

Isabel Rodríguez Peña*

De la seguridad energética en la década de los 70 a una visión sustentable, una revisión de la literatura

From energy security in the 70's to a sustainable vision, a review of the literature

Abstract | The objective of this paper is, first, identify the central themes in the literature on energy security (ES) since the oil *shock* and the end of the last century. Subsequently, it discusses the scope and limitations the current vision of ES, highlights the incorporation of environmental issues and the implications that this has in recent discussions and metrics of the subject. The research identifies that the inclusion of environmental issues in current ES discussions may lead to a contradictory analysis when it comes to ensuring access to energy and the repercussions of fossil fuel consumption on the environment, which, despite technological change and the implementation of different measures to reduce its consumption, will continue to be predominant in the energy matrix, at least in the next 30 years. On the other hand, the importance of renewable energies in guaranteeing the new ES visions is recognized.

Keywords | energy security, environmental sustainability, fossil fuel consumption, oil, International Energy Agency.

Resumen | El objetivo del presente documento es, en primer lugar, identificar los temas centrales dentro de la literatura sobre seguridad energética (SE en adelante) a partir del *shock* petrolero y finales del siglo pasado. Posteriormente, se discuten los alcances y limitaciones de la visión actual, se resalta la incorporación de temas ambientales y las implicaciones que ello tiene en las recientes discusiones y evaluaciones del tema. Se identifica que la inclusión de temas ambientales en las discusiones actuales de SE puede derivar en un análisis contradictorio al momento de tener que asegurar el acceso a la energía y las repercusiones que tiene el consumo energía (especialmente fósiles) sobre el medio ambiente, los cuales a pesar del cambio tecnológico y la implementación de distintas medidas para reducir su consumo continuarán siendo predominantes en la matriz energética, al menos en los siguientes 30 años. Por otra parte, se reconoce la importancia de las energías renovables en garantizar las nuevas visiones de SE.

Recibido: 8 de junio, 2021.

Aceptado: 1 de mayo, 2022.

* Universidad Anáhuac México.

Correos electrónicos: isabel.rodriguezp@anahuac.mx

Rodríguez Peña, Isabel. «De la seguridad energética en la década de los 70 a una visión sustentable, una revisión de la literatura.» *INTER DISCIPLINA* 11, n° 29 (enero-abril 2023): 387-408.

doi: <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2023.29.84496>

Palabras clave | seguridad energética, sustentabilidad ambiental, consumo de fósiles, petróleo, Agencia Internacional de Energía.

Introducción

DESDE EL PRIMER PRONUNCIAMIENTO, los objetivos de la SE anunciados por la Agencia Internacional de Energía (IEA, en adelante, por sus siglas en inglés), institución creada para su desarrollo y monitoreo, se centraron en garantizar el acceso ininterrumpido a la energía, a precios accesibles, arguyendo que las condiciones del mercado petrolero creadas por la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo) constituían una amenaza a la seguridad mundial (Foreign Relations of the United States 1979). La IEA define SE como el acceso ininterrumpido a las fuentes de energías a un precio accesible y por la predominancia del petróleo en la matriz energética, la discusión se enfocó en el petróleo. Para garantizar el acceso, las estrategias se centraron en evitar interrupciones no planeadas del suministro de petróleo que pudieran desequilibrar las economías al afectar toda la cadena productiva de bienes y servicios ocasionando inestabilidad en la seguridad interna (IEA 2011).

Siguiendo la línea planteada por la IEA se han trazado diferentes análisis sobre la SE y se han agregado temas centrales para garantizarla. El fundamento de cada uno de ellos ha sido garantizar la satisfacción adecuada de la demanda de energía, en especial, la demanda de petróleo, la energía más consumida a nivel mundial. Esta visión se reflejó en las definiciones más citadas de SE desde la década de los años setenta a la actualidad, entre las que podemos destacar las planteadas por: Bielecki (2002) quien la define como el suministro confiable y adecuado de energía a precios razonables; Yergin (2006) se refiere a la disponibilidad de suministros suficientes a precios asequibles; la Comisión Europea (2000) se refiere a la disponibilidad física ininterrumpida en el mercado de los productos energéticos a un precio asequible para todos los consumidores; Puyana *et al.* (2021) y Rodríguez (2017) integran las preocupaciones por la inestabilidad creciente de los precios del petróleo; Bohi y Toman (1996) se refieren a la pérdida de bienestar económico como resultado de un cambio en el precio o la disponibilidad de energía, entre otros. Lo anterior muestra la centralidad de dos factores en las diferentes definiciones de SE, por un lado, garantizar la oferta energética y, especialmente, de petróleo por el dominio que aún tiene y tendrá en la composición del mercado energético,¹ por el otro, la importancia del suministro a precios asequi-

1 De acuerdo con las perspectivas de largo plazo realizadas por la IEA, la demanda mundial de petróleo en 2040 será de 28%, lo cual significa solo un retroceso de tres puntos porcentuales respecto del 2019 (World Energy Council 2020). El gas pasa de 23 a 25% entre 2019

bles por su impacto en la inflación y en la composición de la demanda por otros bienes y, resta decir, es fundamental para garantizar el bienestar social.

Las bases de la SE entre la década de los años setenta y finales del siglo XX se centraron en mantener el acceso a la energía, a precios asequibles y justos. Sin embargo, a inicios de presente siglo, las discusiones se ampliaron hacia temas de sustentabilidad ambiental (World Energy Council 2018 y 2020; Ang *et al.* 2015; Podbregar *et al.* 2020; Sovacool 2013), en gran parte, como respuesta a los movimientos ambientalistas quienes asocian el incremento de la temperatura con el consumo de energías fósiles. En este contexto, las discusiones actuales como las planteadas por el Trilema Energético (World Energy Trilemma) planteado por el World Energy Council (2018) y el índice de seguridad energético (Sovacool 2013; Sovacool y Mukherjee 2011) sobre SE reconocen la importancia de las energías renovables en dos discusiones que parecerían imposibles de ser conciliables, el asegurar el acceso a la energía y la sustentabilidad ambiental.

En este contexto, el objetivo del presente documento es identificar los componentes de las principales discusiones de la SE a partir del *shock* petrolero en la actualidad. Se busca escrutar los alcances de la visión actual, que, al incluir temas de sustentabilidad, podría convertirse en un análisis contradictorio entre garantizar el acceso a la energía y temas de sustentabilidad. Esto se debe a que las principales medidas para garantizar la SE se han centrado, principalmente, en el fomento de recursos fósiles —a pesar de los avances de las energías renovables— por lo que garantizar la SE y la ambiental bajo ciertas condiciones se vuelve contradictorio. Así lo muestran los resultados generales del Trilema Energético (World Energy Council 2020) pues, de acuerdo con su metodología, los resultados no muestran importantes avances en SE y sustentabilidad si las estrategias para garantizar la primera no están fundadas en el fomento de energías renovables, por ello solo lo logran países que son pequeños y con una baja densidad de población. Por otra parte, la metodología planteada por el índice *Energy Security Risk Index*, publicado por el Global Energy Institute (2018), de entrada, le da más peso a la disponibilidad de fuentes fósiles respecto a la parte ambiental dejando claro la importancia de las energías fósiles a pesar de que las discusiones actuales de SE reconocen la relevancia de los temas de sustentabilidad. De esta forma, la visión actual de SE se ha convertido en un discurso incluyente en temas que relacionan el consumo de energía y cambio climático, además, de incluir temas relacionados con equidad energética. Sin embargo, es la actual característica holística y compleja la que muestra que la inclusión de estas dos discusiones deriva en un análisis contradictorio y que puede ser difícil de lograse en

y 2040, en suma, los fósiles continuarán representando el 73 % de la energía consumida en el mundo en 2040, esto a pesar del fuerte incentivo en las energías renovables.

términos de política energética y ambiental. Por otra parte, los planteamientos enfocados a formular un índice de seguridad energético muestran justamente que los objetivos y políticas puestas en marcha para garantizar la SE no pueden ser homogéneas para distintos países, esto se debe a que la trayectoria del sistema energético depende de varios factores, entre los más importantes, la posesión de recursos energéticos que cada país posea lo cual ha sido un detonante para incentivar la transición y o profundizar la dependencia hacia los fósiles.

