

# ENERGÍA FÓSIL, ENTRE LA ESCASEZ Y EL BALANCE DE SU USO PARA RESISTIR UNA PROLONGADA TRANSICIÓN ENERGÉTICA.

Benito Ortiz Sánchez\*

“la pretensión arrogante de considerarse el dueño de la verdad es la principal barrera a la comunicación respetuosa y la interacción efectiva”

Fredy Kofman, 2001.<sup>1</sup>

SUMARIO: I. INTRODUCCIÓN; II. MARCO CONCEPTUAL; III. JUSTIFICACIÓN; IV. DESARROLLO; V. CONCLUSIONES; VI BIBLIOGRAFÍA.

## I. INTRODUCCIÓN.

La estigmatización cabalmente ganada de la energía fósil proveniente de los hidrocarburos, frente a las evidencias históricas del impacto negativo provocado al medio ambiente<sup>2</sup> en los lugares donde opera la industria petrolera y por el innegable cambio climático, inducido por los gases de efecto invernadero, ha provocado que se genere entre la sociedad, la exigencia y aplicación sin más, de una política “cancelacionista”, tal que se pide dejar de consumir súbitamente energía fósil, lo que implicaría, de así ocurrir, la pérdida de oportunidades para sobrellevar en mejores condiciones económicas y sociales para el país, una posiblemente larga transición energética. En estricto sentido, abandonar súbitamente la energía fósil y el uso de los hidrocarburos en general, implicaría una crisis económica de grandes magnitudes, escasez de infinidad de bienes que proviene de dicha fuente, acompañada del impacto social y deterioro de la calidad de vida de la mayoría de los mexicanos y principalmente de quienes menos poseen.

La crudeza del planteamiento anterior, contrasta fuerte y escandalosamente con los mejores deseos de un mundo mejor, concebido por el sentido común de quienes habitan el planeta azul, quienes sin más, desean la prevalencia de un mundo verde, sin deterioro para las futuras generaciones, por lo que la advertencia arriba señalada, pareciera una píldora de terror dirigida a las buenas y mejores voluntades que están en la búsqueda de la protección y mejoramiento del medio ambiente, sin embargo, no lo es. La presente contribución intenta señalar lo urgente que es ya hacer definiciones y tomar las acciones que deriven de estas, soportadas por la fuerza de la sociedad civil, y por las acciones de gobierno traducidas en políticas públicas, industriales, económicas, ambientales, jurídicas, sociales, de derechos

---

\* Ingeniero Petrolero con grado de maestría por la Universidad Nacional Autónoma de México, jubilado de Petróleos Mexicanos. Correo: [benito.ortiz@olamenergy.com](mailto:benito.ortiz@olamenergy.com)

<sup>1</sup> Kofman, Fredy, “*Metamanagement. La nueva conciencia de los negocios, México*”, Granica, 2001, t.I. p. 23.

<sup>2</sup> Beltrán, José Eduardo, “El conflicto entre Pemex y Tabasco” en *Petróleo y Desarrollo*, México, Gobierno del Estado de Tabasco, 1988.

humanos y distributivas entre otras, de tal forma que se permita sobre llevar de la mejor manera (Comunitariamente hablando), el periodo en el que tenga que ocurrir una transición energética por el tiempo que tenga que durar, pero que se puedan cubrir las necesidades y las metas que como sociedad se deban alcanzar en beneficio de esta (Teniendo como premisa que se promueva una etapa de transición energética lo más rápida posible objetivamente determinada).

El marco de referencia temporal que se configura ante el problema presenta dos condiciones contrapuestas, por un lado, la transición energética para migrar hacia fuentes de energía limpias va resultando lenta, y no necesariamente es de bajo impacto ambiental, por otro, las reservas de petróleo y gas se piensa van disminuyendo aceleradamente, provocando un estrés a la continuidad del crecimiento y desarrollo de los países.

Pero, en tanto los gobiernos no envíen las señales correctas, y promuevan un cambio cultural en las costumbres de consumo, no se podrá hacer partícipe a la sociedad de la solución, ni tener esta la menor idea de la magnitud y dimensiones que inciden en el problema.

## II. MARCO CONCEPTUAL.

Cuando se actúa en sociedad, es necesario tener propósitos, mismos que deben intentar responder a los cuestionamientos más elementales que permitan brindar un sentido a la razón de ser, existir y actuar. Uno de estos, entre otros tantos, es el Desarrollo Económico, que de acuerdo con Ray<sup>3</sup> se puede plantear como: “Un concepto multidimensional, que engloba no solo la renta y su crecimiento sino también los logros conseguidos en otros frentes: la reducción de la mortalidad infantil, el aumento de la esperanza de vida, el incremento del porcentaje de personas que saben leer y escribir, el acceso general a los servicios médicos y sanitarios, etc. La renta per cápita se utiliza a veces como indicador (incompleto) del desarrollo económico general, pero no debe identificarse conceptualmente con el desarrollo en el sentido más amplio del término.”

En general, el desarrollo económico es un concepto que intenta capturar la forma más objetiva de describir cómo ha sido la evolución de las condiciones de vida de los individuos y familias viviendo en sociedad y bajo las distintas políticas sociales y económicas que cada país se ha procurado. Debido a que es multifactorial, es un concepto que si bien, se han desarrollado mecanismos para acordar la forma de su determinación, esto no significa, que tales acuerdos capturen realmente la esencia de la determinación de la condición del desarrollo humano, porque en la realidad, es vigente la discusión en cada grupo social y/o entre individuos lo que interpreta de ¿Qué percibe? o ¿Cómo experimenta la condición en la que el devenir de su

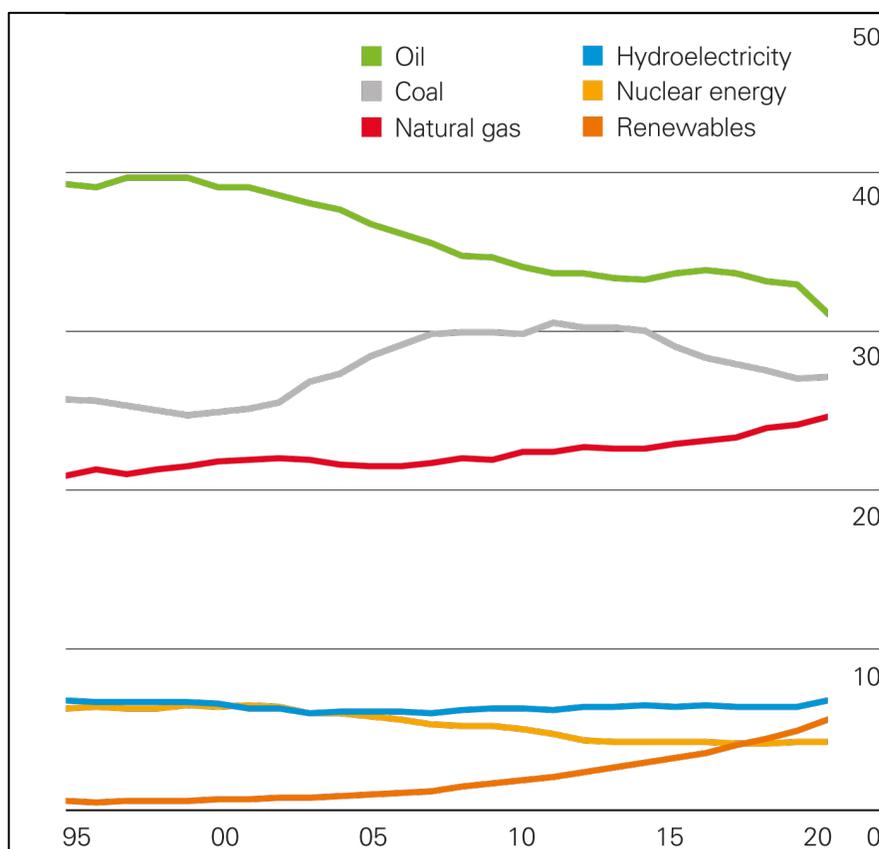
---

<sup>3</sup> Ray, Debraj, El desarrollo económico: Visión Panorámica, En Economía del Desarrollo, España, Antoni Bosch, 1998. pp. (39-40).

existencia misma y de sus antecesores y predecesores ha concurrido u ocurrirá? Así como también la existencia o carencia de oportunidades para transformar su condición de vida.

En este contexto de análisis, la energía es uno de esos factores que contribuyen al desarrollo y crecimiento de los países y de las personas, y de acuerdo con datos estadísticos que anualmente publica la compañía British Petroleum,<sup>4</sup> la participación de las diferentes fuentes de energía primaria que contribuyen en el desarrollo económico de los países, presenta un alto componente de energía de origen fósil, como se puede observar en la Gráfica 1, donde el petróleo mantiene la mayor participación con un 31.2%, mientras que el carbón es el segundo con 27.2%, seguidos por el gas natural con el 24.7%, mientras que las energías renovables se muestran rezagadas con solo el 5.7%, mismas que solo superan a la energía nuclear que representa un 4.3%, porque la hidroeléctrica hoy contribuye con el 6.9% del total.

GRÁFICA 1  
PARTICIPACIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA PRIMARIA AÑO 2020.



Gráfica obtenida de BP Statistical Review of World Energy 2021<sup>5</sup>

<sup>4</sup> British Petroleum, "Statistical Review of World Energy 2021", p.12, Obtenido el 3 de octubre en <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>

<sup>5</sup> *Idem.*

En conjunto, los hidrocarburos (Petróleo y gas natural) suman una participación de 55.9%, y agregando al carbón llegan al 83.1% de contribución.

Como se puede observar, las fuentes de energía fósil siguen siendo dominantes, y para el caso de los hidrocarburos, el tema de las reservas ha sido durante décadas de gran interés, principalmente por la discusión recurrente o quizás permanente de: ¿Cuánto durarán las reservas de hidrocarburos? ¿Cuándo se alcanzaría el pico de producción del petróleo? Por lo que para intentar responder, es necesario precisar el concepto de reserva. Aunque en la industria se manejan tres tipos de recursos como son las Reservas Probadas, las Probables y las Posibles, para fines del desarrollo del tema, solo se hace énfasis en las Reservas Probadas, por lo cual, de acuerdo con la US Securities & Exchange Commission (SEC) según Petróleos Mexicanos, “las reservas probadas son cantidades estimadas de aceite crudo, gas natural y líquidos del gas natural de yacimientos conocidos, las cuales, mediante datos de geociencias y de ingeniería, muestran con certidumbre razonable que serán recuperadas comercialmente en años futuros, bajo condiciones económicas, métodos de operación y regulaciones gubernamentales existentes a una fecha específica.”<sup>6</sup> Aunque la sola definición puede ser ampliamente desarrollada para desglosar cada concepto que en ella se maneja, de momento solo se hace énfasis en que las condiciones económicas y los métodos de operación intrínsecamente ligados a la tecnología juegan roles importantes en la determinación del volumen las Reservas Probadas existentes en un momento dado en el tiempo.

A la par de la producción de hidrocarburos, durante su explotación, se presentan condiciones no deseadas como la contaminación y la emisión de gases a la atmósfera. Así, se tiene que una externalidad ambiental, según Labandeira,<sup>7</sup> tiene lugar por la interacción entre consumidores y/o productores en el uso de los bienes que proporciona el medio ambiente, sin que medie participación económica, es decir que no pasan por el mercado. Se tienen externalidades negativas cuando suponen una reducción del bienestar y esta se deriva de la operación normal o de accidentes de la industria que provocan daños a la flora, la fauna y a la vida humana. Por otro lado, tanto en el consumo como en la producción de fuentes de energía fósil como el petróleo y el gas se reporta la generación de gases efecto invernadero (GEI), el aumento de estos GEI y el fenómeno del cambio climático tienen una estrecha asociación,<sup>8</sup> esto de acuerdo con el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). Según Galindo y Caballero<sup>9</sup>, esto “se traduce en un

---

<sup>6</sup> Pemex Exploración y Producción, Evaluación de las reservas de hidrocarburos, 1 de enero de 2020, 2021, p. 8, Obtenido el 14 de septiembre de 2020, [https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Reservas%20de%20hidrocarburos%20evaluaciones/20210101\\_rh\\_e.pdf](https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Reservas%20de%20hidrocarburos%20evaluaciones/20210101_rh_e.pdf)

<sup>7</sup> Labandeira, Xavier et al., Economía ambiental, México, Pearson, 2007, p.70, cfr.

<sup>8</sup> Galindo, Luis Miguel y Caballero, Karina, “La economía del cambio climático en México: algunas reflexiones”, Gaceta de Economía, México, t.1., año 16, p 85. cfr.

<sup>9</sup> *Idem*.

aumento paulatino de la temperatura, modificaciones en los patrones de precipitación, cambios en la intensidad o en la frecuencia de eventos climáticos extremos, reducción de la criósfera y un alza del nivel de mar.” Por lo que Stern, de acuerdo con los mismos autores, planteó que el cambio climático es una externalidad negativa global, de tal forma que se considera a la atmosfera un bien público, misma que es utilizadas por terceros como receptáculo, sin un costo económico, de gases de efecto invernadero provocados por su actividad productiva.<sup>10</sup>

Los gobiernos para atender el problema del cambio climático han pretendido ser participativos, y a través de la Organización de las Naciones Unidas, se aprobó en 2015 la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, misma que cuenta con 17 objetivos.<sup>11</sup> El objetivo 13 relativo al cambio climático “Acción por el clima”, es el marco vinculatorio a través del cual se estableció el Acuerdo de París, mismo que: “aspira a reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático manteniendo el aumento global de la temperatura durante este siglo muy por debajo de 2 grados Celsius con respecto a los niveles preindustriales.

