

# Inseguridad energética y costos regionales del cambio climático en México

## Energy insecurity and regional costs of climate change in Mexico

Journal of Economic Literature (JEL):  
Q2, Q42, Q48

**Palabras clave:**

Gestión medioambiental,  
Energías alternativas,  
Política gubernamental

**Keywords:**

Renewable Resources  
and Conservation,  
Alternative Energy Sources,  
Government Policy

**Fecha de recepción:**

22 de septiembre del 2020

**Fecha de aceptación:**

18 de enero del 2021

### Resumen

Los informes estadísticos y los balances de energía más recientes de Pemex, CFE y SENER documentan la inocultable inseguridad energética que existe en México. Por su parte, el más reciente Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, publicado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, informa de un menor ritmo de emisión de bióxido de carbono equivalente pero que, en términos de volumen y con su tendencia inercial, continúa agravando las consecuencias adversas relacionadas con los escenarios regionales y nacionales de cambio climático. La inseguridad energética y la adversidad de las amenazas climáticas debieran convertir en prioritaria la transición energética en favor de las alternativas no fósiles de energía. Este artículo aborda con evidencias documentadas estos importantes asuntos públicos de política nacional y regional desde la perspectiva del desarrollo territorial sustentable.

### Abstract

Statistical reports and the most recent energy balance information from the national oil company Petroleos Mexicanos (Pemex), the national Power Commission (CFE) and the Energy Ministry (SENER) expose the energy insecurity that exists in Mexico. Equally, the most recent National Inventory of Greenhouse Gas and Compounds Emissions published by the National Institute of Ecology and Climate Change shows a lower pace of carbon dioxide equivalent emissions that nevertheless in terms of volume and their inertial tendency, continue to exacerbate the adverse consequences related to regional and national climate change scenarios. Energy insecurity and the peril of climate change threats should transform the energy transition to non-fossil fuel alternatives into a priority issue. This article addresses these important public issues of national and regional policy with documented evidence from the perspective of sustainable spatial development.

### La inseguridad energética en México

Los informes estadísticos y los balances de energía más recientes de Pemex, CFE y SENER, disponibles en sus respectivos sitios web, dan cuenta de la inocultable inseguridad energética en México (Pemex 2020 y 2019; CFE 2020 y 2019; SENER 2020 y 2018). También puede afirmarse, sin lugar a dudas, que los costos sociales, económicos y ambientales derivados del cambio climático en nuestro país son crecientes (INECC, 2018). Tales costos, derivados de las emisiones de bióxido de carbono equivalente causadas a su vez por el excesivo

Correo personal para recibir comentarios: [evagal3eco@gmail.com](mailto:evagal3eco@gmail.com). Este artículo es parte de los resultados del Proyecto PAPIIT *Cambio climático, disponibilidad natural de agua y desafíos regionales de la demanda de agua en México para usos económicos, sociales y ambientales*, clave IN307119, financiado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA-UNAM).

© 2021 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Economía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



consumo de energías y combustibles fósiles, se expresan en condiciones de sequía con diferentes intensidades y coberturas regionales, en recurrentes desbordamientos de caudales y considerables inundaciones *in situ*, en olas de calor y propensiones regionales a los incendios forestales, en tormentas tropicales y huracanes de mayor magnitud, así como en una mayor demanda regional de agua para diversos usos y usuarios. Dados estos eventos hidro-meteorológicos exacerbados por causas antrópicas, la reparación de sus daños también presionan al alza los requerimientos de inversión, operación, mantenimiento y reparación de la infraestructura pública, específicamente la hidráulica, tanto como para la conservación y el mejor aprovechamiento regional de las cuencas hidrográficas, los sistemas hidrológicos y las coberturas forestales en su función de sumideros naturales de carbono. Tales requerimientos al alza no se han correspondido necesariamente con incrementos del presupuesto público para estos fines.

En este artículo se presentan argumentos y evidencias acerca de la inseguridad energética nacional, así como de sus múltiples y costosas amenazas económicas y ambientales de corto y mediano plazos. Convendría aprovechar la oportunidad que confiere y obliga lo establecido en la Ley de Planeación vigente, para que en la implementación y evaluación de los programas sectoriales, institucionales, regionales o especiales de las dependencias, entidades y organismos de la actual administración pública federal, se haga explícita la vinculación que existe entre la política energética nacional y las correspondientes políticas hacendaria, industrial, de comercio exterior, financiamiento, desarrollo territorial sostenible y, por lo tanto, con la política de mitigación y adaptación al cambio climático *in situ* mediante la gradual pero urgente transición hacia energías no fósiles, apoyada ésta también en la imprescindible conservación ecológica de los sumideros naturales de carbono (terrestres y marinos) y en el manejo integral y sistémico de las fuentes, caudales y recursos hídricos a escala regional.

### Argumentos y evidencias

La producción de energía primaria y secundaria ha caído de manera drástica durante los más recientes quince años en México: con una variación promedio anual de -3.4% la primera y la segunda con otra no menos preocupante de -1.9% promedio anual. Nuestra capacidad exportadora de crudo ha declinado de manera significativa y la estimación de las reservas de hidrocarburos totales (probadas, probables y posibles) también se ha desplomado a una considerable tasa anual de -6.7% durante el mismo periodo. Por su parte, el consumo nacional de energía y el consumo final de la misma han crecido a ritmos anuales

de 1.1 y 1.4%, respectivamente. Con estas trayectorias observadas que dibujan una desafiante tijera, la importación de energía ha crecido los más recientes diez años a una tasa de 10.9% promedio anual, con compras externas aún más pronunciadas de gasolinas, naftas, diesel, gas seco, combustóleo y querosenos. Las cifras de la Tabla 1 resumen esta difícil realidad y son dramáticamente elocuentes al respecto. Estas trayectorias observadas permanecen como tendencias en curso durante 2018, 2019 y 2020 (Pemex 2020; CFE 2020; SENER 2020).

La producción de energía primaria cayó de 10,624 petajoules en 2005 a 7,027 petajoules en 2017 y a 6,332.8 petajoules en 2019. Año tras año esta producción ha sido menor y hasta 2020 inclusive persistió esta pronunciada tendencia declinante, la información también se encuentra disponible en Pemex: <http://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Paginas/IndicadoresPetroleros.aspx>. En este sitio web, las cifras se ofrecen en miles de barriles diarios para los hidrocarburos líquidos y los combustibles, mientras que para la producción de gas natural aparecen en millones de pies cúbicos diarios y, sea en estas unidades de volumen o en petajoules, las cifras oficiales disponibles continúan exhibiendo una menor producción de energía primaria tanto como de energía secundaria.

Tabla 1. México Inseguridad energética inocultable 2005-2017 y 2007-2018 (tema %)

12 variables claves en PJ o Mbpceq	tema %
Producción de energía primaria, PJ, 2005-2017	-3.4
Producción bruta de energía secundaria, PJ, 2005-2017	-1.9
Consumo nacional de energía 2005-2017	1.1
Consumo final de energía, PJ, 2005-2017	1.4
Importación de energía, PJ, 2007-2017	10.9
Importación de gasolinas, naftas, diésel, gas seco, combustóleo y querosenos, PJ, 2007-2017	12.3
Exportación de energía, PJ, 2007-2017	-3.2
Exportación de petróleo crudo, PJ, 2007-2017	-3.6
Reservas de hidrocarburos totales (probadas, probables y posibles), Mbpceq, 2007-2018	-6.7
Reservas de hidrocarburos (probadas), Mbpceq, 2007-2018	-6.2
Reservas de hidrocarburos (probables), Mbpceq, 2007-2018	-7.4
Reservas de hidrocarburos (posibles), Mbpceq, 2007-2018	-6.6

Nota: a) PJ: petajoules, unidades de energía o de poder calorífico que representa 1015 joules, donde 1 es la cantidad de energía necesaria para mover 1 kilogramo a lo largo de la distancia de 1 metro lineal con una aceleración de 1 metro por segundo al cuadrado, Irastorza y Fernández (2010); b) Mbpceq: unidad de volumen en millones de barriles de petróleo crudo equivalente, c) tcma%: tasa de crecimiento medio anual en porcentajes.