Después de esta breve introducción el documento se estructura de la subsecuente forma: en la siguiente sección se presentan las principales características del concepto de SE entre la década de los años setenta y finales del siglo XX. La tercera sección está dedicada a la evolución y principales características a partir de inicios del presente siglo a la actualidad, se hace especial énfasis en aquella literatura que incorpora temas ambientales a la discusión de SE. En ambas secciones se destacan aquellos planteamientos que se han centrado en medir la SE destacando algunos de sus resultados. En la cuarta sección se muestra una discusión sobre las contradicciones que surgen de la incorporación de temas ambientales. En la última sección, se reúnen algunas de las principales evidencias de esta investigación.

Discusión de la SE entre 1970 y finales del siglo XX

Como se mencionó en la introducción, la discusión de la SE toma fuerza con el *shock* petrolero impuesto por la OPEP, el cual no fue para menos, puesto que las economías más grandes y con una mayor dinámica económica dependían del suministro petrolero por parte de los miembros del cartel (solo la producción de los países que conformaban en sus inicios la OPEP de los oferentes de petróleo era del 47% en 1970) por lo que el recorte en la producción, 11% en 1975, ocasionó un fuerte impacto en el equilibrio económico de aquellas economías altamente dependientes del petróleo, el cual se reflejó, en gran medida, en un incremento considerable en la inflación durante el periodo.

En respuesta al *shock* petrolero, en la década de los años setenta la discusión de SE se planteó a partir de asegurar el acceso de energía. Para dicho cometido se impusieron diversas medidas, las cuales iban desde: 1) la diversificación de fuentes (las cuales en la década de los 70 eran básicamente fósiles); 2) la diversificación de los oferentes de petróleo energía, es decir, reducir las importaciones de petróleo proveniente del Medio Oriente, esto es, de los miembros de la OPEP,² y, 3) mejoras en la eficiencia de consumo de energía. A pesar de las medi-

² Esta medida, aunque central, ha tenido pocos resultados ya que el dominio por parte del cartel petrolero se mantuvo debido a la distribución de reservas.

das por reducir los efectos colaterales del *shock* petrolero los países han tenido que asumir los costos de la subida en los precios ya que estas estrategias solo podrían consolidarse y dar resultados en el mediano y largo plazo.

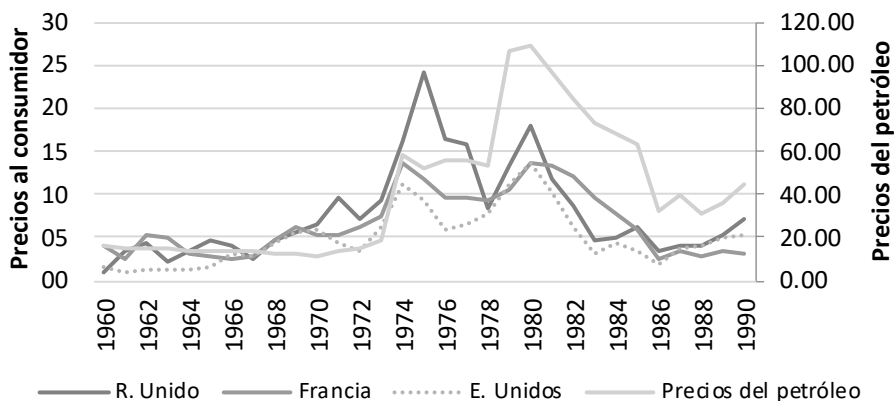
A partir de estas tres medidas surgen distintas estrategias y desarrollos en la literatura que aborda cada una de estas preocupaciones a partir de posiciones, especialmente de acuerdo con la situación energética de cada nación. La vulnerabilidad a la que se enfrentaron las naciones con el recorte en la producción y, en consecuencia, la subida en los precios, ocasionó que la SE en su versión de asegurar el suministro de energía se convirtiera en un tema de seguridad nacional (Bialos 1988; Painter 2014). Por ello podríamos ubicar dos visiones dentro de la discusión de la literatura, de acuerdo con Checchi *et al.* (2009), la primera, que interpretan la SE desde una perspectiva económica y, la segunda, la que subraya su lado político y estratégico. En ambos casos siempre se destacan dos características centrales: la disponibilidad física y los precios. En este contexto podemos ubicar una de las definiciones de mayor predominancia dentro de la literatura, la cual fue propuesta por Yerging (2006) justificando que el objetivo de la SE es garantizar el suministro de energía adecuado y confiable a precios razonables y de manera que no ponga en peligro los principales valores y objetivos nacionales.

Del planteamiento de Yerging (2006) se desprenden varios temas mucho más concretos. Por un lado, está la idea de dependencia hacia una sola fuente de energía u oferente y, en consecuencia, la capacidad de resiliencia. Por el otro, lo relacionado con los efectos económicos. La gráfica 1 ejemplifica el efecto económico del *shock* petrolero en las economías con mayor consumo de petróleo, entre ellos, Estados Unidos, Francia y el Reino Unido entre 1960 y 1990 (gráfica 1). En este caso, se observa una pérdida de SE que se relaciona con la pérdida de bienestar económico ocasionada por el cambio en el precio o la disponibilidad de energía (APERC 2007).

En este contexto, Aperc (2007) define la SE como la capacidad de una economía para garantizar la disponibilidad del suministro de recursos energéticos de manera sostenible y oportuna con el precio en un nivel que no afecte negativamente el desempeño económico de una nación. Por otra parte, Bohi y Toman (1993) reconocen que la SE se puede definir de varias maneras, pero su enfoque principal está en los problemas económicos relacionados con el comportamiento de los mercados energéticos. Dentro de estos planteamientos los determinantes del precio del petróleo son centrales. Al tratarse de un recurso central para la dinámica de cada nación y con reservas solo en un par de países, el precio del petróleo responde más a la geopolítica³ entre los países con mayor consumo y, en

3 La geopolítica ha sido un complejo concepto que analiza las características geográficas y políticas de diversas regiones, especialmente el impacto de la geografía en la política. De

Gráfica 1. Tasa anual de crecimiento de los precios al consumidor en Estados Unidos, Francia y el Reino Unido (serie desestacionalizada, eje izquierdo y precios del petróleo en dólares por barril, eje derecho, 1960 y 1990).



Fuente: Elaboración propia con datos de la Federal Reserve Bank of St. Louis (2018) y BP (2019).