El acuerdo también aspira a reforzar la capacidad de los países para lidiar con los efectos del cambio climático mediante flujos financieros apropiados, un nuevo marco tecnológico y un marco de desarrollo de la capacidad mejorado.”<sup>12</sup>

En este contexto, los países tienen en la transición energética al vehículo para lograr sus objetivos relativos al cambio climático. En México se decretó la Ley de Transición Energética, misma que establece como objeto general de acuerdo con el artículo primero de esta: “regular el aprovechamiento sustentable de la energía así como las obligaciones en materia de Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.”,<sup>13</sup> siendo esta Ley más específica en su artículo segundo, donde para pronta referencia y por abonar al tema, se destacan las tres primeras fracciones que dicho artículo contiene:

- I. Prever el incremento gradual de la participación de las Energías Limpias en la Industria Eléctrica con el objetivo de cumplir las metas establecidas en materia de generación de energías limpias y de reducción de emisiones;
- II. Facilitar el cumplimiento de las metas de Energías Limpias y Eficiencia Energética establecidos en esta Ley de una manera económicamente viable;

---

<sup>10</sup> *Ibidem*, p. 86.

<sup>11</sup> Organización de las Naciones Unidas. ONU, Objetivos de desarrollo sostenible, Obtenido el 14 de septiembre de 2021, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

<sup>12</sup> Organización de las Naciones Unidas. ONU, Objetivo 13 Acción por el clima, Obtenido el 14 de septiembre de 2021 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>

<sup>13</sup> Cámara de Diputados, Ley de Transición Energética, 24 de diciembre de 2015, Diario Oficial de la Federación.

- III. Facilitar el cumplimiento de las metas de Energías Limpias y Eficiencia Energética establecidos en esta Ley de una manera económicamente viable;
- IV. Incorporar las externalidades en la evaluación de los costos asociados a la operación y expansión de la Industria Eléctrica, incluidos aquellos sobre la salud y el medio ambiente;<sup>14</sup>

Por lo que, es claro el manifiesto que el legislativo estableció, tal que se promueve la transición energética a través del incremento gradual de las energías limpias en la industria eléctrica para cumplir las metas establecidas, mismas que debieron referenciarse al compromiso de México en el Acuerdo de París, reconociéndose además, las externalidades asociadas a la operación y expansión de la industria eléctrica, lo que da pie a promover y aplicar conceptos y procesos de “Contabilidad ambiental”<sup>15</sup> y de la “Economía ecológica”<sup>16</sup> o “Economía del cambio climático”,<sup>17</sup> u otros equivalentes, mismos que promueven la valoración cuantitativa del costo de la contaminación y de las acciones de remediación que se hacen o debieran realizarse, para minimizar las externalidades provocadas por los procesos económicos y productivos que socialmente se llevan a cabo como parte del desarrollo y crecimiento del país.

### III. JUSTIFICACIÓN.

La humanidad evoluciona espacial y temporalmente entre distintos paradigmas de desarrollo y crecimiento, y un factor común para todos los modelos es que su evolución se enmarca en el desarrollo de actividades sociales, productivas y económicas entre otras, y estas a su vez, dependen de la energía para su realización. De entre las fuentes de energía actuales utilizadas para las actividades señaladas, se tienen una participación importante con el uso de la energía fósil, y dentro de esta se encuentran el consumo de petróleo y el gas natural, los cuales, afronta dos circunstancias: su relativa escasez invocada por diversos estudios,<sup>18, 19,</sup> <sup>20</sup> y los efectos nocivos que cuando su manejo es indiscriminado e irresponsable provocan al medio ambiente, con su consecuente contribución al cambio climático, lo que ha generado una movilización de conciencias a nivel mundial tal que la estigmatiza y la condena a ser suprimida como fuente de energía primaria.

---

<sup>14</sup> *Ibidem.*

<sup>15</sup> Rubio González, Martha Guadalupe, Contabilidad ecológica, 2a. ed., México, Ed. Flores, 2018.

<sup>16</sup> Common, Michael y Stagl, Sigrid, Introducción a la Economía Ecológica, trad. de AMT traducciones, España, Reverté, 2008.

<sup>17</sup> Galindo, Luis Miguel y Caballero, Karina, “La economía del cambio...”, loc. cit.,

<sup>18</sup> Hubert, M. King, The energy resources in the Earth, Energy and power, United States, Scientific American Book, 1971.

<sup>19</sup> Meadows, et al., The limits to growth, United States, Univers books, 1972.

<sup>20</sup> Ocampo Téllez, Edgar, Desafíos de un modelo energético sostenible: México 2050, p. 17 Obtenido el 20 de septiembre de 2021,

<http://inergy.lat/images/DesafiosModeloEnergeticoSostenible2050.pdf>

Ante la urgente necesidad de atender la emergencia del cambio climático y prevenir el daño al medio ambiente, las expectativas de la mayoría de los individuos se centra en el avance de las energías limpias, para sustituir a las fuentes de energía contaminantes (Carbón y petróleo principalmente). No obstante, hay realidades que atropellan a la esperanza de un pronto cambio en este rubro. La primera es que la evolución, disponibilidad y crecimiento de las fuentes de energía limpias y renovables más esperanzadoras en el sentir popular (La energía eólica y solar), ha sido insuficiente. Aunque presentan ritmos de crecimiento relativamente aceptables, con un promedio anual de 39.5% para la solar y 16.6% para la eólica, considerando un periodo de 11 años de 2010 a 2021<sup>21</sup> (Valores de cálculos propios utilizando la fuente señalada). Sin embargo, para el año 2023 todas las renovables representan solo el 5.7%, como ya se ha referido anteriormente. La segunda realidad es que las energías renovables no son 100% limpias o benignas al medio ambiente, sino que también presentan inconvenientes, como por ejemplo, el uso de paneles solares para generar energía fotovoltaica implica la afectación y ocupación superficial de mayores áreas de terreno, lo que representa también un impacto al medio ambiente.<sup>22</sup> La tercera, históricamente también es un hecho que la aparición de una nueva fuente de energía renovable o no renovable, más eficiente, no sustituye a fuentes de energía tradicionales, así el carbón no sustituyó a la biomasa (leña), el petróleo no hizo desaparecer el uso del carbón, y si se realizara una extrapolación, del momento y para los años 2030 o 2040, y al ritmo de crecimiento de las energías limpias con respecto al total de energía que se necesita tener disponible para consumo en el mundo, no se vislumbra la posibilidad que las renovables sustituyan completamente a las energías fósiles.<sup>23</sup>

Por otro lado, y ante una falsa disyuntiva. entre parar al mundo (El fin del crecimiento<sup>24</sup>) o seguir contaminándolo y mantener las condiciones que influyen en el cambio climático, además de las llamadas de alerta que señalan que el petróleo (Y el gas que generalmente viene asociado al mismo) ya se acabó y que la humanidad ya pasó el pico máximo de producción.<sup>25, 26</sup> Cabe destacar que si bien, las energías renovables podrán tener la capacidad de sustituir parcialmente a la energía fósil para generar electricidad, no la tienen para sustituir todos los productos y los bienes derivados del petróleo que se utilizan en una gran variedad de industrias

---

<sup>21</sup> British Petroleum, "Statistical Review of World Energy 2021-all data" Solar Generation - TWh & Wind Generation - TWh, Obtenido el 3 de octubre de 2021 en <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

<sup>22</sup> Ocampo Téllez, Edgar, "Desafíos de un modelo energético...", *op. cit.*, p. 29.

<sup>23</sup> Ferrari, Luca, Los retos de la transición energética hacia las energías renovables, en Diplomado Derecho Energético, Coordinadoras Margarita Palomino Guerrero y Marisol Anglés Hernández, México UNAM-IIJ, 2021.

<sup>24</sup> Heinberg, Richard, El final del crecimiento, trad. Carlos Valmaseda, España, El viejo topo, 2014.

<sup>25</sup> Meadows, et al., "The limits to growth", *op. cit.*

<sup>26</sup> Hubert, M. King, "The energy resources in..." *op. cit.*

como la petroquímica, agrícola, médica, espacial, construcción, cosmética y alimentaria, entre otras tantas<sup>27</sup>. Por lo que la propuesta es replantear la forma de operar de la industria petrolera, y en lugar de estigmatizarla y pretender destruirla y cancelar, se propone una tercera vía, no simplista, tampoco fácil para su ejecución, pero sí distinta, una propuesta donde la condicionante sea la transparencia y el acompañamiento a la industria de diversos actores sociales (Gobiernos, sociedad civil, organizaciones no gubernamentales, colegios profesionales, universidades, etc.), de tal forma que se establezcan los mecanismos de protección al medio ambiente y al cambio climático, sin renunciar a explotar los recursos fósiles necesarios para obtener los satisfactores indispensables para la sociedad.

#### IV. DESARROLLO

La razón última por la que una nación existe y se orienta al desarrollo y el crecimiento de esta, debe estar orientada hacia el bienestar de las personas que la conforman. Asimismo, la persistencia de la pobreza y la desigualdad acusan la ineficiencia de los gobiernos para erradicar dichos males. La pobreza como concepto, es difícil de objetivar, debido a las diferentes vertientes y consideraciones que se podrían hacer para lograr definirla con una aceptación universal y social, no obstante, la pobreza de acuerdo con Arasa y Andrew<sup>28</sup>, se podrá definir en el espacio y el tiempo, como aquellas personas que no alcanzan un nivel de vida mínimo considerado como “aceptable”. Para medir la pobreza, tiene que estar preestablecido el valor absoluto de tal nivel de vida mínimo aceptable, en términos del ingreso mínimo requerido, y considerado como “socialmente admisible”. No obstante, se han venido desarrollando metodologías enfocadas en las necesidades básicas del ser humano y su valoración para determinar el grado de cobertura y satisfacción, destacando para su análisis los niveles de desnutrición, salud, habitación, educación, indumentaria, oportunidades de desarrollo y libertad requeridas. La desigualdad económica, referida como desigualdad de la distribución de la renta concierne al fenómeno social de inequidad numérica de la asignación y dispersión de la renta o productividad generada en un país en un periodo de tiempo entre el total de la población. Socialmente es muy palpable el fenómeno, cuando se distingue el alto porcentaje de la renta de un país que es capturado por el 1% de la población más rica y viceversa, el alto porcentaje poblacional que solo puede capturar un bajo porcentaje de la renta generada en un país, siendo muy persistente esa condición, principalmente en los países en vías de desarrollo.

---

<sup>27</sup> Adebayo, Abdulrauf Rasheed y Tawabini, Bassaman, “Hydrocarbon Exploration and Production- a Balance between Benefits to the Society and Impact on the Environment”, Journal of Petroleum Environment Biotechnology, Belgium, t.3, num. 122. Obtenido el 10 de octubre de 2021 en [https://www.academia.edu/26172063/Hydrocarbon\\_Exploration\\_and\\_Production-A\\_Balance\\_Between\\_Benefits\\_to\\_the\\_Society\\_and\\_Impact\\_on\\_the\\_Environment](https://www.academia.edu/26172063/Hydrocarbon_Exploration_and_Production-A_Balance_Between_Benefits_to_the_Society_and_Impact_on_the_Environment)

<sup>28</sup> Andreu García, José Miguel y Arasa Medina, Carmen, Desarrollo económico: teoría y política, España, Dykinson, 1999, pp. 31-40.

