M. Gaeta, C. Gesteira, B. Haley, (2019). A pathway design framework for national low greenhouse gas emission development strategies. Nature Climate Change. 9 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0442-8>.
- Xu, Q., (2001). Abrupt change of the mid-summer climate in central east China by the influence of atmospheric pollution. Atmospheric Environment, 35, 5029–5040