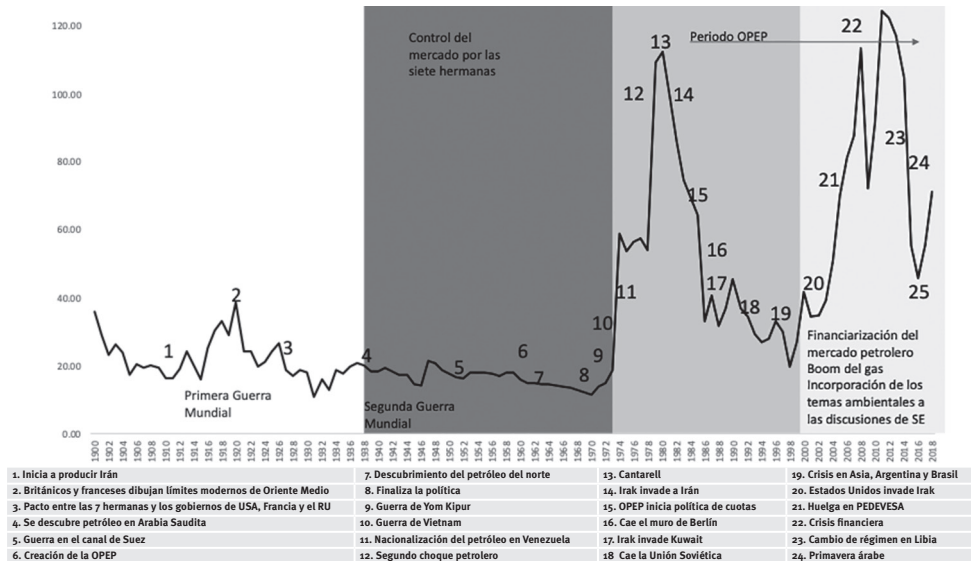
consecuencia, mayor dependencia, y a los oferentes con las reservas más rentable por los bajos costos que tiene en la extracción y el procesamiento. De acuerdo con la gráfica 2 en la década de los años 70 y 80, la SE significó un suministro estable de petróleo barato bajo amenazas de embargos y manipulaciones de precios por parte de los exportadores. Pero también podemos observar que el precio del petróleo está pagado de factores políticos que modifican su precio.

Por otra parte, se encuentran las investigaciones que se centran en el análisis de la SE por la concentración de reservas y las implicaciones que ello tiene en garantizar el acceso. De acuerdo con Nuttall y Manz (2008) la interrupción del suministro de energía ha sido identificada por muchos como la principal amenaza que enfrenta la SE mundial. En este contexto, Cherp y Jewell (2011) propone una visión más compleja de la SE a partir de tres perspectivas: 1) la perspectiva de la “soberanía” con sus raíces en la ciencia política; 2) la perspectiva de “robustez” con sus raíces en las ciencias naturales y la ingeniería, y, 3) la perspectiva de “resiliencia” con sus raíces en la economía y el análisis de sistemas complejos.

La primera se enfoca en la disponibilidad y concentración de los recursos y el análisis se centra en ¿quién controla los recursos energéticos? y ¿mediante qué mecanismos? Estas dos preguntas se relacionan con una visión geopolítica

acuerdo con su concepto general, algunas instituciones, como la EIA, relacionan la geopolítica petrolera con la ubicación de las reservas de petróleo; las cuales se encuentran, principalmente en Medio Oriente (región que de acuerdo con Estados Unidos se piensa como área compuesta por países que son considerados políticamente inestables).

Gráfica 2. Precios del petróleo y eventos políticos 1900-2018 (base 2017, de acuerdo con el índice de precios al consumidor de los EUA).



Fuente: Elaboración propia con información BP (2019).

de la energía, especialmente, el tema de proveedores externos para garantizar la demanda. Si hay un problema de concentración de recurso entra a la discusión del tema relacionado con ¿qué tan vulnerables son los sistemas energéticos? La última perspectiva introdujo el análisis sistemático de la diversidad de carteras de energía y elaboró los conceptos de resiliencia y flexibilidad. Dentro de las estrategias para enfrentar cualquier bloqueo se encuentran: la diversificación de recursos energéticos y de proveedores de energía, infraestructura energética e infraestructura de transporte de energía, entre otras.

Debido a la variedad de determinantes implícitos en garantizar la SE, Cherp y Jewell (2011) argumenta que las medidas no se centran en la “energía”, sino más bien en la protección de los “sistemas de energéticos” que son importantes para cualquier sociedad, en otras palabras, la energía es un recurso vital. El término “vital” significa que es crítico para el funcionamiento y la estabilidad de una sociedad y el término “sistema” significa que consiste en recursos, materiales, infraestructura, tecnologías, mercados y otros elementos conectados entre sí y al mundo exterior.

Dentro de la postura por asegurar el suministro de energía, la diversificación de fuentes de energías se convierte en un factor central de la política de cualquier nación, especialmente las de mayor consumo de energía. En general, los combus-

tibles fósiles han concentrado la demanda de energía, su participación ha oscilado entre el 93% entre 1940 y 1973. A partir de entonces se contrajo paulatinamente hasta el 80% en 2017, es decir, el consumo mundial solo se contrajo 13 puntos porcentuales en 45 años. Se espera que para 2040 descienda a 69% del total de consumo. La caída de los combustibles fósiles se explica, en primer lugar, por el descenso del petróleo, el cual ha pasado de concentrar más de 45% del consumo en la década de los setenta, periodo en el cual se registra el mayor nivel, a una reducción de 37% en 2017.

Cabe señalar que, durante los 45 años considerados, la reducción no ha sido ni constante ni lineal, lo cual indica que el consumo petrolero responde a diversos factores, en buena medida a la dinámica de la economía y de los precios del petróleo, la evolución de la tecnología y factores políticos diversos (EIA 2018). Respecto al resto de la oferta de fósiles, el carbón ha descendido a una tasa no mayor de 1.5% anual, a pesar de las presiones por descarbonizar las economías (en especial, la reducción de carbón por tratarse de la energía más contaminante). El gas muestra una tendencia creciente a nivel mundial, lo cual se explica por una mejor distribución de las reservas de gas y a que el gran consumidor de energía, Estados Unidos, se ha convertido en uno de los principales productores de gas. En suma, la ligera reducción del petróleo y el carbón se ha visto contrarrestada por la producción de gas, lo cual se traduce en una magra reducción de los combustibles fósiles a pesar de las preocupaciones que causó el *shock* petrolero y de las recientes preocupaciones por el cambio climático. El incremento en la oferta de energía ha sido la política con mayores resultados en los últimos años para asegurar la SE, sin embargo, esto no resuelve el problema central pues la ampliación hacia el consumo de otros energético provoca que la inseguridad se extienda hacia otros combustibles.