Por lo anterior, resulta todavía igual de crítico que además de resolver los problemas de pobreza y desigualdad como razón primigenia, un país también deba encargarse de la protección al medio ambiente, a la flora, fauna y todos los seres vivos que dependen del equilibrio ecológico que se debe preservar. Por lo cual, el desarrollo al que se debe aspirar es al “Desarrollo Sustentable”. Labandeira<sup>29</sup> describe, lo que él considera la definición más conocida y temprana de desarrollo sustentable, aunque no libre de polémica y discusión, misma que procede de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo (World Commission on Environment and Development, WCED por sus siglas en inglés) creada por la ONU en 1983: “Desarrollo Sustentable es aquel desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.” Se utiliza el término «necesidades», enfatizando la obligación de abordar prioritariamente la solución al problema de la pobreza, del acceso a ciertos recursos económicos, ambientales y sociales mínimos.<sup>30</sup> Esto implica que no es únicamente un concepto de eficiencia en el uso de los recursos, sino también de equidad, con una doble implicación en este sentido:

*Equidad intrageneracional.* La satisfacción de las necesidades de la generación actual es premisa imprescindible para alcanzar el desarrollo sustentable global, independientemente de la localización geográfica.<sup>31</sup>

*Equidad intergeneracional.* El desarrollo sustentable es un concepto dinámico y , por ello, el legado de recursos para la siguiente generación ha de ser, al menos, igual que el disponible para la generación actual.<sup>32</sup>

Para medir el impacto ambiental derivado de la actividad económica, misma que provoca tanto el agotamiento de recursos naturales como la degradación ambiental, el INEGI cuenta en el Sistema de Cuentas Nacionales determinadas como las Cuentas Económicas y Ecológicas de México (CEEM).<sup>33</sup> En estas se determinan entre otros indicadores, el Costo Total por Agotamiento y Degradación Ambiental (CTADA) y los Gastos en Protección Ambiental (GPA), que comparados con el PIB brindan una idea de cual es el desempeño y el compromiso del país y los agentes económicos para con la protección al medio ambiente. El CTADA son los costos ambientales derivados del agotamiento de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente, y su valor refleja los gastos en los que tendría que incurrir la sociedad para prevenir o remediar la disminución y la pérdida de los recursos

---

<sup>29</sup> Labandeira, Xavier et al., “Economía ambiental”, op. cit. p. 27

<sup>30</sup> *Idem.*

<sup>31</sup> *Idem.*

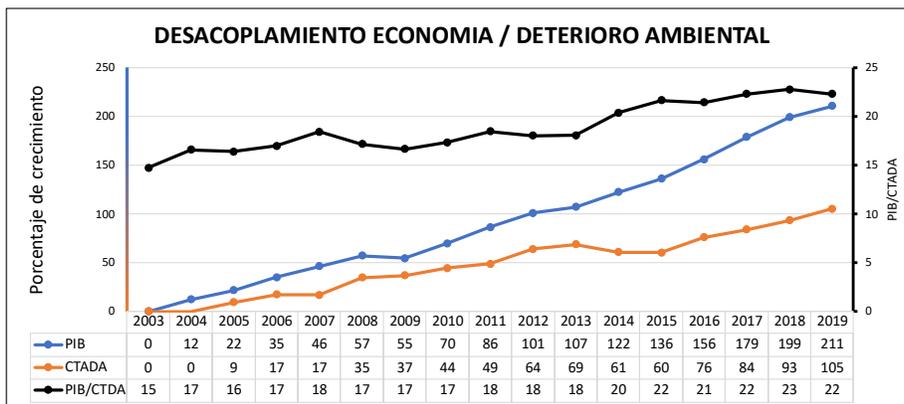
<sup>32</sup> *Idem.*

<sup>33</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Ecológicas, 2021, Obtenido el 7 de octubre de 2021 en <https://www.inegi.org.mx/temas/ee/>

naturales así como el deterioro del medio ambiente.<sup>34</sup> Los GPA son los gastos realizados por el sector público y por los hogares los cuales cubren actividades administrativas, judiciales, académicas y profesionales relacionadas a la protección ambiental en diversos rubros como la protección al aire y el clima, las aguas residuales y la gestión de residuos entre otras<sup>35</sup>.

De esta manera, el desempeño de estos conceptos en México entre los años 2003 a 2019, desnuda y transparenta el compromiso del país en su conjunto para con el medio ambiente. En la Gráfica 2, se muestra el desacoplamiento entre la economía y el deterioro ambiental,<sup>36</sup> en la misma se observa al índice del Producto Interno Bruto (PIB) y el CTADA, ambos índices referenciados a valores del año 2003, en esta se expresa un desacoplamiento en el sentido que mientras el PIB creció en ese periodo 211% (Línea azul, referida al eje izquierdo), el CTADA creció en el mismo periodo 105% (Línea naranja, referido al mismo eje), lo que implica que los indicadores no crecen al mismo ritmo, situación que en términos relativos no es deseable. Más explícitamente, el cociente PIB/CTADA (Línea negra, eje derecho), muestra una tendencia creciente, y en términos prácticos, dicho valor significa por ejemplo para el año 2019, que por cada 22 pesos que produjo la economía, se generó 1 peso de deterioro en el medio ambiente. Por lo que, la condición deseable sería que dicha tendencia continuara creciendo y que preferentemente la pendiente fuera significativamente más pronunciada para lograr progresivamente generar valor económico con cada vez menos daño ambiental.

GRÁFICA 2  
DESACOPLAMIENTO ECONÓMICO.



Gráfica de elaboración propia con datos INEGI Cuentas Ecológicas<sup>37</sup>

<sup>34</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2021, Cuentas económicas y ecológicas de México 2018, Obtenido el 7 de octubre de 2021.

<https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2019/StmaCntaNal/CtasEcmcasEcolgicas2018.pdf>

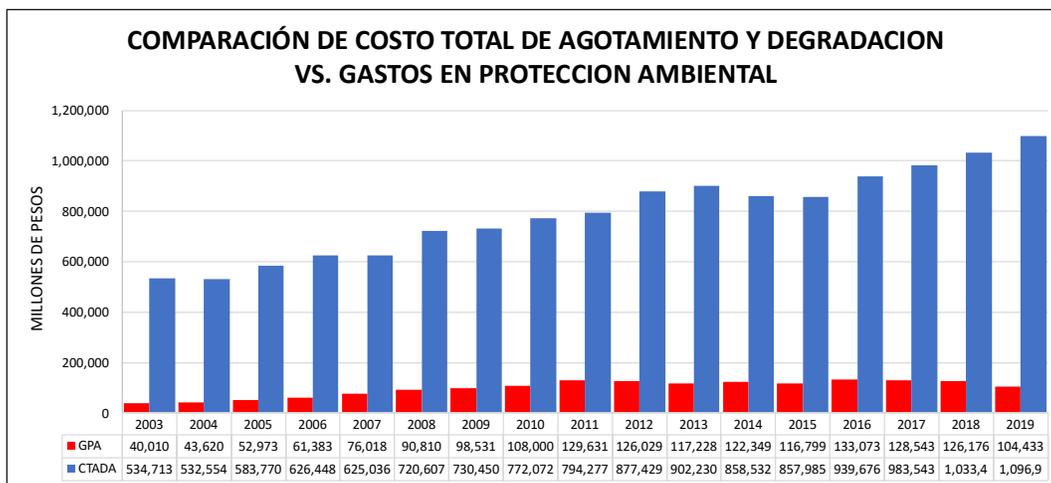
<sup>35</sup> *Idem.*

<sup>36</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2021, Cuentas económicas y ecológicas de México 2018, Obtenido el 7 de octubre de 2021. <https://www.inegi.org.mx/temas/ee/>

<sup>37</sup> *Idem.*

No obstante, lo más significativo para contrastar son los datos entre el Costo Total por Agotamiento y Degradación Ambiental (CTADA) y los Gastos en Protección Ambiental (GPA), es decir, el valor del daño que se genera y el gasto que se invierte para resarcir dicho impacto. Así, se puede observar en la Gráfica 3 siguiente, que lo que el país gasta para la protección del medio ambiente, es significativamente menor al impacto que provoca toda la producción de riqueza generada cada año en el país. Lo que debiera llevar a pensar en investigar hasta donde sería factible que se trasladaran dichos gasto a los sectores productivos y al gobierno, de forma tal que no se generé una condición de pérdida de competitividad.

GRÁFICA 3  
DAÑO VS. GASTO EN PROTECCIÓN AMBIENTAL.



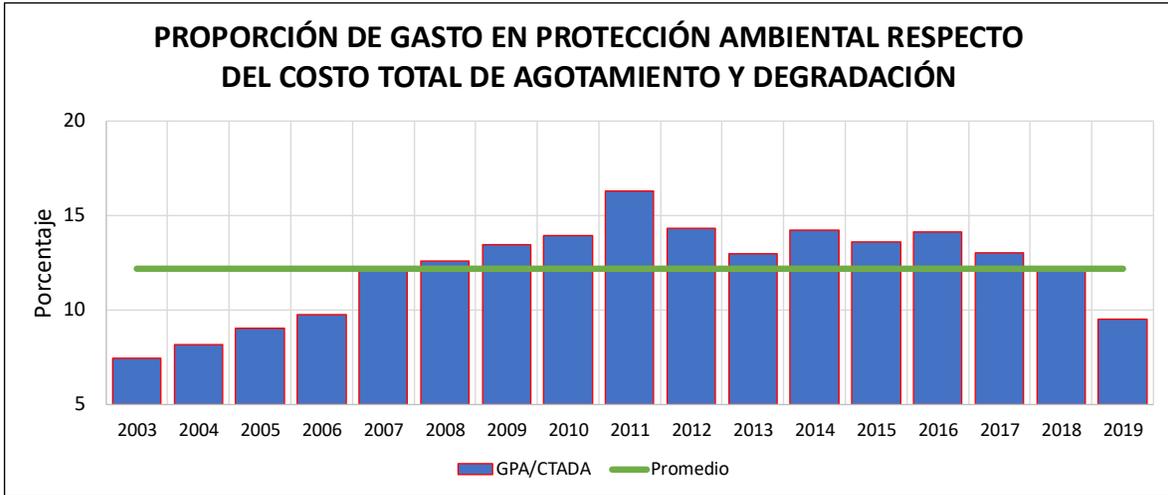
Gráfica de elaboración propia con datos INEGI Cuentas Ecológicas<sup>38</sup>

Por otro lado, en la Gráfica 4, se presenta la distribución a través del tiempo del porcentaje del GPA, respecto del CTADA, donde el promedio del periodo de análisis representado en la línea verde es del 12%. Es decir, prácticamente solo se invierten recursos para contrarrestar el impacto generado en una proporción muy inferior (alrededor del 10%), respecto del daño provocado cada año. Aunque los primeros años se observaba una tendencia de gasto insuficiente, esta era creciente, sin embargo, desde el año 2011, las cantidades asignadas vienen con una tendencia negativa, implicando una mayor desatención a los problemas ambientales por parte del país en general, y para 2019 la proporción alcanzó su proporción mínima de un solo dígito.

De forma acumulativa, se puede apreciar que la separación absoluta es cada vez más significativa, dejando cada vez más “pasivos ambientales” sin atender, además de representar una brecha creciente cada vez más amplia, entre lo que se necesita asignar para lograr afrontar las condiciones adversas provocadas por la producción nacional contra lo que se asignan anualmente, ver la Gráfica 5.

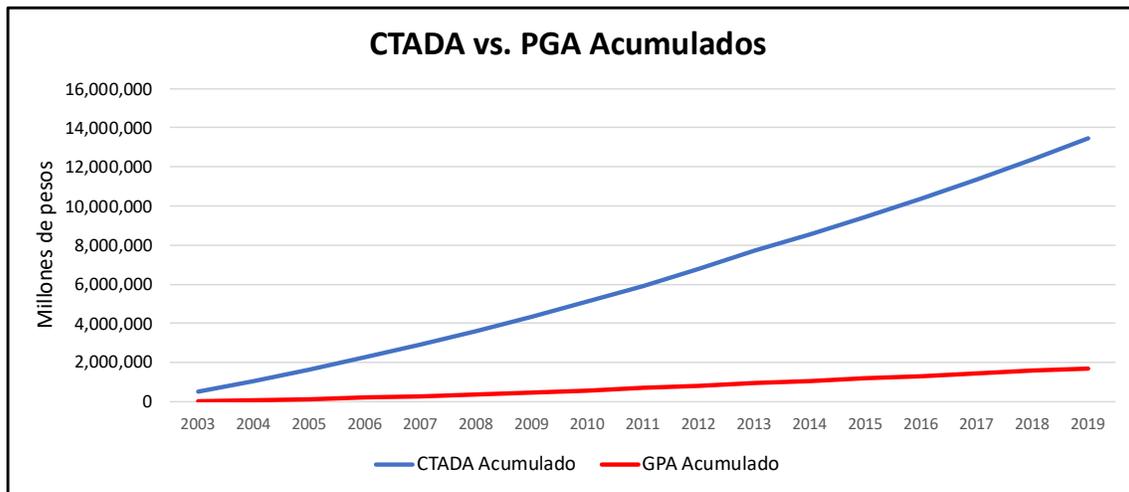
<sup>38</sup> *Ibidem.*

GRÁFICA 4  
PORCENTAJE DE GASTO RESPECTO AL DAÑO.



Gráfica de elaboración propia con datos INEGI Cuentas Ecológicas<sup>39</sup>

GRÁFICA 5  
SEPARACIÓN ACUMULADA ABSOLUTA ENTRE DAÑO Y GASTO.



Gráfica de elaboración propia con datos INEGI Cuentas Ecológicas<sup>40</sup>

El sector energético juega un papel clave para las actividades económicas, por lo que es innegable la interdependencia entre las actividades económicas de los sectores productivos y la energía. Esa interdependencia influye en la oferta y la demanda de energía, en las decisiones de inversión y en las variables macroeconómicas de los países. De esta manera, las instituciones nacionales y el marco normativo se ven mutuamente influenciadas ante dicha interdependencia.<sup>41</sup>

<sup>39</sup> *Ibidem.*

<sup>40</sup> *Ibidem.*

<sup>41</sup> Bhattacharyya Subhes C., *Energy Economics Concepts, Issues, Markets and Governance*, United Kingdom, Springer, 2011, p. 4.

Por lo anterior, de acuerdo con Bhattacharyya<sup>42</sup>, la interacción e interdependencia a nivel macro surgen en general de:

- a) El nivel de las actividades económicas y su evolución en el tiempo;
- b) La interdependencia de la energía y otras actividades económicas, así como la interacción entre las actividades económicas;
- c) La estructura e infraestructura de cada actividad y su evolución en el tiempo;
- d) La composición técnica y características de las actividades económicas y su evolución en el tiempo;
- e) El marco normativo institucional que proporciona el entorno propicio para diferentes actividades para florecer y su evolución;
- f) La macro-gestión de la economía y su interacción con el marco normativo institucionalidad.”