Fuente: elaboración propia con información de SENER (2019): <http://sie.energia.gob.mx>; SENER (2013, 2017; 2018): <https://www.gob.mx/sener/documentos/balance-nacional-de-energia>; Pemex (2019) <http://pemex.com/ri/Publicaciones/Paginas/IndicadoresPetrolesros.aspx>; Pemex (2018): *Anuario Estadístico* 2017.

Los once componentes considerados en la primera parte de la Tabla 2 representan 99% de la producción de energía primaria nacional, pero sólo el petróleo crudo, el gas natural y el carbón dan cuenta de 88% de dicha producción total. Por lo tanto, lo que ocurra con estos tres componentes será determinante para el conjunto. La producción de carbón creció, en este periodo, a una tasa promedio anual de 1.6%, pero la producción de gas natural y de petróleo crudo exhibió ritmos declinantes de -1.6 y -4.5% anual, respectivamente. A esta trayectoria productiva descendente contribuyó también la menor producción de geoenergía, leña y energía nuclear, a ritmos anuales de -2.1, -0.5, -0.3%, en cada caso. En contraste, durante el mismo periodo, la producción de energía eólica, solar y biogás exhibió tasas de crecimiento exponencial promedio anual de 74, 18 y 16%, respectivamente, aunque tan impresionantes ritmos se deben, en muy buena medida, al bajo nivel, casi imperceptible de hecho, del cual inicia su expansión. Hoy, estas tres energías no fósiles en conjunto, ambientalmente mejores sin duda alguna, lamentablemente siguen sin alcanzar siquiera un punto porcentual del total de la producción de energía primaria nacional, al representar cada una de ellas apenas 0.5, 0.2 y 0.03%, de ese total.

La declinación tan pronunciada de la producción de energía primaria, específicamente la de petróleo crudo y gas natural, a su vez, se ha traducido en una notable menor actividad productiva en tres de las seis refinerías con que cuenta el país, las de Ciudad Madero, Cadereyta y Tula, al tiempo que en las otras tres, Salamanca, Minatitlán y Salina Cruz, se han registrado irregulares procesos de producción con oscilaciones a la baja durante los mismos años que aquí se vienen refiriendo (Pemex 2020). Dada esta situación, la producción bruta de energía secundaria también cayó de manera significativa a partir de 2014, al tiempo que la importación de gasolinas, naftas, diesel, gas licuado, gas seco, combustóleo, querosenos y otros petrolíferos, que ya exhibía trayectorias ascendentes desde 2005, creció de manera vertiginosa desde 2014. Por estas razones, aquí se argumenta que la regularidad de los procesos de producción y consumo de energía está en riesgo, pues más allá del criminal lastre del llamado huachicoleo, es decir, aún suponiendo que ya no existiera este lacerante problema, las potenciales interrupciones productivas o de consumo, sean ocasionales o recurrentes, pueden presentarse si no se dispone de los fondos o si no se realizan las gestiones contractuales ni las previsiones presupuestales y financieras requeridas para sufragar con oportunidad la ahora necesaria y ascendente importación de combustibles fósiles.

Tabla 2. México: caída de la producción de energía primaria y secundaria 2005-2017 (Petajoules)

Primera parte	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017
TOTAL energía primaria:	10,624.10	10,218.83	9,524.94	9,292.63	9,052.85	8,261.03	7,023.22
Petróleo crudo	7,573.78	6,923.38	6,075.31	5,933.53	5,814.63	5,067.69	4,354.89
Gas natural	1,855.76	2,134.62	2,390.03	2,118.19	2,045.61	2,037.32	1,518.43
Carbón	254.21	305.80	254.67	392.28	299.88	287.69	308.24
Leña	266.43	263.24	260.68	258.09	255.42	252.84	250.31
Geoenergía	165.38	167.74	152.69	149.30	131.32	134.53	127.43
Bagazo de caña	104.93	99.56	89.23	90.64	123.83	107.00	116.87
Hydroenergía	99.40	98.42	96.20	130.57	100.88	111.21	114.65
Energía nuclear	117.88	114.49	112.75	106.39	122.60	120.41	113.22
Energía eólica	0.05	0.89	2.15	5.93	15.06	31.48	38.23
Energía solar	2.17	2.83	4.10	5.80	7.60	10.15	15.16
Biogás	0.43	0.65	1.07	1.51	1.97	1.87	2.52
Segunda parte	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017
TOTAL energía secundaria:	5,392.36	5,479.83	5,649.43	5,536.73	5,669.67	5,266.20	4,288.29
Gasolinas y naftas	979.01	1,035.28	986.57	905.48	954.49	855.31	584.46
Combustóleo	770.71	690.00	754.54	722.51	625.58	565.91	508.16
Diesel	630.18	689.12	700.14	580.86	653.80	630.95	335.03
Gas licuado	340.48	344.51	324.96	323.00	311.63	264.86	219.21
Querosenos	122.63	130.53	114.12	114.55	123.44	102.69	85.56
Gas seco	1,373.85	1,356.50	1,503.54	1,554.00	1,601.91	1,475.45	1,125.29
Electricidad	891.25	947.70	963.91	1,051.72	1,069.62	1,117.26	1,184.71

Fuente: elaboración propia con información de SENER (2019): <http://sie.energia.gob.mx>; SENER (2013, 2017; 2018): <https://www.gob.mx/sener/documentos/balance-nacional-de-energia>; Pemex (2019) <http://pemex.com/ri/Publicaciones/Paginas/IndicadoresPetrolesros.aspx>; Pemex (2018): *Anuario Estadístico* 2017.

De esta manera, la inseguridad energética y el creciente peso de la energía importada aquí documentada con cifras oficiales, ponen en grave riesgo el funcionamiento regular de la economía nacional en su conjunto. Con algunas oscilaciones no despreciables, la producción bruta de energía secundaria registró decrementos notables al pasar de 5,392 petajoules en 2005 a 4,288 petajoules en 2017 y a 3,702 petajoules en 2019. Cada año la producción bruta de energía secundaria ha sido menor, lo cual, mantiene las declinantes trayectorias observadas como tendencias persistentes hasta la fecha: <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE6C02>.

Los siete componentes considerados en la segunda parte de la Tabla 2, equivalen a más de 94% del total de la mencionada producción secundaria de energía. Con la excepción de la generación de electricidad, para el subcon-

junto de los otros seis componentes cayó su producción respectiva entre -1.6 y -5.1% promedio anual, lo cual, les hizo también perder mucho peso relativo sobre el total de la producción bruta de energía secundaria, al pasar de 78% en 2005 a poco menos de 67% en 2017, este menor peso relativo persiste también hasta la fecha.

En contraste, la generación de electricidad mediante la quema de gas y carbón, preponderantemente, representó 27.6% de la producción bruta de energía secundaria en 2017, mientras que en 2005 representaba 16.5%, esto debido a su incremento anual de 2.4% y al descenso referido de los otros componentes durante estos mismos años. Hoy, la carbo-electricidad ha cobrado mayor dinamismo y proporción en relación con la generación total de electricidad, lo cual, ambientalmente es muy adverso y suele expresarse, junto con el consumo de combustibles en ciudades y diversas actividades industriales, en crecientes costos económicos relacionados con mayores emisiones de gases, partículas y compuestos contaminantes que afectan la salud humana y la de los bosques, al tiempo que pueden semi-paralizar algunas ciudades y sus zonas metropolitanas por emergencias ambientales atmosféricas recurrentes, con pérdidas notables de bienestar para todos.