Metodologías que se enfocan a medir la SE de acuerdo con los principios, disponibilidad, accesibilidad y diversificación

Después de esta breve revisión de la literatura, podemos identificar que posterior al *shock* petrolero por parte de los grandes poseedores de reservas de petróleo, agrupados en la OPEP, la discusión, las instituciones que surgieron⁴ y las políticas

⁴ La IEA fue creada en febrero de 1974, por 15 países consumidores de petróleo (entre los integrantes se encuentran: Alemania, Australia, Bélgica, Canadá, Corea del Sur, Dinamarca, Eslovaquia, España, Estados Unidos, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Japón, Luxemburgo, México, Nueva Zelanda, Noruega, Países Bajos, Portugal, el Reino Unido, República Checa, Suecia, Suiza, Turquía, entre otros), como organismo autónomo, en el marco de la OCDE. Cabe señalar que los países que originalmente constituyeron la IEA eran el grupo de países consumidores y dependientes del petróleo de la OPEP, por ello las políticas que implementaron se enfocaron en reducir su dependencia de la oferta petrolera

para garantizar la SE se centraron en mantener el suministro ininterrumpido de energía a precios accesibles; ambos elementos fundamentales para que prevalezca el buen funcionamiento de cualquier nación. No obstante, una definición exacta de la SE es difícil de dar, al tener esta diferentes significados para cada nación, y poder variar los intereses en el tiempo (Alhajji 2007). La seguridad del suministro es multifacética, pero a menudo se discute en términos de disponibilidad física de las fuentes de energía y el riesgo de los precios de los productos básicos.

Los mecanismos para reducir eventuales cortes en el suministro se centran en la diversificación de fuentes, lo que a su vez se reflejó en los estudios que proponen una medida. Entre ellos se encuentran el Modelo de SE a Corto Plazo (MOSES, por sus siglas en inglés), planteado por la IEA en 2011. El MOSES ha sido una de las herramientas integrales más importantes a principios de siglo para medir la SE. Se centra en el análisis de los riesgos y la resiliencia asociados con las interrupciones físicas a corto plazo del suministro de energía que pueden durar días (IEA 2011). MOSES incluye en su análisis la composición de la oferta energética y es una herramienta que cuantifica la vulnerabilidad de los sistemas energéticos, basada en dos indicadores:

- Riesgo de interrupciones en el suministro energético.
- Resiliencia o habilidad del sistema energético nacional para hacer frente a esas interrupciones.

Estos dos indicadores están conectados con factores externos y domésticos, resultando cuatro dimensiones para el análisis (tabla 1):

Tabla 1. Dimensiones para el análisis resultado de los indicadores: riesgo y resiliencia.

| | Riesgos | Resiliencia |
|---------|---|--|
| Externa | Interrupciones potenciales de energéticos importados. | Habilidad para responder a interrupciones de energía importada a través de la sustitución con otros oferentes o rutas. |
| Interna | Riesgos en la producción y transformación energética doméstica. | Habilidad doméstica para responder a interrupciones en suministro, tales como <i>stock</i> de combustibles. |

Fuente: IEA (2011).

proveniente de este grupo (para profundizar la discusión sobre el papel que ha jugado la EIA en las políticas para garantizar la SE se recomienda revisar Puyana y Rodríguez (2020)). Actualmente, México se convierte en miembro (17 de febrero de 2018), lo cual puede ser contradictorio a su conformación de origen, sin embargo, la IEA argumentó que la apertura del sector energético que se logra con la ambiciosa reforma energética coloca a México en el mapa de la política energética mundial (IEA 2020).

Para estas cuatro dimensiones se utilizan aproximadamente 30 indicadores. Entre los principales factores que se encuentran dentro de la clasificación de riesgos son la dependencia de la importación neta y la estabilidad política de los proveedores, conceptos básicos en las discusiones de SE. Respecto al tema de resiliencia, se considera la cantidad de puntos de entrada para un país (por ejemplo, puertos y oleoductos), el nivel de inventarios y la diversidad de proveedores. Además, se consideran los principales mecanismos que deberían implementar las instituciones internacionales para hacer frente a eventuales interrupciones en el suministro de petróleo mediante un sistema de información permanente en el mercado internacional del petróleo y sugiere la promoción de otras energías dentro de la oferta energética. Los resultados se expresan en bandas que clasifican la vulnerabilidad de los sistemas: baja, media y alta vulnerabilidad. A partir de esta estructura se establece el perfil de SE para cada país, combinando indicadores que toman en cuenta riesgos y resiliencias particulares.

Sobre la demanda, el MOSE plantea la necesidad de poner en marcha proyectos de investigación en el mejoramiento de la estructura de la demanda mediante el desarrollo de fuentes alternativas de energía y la eficiencia en el uso de energía. Esta metodología ha sido empleada para evaluar la SE de algunos países miembros de la OCDE.

En la misma línea del planteamiento del MOSES se encuentran los trabajos de Joode *et al.* (2004) y Jun *et al.* (2009). En el primer caso, se plantea un análisis costo-beneficio donde la seguridad del suministro puede verse como un problema de externalidades y, en el segundo caso, se plantea el costo de la SE en términos de interrupción del suministro y volatilidad de los precios, considerando el grado de concentración en el suministro y la demanda de energía mediante la formulación del índice Hirschman-Herfindahl. Por otra parte, Le Coq y Paltseva (2009) plantean un índice para evaluar los riesgos a corto plazo del suministro externo de energía. Para lo cual construyen índices separados para tres tipos de energía: petróleo, gas y carbón. A partir de estas variables se clasifica a los países por el nivel el riesgo. Lesbirel (2004) quien proponen indicadores que permiten estimar el riesgo mediante dos indicadores haciendo uso de la teoría de Media Varianza. Scheepers *et al.* (2007) propone seguridad del suministro de energía, ya sea una escasez relativa, es decir, un desajuste en la oferta y la demanda que induce aumentos de precios, o una interrupción parcial o completa del suministro de energía. La probabilidad de riesgo en el suministro de energía y el impacto en la economía y la sociedad depende en gran medida de la estructura del sistema energético. Debido a la relevancia que tiene el acceso a la electricidad como derecho humano algunos trabajos se han centrado en la estabilidad y seguridad de los sistemas eléctricos. Entre ellos se encuentran el planteamiento de McCarthy *et al.* (2007) y con un análisis más diverso que el

sector eléctrico se encuentra el trabajo de Rodríguez (2018) quien plantea un análisis detallado para México.

El MOSES, al igual que otras metodologías mencionadas en este apartado, reconoce la importancia de una oferta energética mucho más diversificada, sin embargo, el petróleo continúa siendo un actor clave en la composición de la oferta energética. Por otra parte, una de las limitaciones de estas propuestas es que se centran en un análisis físico de corto plazo y no considera elementos como el impacto ambiental de los sistemas de energía, el agotamiento de los recursos naturales y, recientemente, problemas relacionados con la volatilidad de los precios de la energía; todos aspectos que se relacionan con un análisis de largo plazo. Actualmente la SE está estrechamente relacionada con otros problemas de la política energética, como el acceso equitativo a la energía moderna y la mitigación del cambio climático. A continuación, se presenta la visión de SE en función de estos temas ineludibles de considerar.

Una visión holística de la SE, incorporación de los temas ambientales y de equidad

La literatura contemporánea sobre SE es más amplia y compleja en comparación con las discusiones en la década de los años setenta y con la propuesta de la IEA plasmada en el MOSE. En la actualidad, se incluyen los riesgos vinculados con la naturaleza (escasez de recursos y eventos naturales extremos), técnica (envejecimiento de infraestructura, accidentes tecnológicos), política (restricción intencional de suministros o tecnologías, sabotaje y terrorismo) y económica (por ejemplo, la reciente volatilidad de los precios). Respecto al último punto, la alta volatilidad de los precios de las materias primas y, principalmente del petróleo en la década pasada, ha abierto discusiones que demuestran la influencia de actores especuladores, provenientes del mercado financiero, en los determinantes de los precios futuros (ver el reporte del senado de la república de los Estados Unidos de 2009, Puyana *et al.* (2021) y Hamilton (2008)), puesto que la inestabilidad puede afectar las economías de bajos ingresos y otras que satisfacen buena parte de su demanda con importaciones de petróleo.