Bhattacharyya también señala que “el propio sector energético está compuesto por diferentes industrias (o subsectores), cada una de las cuales tiene diferentes características técnicas y económicas, pero también son interdependientes hasta cierto grado y cada industria intenta lograr un funcionamiento equilibrado considerando la demanda, la inversión, los precios, la oferta y el entorno institucional vigente. De esta forma, las decisiones operativas están muy influenciadas por los objetivos y metas de los operadores y las limitaciones operativas que enfrentan (incluidas las limitaciones sociopolíticas relacionadas con los recursos), así mismo, el patrón de propiedad, y los factores institucionales, también influyen en las decisiones.”<sup>43</sup>

De las diversas industrias que componen al sector energético, la alternativa para combatir el cambio climático es el desarrollo de energías limpias renovables para sustituir la energía fósil. Respecto a las dos que mayores expectativas generan, la energía eólica y la solar, para el año 2020 este tipo de fuentes energías solo representaron el 5.7% del total de energía primaria consumida,<sup>44</sup> como se puede apreciar en la Gráfica 6. Donde también se desprende que la energía fósil (Carbón, petróleo y gas natural) representaron poco más del 80% para el mismo año.

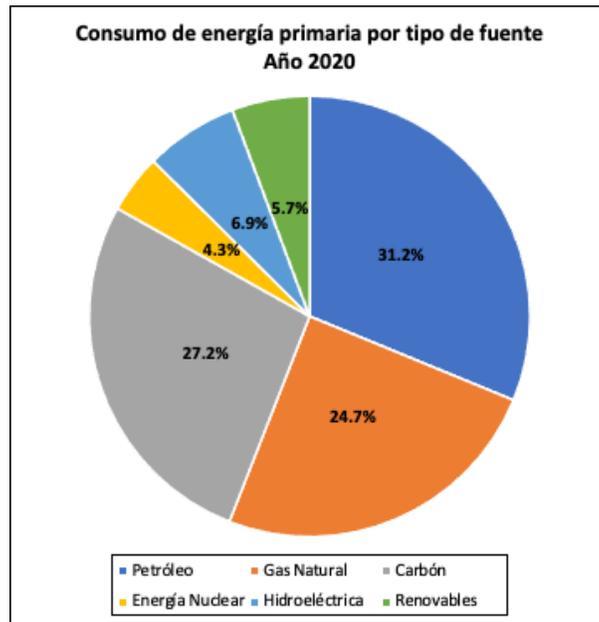
---

<sup>42</sup> *Ibidem* p.4.

<sup>43</sup> *Idem cfr* p.4.

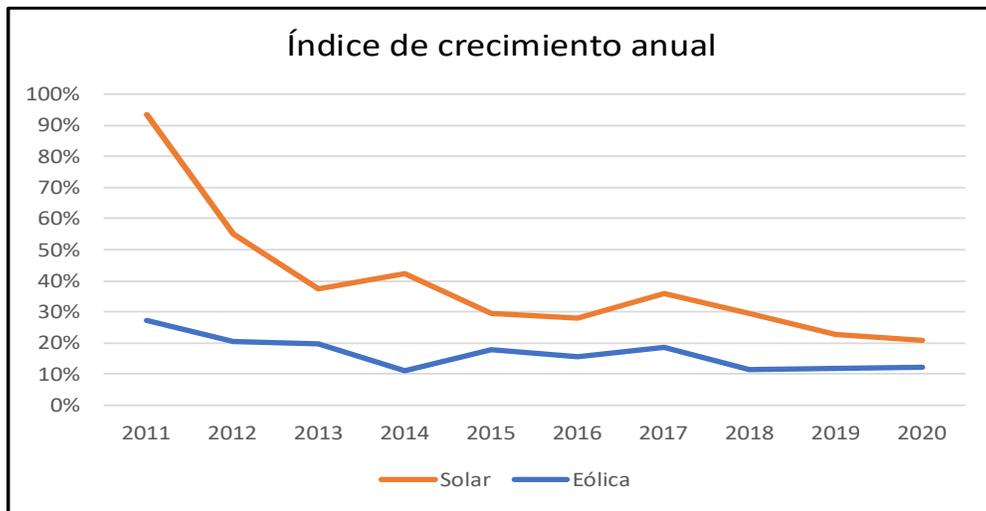
<sup>44</sup> British Petroleum, “Statistical Review of World Energy 2021-all data” Primary Energy - Cons by fuel, Obtenido el 3 de octubre de 2021 en <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

GRÁFICA 6  
PARTICIPACIÓN DE FUENTES DE ENERGÍA PRIMARIA.



Gráfica de elaboración propia con datos BP Primary energy by fuel.<sup>45</sup>

GRÁFICA 7  
TENDENCIA DE CRECIMIENTO ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR.



Gráfica de elaboración propia con datos BP Primary energy by fuel<sup>46, 47</sup>

<sup>45</sup> *Ibidem.*

<sup>46</sup> British Petroleum, "Statistical Review of World Energy 2021-all data" Solar Generation – TWh, Obtenido el 3 de octubre de 2021 en <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

<sup>47</sup> British Petroleum, "Statistical Review of World Energy 2021-all data" Wind Generation - TWh, Obtenido el 3 de octubre de 2021 en <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

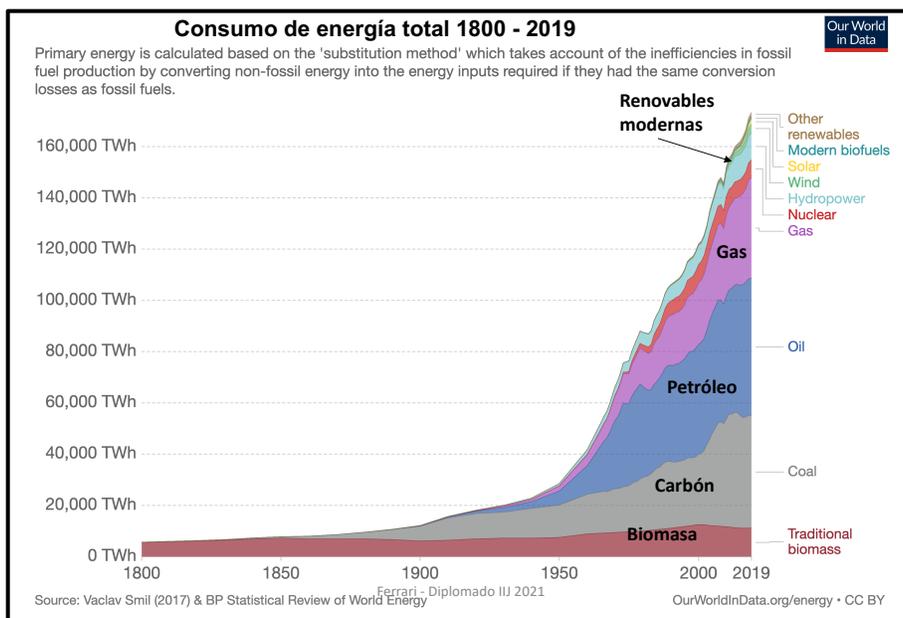
Aunque el porcentaje que representa este tipo de energía aún es bajo, el índice de crecimiento anual de cada una de estas fuentes de energía es estable. Así, para la energía eólica su crecimiento ha rondado entre el 10 y el 20% en los últimos 9 años, en tanto que para la energía solar esta tiene una tendencia que varía de 30 al 20% en los 6 años previos, dicha evolución se puede observar en la Gráfica 7.

Respecto a su presunción de energía limpia o amigable al medio ambiente de estas fuentes de energía, en estricto sentido no lo son en forma absoluta, toda vez que aunque se eliminan las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera, llegan a tener un impacto negativo desde la perspectiva ambiental, toda vez que su baja poder energético respecto a la energía fósil, implica que si se pretendiera reemplazar una central eléctrica que genera 6,000 GWh/año que ocupa una superficie de 1 Km<sup>2</sup>, se deben acondicionar un área de 52 Km<sup>2</sup> para instalar 5,000

MW de paneles solares para obtener la misma generación anual que la central que consume energía fósil.<sup>48</sup> Esta condición de impacto al uso de suelo y terrenos plantea un reto para su aplicación masiva.

Otro aspecto crítico que se ha mencionado es que en la historia de la humanidad, la aparición de una nueva fuente de energía no ha implicado la sustitución de las fuentes de energía dominantes previo a la aparición de los nuevos desarrollos energéticos que la inventiva humana ha puesto a disposición del mercado. Esta situación planteada se puede constatar con el apoyo de la Gráfica 8. Con lo anterior,

**GRÁFICA 8**  
**APARICIÓN Y CONSUMO HISTÓRICO DE LAS FUENTES DE ENERGIA.**



Gráfica obtenida de Ferrari notas de Diplomado<sup>49</sup>

<sup>48</sup> Ocampo Téllez, Edgar, “Desafíos de un modelo energético...”, *op. cit.*, p. 29.

<sup>49</sup> Ferrari, Luca, “Los retos de la transición energética...”, *op. cit.*

se establece que no es probable esperar que las energías limpias y renovables puedan reemplazar a las energías fósiles totalmente. Ante esta aseveración, que por la evidencia, debiera objetivamente ser aceptable para la mayoría, obliga abrir el debate para establecer un marco científico, legal, social y ambiental, tal que se atienda contener el cambio climático, no necesariamente partiendo solo de la premisa de tener que cancelar totalmente la generación de energía fósil, sino establecer a través de una visión transdisciplinaria una tercera vía, distinta a condenarse a sufrir la contaminación en su estado actual, ni asumir como solución la posibilidad de cancelar el uso de la energía fósil, ambas alternativas con consecuentes impactos sociales y económico en el mundo entero y sus pobladores. Si se decidiera dar una oportunidad a las fuentes de energía fósil proveniente de los hidrocarburos, se tiene que superar otra condición y paradigma ampliamente difundido en las esferas económicas y sociales. Este paradigma es el de la escasez de petróleo y gas. De acuerdo con Laherre`re según Kalar y Khan,<sup>50</sup> el pico de petróleo es el momento en que la tasa de extracción de petróleo alcanza su nivel más alto. Para 1971 King Hubbert predijo que la máxima producción de petróleo a nivel mundial se alcanzaría en 1995,<sup>51</sup> pero este evento no ocurrió debido a descubrimientos posteriores, de acuerdo con Hirsch según los mismos autores.<sup>52</sup> Para la misma época (1972) apareció el reporte titulado “Los límites del crecimiento” elaborado por un conjunto de científicos, encargado por el Club de Roma, en este análisis Meadows et al<sup>53</sup> analizaron, desde la revolución industrial, el uso de los recursos, el crecimiento poblacional y la actividad económica. Este documento preveía una considerable escasez de recursos para las primeras décadas del siglo XXI y sostenían que la escasez de recursos incrementaría los precios y ralentizaría las posibilidades futuras del desarrollo. Por lo que, si no se acotaba el consumo material, la base de los recursos se colapsaría y con ello la actividad económica.

Jackson<sup>54</sup> sostenía además, que esa “perspectiva de escasez era ya inminente”. El mismo autor en 2011, señala que la Agencia Internacional de la Energía (AIE), sugería que el pico podía llegar para 2020, sentenciando que la era del petróleo barato habrá pasado a la historia con la subsecuente e irremediable alteración de la economía sustentada en la energía.

Heinberg<sup>55</sup>, en el planteamiento de su libro sobre el final del crecimiento, fundamenta recurrentemente su visión, con la escasez y con el fin del petróleo

---

<sup>50</sup> Kalair N. Abas, y Nora, N. Khan, Review of fossil fuels and future energy technologies, ScienceDirect, Futures 69, United States, Elsevier, 2015, p. 31, obtenido el 17 de octubre 2021 en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016328715000397>

<sup>51</sup> *Idem*.

<sup>52</sup> *Idem*.

<sup>53</sup> Jackson, Tim, Prosperidad sin crecimiento, economía para un planeta finito, España, Icaria editorial, 2011, p. 30

<sup>54</sup> *Idem*, p 31

<sup>55</sup> Heinberg, Richard, “El final del crecimiento...”, *op. cit.*, pp. 267 -282.

barato, y ante esta crisis de crecimiento, derivado o intensificado por la falta de energía fósil para mover al planeta, detona su visión *cuasi* apocalíptica sobre el destino de la humanidad, brindando su versión moderna de la lucha de clases entre ricos y pobres, enfatizando las evidencias (Mismas que siendo objetivos, en ocasiones resultan ciertas las acciones desaseadas, fáciles de documentar y de creer, promoviéndose un sentimiento de indignación), referentes a la actuación voraz de “los ricos” (capitalistas), quienes son materializados en su concepción como personas de carne y hueso (Como sicarios económicos)<sup>56</sup> o como países imperialistas, señalados como abusadores de las naciones pobres.