Cada año, la SENER publica el balance nacional de energía, el cual, reporta la oferta interna de energía producida e importada y su consumo nacional, intermedio y final (SENER 2020 y 2018). A la producción total de energía primaria correspondiente a 2017, igual a 7,027.22 petajoules según las cifras contenidas en el Cuadro 2, se le añaden 944.2 petajoules procedentes como residuales y recirculaciones de diversas plantas de gas, de donde resulta entonces el total agregado denominado “Producción y otras fuentes”, equivalente a 7,971.42 petajoules. A esta cantidad se le suma el volumen importado y se le restan los volúmenes correspondientes a las exportaciones, la energía no aprovechada y a la variación de inventarios, para obtener la oferta interna de energía de ese mismo año, que equivale a 9,249.75 petajoules. Con estos mismos cálculos, la oferta interna de energía correspondiente a 2019 fue aún menor, sólo 8,811.1 petajoules. Esta oferta de energía se utiliza para cubrir el consumo nacional de la misma, del cual, 40.6% corresponde al consumo intermedio que realiza el propio sector productor, transformador o generador de energía, así como a las recirculaciones y pérdidas en las diversas redes de distribución, ductos, transmisión y tendidos. Por su parte, 59.4% lo explica el consumo final de energía, del cual, el denominado consumo no energético representa apenas 2.5%, mientras que el consumo final energético equivale a 97.5%, donde predomina el consumo de gasolinas, naftas, diesel, electricidad, carbón, gas licuado y leña. Estos combustibles líquidos y sólidos son, en orden de importancia, los principales componentes de la demanda de energía final que realizan muy diversas actividades de transporte, industriales, residenciales, agropecuarias, comerciales y públicas.

Conviene conocer el detalle de estos procesos de producción, importación, exportación y consumo de los diferentes componentes de energía primaria y secundaria, para, posteriormente, estar en condiciones de enfrentar los graves problemas asociados con la inseguridad energética del país tanto como para saber cuáles procesos, sectores y regiones son las principales emisoras de bióxido de carbono equivalente ( $tCO_2eq$ ). 42.9% del consumo final de energía lo explican las diversas actividades de transporte vial, carretero, aéreo, ferroviario, marítimo y eléctrico, las cuales, a su vez, representan 90% del consumo de gasolinas, naftas y diesel. Por su parte, 34.1% del mismo consumo final de energía lo realizan las distintas actividades industriales, mismas que demandan más de la mitad de la energía eléctrica y casi un tercio de la correspondiente a carbón y coque de carbón. 13.7% del consumo final de energía lo ejercen las viviendas a escala nacional, las cuales, casi en tres tercios conforman su demanda: leña en un 33.3%; gas licuado en un 32.8%; y electricidad en un 28.3%; más un 4.8% de gas seco y apenas un 0.8% de energía solar. Adicionalmente, 3% del consumo final de energía corresponde a las actividades comerciales y 0.5% involucra el realizado como consumo público. De esta manera, el conjunto de actividades relacionadas con el transporte, las industrias, las viviendas, los giros comerciales y los servicios públicas, explican 94.2% del consumo final de energía del país, al cual, si se le añade 3.3% correspondiente al consumo que realizan las actividades agropecuarias y 2.5% del así llamado consumo final no energético, entonces tenemos 100% del consumo final de energía a escala nacional. Estas cifras del consumo final de energía tienen territorio, es decir, se ejercen en municipios, ciudades y zonas metropolitanas específicas, en corredores y polígonos industriales ubicables en el mapa, en circuitos y firmas comerciales particulares, en distritos de riego puntuales y en unas regiones hidrológico-administrativas más que en otras, en infraestructura e instalaciones públicas determinadas, así como en la complejidad de conexiones que existen, cambian o desaparecen entre los muy diversos mercados y agentes económicos y sociales que están en permanente actividad in situ. Algo similar puede decirse de la complejidad de la dinámica de producción, importación y suministro. Al conocer las expresiones territoriales de los volúmenes, las proporciones y los ritmos de estos flujos productivos y consuntivos de energía, y al saber que México no es un fijador de precios internacionales en este sector, emergen con mayor evidencia tanto las implicaciones y amenazas de la inseguridad energética que aquí se analizan como las urgencias que debieran definir el qué hacer para enfrentarla.

### Implicaciones y amenazas de corto y mediano plazos

La inocultable inseguridad energética que enfrenta el país desde hace varios años debió haberse expresado como una de las preocupaciones centrales del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (<http://gaceta.diputados.gob.mx/PDF/64/2019/abr/20190430-XVIII-1.pdf>). De manera consecuente, en lugar de proponer la autosuficiencia petrolera y petrolífera como política energética nacional, incluida la construcción de la nueva refinería en Dos Bocas, debió aprovecharse esta grave situación estructural e institucional heredada, para plantear una transición paulatina pero sistemática hacia las energías no fósiles mediante proyectos específicos de desarrollo territorial sostenible, con la participación de comunidades, empresarios y gobiernos estatales y locales, en ciudades y regiones identificadas ex profeso: agroparques; parques de alta tecnología; corredores industriales; polígonos de actuación y cinturones productivos en zonas metropolitanas; regiones productivas con nueva ruralidad; viento y sol para el suministro de electricidad en distritos de riego; ciudades con seguridad energética gracias a la metano-electricidad, transporte colectivo fotoeléctrico y movilidad intra e inter-urbana sin emisiones; políticas explícitas de mitigación y adaptación climática in situ; energías renovables en el suministro de los recursos hídricos en las trece regiones hidrológico-administrativas del país; otros.

Una política de este corte propiciaría, además, en el corto y mediano plazos, la paulatina reconfiguración regional de la matriz energética nacional tanto como el rediseño de la generación, la conectividad, el porteo, la distribución, la transmisión y el suministro de la energía eléctrica a distintas escalas territoriales. Todo lo cual, sería consustancial con una nueva convocatoria para organizar un nuevo impulso a la inversión directa en infraestructura, servicios, equipamiento y actividades productivas mediante una política industrial que, a su vez, también podría articular y regular, local y regionalmente, el incipiente mercado de las energías eólica, solar, mini-hidroeléctrica, geotérmica, biomasa-biogás, metanoeléctrica o marimotriz, al tiempo que induciría procesos de especialización y desarrollo local, urbano-metropolitano y regional, provechosos, productivos, duraderos, ambientalmente mejores, capaces de enfrentar los desafíos regionales del cambio climático.

Por supuesto que la actual matriz energética basada en la energía y los combustibles de origen fósil habría que modernizarla, reconfigurarla y adecuarla dentro de una política de transición energética similar a la que aquí se propone. Sin embargo, no iniciar ya tal transición y desconsiderando la inseguridad energética aquí evidenciada, sí que lo lamentaremos mucho en poco tiempo. Cuando la transición energética hacia la solar, eólica, geotérmica, biomasa y hacia la electricidad no fósil se generalice a escala global, enfrenta-



remos la ansiedad proustiana e iniciaremos entonces la búsqueda del tiempo perdido. Es altamente probable que para aquel entonces, los poderes visibles y tangibles del mercado, internos y externos, estarán en condiciones de imponer sus condiciones, volúmenes y precios, mientras que nuestra economía nacional deberá producir y destinar cuantiosos recursos para remediar los descalabros sociales y ambientales acumulados por nuestra actual pretendida y desinformada autosuficiencia fósil. Por desgracia, las autoridades federales hacendarias, energéticas, territoriales y ambientales, parecieran compartir el frenesí pro-fósil de la política energética nacional. En el corto y mediano plazos, la inseguridad energética aquí analizada tiene implicaciones preocupantes y costosas amenazas, entre otras, las siete que a continuación apenas se enlistan con algunos comentarios generales, pero que merecería cada una de ellas un debate pormenorizado entre expertos, funcionarios federales, estatales y locales, comunidades, empresarios, legisladores, universitarios y políticos profesionales.

**Primera amenaza:** interrupciones productivas o de consumo, ocasionales o recurrentes, si no se realizan las gestiones contractuales convenientes o no se cuenta con las previsiones presupuestales y los fondos financieros que se requieren para sufragar el acelerado incremento de la importación de combustibles fósiles que, a su vez, posibilita el funcionamiento regular de la economía en las ciudades y las regiones, la transportación y el abastecimiento cotidiano de alimentos a todos los mercados y lugares, la movilidad diaria de las personas y, en suma, la marcha cotidiana de todas las actividades sociales y económicas con sus respectivos impactos ambientales acumulativos.

