

Transición Energética en Colombia: No Necesariamente una Realidad que se Sustenta en el Cambio Climático*

Energy Transition in Colombia: A Reality that does not Need to be Sustained by Climate Change

Sylvia Di Terlizzi Escallón**

Iván David Gama***

Tomás Jaramillo Quintero****

Cómo citar este artículo: Di Terlizzi, S.; Gama, I. y Jaramillo Quintero, T. (2021). Transición Energética en Colombia: No Necesariamente una Realidad que se Sustenta en el Cambio Climático. *Verba Iuris*, 17(46), pp. 105-128.

Fecha de Recepción: 22 de enero de 2021 • Fecha de Aprobación: 25 de mayo de 2021

Reception Date: January 22 of 2021 • Approval Date: May 25 of 2021

* El presente artículo se elaboró bajo la coordinación de Carlos Andrés Uribe Piedrahita (PhD) y se vincula con el proyecto de investigación ID 20469 titulado “Hacia una sociedad y economía ética, sostenible e incluyente” de la Pontificia Universidad Javeriana.

** Abogada de la Pontificia Universidad Javeriana con estudios de posgrado en Derecho Comercial de la misma universidad y en Derecho del Medio Ambiente de la Universidad Externado de Colombia. Actualmente es candidata a Magister en Derecho Económico de la Pontificia Universidad Javeriana y trabaja en las compañías del Grupo Enel en Colombia (Emgesa S.A. ESP y Codensa S.A. ESP). CvLAC: <https://bit.ly/3BkKB3u>. ORCID: <https://cutt.ly/YWKNgwh>. Google Académico: <https://cutt.ly/RWKB5x1>. Correo institucional: sylvia.diterlizzi@javeriana.edu.co. Correo personal: sylviaditer@yahoo.com.

*** Abogado de la Universidad Externado de Colombia con estudios de posgrado en Auditoría Forense y Derecho Procesal Penal de la misma universidad. Contador Público de la Pontificia Universidad Javeriana en donde se desempeña como docente del Departamento de Ciencias Contables. Actualmente es candidato a Magister en Derecho Económico de la Pontificia Universidad Javeriana y es Jefe Jurídico Corporativo en Organización Terpel S.A. CvLAC: <https://bit.ly/3Bi9ug3>. ORCID: <https://bit.ly/3hw0H2>. Correo institucional: ivan_gama@javeriana.edu.co. Correo personal: davidgama11@hotmail.com.

**** Abogado de la Pontificia Universidad Javeriana. Actualmente es candidato a Magister en Derecho Económico de la Pontificia Universidad Javeriana y es consultor de la firma Jiménez Higuera Rodríguez & Asociados S.A.S. CvLAC: <https://bit.ly/3DpOnKD>; ORCID: <https://n9.cl/2ay89>. Google Académico: <https://n9.cl/48niz>. Correo institucional: jaramillo-t@javeriana.edu.co. Correo personal: tomasjaramilloq@gmail.com;

* This article was prepared under the coordination of Carlos Andrés Uribe Piedrahita, Ph.D., and is linked to the research project ID 20469 entitled “Towards an ethical, sustainable and inclusive society and economy” of the Pontificia Universidad Javeriana.

** Lawyer from the Pontificia Universidad Javeriana with postgraduate studies in Commercial Law from the same university and Environmental Law from the Externado de Colombia University. He is currently a candidate for a master’s degree in Economic Law from the Pontificia Universidad Javeriana and works in the companies of the Enel Group in Colombia (Emgesa S.A. ESP and Codensa S.A. ESP). Link CvLAC: <https://bit.ly/3BkKB3u>. ORCID: <https://cutt.ly/YWKNgwh>. Google Scholar: <https://cutt.ly/RWKB5x1>. Institutional mail: sylvia.diterlizzi@javeriana.edu.co. Personal email: sylviaditer@yahoo.com.

*** Lawyer from the Externado de Colombia University with postgraduate studies in Forensic Auditing and Criminal Procedure Law from the same university. Public Accountant from the Pontificia Universidad Javeriana where he works as a professor in the Department of Accounting Sciences. He is currently a candidate for a master’s degree in Economic Law from the Pontificia Universidad Javeriana and is Corporate Legal Head at Organización Terpel S.A. Link CvLAC: <https://bit.ly/3Bi9ug3>. ORCID: <https://bit.ly/3hw0H2y>. Institutional mail: ivan_gama@javeriana.edu.co. Personal email: davidgama11@hotmail.com.