El trabajo de Cherp y Jewell (2014) se enfoca en abordar tres preguntas: ¿seguridad para quién?, y, ¿seguridad para qué valores? Por otra parte, de acuerdo con el *Libro verde* publicado por la Comisión Europea (2000), “hacia una estrategia europea para la seguridad del suministro energético”, la estrategia de seguridad del suministro energético debe estar orientada a garantizar el bienestar de sus ciudadanos, respetando las preocupaciones medioambientales y mirando hacia el desarrollo sostenible. En este contexto, las políticas contemporáneas de SE deben abordar todas las fuentes de energía, poniendo especial énfasis en las

energías renovables, y cubrir una amplia gama de riesgos naturales, económicos y políticos que afectan diferentes fuentes de energía, infraestructuras y servicios (Jewell 2011). Por lo amplio y complejo que se ha tornado la discusión sobre SE, actualmente no hay una definición aceptada a nivel internacional. Sin embargo, gran parte de la discusión de la literatura se ha enfocado en la definición y construcción de un indicador para medir el riesgo y definir políticas para hacer frente a eventuales riesgos por inseguridad energética.

Por otra parte, un marco metodológico mucho más amplio, expresado en múltiples indicadores, conduce a un análisis holístico en la formulación de indicadores de largo plazo (Kruyt *et al.* 2009). Se desecha la idea de que exista un solo indicador, por ello se distingue entre indicadores desagregados y agregados, y con ello se argumenta que la noción de SE es altamente dependiente del contexto y, por lo tanto, la evaluación debe hacerse de acuerdo con los sistemas de energía que posee cada nación. Por ello las metodologías actuales identifican las vulnerabilidades específicas de cada país y a partir de ellas se seleccionan los indicadores y se realiza un análisis focalizado a cada nación.

Dentro de las metodologías que buscan ampliar el estudio de SE hacia temas de equidad y sustentabilidad y, además, plantean la formulación de un indicador para medir la SE se encuentra la propuesta del Global Energy Institute (2018), su intención es plantear un indicador que muestre la noción de riesgo bajo y alto. Se trata de un índice general aplicado a los principales países consumidores de energía. Contempla 29 métricas, de las cuales 9 son universales y las otras 20 dependen de cada país. Algunas de las métricas son: consumo de combustible, importación de combustibles, gasto energético, volatilidad en el precio de los energéticos e intensidad energética, además, se incluyen variables del sector eléctrico, transporte y ambiente. Dentro de estas nuevas visiones de SE se incluyen temas relacionados con: 1) factores globales que afectan a todos los países y que son en gran parte inmunes a las respuestas políticas; 2) factores específicos del país como base de recursos, etapa de desarrollo económico, densidad de población, clima, y otros; 3) innovación tecnológica y adopción, y, 4) políticas energéticas. En este contexto podemos identificar metodologías que son más robustas en la formalización de un índice. Entre ellas se encuentra: el Energy Security Index, el Trilema Energético y el Energy Security Risk Index. En las siguientes subsecciones se presentan algunos detalles de estas, sus alcances y limitaciones.

*Energy Security Risk Index (ESRI)*⁵

A pesar de la incorporación de temas ambientales y de gobernanza en los análisis actuales de SE, se observa que la discusión aún se centra en lo que fue su

5 Por sus siglas en inglés.

detonante en la década de los años setenta: el mercado petrolero y la relevancia de los fósiles. A pesar de las medidas puestas en marcha y de los logros obtenidos, la predominancia del petróleo en la estructura energética y económica continúa en el centro de la discusión para garantizar la SE. Así lo ratifica el reporte de ESRI, publicado por el Global Energy Institute de Estados Unidos.

El ESRI, reporte que provee una vasta base de datos (compuesta por 37 variables) para evaluar la SE de 1970 a la actualidad en Estados Unidos y otros países.⁶ Sus resultados se expresan en cuatro subíndices: geopolítico, económico, fiabilidad y ambiental, los cuales, a su vez, componen el índice global de SE. Los subíndices se consideran áreas en las cuales debe centrarse la política energética para garantizar la seguridad nacional. Metodológicamente considera 1980 como año base, el año de mayor riesgo energético, especialmente por la reducida cantidad de reservas de petróleo. Dado este proceso de normalización, a medida que los índices se acercan al número 100, el riesgo energético se incrementa.⁷

El subíndice geopolítico se construye a partir, entre otras variables, de las reservas de petróleo,⁸ lo cual muestra la visión inicial de SE de la IEA. La ponderación de los subíndices geopolítico y estratégico (de 30 %, respectivamente) tienen una fuerte influencia en los resultados globales. Respecto a la parte ambiental, solo aporta 20% en el índice global de SE.

Por lo tanto, a pesar de los intentos por incorporar los temas ambientales. Se observa que la metodología del ESRI prioriza la cantidad de reservas, producción y consumo de fósiles como factores centrales en la evolución de la SE. Siguiendo esa lógica, se concluye que hay avances importantes en la SE, especialmente en comparación con la década de los años setenta y principios de los ochenta, sin embargo, si se trata de abordar la SE a partir de las discusiones actuales, los resultados son ambiguos.

Trilema Energético (WETI)⁹ y Energy Security Index (ESI)¹⁰

Entre los modelos de largo plazo resalta, en primera instancia, el WETI planteado por el *World Energy Council* y ESI desarrollado por Sovacool y Mukherjee

6 Entre algunos países se encuentran: Australia, Brasil, Canadá, China, Dinamarca, Francia, Alemania, India, Indonesia, Italia, Japón, México, Holanda, Nueva Zelanda, Noruega, Polonia, Rusia, Sudáfrica, Sur Corea, España, Tailandia, Ucrania, Inglaterra, entre otros.

7 Debido a la forma en la que se normaliza el índice no queda acotado entre 0 y 100. Por ello, en algunos años el índice queda por arriba de 100, lo cual indica que la situación del indicador es peor que en el año 1980.

8 El índice geopolítico se construye a partir de las principales fuentes energéticas: petróleo, gas y carbón. Estas tres fuentes toman variables como reservas, producción, importaciones, precios, entre otros.

9 Por sus siglas en inglés.

10 Por sus siglas en inglés.

(2011), Sovacool (2013), Winzer (2012). Ambas metodologías plantean un análisis holístico de la SE, que amplían el análisis de la SE a los temas ambientales, las emisiones de CO₂ y los problemas sociopolíticos.

La metodología del WETI permite clasificar a los países por su capacidad de garantizar energía sostenible. Este indicador, cuyos orígenes se remontan a los primeros informes del IPCC (International Panel of Climate Change), se compone de tres dimensiones: seguridad energética,¹¹ equidad energética (accesibilidad y asequibilidad),¹² y sostenibilidad ambiental.¹³ La metodología se ha aplicado a 125 países de los 5 continentes y los avances en SE se muestran por la combinación de las tres dimensiones. En la tabla 2 se resumen los países que se encuentran en las 10 primeras posiciones de las tres dimensiones (las tres primeras columnas) y los resultados finales (columna extrema derecha).