**Segunda:** presiones deficitarias crecientes en la cuenta comercial de nuestra balanza de pagos por la marcada importación de combustibles fósiles y las considerables caídas tanto del volumen de las exportaciones de petróleo crudo como por la actual oscilación tendencialmente desfavorable de los precios internacionales de las mezclas mexicanas, lo cual, implica menos divisas generadas por el menor volumen exportado a menores precios y más divisas pagadas por la mayor importación de combustibles a mayores precios. Como ya se dijo, México es un tomador de precios en el mercado internacional de hidrocarburos, por ende, más que influencia y capacidad de decisión autónoma pareciera que el futuro estará plagado de reacomodos y reacciones marginales dentro de una tendencia de subordinación creciente a los dictados de estos mercados.

**Tercera:** vulnerabilidad fiscal adicional a la de por sí insuficiente recaudación tributaria federal, estatal y local, pues debido a la excesiva dependencia de los menguados y declinantes ingresos de Pemex, cuya descapitalización e irregular administración durante varios años, ahora se dificulta fondear proporciones crecientes del gasto público con recursos de esta

procedencia. En resumen y sin ambages, enfrentamos hoy una situación crítica del modelo hacendario mexicano pues hasta ahora se ha decidido modificar la política de gasto programático para convertirla en una política de gasto mediante subsidios directos a personas integrantes de grupos de atención prioritaria, sin que la política de ingresos haya experimentado o vaya a experimentar en el futuro inmediato modificación alguna. Debiera implementarse una política hacendaria con tributación progresiva y gasto público redistributivo y productivo, en lugar de la austeridad irrestricta e indiferenciada que hoy pretende fondear los actuales proyectos prioritarios federales y construir una nueva refinería en desatención flagrante de la inseguridad energética aquí documentada. Lo que realmente propiciará la política hacendaria vigente y nadie podrá darse por inadvertido dado su corte pro-cíclico, es pronunciar y prolongar la actual fase recesiva del ciclo económico nacional.

**Cuarta amenaza:** presiones inflacionarias provenientes de las oscilaciones desfavorables de los precios internacionales hoy declinantes del crudo y el gas natural, de los precios en aumento de los petrolíferos y de los significativos costos también en dólares, relacionados con la transportación ferroviaria y marítima de los combustibles que México importa desde las refinerías de Louisiana y Texas, así como de la política de precios internos que propicia la re-nivelación al alza de los precios de consumo final de las gasolinas, el diesel, el gas licuado de petróleo y la electricidad.

**Quinta:** incertidumbre regulatoria derivada de los procesos iniciados con la reforma energética de diciembre de 2013, sus correspondientes rondas de licitación de las reservas 1P, 2P y 3P, sus contratos de exploración y explotación compartidos, sus licencias de operación y derechos de distribución de combustibles a partir de 2014, así como de las decisiones de la actual administración de Pemex y de la peculiar reconfiguración de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) a inicios de 2019, con sus traducciones en calificaciones internacionales desfavorables relacionadas con la capacidad de pago, presente y futura, de los pasivos de Pemex.

**Sexta:** rigidez sectorial del financiamiento interno y externo correlacionada con la menor producción referida, la menor capacidad exportadora y la reducción de las reservas totales de hidrocarburos, consistente además, con la ausencia o debilidad de proyectos de inversión directa para reconfigurar, aprovechar, modernizar y hacer eficiente la infraestructura ya existente de Pemex y de la CFE. Situación que se expresa en considerables grados de inoperancia y ociosidad de la capacidad productiva existente en las seis refinerías del país, al tiempo que los sistemas de redes de distribución, transmisión, suministro, ductos y tendidos del sector, exhiben altos grados de inseguridad o mal manejo. Todo lo cual, contrasta, una vez más, con la decisión de construir una nueva refinería, cuyo diseño industrial fue ajustado a una menor

escala productiva, al tiempo que las calificadoras internacionales insisten en reportar cautelas y reducir sus expectativas y notas de calificación financiera.

**Séptima amenaza:** incrementos inerciales de las emisiones brutas y netas de bióxido de carbono equivalente medidas en millones de toneladas ( $\text{MtCO}_2\text{eq}$ ), provenientes de la extracción de petróleo, gas natural y carbón tanto como de los procesos de consumo intermedio y final de combustibles relacionados con las muy diversas actividades del transporte, industriales, residenciales, agropecuarias, comerciales y públicas. Lo cual, dificulta el cumplimiento de nuestros compromisos nacionales e internacionales, relacionados con los escenarios de cambio climático: medidas de mitigación de emisiones de carbono y adaptación a situaciones con altos y documentados riesgos presentes y futuros; políticas eficaces de conservación ecológica de bosques, selvas, matorrales xerófilos, pastos naturales, manglares, otras importantes coberturas de vegetación no cultivada y del patrimonio oceánico del país, en su función de sumideros naturales de carbono. Todo lo cual, pondrá en riesgo la atención que debiera darse a la Agenda 2030 y al aprovechamiento de los beneficios sociales netos y duraderos que podrían derivarse de la puesta en marcha de proyectos, procesos y políticas relacionadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Las siete amenazas enumeradas configuran un complejo poliedro situacional que debiera constituir per se una honda preocupación pública y una razón suficiente para impulsar de manera gradual, pero también sistemática y creciente, la transición energética de México, al tiempo que se mejoran de manera sustancial, las condiciones institucionales, técnicas, económicas y ambientales de nuestra actual matriz energética fósil. Esta transición permitiría trascender el discurso general del uso de las energías renovables y la sostenibilidad del desarrollo, tan manido durante ya varios años en un entramado decisional que persiste de facto en afianzar aún más la actual matriz energética nacional con predominio inamovible de las fuentes, los recursos y los combustibles fósiles. Tal transición podría expresarse en acciones públicas coordinadas a distintas escalas regionales y niveles de organización y decisión territorial que propendan, mediante adecuados programas, proyectos, presupuestos, procesos de concertación social y adecuados instrumentos de gestión, hacendarios y de financiamiento, hacia el horizonte aún lejano del desarrollo territorial sostenible.

### **Los costos regionales del cambio climático**

El cambio climático es un complejo proceso global con impactos adversos a diferentes escalas territoriales y causado por diversas actividades económicas, de manera destacada, por las relacionadas con la producción, distribución y el

consumo de la energía y los combustibles de origen fósil, así como con la degradación de los ecosistemas terrestres y marinos que ofrecen imprescindibles servicios ambientales como sumideros naturales de carbono. La ganadería, la disposición inadecuada de los residuos sólidos municipales –basura– y las descargas de aguas servidas sobre ríos, lagos, mares y otros cuerpos receptores, también contribuyen de manera significativa al cambio climático por sus considerables emisiones de metano. Mediante todos estos procesos económicos y socio-institucionales se producen bienes, se ofrecen servicios y, simultáneamente, se generan emisiones, descargas y partículas contaminantes que alteran ciclos biogeoquímicos imprescindibles para la vida en general y para el bienestar social *in situ* a lo largo del tiempo. *Ergo*, al producir riqueza material y flujos recurrentes de bienes y servicios, se producen también crecientes costos sociales que, desde hace un siglo, los economistas llamamos externalidades negativas (Pigou 1920; Bator 1958; Coase 1960; Pearce 1985; Baumol y Oates 1989; Bjornstad y Brown 2004; Stern 2007; Berta 2016). La alteración significativa de los regímenes de lluvia, temperatura, vientos y mareas, procesos aparentemente sólo asociados con fenómenos naturales exacerbados, tiene causas antrópicas documentadas y corroborables, al tiempo que sus consecuencias pueden ser ambientalmente devastadoras y económicamente muy costosas, con pérdidas netas y duraderas de bienestar social en territorios específicos (IPCC-UN 1990, 2019 y 2020). ¿Acaso tales consecuencias y sus causas no deberían ser abordadas mediante políticas explícitas de desarrollo territorial sostenible basadas en una gradual pero deliberada y sistemática transición energética? Entre otros beneficios tangibles derivados de tal transición estarían los relacionados con la disponibilidad natural media de agua en las distintas regiones del país, lo cual, abriría oportunidades para una mejor gestión de los requerimientos crecientes de agua *in situ* para muy diversos usos y usuarios.