Como contrapartida a lo planteado en su momento por Hubbert, Meadows et al, Jackson y Heinberg, y enfocados a la escasez de petróleo como aspecto central para sostener el fin del crecimiento económico, y por otro lado, respecto del impacto negativo sobre el cambio climático provocado por el uso extensivo de energía fósil, habrá que considerar primeramente, con respecto a la escasez de petróleo, que la propia definición de reserva probada, por no extender la discusión hacia las probables y posibles, establece en su segunda parte, según lo presentado anteriormente, que “las reservas probadas son cantidades estimadas de aceite crudo, gas natural y líquidos del gas natural de yacimientos conocidos, las cuales, mediante datos de geociencias y de ingeniería, muestran con certidumbre razonable que serán recuperadas comercialmente en años futuros, bajo condiciones económicas, métodos de operación y regulaciones gubernamentales existentes a una fecha específica”. La definición propia encierra una gran cantidad de aspectos clave a destacar, mismos que permiten asegurar en primer lugar que, el valor de una reserva probada dada para un yacimiento en particular o para todos los yacimientos del mundo, no es un valor estático que se determina por una sola ocasión y que entra a una contabilidad que la hiciera inmutable. Los valores de las reservas son dinámicos y generalmente se revalúan anualmente, y los cambios pueden ser positivos o negativos, dependiendo de las nuevas evidencias que se obtengan, ya sean estas en el ámbito netamente técnico, hablando propiamente de las características de los yacimientos en cuanto a propiedades de los mismos, ya sean estas estáticas (Relacionadas a aspectos geológicos, estructurales o petrofísicos de la roca, entre otros) o dinámicas (Relacionadas a las propiedades de los fluidos, las condiciones de movilidad, tipo energía o mecanismo de desplazamiento identificado para la producción de los hidrocarburos, etc.). Es decir, el conocimiento de un yacimiento se obtiene de manera progresiva conforme se desarrollan las distintas etapas para su explotación durante su ciclo de vida (Descubrimiento, Delimitación, Desarrollo, Explotación y Abandono). El único momento seguro en que se conocerá la reserva explotada del yacimiento será en su abandono, en el inter, los valores de la reserva serán una variable dependiente,

---

<sup>56</sup> *Ibidem*, cfr. p. 271

que estará en función de otras variables independientes como son: El desarrollo y evolución tecnológica, los precios de los hidrocarburos y la reglamentación correspondiente al sector, como lo establece la definición de reserva. Por otro lado, se desarrollan modelos probabilísticos que permitan obtener una función de densidad de probabilidad que describe de mejor forma el valor esperado de reserva, en lugar de obtener analíticamente un valor único de forma determinista.

Así, las reservas cambian cuando se presentan avances tecnológicos tales que permiten reducir incertidumbres sobre el conocimiento de los yacimientos (Avances en herramientas, métodos y procesos, sean estos geofísicos, geológicos, de yacimientos, o de productividad de los pozos, entre otros.), de tal forma que se permite revalorar cuantitativamente las reservas modificándose los volúmenes de estas. Entonces, debido a la evolución de equipos, herramientas o métodos con más y mejores capacidades tecnológicas para ejecutar, dígase actividades durante la perforación, terminación o reparación de los pozos petroleros, de forma tal que es posible alcanzar nuevos horizontes productivos inicialmente inalcanzables, o se mejoren las condiciones de productividad de los pozos (A través de pozos multilaterales, fracturamiento hidráulico, o tecnologías para estimular un incremento en la producción), es que puede variar el volumen de reserva. Adicionalmente, debido al incremento en el conocimiento de los yacimientos a través del tiempo, se logra que los impedimentos para la aplicación de procesos de recuperación secundaria o mejorada, lleguen a ser entendidos y superados, lo que permite ejecutar proyectos que incrementan los volúmenes de hidrocarburos a recuperar. Lo anterior, además de otros avances de índole técnico que permite acceder a reservas de petróleo o gas que a su descubrimiento resultaron inaccesibles técnicamente o declaradas no comercialmente explotables.

En este mismo sentido de avance tecnológico, los análisis que desahucian a las fuentes de energía fósil, no consideraron que la tecnología mantiene un avance y desarrollo impresionante, y es promotora de nuevo conocimiento, de nuevas formas de trabajo, nuevas profesiones, nuevas formas de desarrollo informático y otras tantas aún en fases tempranas de investigación que impactarán a toda la humanidad (Incluida la industria petrolera) permitiéndoles un nuevo estadio. Lo que es una realidad actual, es la transformación digital, que desde 2011, tuvo su progresión a lo que se ha llamado la Cuarta Revolución Industrial, cuyo sinónimo tecnológico es la Industria 4.0, la cual, es una nueva manera de organizar los medios de producción, utilizando las tecnologías digitales y la información inteligente de datos a partir de conceptos como “Big Data”, el internet de todas las cosas (IoT, por sus siglas en inglés), el nuevo poder de súper computo en el que a derivado el avance tecnológico computacional.<sup>57</sup> Es decir, esta evolución se caracteriza por el protagonismo tecnológico y la impresionante confluencia de sus

---

<sup>57</sup> Joyanes Aguilar, Luis, Industria 4.0. La Cuarta Revolución Industrial, México, Alfaomega, 2018, pp. 10-15.

avances que abarcan amplios campos como: la inteligencia artificial; la robótica; el internet de las cosas; los vehículos autónomos; la impresión 3D; la nano tecnología; la biotecnología; la ciencia de materiales, el almacenamiento de energía y la computación cuántica entre otras.

Y todo este nuevo campo de conocimiento, es también conocimiento enfocado a incrementar la productividad y poner a disposición, bienes y servicios de forma más eficiente, permitiendo que las empresas se puedan orientar a optimizar el uso de la materia prima, además de promover la reducción de desperdicios y controlar la contaminación ambiental. Es decir, los avances tecnológicos son también contribuyentes para disponer de bienes de forma más eficiente y socialmente responsable.

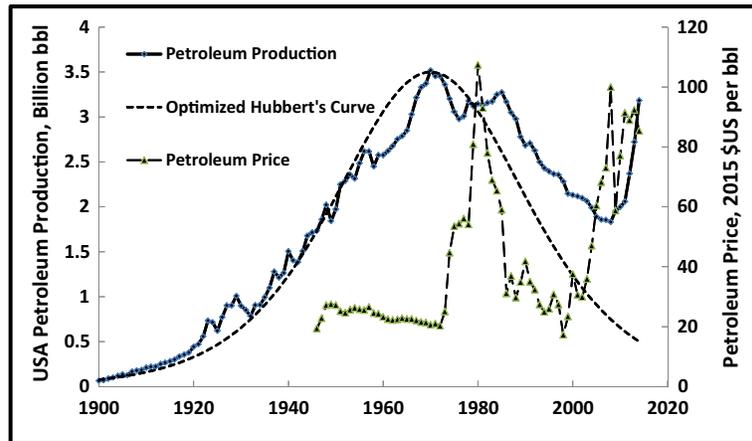
Aparejado al desarrollo tecnológico, pero con una mayor capacidad de influencia inmediata en los valores de reservas están los precios internacionales del petróleo y gas. Para que una reserva pueda ser asumida como probada, requiere que sea posible explotarla comercialmente, es decir, producir un yacimiento a través de uno o varios pozos, requiere ser un proyecto rentable a partir de las premisas financieras y/o macroeconómicas que en su momento están presentes. Por lo que, el precio del petróleo, las tasas de interés, la inflación, el tipo de cambio, el costo de los insumos para perforar o producir un pozo, etcétera, participan dentro del modelo de evaluación de rentabilidad de un proyecto exploratorio, de explotación o para perforar un pozo, luego entonces, se tiene que estas variables pueden influir de forma tal, que hacen menos o más atractiva la explotación de las reservas conocidas dependiendo de las condiciones económicas en el momento de su evaluación. La velocidad de reacción de la industria respecto del precio del petróleo fue analizado por Michaelides, en específico para el caso de la producción doméstica de petróleo en los Estados Unidos, donde demuestra que la producción sigue las fluctuaciones más significativas del precio del petróleo con un desfase de tres a cuatro años. La Gráfica 9 muestra que desde 1970, los puntos de inflexión significativos y los máximos de producción local siguen el precio máximo con un desfase temporal de 3 a 4 años<sup>58</sup>.

En la gráfica 9 se aprecian los fenómenos del aumento de los precios a partir del embargo de petróleo de la década de 1970; la caída de los precios mundiales que marcaron el comienzo del "exceso de petróleo" de los años ochenta y noventa; y el aumento de precio más reciente en los inicios de este siglo. Asimismo, se observa la curva de Hubbert (línea punteada, distribución normal), misma que comparada con la línea de producción real de los Estados Unidos perdió correlación alguna.

---

<sup>58</sup> Michaelides, Efsthios E., A New Model for the Lifetime of Fossil Fuel Resources, Natural Resources Research, 2016, p.5. Obtenido el 13 de octubre de 2021 en [https://www.researchgate.net/publication/306023533\\_A\\_New\\_Model\\_for\\_the\\_Lifetime\\_of\\_Fossil\\_Fuel\\_Resources](https://www.researchgate.net/publication/306023533_A_New_Model_for_the_Lifetime_of_Fossil_Fuel_Resources)

GRÁFICA 9  
VELOCIDAD DE REACCIÓN ANTE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO.



Gráfica obtenida de Michaelides<sup>59</sup>

El tercer aspecto, que tiene influencia sobre el volumen de las reservas, es la regulación gubernamental existente, lo que implica que dependiendo de lo que expresan las leyes que rigen en un país sean estas del sector, económicas, ambientales, financieras, fiscales, sociales, entre otras, se puede o no, incentivar la inversión en una industria, es decir, tener certeza jurídica sobre si las leyes, permiten o no la apertura de un sector y las condiciones prevalecientes para valorar una decisión de inversión, sea esta pública o privada, para acceder a explotar las reservas conocidas de forma rentable y sustentable. Lo anterior contribuye a demostrar la condición dinámica y cambiante sobre la cuantificación de las reservas.

El caso de México y la Reforma Energética de 2013 pueden ser un ejemplo paradigmático de esta influencia que tiene el marco normativo sobre la explotación o no de reservas disponibles o por descubrir<sup>60</sup>. En la llamada Ronda Cero, de todo el universo de campos por explorar, descubiertos, cerrados o en explotación existentes en México, Petróleos Mexicanos tuvo la potestad de seleccionar, con base a sus capacidades técnicas y financieras, los campos que le fueron asignados. Uno de los motivos por los que no solicitó todos los campos existentes, como previamente a la Reforma los tenía, fue porque sus recursos disponibles son finitos, mismos que son ejercidos preferentemente en los campos que tienen una mejor productividad. Por lo que, con la Reforma Energética se establecieron las bases para permitir la participación de capital privada a través de Contratos, así, el resto de los campos con reservas, marginales o no o por descubrir, puede ser explotados por lo que el volumen de reservas del país mantiene su condición dinámica.

<sup>59</sup> *Ibidem* p. 5.

<sup>60</sup> Secretaría de Energía, Reforma Energética, Explicación ampliada, 2014, Obtenido el 14 de septiembre de 2020 en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/10233/Explicacion\\_ampliada\\_de\\_la\\_Reforma\\_Energetica1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/10233/Explicacion_ampliada_de_la_Reforma_Energetica1.pdf)

Michaelides en su trabajo “A new model for the lifetime of fossil fuel resources”<sup>61</sup>, partiendo de la curva de Hubbert, desarrolló un nuevo modelo matemático que rompe con el paradigma de la curva de campana. El modelo que el autor determina como más realista para la vida útil de un recurso natural se presenta en la Gráfica 10, e indica que:

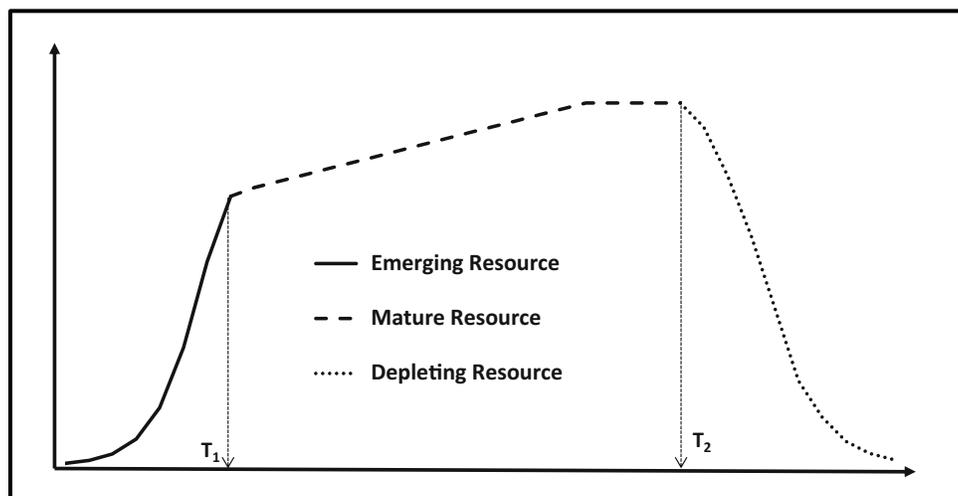
“después de un aumento exponencial inicial en la demanda y producción del recurso que caracteriza al recurso emergente, la demanda se estabiliza y aumenta a un ritmo más bajo, casi lineal. La tasa lineal es la característica de un recurso maduro y este período está indicado por el segmento [T1, T2] en la misma gráfica.

El crecimiento de la demanda del recurso es una función del aumento de la población mundial y del aumento promedio del uso per cápita del recurso.