La tabla 2 muestra lo compleja que se ha tornado la SE con la incorporación de temas como equidad energética y medio ambiente, pues garantizar la oferta energética en un contexto en el que los fósiles continúan concentrando el mercado no necesariamente es compatible con un sistema mucho más sustentable. Los resultados muestran que no todos los países que se encuentran dentro de los 10 primeros lugares en una de las tres clasificaciones terminan por posicionarse en los primeros lugares del resultado general. Por ejemplo, Alemania,¹⁴ que, sin aparecer en ninguna de las tres dimensiones, se coloca en el sexto lugar en el resultado general; lo anterior se explica por el promedio de las tres dimensiones entre los 125 países, el cual resulta en una mejor evaluación en comparación con los países que figuran dentro de los diez primeros lugares en solo una de las dimensiones y no necesariamente una buena evaluación global (como es el caso de Finlandia, Letonia, Filipinas, Costa Rica). Por otra parte, se encuentra el caso de Dinamarca, ubicada en el primer lugar en SE, siendo un país sin reservas de fósiles, pero con una política intensiva en la promoción de energía renovable, en especial, en el transporte (uno de los sectores más contaminantes) y la generación de electricidad. En el caso de Dinamarca se puede observar la congruencia entre la promoción de energías renovables y la promoción de un sistema mucho más sustentable (World Energy Council, 2018).

11 Se refiere a mantener el acceso de energía primaria de fuentes nacionales y externas, fiabilidad de la infraestructura energética y capacidad de los proveedores de energía para satisfacer la demanda actual y futura.

12 Accesibilidad y asequibilidad del suministro de energía a toda la población.

13 Eficiencia de la energía por el lado de la oferta y la demanda, desarrollo de energías renovables y otras fuentes de energías bajas en carbono.

14 De acuerdo con los resultados del ETI (2016), Alemania obtuvo las siguientes posiciones de acuerdo con cada una de las clasificaciones: 12 en SE, 17 en equidad energética, y la posición 32 en sustentabilidad ambiental.

Tabla 2. Las diez mejores posiciones por país en las tres dimensiones y los resultados finales 2018.

| País | Seguridad energética* | Sustentabilidad ambiental* | Equidad energética* | Resultados WETI** |
|-----------------|-----------------------|----------------------------|---------------------|-------------------|
| Dinamarca | 1 | 4 | | 1º |
| Suecia | 10 | 5 | | 2º |
| Suiza | | 3 | 4 | 3º |
| Holanda | | | 3 | 4º |
| Inglaterra | | 9 | | 5º |
| Alemania | | | | 6º |
| Noruega | | 8 | | 7º |
| Francia | | 6 | | 8º |
| Nueva Zelanda | | | | 9º |
| Eslovenia | 2 | | | 10º |
| Austria | | | 8 | |
| Bahréin | | | 5 | |
| Canadá | 4 | | | |
| Costa Rica | | 7 | | |
| Estados Unidos | 9 | | | |
| Filipinas | | 1 | | |
| Finlandia | 3 | | | |
| Irlanda | | 2 | 10 | |
| Kuwait | | | 6 | |
| Letonia | 5 | | | |
| Luxemburgo | | | 1 | |
| Omán | | | 9 | |
| Qatar | | | 2 | |
| República Checa | | | 7 | |
| Rumania | 8 | | | |
| Uruguay | | 10 | | |
| Venezuela | 6 | | | |

* Representan las 10 primeras posiciones para cada una de las clasificaciones.

** Son los resultados finales.

Fuente: The World Energy Council (2018).

En términos generales, los resultados de esta metodología muestran que evaluar la SE mediante un índice general aplicado a distintas naciones no es lo más conveniente, pues puede derivar en resultados contradictorios. Esto se debe a que cada nación requiere de políticas energéticas de acuerdo con su composición energética, población, evolución de la tecnología, condiciones climáticas, entre otros.

Energy security index

En este caso la propuesta consiste en la recopilación de una amplia y compleja lista de 320 indicadores subdividida en cinco clasificaciones: disponibilidad, asequibilidad, desarrollo de tecnología y eficiencia, ambiente y sostenibilidad y re-

gulación y gobernanza. Debido a la amplitud, IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) agrupa los 320 indicadores en tres clasificaciones: simple, intermedio y complejo. La clasificación se organiza de la siguiente forma, por ejemplo: para un indicador “simple” se consideran las importaciones de energía; un “intermedio” es el tipo de energía importada y el modo de importación (por ejemplo, a través de tubería, petrolero o ferrocarril); uno “complejo” puede ser cualquier indicador que tenga una medición cualitativa específica (Sovacool y Mukherjee 2011). En este caso, su trabajo se define a partir de un proceso metodológico de cuatro fases que implica entrevistas de investigación, una encuesta, un taller y una revisión de la literatura académica (enfoque cualitativo). En la tabla 3 se presentan los componentes que integran las 5 dimensiones y por simplificación solo se mencionan un par de indicadores “simples”.

Tabla 3. Resumen de indicadores en la construcción del índice de SE.

| Dimensión | Componente | Indicador |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Disponibilidad | Seguridad de la oferta y la demanda | Reservas de energía primaria |
| | | Reservas de petróleo |
| | | Reservas de gas |
| | | Rendimiento de las refinerías |
| | Dependencia | Producción menos consumo petróleo |
| | | Producción menos consumo gas |
| | | Consumo de petróleo por unidad de PIB |
| Diversificación | Producción de energías renovables | |
| Asequibilidad | Estabilidad de los precios | Precios del petróleo |
| | | Precios del gas |
| | Acceso y equidad | |
| | Descentralización | |
| Desarrollo de tecnología y eficiencia | Innovación e investigación | Gasto en exploración y gasto de energía |
| | Seguridad y confiabilidad | Número de desastres naturales |
| | Resiliencia y capacidad de adaptación | |
| | Eficiencia e intensidad energética | Intensidad energética |
| | Inversión y empleo | |
| Ambiente y sostenibilidad social | Uso de tierra | |
| | Agua | |
| | Cambio climático | Emisiones de gases de efecto invernadero |

Fuente: Elaboración propia con información de Sovacool y Mukherjee (2011).

Una visión holística que puede derivar en un planeamiento contradictorio

Las nuevas metodologías incorporan la sustentabilidad ambiental, la equidad y la gobernanza a la discusión de SE, derivando en un planteamiento holístico que gana en alcance y en complejidad, lo cual no implica que se tenga mayor claridad del concepto de SE.

De acuerdo con la metodología del ESI se consideran cinco clasificaciones y el WETI solo considera tres, sin embargo, ambas priorizan la disponibilidad de recursos fósiles como elemento fundamental de la SE (lo mismo ocurre con el MOSES) y, en consecuencia, continúa siendo consistente con la visión de SE en la década de los años setenta y ochenta. No obstante, la inclusión de accesible (la cual se relaciona con la energía fósil, especialmente petróleo, de acuerdo con el consumo mundial de energía) y medio ambiente (en las definiciones recientes) no se pueden garantizar exitosamente al mismo tiempo.