En 1992 se realizó la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro y, entre otras muchas discusiones y propuestas relacionadas con el desarrollo sustentable, tres fueron las preocupaciones centrales de tal reunión: la desertización y erosión de suelos; la pérdida de la biodiversidad; y las adversas consecuencias del cambio climático global. De entonces a la fecha, se han publicado importantes y numerosos diagnósticos, se han puesto en vigor políticas e instrumentos diseñados *ex profeso* para enfrentar tales desafíos y se han construido valiosas instituciones especializadas en estas áreas de la acción pública a escala internacional (IPCC-UN 1990: <https://www.ipcc.ch/report/ar1/syr/> y IPCC-UN 2019: <https://www.ipcc.ch/report/srccl/>). De hecho, la institucionalidad ambiental de México empezó también a construirse hace más de 30 años y su influencia pública ha sido notable (LGEEPA 1988: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148\\_050618.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf); SEMARNAP 1997: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164169/Primera\\_Comunicaci\\_n\\_Nacional](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164169/Primera_Comunicaci_n_Nacional)).

pdf; INECC 2018: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>; INECC 2018: <https://www.gob.mx/inecc/articulos/sexta-comunicacion-nacional-ante-la-cmnucc?idiom=es>).

A partir de la información publicada en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2018), pueden actualizarse las evidencias que sostienen la siguiente aseveración categórica: los costos del cambio climático en México son crecientes y debieran hacer prioritaria e inaplazable la transición energética del país. Sin embargo, a juzgar por la prevaleciente política energética nacional, tal transición no está dentro de las prioridades nacionales, lo cual, es sumamente inconveniente y grave por las tendencias en curso y los escenarios relacionados con cambio climático global y con el ascenso en otras latitudes de las imprescindibles energías renovables.

### Las crecientes emisiones de carbono y sus consecuencias

De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INECC, 2018), en 1990 estas emisiones en México sumaron 445 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente ( $\text{MtCO}_2\text{eq}$ ) y en 2015 ascendieron a 683  $\text{MtCO}_2\text{eq}$ , de las cuales, 71.3% fueron emisiones de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), 20.8% de metano ( $\text{CH}_4$ ), 6% de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y 1.9% de hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF) y carbono negro. De acuerdo con las cifras del mismo Inventario, de 1990 a 1996, estas emisiones se ubicaron dentro del intervalo de >400 a 500  $\text{MtCO}_2\text{eq}$ ; de 1997 a 2006, se ubicaron en el intervalo de >500 a 600  $\text{MtCO}_2\text{eq}$ ; y actualizando tales cifras, de 2007 a 2017, tales emisiones se ubicaron dentro del intervalo siguiente de >600 a 700  $\text{MtCO}_2\text{eq}$ . Este Inventario tiene un corte al 2015, pero al actualizar sus cifras y tomar en consideración el año en que cada uno de los referidos umbrales de emisión fueron rebasados, durante los 17 años que van de 1990 a 2007, las emisiones de bióxido de carbono equivalente registraron un incremento inercial de 2%, mientras que durante los 11 años del periodo 2007-2018 el incremento anual de tales emisiones fue de 1.1%.

Al extrapolar la tasa anual de incremento inercial estimada para el periodo más reciente a los años inmediatos subsiguientes, *ceteris paribus*, puede suponerse que el umbral de 700  $\text{MtCO}_2\text{eq}$  se rebasó en 2018 y que estas emisiones brutas alcanzarán cifras aproximadas de 713 y 754  $\text{MtCO}_2\text{eq}$  en 2019 y 2024, respectivamente (véase la tabla 3). Esta extrapolación no implica un deseo, representa un proceso con alta probabilidad de convertirse en realidad dadas las trayectorias observadas y las tendencias en curso de las referidas emisiones brutas. Si a estas evidencias y estimaciones se les considerara con

seriedad se debiera entonces actuar en consecuencia mediante una política energética congruente con los planteamientos del desarrollo territorial sostenible, en lugar de proponer la autosuficiencia petrolera y petrolífera como la política energética nacional, como se expresa en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 mediante el denominado "... rescate de Pemex y la CFE" ([http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148\\_050618.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf)).

Tabla 3. México 1990-2024: emisiones de MtCO<sub>2</sub>eq brutas y netas, sus tasas de crecimiento medio anual y las proporciones porcentuales de las toneladas absorbidas y almacenadas en sumideros naturales

Años	MtCO <sub>2</sub> eq bruta y su ritmo de crecimiento		Absorción y almacenamiento (AA) de MtCO <sub>2</sub> eq por conservación de sumideros naturales y su proporción % sobre el total de MtCO <sub>2</sub> eq  (MtCO <sub>2</sub> eq <sub>AA</sub> / MtCO <sub>2</sub> eq <sub>totales</sub> ) %		MtCO <sub>2</sub> eq netas y su ritmo de crecimiento inercial	
	MtCO <sub>2</sub> eq	tcma %	MtCO <sub>2</sub> eq	tcma %	MtCO <sub>2</sub> eq	tcma %
1990	445	---	145	---	300	---
1997	510	2.0	145	28.4	365	2.8
2007	625	2.0	145	23.2	480	2.8
2015	683	1.1	148	21.7	535	1.4
2018	706	1.1	148	21.0	558	1.4
2019	713	1.1	148	20.7	566	1.4
2024	754	1.1	148	19.6	606	1.4

Notas: a) MtCO<sub>2</sub>eq brutas: millones de toneladas de emisiones de bióxido de carbono equivalente derivadas de los procesos de producción, distribución y consumo de la energía primaria y secundaria de origen fósil (petróleo, gas natural, carbón, gasolinas, naftas, diesel, combustóleo, gas licuado, gas seco, querosenos, termo y carbo-electricidad, etc.). Estas emisiones brutas se registran en la primera columna del cuadro, en volumen y en tasas de crecimiento medio anual en porcentajes, tcma% (después de la columna correspondiente a los años); b) Absorción y almacenamiento (AA) de MtCO<sub>2</sub>eq: los sumideros naturales de carbono (bosques, selvas, matorrales xerófilos, manglares, otras coberturas vegetales y biomasa de mares o patrimonio oceánico) absorben y almacenan parte de las emisiones brutas de bióxido de carbono equivalente. Este descuento de emisiones o su absorción y almacenamiento natural en los sumideros terrestres y marinos se registra en la segunda columna, en toneladas y en proporciones porcentuales.; c) MtCO<sub>2</sub>eq netas: millones de toneladas de emisiones de bióxido de carbono equivalente que permanecen como flujo de energía residual, alta entropía o contaminación persistente, después de que parte de las emisiones brutas fueron descontadas por la absorción y almacenamiento natural mencionado, estas emisiones netas se registran en la tercera columna, en volumen y tcma%.

Fuente: elaboración propia con información del INECC (2018).

Conviene revisar con detenimiento las cifras anteriores y enfatizar la importancia de distinguir las emisiones brutas y netas de carbono. Los años en que las emisiones brutas de bióxido de carbono equivalente trascendieron los umbrales mencionados fueron: 1997 >500 MtCO<sub>2</sub>eq; 2007 >600 MtCO<sub>2</sub>eq; y 2018 >700 MtCO<sub>2</sub>eq. Al tomar estos mismos años como referencia, las emisiones netas ascendieron a 365 MtCO<sub>2</sub>eq en 1997, a 480 en 2007, a 558 en 2018 y se esperaría que en 2019 y 2024 tales emisiones netas fueran de alrededor de 566 y

606 MtCO<sub>2</sub>eq, respectivamente (véase otra vez la tabla 3). La información que registra este cuadro para los años 1990 a 2015 contiene cifras observadas mientras que para los años 2018, 2019 y 2024 se trata de estimaciones basadas en la extrapolación de las respectivas tasas de crecimiento promedio anual de las emisiones brutas y netas de MtCO<sub>2</sub>eq, así como de sus respectivas proporciones de absorción y almacenamiento que realizan, como servicio ambiental de regulación, los sumideros naturales de carbono. Restándole 20.8% a las emisiones brutas de MtCO<sub>2</sub>eq que provienen de los hatos ganaderos, de los basureros y rellenos sanitarios mal manejados y de las descargas de aguas residuales como flujos de metano, 79.2% que falta para llegar al total nacional de emisiones se genera en los diversos procesos de producción, distribución y consumo de la energía primaria y secundaria de origen fósil: petróleo crudo, gas natural, carbón, gasolinas, naftas, combustóleo, diesel, gas licuado, querosenos, gas seco, termo y carbo-electricidad, así como en otros procesos de ciclo combinado para la generación de electricidad.