El consumo del recurso energético es función de su precio y, por tanto, presentará fluctuaciones que dependen del precio. Durante este período de tiempo, la cantidad disponible del recurso se agota gradualmente. Esto implica que el intervalo de tiempo [T1, T2] depende en gran medida de la cantidad de recursos recuperables finales. Después de T2, se espera que la tasa de producción del recurso disminuya a un ritmo exponencial, siguiendo la inevitabilidad del agotamiento del recurso.”<sup>62</sup>

#### GRÁFICA 10

#### ESQUEMA DE UN NUEVO MODELO MAS REALISTA DE LA VIDA DE LOS RECURSOS NATURALES.



Gráfica obtenida de Michaelides<sup>63</sup>

Lo interesante, es que el mismo autor establece que el modelo matemático desarrollado, no considera aspectos socio políticos como una eventual

<sup>61</sup> Michaelides, Efsthios E., “A New Model for the Lifetime...”, *op. cit.*, p. 10.

<sup>62</sup> *Idem.*

<sup>63</sup> *Idem*, p.10.

prohibición de la energía fósil por gobiernos y organismos internacionales, y pareciera que éste determina el punto en el que ocurrirá el inicio de la declinación exponencial para el petróleo y el gas, mismo que proyecta ocurra dentro de los próximos treinta años y probablemente antes, por lo que recomienda permanecer en la búsqueda de fuentes de energía alternas capaces de sustituir dicha caída.<sup>64</sup>

A contracorriente de quienes ya han señalado el final de las fuentes de energía fósil y que se haya alcanzado en el mundo del pico de petróleo, están Spencer & Bassaman,<sup>65</sup> quienes en el análisis que realizan, para entender el pico de la demanda de petróleo y los precios a largo plazo, lo primero que dejan claro es que generalmente, al referirse al pico del petróleo, históricamente se ha interpretado como al pico del “suministro” de petróleo. Por lo que, proponen un cambio de paradigma: Pasar de una era de escasez (más exactamente “escasez percibida”) a una era de abundancia. Lo que tiene implicaciones profundas en los mercados petroleros. Por un lado, una vez que se alcanzare dicho pico de suministro del petróleo, momento muy incierto y ahora con el cambio de paradigma poco impórtate, lo que se espera es que posterior a ese momento, el mundo continuará consumiendo grandes cantidades de petróleo durante varias décadas más, debido a que densidad energética de la energía fósil para usos como el transporte o la producción de electricidad, le han dado una ventaja comparativa respecto a otras fuentes de energía, lo que la hace más difícil de sustituir. Pero el cambio de paradigma tiene implicaciones sobre los precios a largo plazo, provocando el desarrollo de un mercado más competitivo. Sin embargo, para muchos países productores de petróleo, considerar que el precio solo depende de los costos de extracción, es una premisa difícil de cumplirse, toda vez que, las finanzas de muchas economías dependen de sus reservas petroleras para el cumplimiento de sus programas de gobierno y de bienestar social, lo que se refleja como “costos sociales”, mismos que también tienen y tendrán influencia sobre los precios del petróleo.

Spencer & Bassaman<sup>66</sup> plantean que existe un amplio consenso entre los analistas de energía, en el sentido que la demanda mundial de petróleo continúe creciendo, y que ese ritmo de crecimiento se desacelere para terminar estabilizándose a medida que las mejoras en la eficiencia se aceleren en conjunto con una combinación de avances tecnológicos, medidas de política pública y preferencias sociales cambiantes que conduzcan a una penetración cada vez mayor de otras fuentes de energía y combustible para el transporte.<sup>67</sup> No obstante, algunas

---

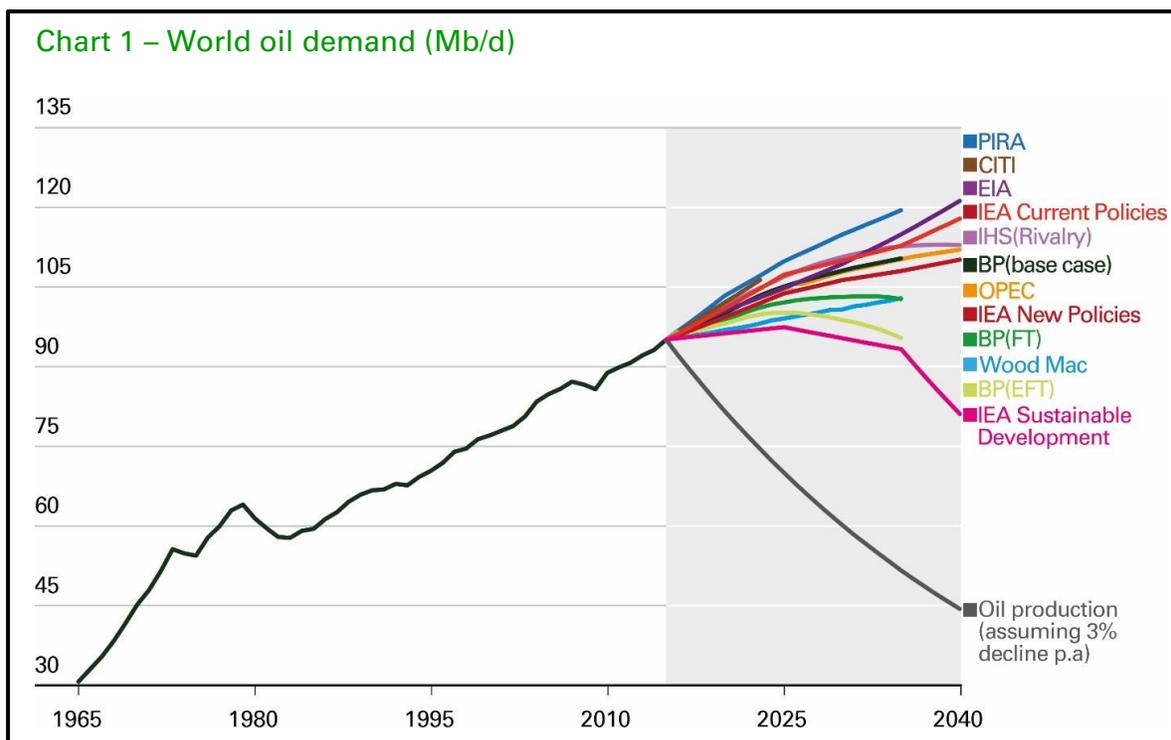
<sup>64</sup> *Ibidem*, p.14.

<sup>65</sup> Spencer, Dale, & Bassam, Fattouh, BP Peak oil demand and long-run oil prices, 2021, p. 4-6, cfr. Obtenido el 14 de octubre de 2021 en <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/spencer-dale-group-chief-economist/peak-oil-demand-and-long-run-oil-prices.html>

<sup>66</sup> Spencer, Dale, & Bassam, Fattouh, “BP Peak oil demand...” *op. cit.* p. 6.

<sup>67</sup> *Idem*.

GRÁFICA 11  
DEMANDA MUNDIAL DE PETRÓLEO.



Gráfica obtenida de Spencer & Bassaman<sup>68</sup>

proyecciones establecen que la demanda mundial de petróleo podría alcanzar su punto máximo poco después de 2025, otros analistas consideran que la demanda continuará creciendo hasta 2040 y más allá.<sup>69</sup>

La Gráfica 11 muestra pronósticos de una variedad de organizaciones del sector público y privado para la demanda de petróleo durante los próximos 25 a 30 años, donde alcanzar el pico de la demanda depende de los supuestos utilizados. Esta también ilustra que los pronósticos no prevén una caída brusca de la demanda. La gran mayoría de las proyecciones esperan que el nivel de demanda de petróleo entre 2035 y 2040 sea mayor que en la actualidad. Así por ejemplo, el escenario de “Desarrollo Sostenible” de la Agencia Internacional de Energía (Color rosa), considera que las políticas climáticas se endurecen agresivamente para buscar que las emisiones de carbono disminuyan a un ritmo consistente con las metas de los objetivos establecidos en las reuniones de la COP21 de París. Sin embargo, aún para este caso, se prevé que la demanda mundial de petróleo supere los 80 Mb/d<sup>70</sup> en 2040, en comparación con los 95 Mb/d actuales<sup>71</sup>.

<sup>68</sup> *Ibidem*, p. 7.

<sup>69</sup> *Idem*, p. 7.

<sup>70</sup> Mb/d (Millones de barriles por día)

<sup>71</sup> Spencer, Dale, & Bassam, Fattouh, “BP Peak oil demand...” *op. cit.* p. 7.

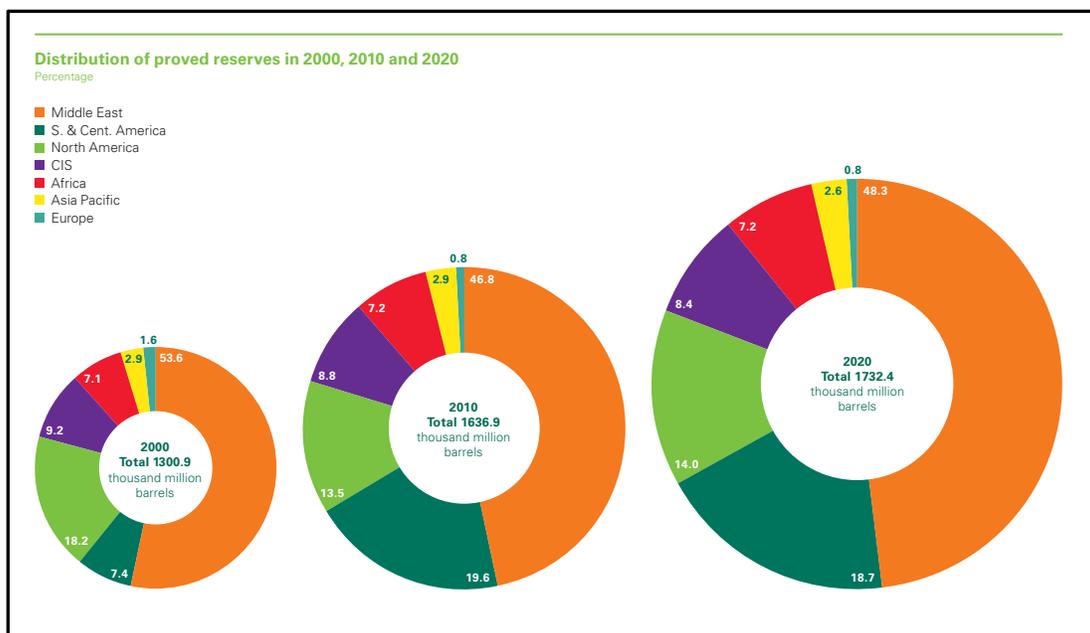
En la misma Gráfica, se incluye una trayectoria ilustrativa para la producción mundial de petróleo asumiendo que a partir del momento actual, no se realizan nuevas inversiones y que los niveles existentes de producción disminuyen a una tasa del 3% anual, este escenario permite constatar que dada dicha disminución persistente de la producción de petróleo, se requieren de inversiones significativas para mantener los niveles de producción existentes.

En el documento Statistical Review of World Energy 2021, BP en la tabla de valores de las Reservas Probadas Totales que publica<sup>72</sup>, estimó que basándose en los recursos petroleros conocidos y utilizando solo la tecnología actual, se podría producir suficiente petróleo para satisfacer la demanda mundial al ritmo de consumo actual por 53.5 años, y es probable que los futuros descubrimientos de petróleo y las mejoras en la tecnología incrementen esa abundancia.

La Gráfica 12, recuperada del mismo documento de BP<sup>73</sup>, muestra el comportamiento del volumen de las reservas probadas en los años 2000, 2010 y 2020, donde se observa consistentemente un incremento en el valor de las mismas, es decir, en ese periodo de 20 años, no se presentó una declinación en los volúmenes de reservas probadas conocidas a nivel mundial, lo que permite integrar nuevas evidencias que permiten rebatir los argumentos del pico de suministro que han brindado una visión alarmista respecto al final del petróleo.

GRÁFICA 12

DISTRIBUCIÓN Y COMPORTAMIENTO DE LAS RESERVAS PROBADAS.



Gráfica obtenida de Statistical Review of World Energy 2021<sup>74</sup>

<sup>72</sup> British Petroleum, "Statistical Review of World Energy 2021...", *op. cit.*, p. 16

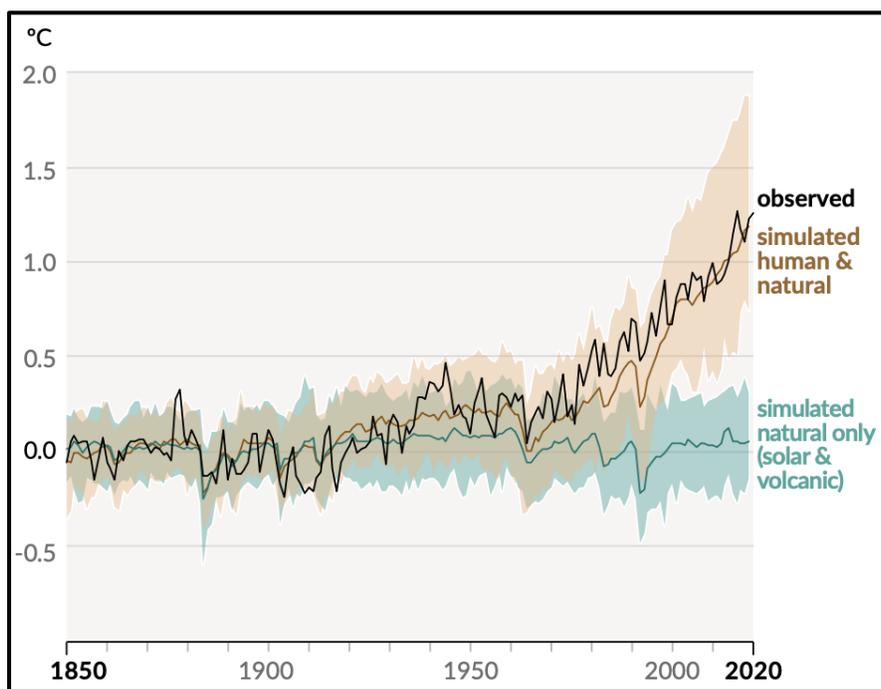
<sup>73</sup> British Petroleum, "Statistical Review of World Energy 2021...", *op. cit.*, p. 17

<sup>74</sup> *Idem.*

Las evidencias relacionadas a las expectativas de demanda de energía fósil, de los incrementos verificables del volumen de reservas probadas, sin considerar reservas probables y posibles, mismas que de considerarse incrementan sustancialmente los valores de reservas en el mundo, así como el cambio de paradigma, respecto al comportamiento de la vida útil de los recursos naturales, permiten cuestionar las visiones catastrofistas respecto al fin de la era del petróleo y del crecimiento sustentado en energías fósiles.

El informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) ha establecido sin equívocos que la influencia humana ha calentado el clima a un ritmo sin precedentes en al menos los últimos 2000 años<sup>75</sup>. La contundencia de sus hallazgos se sustenta en las simulaciones que sobre el calentamiento global han realizado. En la Gráfica 13 se observan los diferentes escenarios de simulación con la variable del cambio de temperatura, uno considera los impulsores tanto humanos como naturales, y el otro solo los impulsores naturales (actividad solar y volcánica), incluyéndose en la misma, los datos observados en el periodo que corre de 1850 hasta el año de 2020.

GRÁFICA 13  
CAMBIOS EN LA TEMPERATURA SUPERFICIAL GLOBAL OBSERVADA Y SIMULADA.



Gráfica obtenida de Climate Change 2021 The Physical Science Basis, 2021<sup>76</sup>

<sup>75</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Climate Change 2021 The Physical Science Basis, 2021, p. 7, Obtenido el 11 octubre de 2021 en [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf)

<sup>76</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "Climate Change 2021", *op. cit.*, p. 7.

Simultáneamente, Henderson y Sen del Oxford Institute for Energy Studies, señalan<sup>77</sup> como aspecto positivo el interés de cada vez más gobiernos por aceptar como una realidad vigente una crisis climática mundial, misma que requiere de acciones concretas para limitar el incremento de la temperatura en este siglo.

Instituciones como la Agencia Internacional de Energía (AIE), han propuesto alternativas para lograr dicho objetivo, siendo la más reciente el informe “Net Zero para 2050”, mismo que implica para las próximas tres décadas, trabajar en la reducción y la remoción sustancial de las emisiones, implicando altos niveles de inversión y de cooperación internacional para la transformación de los sistemas energéticos que sustentan el desarrollo de los países.

Los productores de petróleo, sean estos países u operadores, consideran tres categorías para clasificar las emisiones asociadas con sus actividades: 1. Emisiones directas de operaciones que están bajo el control de la organización; 2. Emisiones indirectas de energía comprada consumida por la organización; y 3. Emisiones indirectas que ocurren fuera del control de la petrolera (por ejemplo, emisiones de los consumidores de su producto, como petróleo y gas). Por lo que se puede considerar que estos están en una posición propicia y cuentan con la capacidad técnica y financiera para reducir las emisiones bajo su control, a excepción de aquellas provenientes la tercera categoría arriba señalada<sup>78</sup>.

Así, la industria petrolera tiene grandes posibilidades de mejorar sus procesos para en algunos casos, reducir sustancialmente la contaminación ambiental y la emisión de gases de efecto invernadero. Una alternativa técnica que permitiría contrarrestar las emisiones a la atmosfera es la captura y almacenamiento de carbono (CCS por sus siglas en inglés), la cual implica la captura y almacenamiento subterráneo de CO<sub>2</sub> para evitar su liberación a la atmósfera. Debido a la escala con la que podría aplicarse esta tecnología se consideraría crítica para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y lograr los objetivos climáticos globales<sup>79</sup>.

La aplicación de la CCS tiene la posibilidad técnica de poder ser utilizada para implementar la inyección de CO<sub>2</sub> como un proceso de recuperación mejorada<sup>80</sup> en los yacimientos petroleros. Lo que a la vez, representa una oportunidad para que las empresas puedan incrementar y continuar monetizando sus reservas al tiempo

---

<sup>77</sup> Henderson, James & Sen, Anupama, The energy transition. Key challenges for incumbent and new players in the global energy system, 2021, Obtenido el 11 de octubre de 2021 en <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2021/09/Energy-Transition-Key-challenges-for-incumbent-players-in-the-global-energy-system-ET01.pdf>

<sup>78</sup> Fattou, Bassam et al., Carbon Capture and Storage: The perspective of oil and gas producing countries, The Oxford Institute for Energy Studies, 2021, p. 1, Obtenido el 11 de octubre de 2021 en <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2021/09/Insight-101-CCS-The-perspective-of-oil-and-gas-producing-countries.pdf>

<sup>79</sup> *Idem, cfr.*, p. 3.

<sup>80</sup> Castro, Luis Fernando, Inyección de CO<sub>2</sub> como método de recuperación mejorada, “Tesis profesional”, México, UNAM, Facultad de Ingeniería, 2013, Obtenida el 24 de octubre de 2021 en [http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/6747/1/TESIS\\_FINAL.pdf](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/6747/1/TESIS_FINAL.pdf)

que cumplan los objetivos climáticos y mejoren la competitividad ambiental del sector de petróleo y gas. La CCS es una acción de mitigación climática que ocupa activos<sup>81</sup> (en términos de capacidad de almacenamiento subterráneo e infraestructura existente) y habilidades técnicas (es decir, experiencia en la caracterización estática y dinámica del subsuelo), mismas con las que cuentan de forma natural los productores de petróleo y gas, por lo que dicha alternativa representa una oportunidad para demostrar compromiso ante la crisis del cambio climático. Es obvio, que dicha alternativa debe de pasar por un análisis de factibilidad tal que permita concluir que es técnicamente viable y económicamente factible proporcionalmente a las inversiones requeridas para la captura e inyección de CO<sub>2</sub> a los yacimientos bajo un proceso de recuperación mejorada.

## V. CONCLUSIONES

La producción de petróleo y gas genera ambivalencia en la actuación y toma de decisiones de los gobiernos interesados por combatir el cambio climático. Por un lado, tienen encendidas a su máximo nivel de las alertas emergencia en la cuenta regresiva para tomar acciones encaminadas a reducir los gases efecto invernadero causantes del cambio climático, y por otro, la presión por la todavía alta participación de la energía fósil (Petróleo, gas y carbón), del orden de 83% de la energía primaria que se utiliza a nivel mundial en la dinámica de vida y económica de la sociedad.

Ante esta realidad, las medidas de mitigación y reducción sustantiva de la contaminación a la atmosfera requieren de incrementar las inversiones que se asignan a la investigación y desarrollo y a la incorporación de nuevas tecnologías y procesos orientados a garantizar la realización de operaciones limpias y seguras. A la vez, los avances tecnológicos en la industria petrolera vienen aparejados a la transformación digital entre otras fuentes de progreso propio. Además, las empresas petroleras nacionales u operadoras internacionales y locales, por *muto proprio*, incentivadas o forzadas por los gobiernos, a través de la evolución de las legislaciones y políticas ambientales e industriales, tienen que estar tomando acciones encaminadas a contribuir a la solución o abandonar este sector. En específico, muchas de ellas han replanteado su modelo de negocio, de tal manera, que buscan que se ajusten sus operaciones a la reducción sustantiva o cumplimiento de metas propias de emisiones de gases de efecto invernadero y a la eliminación y administración de riesgos operativos que pongan en peligro a los ecosistemas donde concentran sus operaciones. Siendo de otra forma, los activos que tienen en reservas de hidrocarburos, no podrán ni deberían estar disponibles, si continúan provocando externalidades negativas que implican disponer de petróleo y gas para satisfacer las necesidades de energía para la generación eléctrica, el transporte, las industrias en general y los hogares. Ahora deberán ser

---

<sup>81</sup> Fattou, Bassam et al., Carbon Capture and Storage: “The perspective of oil and gas”, *op. cit.*, p. 1.

sujetos a una tolerancia cero, respecto a sus intereses de generación de rentabilidad a través del aprovechamiento de los recursos naturales interactuando con la naturaleza.

Se presentaron elementos para contra argumentar el fin de la era del petróleo, señalando que las cuentas actuales dan para mantener los ritmos actuales de consumo hasta por 50 años, también se planteó que es factible que el progreso tecnológico permita acceder a mayores volúmenes de reserva. Asimismo, es claro que hay una paradoja sobre las reservas de hidrocarburos relacionada con su precio. Esta implica que ante la aparente escasez de petróleo y bajo la ley de mercado de la oferta y la demanda, los precios del barril se incrementarán, y es ese incremento en el precio el que permite acceder a más reservas, puesto que los nuevos precios de petróleo, le abren la puerta a reservas que demandan un alto costo de explotación y que se vuelven comercialmente explotables al obtenerse un margen positivo ante los nuevos precios, lo anterior puede claramente ser constatado con los cambios ocurridos en los Estados Unidos, quienes aprovecharon los altos precios para poder explotar sus campos de aceite y gas de lutitas a través del proceso de fracturamiento hidráulico masivo.

Acceder a los recurso fósiles debe ser una responsabilidad de interés universal, y por universal se refiere a la participación de todos los interesados: ciudadanos, Organizaciones No Gubernamentales (ONG's), productores, consumidores, gobiernos, organismos internacionales, comunidades indígenas, etcétera. Por lo que, explotar los recursos fósiles, aún indispensables para el crecimiento y desarrollo, de forma amigable al medio ambiente y a las sociedades actuales y futuras, debiera ser factible siempre y cuando haya un cambio de conciencia y un compromiso del sector industrial para con la sociedad entera. Las implicaciones inmediatas son que los costos de extracción incrementarán debido a que se requiere establecer, u observar si ya existen, nuevos marcos normativos técnicos y administrativos orientados a la eficiencia, eficacia y transparencia ambiental y organizacional en los procesos de producción y transformación de los hidrocarburos, elaborados y observados bajo la supervisión de grupos transdisciplinarios, y estar orientados a establecer las pautas técnicas y ambientales bajo las cuales sería posible permitir la manera de explotar un recurso natural fósil en espacios sensibles, de tal forma que, se aspire a tener una operación confinada y hermética, que elimine o reduzca sustancialmente a límites aceptables, la posibilidad de filtraciones de fluidos y emisiones abiertas de gases de efecto invernadero y otros gases, tal que permitan la constatación de la observancia y el respeto del mínimo permitido de alteración o emisión al entorno asumido como aceptable. Sería falsamente ilusorio asumir cero emisión o cero impacto, porque toda actividad, aun las orientadas a generar y producir fuentes de energía limpias, tiene un impacto por mínimo que sea, por lo cual, se debieran de revisar los marcos

de referencia que indican a la industria de los hidrocarburos, cuales son los límites permisibles y las formas para poder acceder a los recursos.

En estos procesos de coadyuvancia, coparticipación y corresponsabilidad de la sociedad civil que debiera ser a través de las ONG's y otros organismos institucionales y sociales encargados de prevenir cualquier daño ambiental o social significativo, o impulsar el cumplimiento de las metas que a nivel país México se ha comprometido a cumplir en el marco de la lucha del cambio climático, es que se requiere también un cambio de paradigma, para que se deje a un lado el aparente papel de paladines de la justicia ambiental, y se conviertan en actores del cambio. La consideración principal, es que esos actores, deben dejar solo de señalar el por qué no se puede realizar tal o cual acción o proyecto, principalmente cuando este tiene asociado un beneficio social tangible, mismo que en principio, tal vez bajo los términos planteados, ya no cumpla con los nuevos estándares de sustentabilidad que ahora se requieren. Se les requiere que ahora se conviertan en parte de la solución y sean actores activos que establezcan las premisas y/o soluciones que pueden aportar para que dicho proyecto pueda ser ejecutado en otras condiciones o términos más favorables ambientalmente hablando, tal que incrementen sustancialmente las acciones preventivas técnicas, económicas, sociales y ecológicas, que les confiera viabilidad para obtener los beneficios sociales, ambientales y económicos que se derivan de las actividades de exploración, extracción y transformación de los hidrocarburos en beneficio de la sociedad, insistiendo en la premisa: bajo las mejores condiciones ambientales técnica y económicamente factibles con rendición de cuentas transparente a la sociedad.

Desafortunadamente no se vive en un mundo ideal, y los hechos no se pueden dar por generación espontánea, ni por los deseos de una o unos cuantos individuos u organizaciones, la complejidad de la sociedad es tal, que resulta frustrante la imposibilidad de alineación y sincronización de todas las condiciones y de todos los actores e interesados para poder conseguir grandes cambios positivos para la humanidad, las premisas en las que se fundamenta, digamos la economía, que asume la racionalidad de la elección, frecuentemente se observa violentada ante las decisiones unipersonales o de grupos en todas las esferas de la sociedad.