La accesibilidad se relaciona con los precios de los diferentes componentes de la oferta energética y la evidencia ha mostrado (Heal y Halmeyer 2015; EIA 2018) que una reducción en los precios del petróleo deriva en un desincentivo de las energías alternativas, en especial, aquellas energías cuyos costos superan los de las energías fósiles (petróleo o gas). Lo anterior refleja la importancia y el dominio que tiene el petróleo dentro de la composición del complejo mercado energético, a pesar de la emergencia de las energías alternativas y el incremento en la producción del gas.

En el caso del WETI se observa que los resultados pueden ser ponderados por las características de los países, ya que naciones que no tienen reservas petroleras, pero, son pequeñas, se posicionan dentro de los primeros lugares, como es el caso de Dinamarca en SE y Luxemburgo en equidad energética. Esta metodología plantea el problema a partir de un indicador homogéneo y resulta en un análisis que no necesariamente muestra la situación, trayectoria y políticas que enfrenta cada uno de los países.

La comparación entre el resultado global y los diferentes componentes muestra mejor cómo surgen contradicciones. Por ejemplo, la diversificación es un elemento central para reducir la dependencia a la energía, ambos elementos se incluyen en el componente de disponibilidad; asimismo, para lograr dicho objetivo es necesario que los precios (elemento central dentro del componente accesible) no desincentiven la entrada de otras energías, las cuales, no obstante, la reducción de costos, son tendencialmente más costosas y lo serían aún más si la OPEP produjera una proporción mayor de sus reservas.

Un conflicto mayor resulta de la incorporación del tema medioambiental ya que las mejoras del último componente dependen de precios, tendencialmente, altos para que sea rentable producir energías alternativas. Además, se requiere

de un completo cambio tecnológico para que las energías alternativas penetren la matriz energética y se adapten a la demanda energética. Por ejemplo, el incremento en los ingresos de las economías en desarrollo, en especial en China y la India, derivados del crecimiento en la última década, se ha reflejado en el incremento de la demanda de autos, por lo tanto, a pesar de las mejoras en la eficiencia energética en el sector industrial y privado, la mayor producción de CO₂ es generada por el sector transporte,¹⁵ provocando presiones sobre el cambio tecnológico en el sector (a nivel mundial el sector transporte representa el 60% de los fósiles y es donde se genera una importante proporción del CO₂).

A pesar de la complejidad de las metodologías de los modelos presentados arriba, los resultados que muestran son contradictorios, esto se explica por la gran dificultad de estudiar en un solo cuerpo las dimensiones de la SE y responder a su relación con los contextos particulares (las características de cada nación). Por lo tanto, identificamos dos conceptos centrales en la discusión actual de la SE. En primer lugar, garantizar el acceso a la energía a precios accesibles continúa siendo central para la SE, en especial el acceso al petróleo, ya que los cambios tecnológicos y la emergencia de las energías alternativas no se han reflejado de forma trascendental en la composición de la matriz energética y el petróleo continúa siendo la energía más consumida a nivel mundial, independientemente del desarrollo del sistema energético en cada nación. Este punto está relacionado a su vez con los impactos que tiene el mercado petrolero sobre los otros energéticos, pues, al ser la energía más consumida a nivel mundial y por su concentración de reservas en ciertos países, en especial, en Medio Oriente, una caída en el precio del petróleo puede ocasionar que los ofertas de petróleo menos rentables y de energías alternativas cuyos costos son más altos salgan del mercado. De esta forma los precios serán un determinante esencial en garantizar el acceso y la entrada de energías alternativas al mercado. En segundo lugar, mejoras en la eficiencia energética (producto interno bruto / consumo de energía y producto interno bruto /entre consumo de barriles diarios) tienen implicaciones en un consumo más eficiente, en especial, en aquellos sectores en los que no se pueden utilizar energías renovables y se asocia con una menor producción de CO₂. De esta forma la eficiencia energética y la diversificación de fuentes o tipos de energía pueden establecer sinergias para disminuir el consumo de fósiles y fomentar la transición energética.

15 De acuerdo con la IEA (2022), el transporte tiene la mayor dependencia de los combustibles fósiles de todos los sectores por ello representa el 37% de las emisiones de CO₂. Si bien fue uno de los sectores más afectados por la pandemia de Covid-19, es probable que las emisiones vuelvan a aumentar a medida que aumenta la demanda y la baja transición en el sector.

Algunas reflexiones

La SE ha sido un tema central para los países cuya estabilidad energética y especialmente económica fueron afectados con el *shock* petrolero a inicios de la década de los años setenta. Esta situación fue el detonante para las discusiones sobre SE e implementación de políticas para garantizarla. Como era de esperarse, las principales políticas se enfocaron en garantizar el acceso a la energía mediante la diversificación de fuentes energéticas y proveedores. Algunos logros se pudieron obtener de dichas medidas, sin embargo, al paso del tiempo no se podían obviar los efectos colaterales de la extracción y el consumo de fósiles (los cuales han predominado en la matriz energética en las últimas décadas y la tendencia hasta 2040 muestra cambios menores) sobre las emisiones de CO₂ y sus repercusiones sobre el calentamiento global. Esto fue la motivación, en gran parte, por integrar al complejo concepto de SE los temas ambientales, derivando en un análisis que se vuelve complejo, dado el dominio que aún tienen las energías fósiles en la matriz energética.

La visión inicial sobre la SE no cambia (la cual consideraba garantizar el acceso ininterrumpido a la energía a precios justos) y los temas ambientales se agregan a esa compleja discusión sin una agenda sólida. Esto derivó en un planteamiento ambiguo en el que garantizar la disponibilidad y el acceso a la energía, principalmente de energías fósiles, es central para cumplir con las metas de SE, así lo ratifican las metodologías y propuestas teóricas que se presentaron en las secciones anteriores. No obstante, este último argumento podría llegar a contradecir las intenciones de incorporar las preocupaciones ambientales. Por ello creemos en el argumento de Cherp y Jewell (2011) sobre entender la complejidad de la SE en la actualidad, dado que muchos de los países persiguen rigurosamente las agendas de SE sin estrategias sólidas en temas de cambio climático, a pesar de que ambos temas estén ampliamente relacionados.

Asimismo, la revisión nos permite identificar algunas limitaciones de las visiones actuales sobre SE, las cuales a pesar de ser muy ambiciosas dejan ver que la evolución y las políticas para garantizar la SE no pueden ser homogéneas y comparables entre naciones, así lo muestran los resultados del Trilema Energético (WETI). Por lo tanto, las metodologías que se han centrado en la formulación de índices puede ser un avance en la evaluación de la SE, siempre y cuando no se olvide contextualizar los resultados dentro de un análisis profundo y detallado de la dotación de recursos que componen el sistema y las políticas energéticas implementadas a lo largo del tiempo. ■