El descuento de las emisiones brutas totales relacionado con el servicio ambiental de absorción y almacenamiento que realizan los sumideros naturales de carbono pone de relieve la crucial importancia que tienen la conservación ecológica y el adecuado aprovechamiento de los bosques templados y mesófilos, las selvas altas, bajas, perennifolias y caducifolias, los matorrales xerófilos, los manglares, los pastos naturales, otras coberturas vegetales no cultivadas, así como del patrimonio oceánico con el cual cuenta el país. Como se indica en la Tabla 3, se estima que tal absorción y almacenamiento de emisiones pierde casi 8 puntos porcentuales de 1997 a 2019 al pasar de una proporción de 28.4% a otra de 20.7% sobre el total de las emisiones brutas de MtCO<sub>2</sub>eq y podría perderse otro punto porcentual más hacia 2024. Esto supone que en 2019 se emitieron 556 MtCO<sub>2</sub>eq netas y que en 2024 podría rebasarse otro umbral al alcanzar las 606 MtCO<sub>2</sub>eq, también en términos netos.

Las trayectorias de emisión observadas y sus tendencias en curso dan cuenta ya de daños tangibles con sus respectivos costos económicos y sociales *in situ*. Como ya se ha expuesto aquí, se conocen las causas antrópicas que generan las emisiones de bióxido de carbono equivalente y que alteran la absorción y el almacenamiento natural potencial de las mismas, se conoce la inercia de estas emisiones y sus adversas consecuencias asociadas con: propensiones pronunciadas de sequía en muchas regiones y municipios del país; olas de calor, granizadas súbitas o heladas nocturnas en otras; alteraciones notables del régimen de lluvias en distintos lugares; inundaciones recurrentes en diversos municipios y ciudades; mayor intensidad de las tormentas tropicales y los huracanes con mayores penetraciones tierra adentro; ascenso del nivel mar y la consecuente pérdida parcial de costas; así como con la también impresionante y muy costosa presencia de miles de toneladas de sargazo en

las costas de Quintana Roo. Tales trayectorias y tendencias no permiten prefigurar más que preocupantes escenarios de futuro asociados a estas evidencias de cambio climático. Suponer que esto no ocurre o que se trata de exageraciones, ignorar sus causas antrópicas y sus costosas consecuencias o argüir que se debe a fenómenos naturales exacerbados sin mayores perjuicios para la población, podría sustentar las actuales políticas energéticas y territoriales inerciales, sumamente inconvenientes y perniciosas. Por ello, mantener, profundizar y hacer perdurar en el mediano y largo plazos, sin cambio alguno, la actual matriz energética nacional basada en energía primaria y combustibles de origen fósil nos coloca hoy en un escenario de desaprovechamiento de oportunidades, nacionales y globales, para iniciar una transición energética gradual, sistemática y territorialmente planeada. Más aún, al considerar la situación de inseguridad energética en la que se encuentra México, al acumular ya varios años de recurrentes y drásticas caídas de su producción y exportación de petróleo crudo y gas natural tanto como de costosos y vertiginosos incrementos de sus importaciones de gasolinas, naftas y diesel.

Más allá de lo directamente atribuible a la dinámica demográfica y a las oscilaciones del desenvolvimiento económico que pudieran registrarse a escala nacional, por ejemplo, pudiera sostenerse que debido a estos escenarios de cambio climático *in situ*, crecerá aún más la demanda de agua potable para viviendas, municipios, ciudades y zonas metropolitanas, aumentará también la demanda de agua para riego agrícola, así como para muy diversos usos manufactureros y comerciales en los varios corredores industriales y las 74 zonas metropolitanas del país. Todo lo cual, intensificará tanto los usos rivales del agua como los potenciales conflictos por disponer de ella en cantidades y tasas crecientes ante propensiones de escasez, ergo, se agravarán los grados excesivos de presión hídrica que ya existen en nueve de las trece regiones hidrológico-administrativas en que se divide el país (Vega 2019). Los impactos económica y socialmente adversos asociados al cambio climático en México están documentados de manera inobjetable, habrá que continuar actualizando tales evidencias a escalas local y regional, al tiempo que se insista en la urgencia de impulsar una política energética que acelere la transición hacia las energías renovables y menos contaminantes (Galindo 2010: [http://ceiba.org.mx/publicaciones/Centro\\_Documentacion/2010\\_Economia.del.CC\\_galindo.pdf](http://ceiba.org.mx/publicaciones/Centro_Documentacion/2010_Economia.del.CC_galindo.pdf)). Ahora bien: ¿cómo y por dónde avanzar hacia este replanteamiento energético?

### Componentes básicos de la transición energética

Resulta una perogrullada decir que la energía es imprescindible para el funcionamiento regular de la economía, de cualquier ciudad, región o para mejorar las condiciones de bienestar social. Ya no es tan de Perogrullo, discutir y decidir cuál y cuánta energía se requiere para tales propósitos, menos aún, si



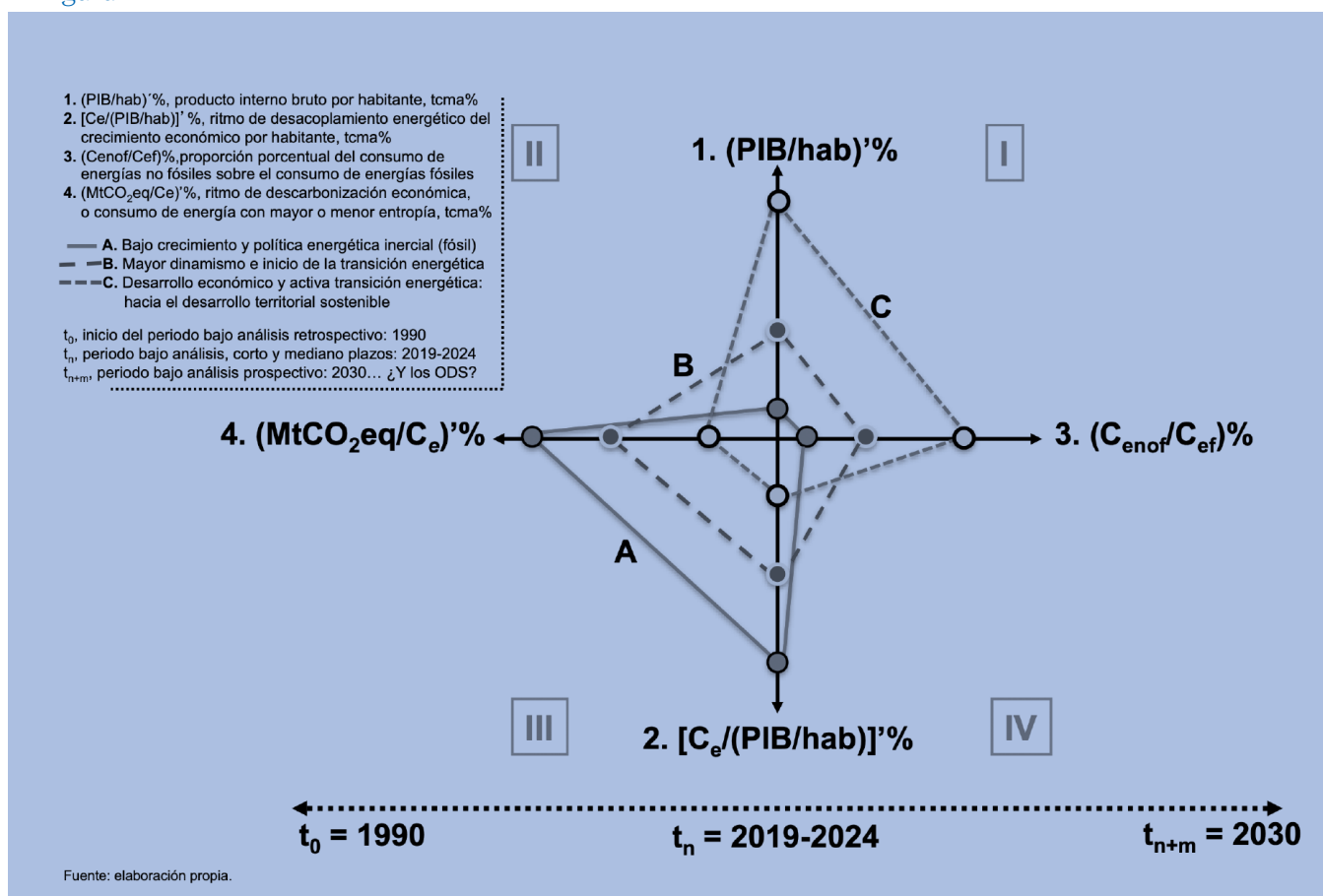
la discusión relevante se centra en el poder calorífico de las alternativas energéticas, en sus correlaciones con los grados de productividad, las oscilaciones y ritmos del crecimiento económico, los costos privados y sociales de cada alternativa o con los niveles diferenciados de desarrollo regional existentes. La ubicación territorial tanto de las diversas fuentes de energía disponibles como de sus puntos, presiones y flujos de demanda debe ser también considerada para reorganizar los usos intermedios y finales de las alternativas energéticas y, entonces, determinar cuáles son los requerimientos de inversión directa en infraestructura in situ, cuáles los beneficios y las consecuencias adversas en cada caso, a lo largo del tiempo. Al menos, cuatro son los componentes básicos que aquí se proponen para considerar una transición energética gradual, territorializada y sistemática, a saber:

1. El ritmo al cual crece el producto interno bruto por habitante a lo largo del tiempo: variable que puede expresarse como  $(\text{PIB}/\text{hab})'_t$ %. Considerar esta variable implica que si al crecimiento económico agregado no se le correlaciona, de manera explícita, con la dinámica demográfica, se pierde de vista el aspecto esencial de cualquier esfuerzo productivo de corto, mediano y largo plazos: el centro de preocupación de la sustentabilidad del desarrollo es el bienestar social neto intertemporal. Es por ello que importa mucho confrontar este componente básico con los siguientes tres, los cuales expresan procesos directamente energéticos y ambientales. Por lo tanto, la variación porcentual del cociente que resulta de dividir el PIB sobre el total de habitantes en cada año o periodo temporal seleccionado y para cada escala territorial que se analice, más allá de lo convencional que es este indicador, resulta muy expresivo y orientador acerca de los umbrales máximos, mínimos, promedios y las varianzas del bienestar social real y potencial duradero. Sobre esto hay literatura especializada que permite afianzar una discusión pertinente y pragmática a escala regional. El subíndice “t” es cualquier año o periodo bajo análisis y el subíndice “j” es cualquier lugar, ciudad, entidad federativa, región o el país entero. Esto vale para todas las variables aquí consideradas.
2. El desacoplamiento energético del crecimiento económico por habitante, es decir, la tasa en que se desenvuelve la relación existente entre el consumo nacional de energía (Ce), o específicamente el consumo final de la misma, y el ya mencionado producto interno bruto per capita o por habitante (PIB/hab), a lo largo del tiempo y bajo distintas escalas territoriales de análisis. Conocer bien esta relación es crucial pues, a partir de ella, se sabe cuánta energía se requiere para generar cada unidad de crecimiento económico por habitante: esta variable puede expresarse como  $[\text{Ce}/(\text{PIB}/\text{hab})'_t]$ %. Los economistas diríamos que interesa conocer la elasticidad ingreso de la demanda de energía para poder considerar la modulación o

regulación, vía política, de tal demanda. Si en lugar de desacoplarse las trayectorias y tendencias del consumo nacional de energía y del producto interno bruto por habitante continúan vinculadas, quiere decir que por cada unidad de riqueza material nueva que se produzca y por cada flujo adicional de bienes y servicios que se demande y ofrezca en los mercados, se estarán consumiendo cantidades de energía a ritmos similares o superiores a los que exhiban la dinámica económica general y el bienestar social promedio, conforme transcurra el tiempo.

3. La modificación de la proporción porcentual que existe entre el consumo de las energías no fósiles (Cenf) y el consumo de las energías fósiles (Cef), es decir, la composición estructural de la matriz energética y su potencial cambio. Esta proporción es otro componente básico de la transición energética, pues mide el grado de avance del consumo nacional de las energías no fósiles en general (hidroelectricidad, eoloelectricidad, fotoelectricidad, metanoelectricidad, geotermoelectricidad, nucleoelectricidad, otras), o específicamente de aquéllas que por razones ambientales y de protección civil se supongan mejores, así como de las alternativas energéticas que aún son viables a pesar de las intenciones por modificar la ley vigente en materia de energía, sobre el total del consumo de energía nacional (intermedio y final), o específicamente sobre el consumo de las energías y los combustibles fósiles: esta variable puede expresarse como  $(Cenf/Cef)'_{ij}\%$ .
4. También resulta imprescindible considerar el ritmo de la descarbonización económica, o lo que es lo mismo, la tasa en que se desenvuelve la relación existente entre el consumo nacional y final de energía y las emisiones brutas de bióxido de carbono equivalente medidas en millones de toneladas. Hay dos opciones tecnológicas iniciales al respecto para reducir o mitigar las emisiones de carbono: una, consumir menos energía fósil por unidad de  $(PIB/hab)_{ij}$ , es decir, consumirla más eficientemente mediante innovaciones tecnológicas; y dos, incrementar sostenidamente el consumo de energías no fósiles (renovables) sobre el consumo de las energías y los combustibles fósiles. La expectativa favorable es producir persistentemente menores flujos de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero o bióxido de carbono equivalente mientras se consume la misma o menor cantidad de energía fósil, o derivado de un mayor peso de las energías no fósiles: esta variable puede expresarse como  $(MtCO_{2,eq}/Ce)'_{ij}\%$ .

Figura 1



La Figura 1 ilustra e induce el análisis de la relación compleja e indisoluble que existe entre estos cuatro componentes básicos. Los cuales, como ya se dijo, son cruciales para entender y proponer la urgente transición energética gradual, territorializada y sistemática. Gradual, porque nuestra matriz energética nacional predominantemente de origen fósil continuará siendo imprescindible por algunos años más pero no por siempre, pues deberá ir cediendo terreno de manera paulatina y planeada a las energías no fósiles. Territorializada, porque aún y cuando aquí no se ofrecen análisis específicos a escalas espaciales distintas a la escala nacional, sí se refiere la importancia de considerar la transición energética atendiendo las particularidades de cada lugar, región, ciudad, zona metropolitana y a las dotaciones y alternativas energéticas disponibles *in situ* (Vega 2011). Sistemática, pues la transición que requiere el país no es parcial ni espasmódica, debe plantearse como permanente, persistente, abarcante, decidida a favor, preferentemente, de las opciones solar, eólica, biomasa-biogás, geotérmica, metanoeléctrica, mini-hidroeléctrica, marimotriz. Varias de las alternativas energéticas a las fósiles tendrán poderes caloríficos menores pero también impactos ambientales sustancialmente menores, por ello, la transición energética aquí propuesta deberá ser gradual, territorializada y sistemática, es decir, planeada.