Pero caminar al filo de la navaja, implica que se puede llegar a restringir una acción y hacerla lo suficientemente onerosa para desalentar su emprendimiento, siendo que al comparar tanto los beneficios de no realizarla como de realizarla, puede resultar que pese a ciertas externalidades, se obtiene un bien mayor para la sociedad, por lo que se debe dedicar suficiente tiempo y esfuerzo al análisis y la toma de decisiones transdisciplinaria, desprendiéndose de visiones dogmáticas, privilegiando una visión objetiva, tal que se sustente en hechos reales y no en supuestos argüidos por cada uno de los extremos confrontados en la toma de decisiones coyunturales de cara a la sociedad.

Un elemento adicional que desincentiva la esperanza de lograr una alineación de intereses en materia ambiental es el ritmo del cambio, asumiendo que súbitamente todos los interesados se sensibilizan y se convencen del camino y orientación que debe tomar su actuar, y todos abrazan el mismo objetivo, respirando un ambiente de júbilo y expectativa de logro, entonces descubren que no todos avanzan al mismo ritmo. De acuerdo con Alvin y Heidi Toffler, quienes describieron un choque de velocidades, señalaron que desafortunadamente, no todos los interesados tienen la capacidad de movilidad tal que se corresponda con la urgencia manifiesta ante los grandes retos de cambio en las sociedades<sup>82</sup>, con una descripción que utilizaron como ejemplo para realizar un análisis comparativo de la rapidez de adaptación de las instituciones básicas de un país, para afrontar y reaccionar ante el cambio, sin que los autores dejaran de manifestar que el ejercicio era meramente conjetural y controvertido, pero al parecer suficientemente descriptivo para ayudar a entender y afrontar los procesos de cambio, recurrieron a señalar a cada actor de la sociedad con la velocidad natural con la que, a consideración de los Toffler, se mueven para afrontar los nuevos retos de la sociedad.

La velocidad indicada en cada caso se asume como la velocidad de cada institución para incorporarse al cambio así: Las empresas corren a 160 Km/hr; La sociedad civil viaja a 140 Km/hr; La familia trata de no despegarse a 100 Km/hr; Las ONG's se mueven a 50 Km/hr; Las agencias reguladoras y burocracia gubernamental van a 40 Km/hr; El sistema escolar se desliza a 15 Km/hr; Las organizaciones intergubernamentales (ONU, FMI, etc.) se desplazan a 10 Km/hr; Las instituciones políticas caminan a 5 Km/hr; y rezagada a 2 Km/hr viene la Ley.

Aunque el análisis fue hecho para otro país vecino, si se intentara un ensayo para México, las cosas no variarían sustancialmente, sin embargo la idea principal es señalar que desafortunadamente es una realidad que ante una misma situación, las instituciones no se mueven, no se han movido, ni se moverán a un mismo ritmo para acceder al cambio deseado y necesitado por todos.

El fin último, intentar describir el fenómeno social en el que se entrecruza la urgente necesidad de atender una emergencia climática, lograr una transición energética sin crisis abruptas y severas, y la necesidad de acceder a un desarrollo sostenible para el bien de la sociedad y de cada individuo que la forma, utilizando los recursos disponibles de manera sustentable, lo que implica sobrepasar en los individuos, sociedad organizada y los gobiernos, la soberbia del que todo lo sabe, la ineficiencia del desinteresado, la falta de rendición de cuentas de quienes utilizan los recursos comunes, la debilidad de las instituciones y la falta de transparencia al actuar, y que operan como barreras para encaminar a las sociedades hacia un objetivo común, que le de viabilidad a un futuro verde, donde cada proyecto debe de ser emprendido con la premisa de respetar los marcos normativos que rigen sus

---

<sup>82</sup> Toffler, Alvin y Toffler, Heidi, La revolución de la riqueza, México, Debate, 2006, pp. (63-74), *cfr.*

limites sistémicos, y preservar los ecosistemas donde se está desarrollando, y que se entienda y sienta por todos los responsables, que un metro cuadrado de naturaleza, la flora y la fauna que en el habitan, la vida de un ser vivo de cualquier especie, tienen en principio, el misma consideración que para un ser humano, y que todos en su conjunto, son el fin último de su realización.

**Agradecimientos:** Agradezco a Guillermo Barrera y José Montelongo de Olam energy, por la oportunidad brindada para seguirme preparando. A Petroleros Mexicanos por permitirme seguir colaborando en algunos de sus proyectos. A Dios por la familia que tengo, las oportunidades que se abren a mi paso y el baño de realidad que me permite reconocermelo como solo como ser humano.

## VI. BIBLIOGRAFÍA.

- ADEBAYO, Abdulrauf Rasheed y Tawabini, Bassaman, “Hydrocarbon Exploration and Production- a Balance between Benefits to the Society and Impact on the Environment”, *Journal of Petroleum Environment Biotechnology*, Belgium, t.3, num. 122. Obtenido el 10 de octubre de 2021 en [https://www.academia.edu/26172063/Hydrocarbon\\_Exploration\\_and\\_Production\\_A\\_Balance\\_Between\\_Benefits\\_to\\_the\\_Society\\_and\\_Impact\\_on\\_the\\_Environment](https://www.academia.edu/26172063/Hydrocarbon_Exploration_and_Production_A_Balance_Between_Benefits_to_the_Society_and_Impact_on_the_Environment)
- ANDREW García, José Miguel y Arasa Medina, Carmen, *Desarrollo económico: teoría y política*, España, Dykinson, 1999.
- BELTRAN, José Eduardo, “El conflicto entre Pemex y Tabasco” en *Petróleo y Desarrollo*, México, Gobierno del Estado de Tabasco, 1988.
- BHATTACHARYYA Subhes C., *Energy Economics Concepts, Issues, Markets and Governance*, United Kingdom, Springer, 2011.
- BP, British Petroleum, “Statistical Review of World Energy 2021”, p.12, Obtenido el 3 de octubre de 2021 en <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
- BP, British Petroleum, “Statistical Review of World Energy 2021-all data” Primary Energy - Cons by fuel, Obtenido el 3 de octubre de 2021 en <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- BP, British Petroleum, “Statistical Review of World Energy 2021-all data” Solar Generation – TWh, Obtenido el 3 de octubre de 2021 <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- BP, British Petroleum, “Statistical Review of World Energy 2021-all data” Solar Generation - TWh & Wind Generation - TWh, Obtenido el 3 de octubre de 2021 en <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- BP, British Petroleum, “Statistical Review of World Energy 2021-all data” Wind Generation - TWh, Obtenido el 3 de octubre de 2021 en

- <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- CÁMARA DE DIPUTADOS, *Ley de Transición Energética*, 24 de diciembre de 2015, Diario Oficial de la Federación.
- CASTRO, Luis Fernando, Inyección de CO2 como método de recuperación mejorada, “*Tesis profesional*”, México, UNAM, Facultad de Ingeniería, 2013, Obtenida el 24 de octubre de 2021 en [http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/6747/1/TESIS\\_FINAL.pdf](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/6747/1/TESIS_FINAL.pdf)
- COMMON, Michael y Stagl, Sigrid, *Introducción a la Economía Ecológica*, trad. de AMT traducciones, España, Reverté, 2008.
- FATTOU, Bassam et al., Carbon Capture and Storage: The perspective of oil and gas producing countries, The Oxford Institute for Energy Studies, 2021, p. 1, Obtenido el 11 de octubre de 2021 en <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2021/09/Insight-101-CCS-The-perspective-of-oil-and-gas-producing-countries.pdf>
- FERRARI, Luca, *Los retos de la transición energética hacia las energías renovables*, en Diplomado Derecho Energético, Coordinadoras Margarita Palomino Guerrero y Marisol Anglés Hernández, México UNAM-IIJ, 2021.
- GALINDO, Luis Miguel y Caballero, Karina, “La economía del cambio climático en México: algunas reflexiones”, *Gaceta de Economía*, México, t.1., año 16.
- HEINBERG, Richard, *El final del crecimiento*, trad. Carlos Valmaseda, España, El viejo topo, 2014.
- HENDERSON, James & Sen, Anupama, The energy transition. Key challenges for incumbent and new players in the global energy system, 2021, Obtenido el 11 de octubre de 2021 en <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2021/09/Energy-Transition-Key-challenges-for-incumbent-players-in-the-global-energy-system-ET01.pdf>
- HUBERT, M. King, The energy resources in the Earth, *Energy and power*, United States, Scientific American Book, 1971.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ecológicas, 2021, Obtenido el 7 de octubre de 2021 en <https://www.inegi.org.mx/temas/ee/>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2021, Cuentas económicas y ecológicas de México 2018, Obtenido el 7 de octubre de 2021 en <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2019/StmaCntaNal/CtasEcmcasEcolgicas2018.pdf>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2021, Cuentas económicas y ecológicas de México 2018, Obtenido el 7 de octubre de 2021 en <https://www.inegi.org.mx/temas/ee/>
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2021 The Physical Science Basis, 2021, Obtenido el 11 octubre de 2021 en [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf)
- JACKSON, Tim, *Prosperidad sin crecimiento, economía para un planeta finito*, España, Icaria editorial, 2011.
- JOYANES Aguilar, Luis, *Industria 4.0. La Cuarta Revolución Industrial*, México, Alfaomega, 2018.

- KALAIR N. Abas, y Nora, N. Khan, Review of fossil fuels and future energy technologies, *ScienceDirect, Futures* 69, United States, Elsevier, 2015, p. 31, obtenido el 17 de octubre 2021 en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016328715000397>
- KOFMAN, Fredy, “*Metamanagement. La nueva conciencia de los negocios, México*”, Granica, 2001, t.I.
- LABANDEIRA, Xavier et al., *Economía ambiental*, México, Pearson, 2007.
- MEADOWS, et al., *The limits to growth*, United States, Univers books, 1972.
- MICHAELIDES, Efstathios E., A New Model for the Lifetime of Fossil Fuel Resources, *Natural Resources Research*, 2016, p.5. Obtenido el 13 de octubre de 2021 en [https://www.researchgate.net/publication/306023533\\_A\\_New\\_Model\\_for\\_the\\_Lifetime\\_of\\_Fossil\\_Fuel\\_Resources](https://www.researchgate.net/publication/306023533_A_New_Model_for_the_Lifetime_of_Fossil_Fuel_Resources)
- OCAMPO Téllez, Edgar, *Desafíos de un modelo energético sostenible: México 2050*, p. 17 Obtenido el 20 de septiembre de 2021 en <http://inergy.lat/images/DesafiosModeloEnergeticoSostenible2050.pdf>
- ONU, Organización de las Naciones Unidas, Objetivos de desarrollo sostenible, Obtenido el 14 de septiembre de 2021 en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- ONU, Organización de las Naciones Unidas, Objetivo 13 Acción por el clima, Obtenido el 14 de septiembre de 2021 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
- PEMEX Exploración y Producción, Evaluación de las reservas de hidrocarburos, 1 de enero de 2020, 2021, p. 8, Obtenido el 14 de septiembre de 2020, en [https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Reservas%20de%20hidrocarburos%20evaluaciones/20210101\\_rh\\_e.pdf](https://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Reservas%20de%20hidrocarburos%20evaluaciones/20210101_rh_e.pdf)
- RAY, Debraj, El desarrollo económico: Visión Panorámica, En *Economía del Desarrollo*, España, Antoni Bosch, 1998.
- RUBIO González, Martha Guadalupe, *Contabilidad ecológica*, 2a. ed., México, Ed. Flores, 2018.
- SENER, Secretaría de Energía, Reforma Energética, Explicación ampliada, 2014, Obtenido el 14 de septiembre de 2020 en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/10233/Explicacion\\_ampliada\\_de\\_la\\_Reforma\\_Energetica1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/10233/Explicacion_ampliada_de_la_Reforma_Energetica1.pdf)
- SPENCER, Dale, & Bassam, Fattouh, BP Peak oil demand and long-run oil prices, 2021, Obtenido el 14 de octubre de 2021 en <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/spencer-dale-group-chief-economist/peak-oil-demand-and-long-run-oil-prices.html>
- TOFFLER, Alvin y Toffler, Heidi, La revolución de la riqueza, México, Debate, 2006.

Benito Ortiz Sánchez ([benito.ortiz@olamenergy.com](mailto:benito.ortiz@olamenergy.com))

Perito por el CIPM.

Egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México donde obtuvo la licenciatura y grado de maestría en Ingeniería Petrolera.

Se desarrolló profesionalmente en Petróleos Mexicanos de 1986 a 2016, actualmente trabaja en la empresa de servicios a pozos petroleros Olam energy.

Capacitaciones: Diplomado en “Administración” (1995) ITESM; Diplomado “Integrated Reservoir Management” (1997) Instituto Francés del Petróleo, Technical University of Delft e Imperial College of London; Entrenamiento para Gerentes de Activo (1999) BP-Amoco; Diplomado en “Planeación Estratégica y Comercialización” (2000) ITESM; Diplomado en “Procesos y Efectos de la Comunicación” (2000) UDLA; Dirección de Empresas D-1 (2001) IPADE Universidad Panamericana; Diplomado en Derecho Energético (2021) IJ-UNAM; Licenciatura en Economía UNAM (2017 – 2022) 96%.

Membresías: Colegio de Ingenieros Petroleros de México A.C. (CIPMSC-256); Society of Petroleum Engineers (SPE 1596808); Project Management Institute (PMI 1595019); International Institute of Business Analysis (IIBA 26191); International Society for Performance Improvement (ISPI).