Referencias

Alhajji, A. F. 2007. What is energy security? Asian countries and the concept of energy security. *Oil, Gas & Energy Law Journal (OGEL)*, 5(4). www.ogel.org/ar

ticle.asp?key=2677

- Ang, B. W., Choong, W. L. y Ng, T. S., 2015. Energy security: definitions, dimensions and indexes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42: 1077-1093.
- Asia Pacific Energy Research Centre (APERC). 2007. *A quest for energy security in the 21st century: resources and constraints*. Asia Pacific Energy Research Centre Institute of Energy Economics, Japan, 113. https://aperc.or.jp/file/2010/9/26/APERC_2007_A_Quest_for_Energy_Security.pdf.
- Bialos, J. P. 1988. *Oil imports and national security: the legal and policy framework for ensuring United States access to strategic resources oil imports and national security*. <https://scholarship.law.upenn.edu/jil/vol11/iss2/2/>.
- Bielecki, J. 2002. Energy security: is the wolf at the door? *The quarterly review of economics and finance*, 42(2), 235-250.
- Bohi, D. R. y Toman, M. A., 1993. Energy security: externalities and policies. *Energy Policy*, 21(11): 1093-1109. doi.org/10.1016/0301-4215(93)90260-M.
- Bollen, J. 2008. *Energy security, air pollution, and climate change: an integrated cost-benefit approach*. MNP, Bilthoven.
- British Petroleum. 2019. *Statistical review of world energy*. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.
- Checchi, A., Behrens, A. y Egenhofer, C. 2009. *Long-term energy security risks for Europe: A sector-specific approach*, vol. 309. CEPS.
- Cherp, A. y Jewell, J. 2010. Measuring energy security: From universal indicators to contextualized frameworks. *The Routledge Handbook of Energy Security*. Routledge, 348-373.
- Cherp, A. y Jewell, J. 2011. The three perspectives on energy security: Intellectual history, disciplinary roots and the potential for integration. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(4): 202-212. doi.org/10.1016/j.cosust.2011.07.001.
- Cherp, A. y Jewell, J. 2013. Energy security assessment framework and three case studies. *International handbook of energy security*. Edward Elgar Publishing.
- Cherp, A. y Jewell, J. 2014. The concept of energy security: Beyond the four As. *Energy Policy*, 75: 415-421. doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005.
- Comisión Europea (CE). 2000. Libro Verde: hacia una estrategia europea para la seguridad del suministro energético. *Energía: Ingeniería energética y medioambiental*, 103-108.
- EIA (Energy Information Administration). 2018. *The national energy modeling system (NEMS)*. <https://www.eia.gov/analysis/pdfpages/m057index.php>.
- EIA. 2018a. *Short term energy outlook*. <https://www.eia.gov/outlooks/steo/>.
- EIA. 2018b. *Direct federal financial interventions and subsidies in energy in fiscal year 2016*. <https://www.eia.gov/analysis/requests/subsidy/pdf/subsidy.pdf>.

- IEA. 2020. *Energy security: Reliable, affordable access to all fuels and energy sources*. <https://www.iea.org/topics/energy-security>.
- Foreign Relations of the United States. 1979. *1850-2022 Oil dependence and U.S. foreign policy*. <https://www.cfr.org/timeline/oil-dependence-and-us-foreign-policy>.
- Global Energy Institute. 2018. *Index of U.S. energy security risk*. <https://www.globalenergyinstitute.org/index-us-energy-security-risk-2020-edition>.
- Hamilton, J. 2008. Understanding crude oil prices. *The Energy Journal*, 30(2): 179-206. Working paper 14492. <https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol30-No2-9>.
- IEA. 2011. *The IEA model of short-term energy security (MOSES)*. <https://www.iea.org/publications>.
- IEA. 2020. *IEA marks historic day in global energy governance with first member country in Latin America, 18 February 2018*. <https://www.iea.org/news/iea-marks-historic-day-in-global-energy-governance-with-first-member-country-in-latin-america>.
- IEA. 2022. *Improving the sustainability of passenger and freight transport*. IEA. <https://www.iea.org/topics/transport>.
- International Energy Agency (IEA). 2011. *The IEA model of short-term energy security (MOSES). Primary energy sources and secondary fuels*. IEA. <https://doi.org/10.1787/20792581>.
- Jewell, J. 2011. *The IEA model of short-term energy security (MOSES): primary energy sources and secondary fuels*. OCDE/ IEA Working Paper.
- Joode, J., Kingma, D., Lijesen, M., Mulder, M. y Shestalova, V. 2004. *Energy policies and risks on energy markets a cost-benefit analysis*. IDEAS, RePEc, Working Paper.
- Jun, E., Kim, W. y Chang, S. H. 2009. The analysis of security cost for different energy sources. *Applied Energy*, 86(10): 1894-1901. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.11.028>.
- Kruyt, B., Van Vuuren, D. P., De Vries, H. J. y Groenenberg, H. 2009. Indicators for energy security. *Energy Policy*, 37(6): 2166-2181. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.02.006>.
- Le Coq, C. y Paltseva, E. 2009. Measuring the security of external energy supply in the European Union. *Energy Policy*, 37(11): 4474-4481.
- Lefèvre, N., 2010. Measuring the energy security implications of fossil fuel resource concentration. *Energy Policy*, 38(4): 1635-1644. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.02.003>.
- Lesbirel, S. H. 2004. Diversification and energy security risks: the Japanese case. *Japanese Journal of Political Science*, 5(1): 1.
- McCarthy, R. W., Ogden, J. M. y Sperling, D. 2007. Assessing reliability in energy

- supply systems. *Energy Policy*, 35(4): 2151-2162.
- Nuttall, W. J. y Manz, D. L. 2008. A new energy security paradigm for the twenty-first century. *Technological forecasting and social change*, 75(8): 1247-1259.
- Painter, D. S. 2014. Oil and geopolitics: the oil crises of the 1970s and the Cold War. *Historical Social Research / Historische Sozialforschung*, 39(4): 186-208.
- Podbregar, I., Šimić, G., Radovanović, M., Filipović, S. y Šprajc, P. 2020. International energy security risk index — Analysis of the methodological settings. *Energies*, 13(12): 3234.
- Puyana, A., Rodríguez Peña, I. y García Manrique, L. 2021. Factores relevantes de la inestabilidad del mercado petrolero. *Revista de Economía Institucional*, 23(45): 227-256. <https://doi.org/10.18601/01245996.v23n45.11>.
- Rodríguez Padilla, V. 2018. *SE: análisis y evaluación del caso de México*. Estudios y Perspectivas – Sede Subregional de la CEPAL en México, CEPAL.
- Rodríguez, I. 2017. Reprimarización con financiarización, un análisis desde el mercado petrolero en América Latina. *Financiarización y crisis de la estructura productiva en países en desarrollo*. México: UNAM.
- Scheepers, M., Seebregts, A., de Jong, J. y Maters, H. 2007. EU standards for energy security of supply. *Gas*, 52(6): 86.
- Sovacool, B. K. 2013. An international assessment of energy security performance. *Ecological Economics*, 88: 148-158. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.01.019>.
- Sovacool, B. K. y Mukherjee, I. 2011. Conceptualizing and measuring energy security: A synthesized approach. *Energy*, 36(8): 5343-5355. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.06.043>.
- Toman, M. A. 1996. Sustainable forest ecosystems and management: a review article. *Forest Science*, 42(3): 366-377.
- United States Senate, 2009. *Excessive speculation in the wheat market*. <https://www.hsgac.senate.gov/imo/media/doc/REPORTExcessiveSpeculationintheWheatMarketwoexhibitchartsJune2409.pdf?attempt=2>.
- Winzer, C. 2012. Conceptualizing energy security. *Energy Policy*, 46: 36-48, jul. doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.067.
- World Energy Council. 2018. *World Energy Trilemma Index 2018*. United Kingdom: World Energy Council con Oliver Wyman.
- Yergin, D. 2006. *Ensuring energy security*. *Foreign affairs*. Council on Foreign Affairs, mar-abr, 69-82.