Los cuatro componentes básicos aquí señalados exhiben una interrelación dinámica y pueden configurar distintos procesos y trayectorias que, a su vez, pueden expresarse a través del tiempo con diferentes intensidades y tendencias. La Figura 1 correlaciona estos cuatro componentes básicos en tres situaciones hipotéticas pero muy reales al mismo tiempo. Las situaciones A, B y C, las cuales, representan lo siguiente:

- A. Esta situación está dibujada por la línea continua cuyo polígono se encuentra más ubicado proporcionalmente en el cuadrante III. Representa una situación que registra bajo crecimiento económico per capita, con política energética inercial debido a los valores que exhiben las otras tres variables: muy bajo peso del consumo de las energías no fósiles sobre las fósiles; muy altos requerimientos de consumo de energía para promover el exiguo crecimiento económico por habitante; y muy significativas emisiones de bióxido de carbono equivalente derivadas del consumo de energía. Esta situación hipotética se parece a la que realmente existe en México desde 1990 hasta la fecha, y podría permanecer tal situación por más tiempo de acuerdo con el análisis de la coyuntura actual, cuyo periodo de referencia sería una estimación sin cambios durante el periodo 2019-2024.
- B. Esta otra situación está dibujada por la línea discontinua cuyo polígono tiende a estar ubicado en mayor proporción en la parte central de la gráfica. Representa una situación que registra un mayor crecimiento económico per capita que el registrado en la situación A y donde ya son perceptibles los cambios asociados con el inicio decidido de una transición energética similar a la aquí propuesta: el consumo de las energías no fósiles empieza a ganar terreno sobre las fósiles; los requerimientos de consumo de energía disminuyen para promover el mayor dinamismo económico por habitante mencionado; y las emisiones de bióxido de carbono equivalente derivadas del consumo de energía son menores. Esta situación hipotética sería deseable que ocurriera en los hechos antes de 2024.
- C. Esta situación dibujada por la otra línea discontinua más cerrada, cuyo polígono se encuentra ubicado en mayor proporción dentro del cuadrante I, es la más deseable y la que debiera autoimponerse México como escenario a ser alcanzado hacia el año 2030 y los años subsiguientes. Representa una situación muy favorable donde se registra un incremento sustancial del producto interno bruto por habitante correlacionado de manera virtuosa con una proporción significativamente mayor del consumo de las energías no fósiles sobre el consumo nacional y final de energías y combustibles de origen fósil, con requerimientos menores de energía por unidad de producto per capita y con recurrentes procesos de descarbonización económica. Todo lo cual, se traduce en menores emisiones brutas de MtCO<sub>2</sub>eq a lo largo del tiempo, de 2030 en más.

## Palabras de cierre

México está atrapado en la situación A y no podrá salir de ella sin promover la transición energética que aquí se identifica como inaplazable, urgente e imprescindible. Debido a las evidencias que se tienen a la vista sobre las tendencias económicas e institucionales en curso es altamente probable que lo que ocurra en nuestro país será permanecer en esa precaria y desfavorable situación que, si bien aquí se presenta como hipotética, sin dificultad alguna podría documentarse su similitud con la situación actual que realmente estamos experimentando. La responsabilidad pública de las universidades, además de continuar formando excelentes profesionales en muy diversas disciplinas científicas, técnicas, humanísticas, artísticas y en especializaciones diversas, además de persistir en la construcción y difusión de la cultura, las artes y los valores ciudadanos, es la de ofrecer argumentos razonados y razonables basados en evidencias corroborables para plantear la reformulación de importantes políticas públicas cuando los diagnósticos fundados e incontrovertibles indiquen que el país se encuentra en una situación grave y que ésta puede empeorar. Hoy, los costos del cambio climático en México son crecientes y la apenas incipiente transición energética se ha extraviado, debiera cambiarse el rumbo energético para alcanzar beneficios socioeconómicos netos y duraderos a escalas nacional y regional.

## Bibliografía

- Bator, Francis M. (1958): The Anatomy of Market Failure, *Quarterly Journal of Economics*, 72, 351–79.
- Baumol, W. J. y W. Oates (1982): *La teoría de la política del medio ambiente*, Antoni Bosch editor, Barcelona.
- Berta, Nathalie (2016): *On the definition of externality as a missing market*, Documents de Travail du Centre d'Économie de la Sorbonne, Paris.
- Biblioteca de publicaciones oficiales del Gobierno de México: <https://bpo.sep.gob.mx/#/s?title=PND>
- Bjornstad, David J. y Marilyn A. Brown (2004): *A Market Failures Framework for Defining the Government's Role in Energy Efficiency*, Joint Institute for Energy and Environment.
- BMWi-SENER (2018): *Oportunidades de inversión crecientes*. Nueva Era de la Energía en México, mayo 2018.
- CFE (2019, 2020): *Informes Anuales 2018 y 2019*, Comisión Federal de Electricidad.
- Coase Ronald H. (1960): El problema del costo social, versión en español, PDF.
- Galindo, Luis Miguel (2009): *Economía del cambio climático en México*, SEMARNAT-SHCP: [http://ceiba.org.mx/publicaciones/Centro\\_Documentacion/2010\\_Economia.del.CC\\_galindo.pdf](http://ceiba.org.mx/publicaciones/Centro_Documentacion/2010_Economia.del.CC_galindo.pdf)
- Gobierno de México, Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, *Gaceta Parlamentaria*, Cámara de Diputados, LXIV Legislatura, 30 de abril de 2019: <http://gaceta.diputados.gob.mx/PDF/64/2019/abr/20190430-XVIII-1.pdf>

- INECC (2018): <https://www.gob.mx/inecc/articulos/sexta-comunicacion-nacional-ante-la-cmnucc?idiom=es>
- (2018): Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), mayo de 2018. <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>
- (2020): Contribución Determinada a Nivel Nacional. Actualización 2020, Gobierno de México, SEMARNAT, INECC.
- IPCC-UN (1990): <https://www.ipcc.ch/report/ar1/syr/>
- (2019): <https://www.ipcc.ch/report/srccl/>
- (2020), Climate Change and Land, An IPCC Special Report on Climate Change, desertification, land, degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, Summary for Policymakers, Intergovernmental Panel on Climate Change, January 2020, [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM\\_Updated-Jan20.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf)
- Irastorza y Fernández (2010): Balance nacional de energía y su relación con el inventario nacional de emisiones, en Realidad, Datos y Espacio, *revista internacional de Estadística y Geografía*, INEGI.
- LGEEPA (1988): [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148\\_050618.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf)
- Pearce, David (1985): *Economía ambiental*, Fondo de Cultura Económica, México.
- and Giles Atkinson (1995): Measuring Sustainable Development, en Daniel W. Bromley (editor), *The Handbook of Environmental Economics*, Blackwell Publishers, USA-UK.
- Pemex (2018, 2020): Anuarios Estadísticos 2017 y 2019, [https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Anuario%20Estadistico%20Archivos/anuario-estadistico\\_2019.pdf](https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Anuario%20Estadistico%20Archivos/anuario-estadistico_2019.pdf)
- Pemex (2020): <http://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Paginas/Indicadores-Petroleros.aspx>
- Pigou, Arthur Cecil (1920): *The Economics of Welfare*, MacMillan & Company Limited, Londres.
- SEMARNAP 1997: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164169/Primera\\_Comunicacion\\_Nacional.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164169/Primera_Comunicacion_Nacional.pdf)
- SENER (2016; 2018, 2020): <https://www.gob.mx/sener/documentos/balance-nacional-de-energia>
- (2019): <http://sie.energia.gob.mx>
- (2020): <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE0C01>
- (2020): <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE6C02>
- Stern, Nicholas (2007): *El Informe Stern, la verdad sobre el cambio climático*, Editorial Paidós, Barcelona, España.
- Vega López, Eduardo (2011): *Cambio Climático y Cohesión Social Local, URBAL II, Barcelona*, diciembre de 2011, <https://www1.diba.cat/liblioteca/pdf/50441.pdf>
- (2019): Presiones hídricas, amenazas climáticas y pérdidas de biodiversidad en México: agenda y políticas inaplazables del nuevo gobierno, revista *ECONOMÍA Aunam*, número 46, enero-abril de 2019, <http://www.economia.unam.mx/assets/pdfs/econunam/46/015EduardoVega.pdf>