**** Lawyer from the Pontificia Universidad Javeriana. He is currently a candidate for a master’s degree in Economic Law from the Pontificia Universidad Javeriana and is a consultant for the firm Jiménez Higuera Rodríguez & Asociados S.A.S. Link CvLAC: <https://bit.ly/3DpOnKD>. ORCID: <https://n9.cl/2ay89>. Google Scholar: <https://n9.cl/48niz>. Institutional mail: jaramillo-t@javeriana.edu.co. Personal email: tomasjaramilloq@gmail.com.

Resumen

El desarrollo de las FNCER busca el mejoramiento del bienestar de la sociedad con la preservación del medio ambiente a través de fuentes de generación de energía mucho más limpias y que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero. En este escrito se busca revisar las causas de la transición energética, así como las más recientes políticas públicas colombianas en el desarrollo de los FNCER y analizar los incentivos tributarios que se han consagrado. Así mismo, proponer algunas modificaciones de cara a los nuevos retos y oportunidades energéticas, particularmente en relación con la novedad del hidrógeno verde como una oportunidad de diversificar la matriz energética.

Palabras Clave: Transición Energética, FNCER, Cambio Climático, Incentivos Tributarios, Hidrógeno Verde.

Abstract

The development of the NCREs seeks to improve society's well-being and environment preservation through cleaner energy sources and the reduction of greenhouse gas emissions. This document is focused on reviewing the causes of the energy transition in Colombian, along with the public policies about NCREs, and analyzing the economic incentives that have been established. Finally, it will propose some adjustments considering the new challenges and opportunities regarding energy, particularly green hydrogen as a new opportunity to diversify the energy matrix.

Keywords: Energy Transition, NCREs, Climate Change, Tax Incentives, Green Hydrogen.

Introducción

En la actualidad, la transformación energética y el cambio climático son dos temas que ocupan un papel preponderante en cualquier agenda política, y no es de extrañar: cualquier gobierno se enfrenta al reto de lograr el desarrollo económico y mejorar las condiciones sociales de sus gobernados, a la vez que adoptar medidas para alcanzar una mayor estabilidad climática a nivel global (Kozul-Wright 2019).

El discurso dominante indica que la transición energética se explica por la necesidad de reducir los impactos negativos del cambio climático y si bien entre estos dos tópicos existe una estrecha relación y de cierta manera una de causa y efecto, no necesariamente el uno está propiciado por el otro. En otras palabras, alcanzar las metas

de reducción de gases de efectos invernadero que son el principal objetivo establecido a nivel mundial para reducir el cambio climático puede verse altamente favorecido por la transición energética, pero esta última no tiene su razón de ser sólo en el tema climático.

Esto es lo que ocurre en el caso de Colombia. El país tiene una de las matrices de generación eléctrica más limpias del mundo, con un bajo aporte en gases de efecto invernadero, por lo que las razones que motivan la transición energética son esencialmente de carácter social y económico y no medioambiental. Se analizará por tanto en qué consiste la transición energética y cómo se viene implementando en Colombia, analizando también los principales incentivos de carácter tributario que han venido diseñando los gobiernos de turno para su concreción para dar

lugar a nuevas tecnologías como es el caso del hidrógeno verde.

Este trabajo se estructura en tres secciones: en la primera se explora en qué consiste la transición energética y se analizan sus principales *drivers*. Así mismo, se hacen algunas consideraciones en torno al tema del cambio climático. La segunda parte se centra en la transición energética en Colombia, en particular las diferentes políticas y el marco regulatorio que se ha desarrollado para el efecto; y, por último, en el tercer capítulo, se analizan los beneficios tributarios para el desarrollo de los proyectos en FNCER y finaliza con el estado del arte del hidrógeno verde en el mundo y Latinoamérica, como una propuesta para contemplar en el mediano plazo en la canasta energética de Colombia.

Transición Energética y Cambio Climático

La transición energética hace parte de una visión holística de la necesidad de una verdadera transformación económica que haga frente a la creciente desigualdad económica, a problemas de justicia social y, por supuesto, a la problemática asociada al cambio climático. Pero si bien estas problemáticas son comunes en todos los estados, las dinámicas de estas tensiones varían de país a país y por eso, las diferentes alternativas para hacerles frente también lo hacen, sin dejar de lado la importancia de la cooperación internacional para alcanzar las metas del desarrollo sostenible (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2020). En consecuencia, para alcanzar este objetivo se requiere la implementación de políticas locales y de programas de cooperación internacional.

¿Qué es la Transición Energética?

La energía ha sido determinante en el desarrollo de la humanidad y así como ha evolu-

cionado la organización política, económica y social de los seres humanos, también lo han hecho las fuentes energéticas.

Mirando la historia, la primera fuente de generación de energía fue la madera, abundante y barata por miles de años. Posteriormente con la industrialización se dio la primera gran transición energética hacia el carbón, sin embargo, para mediados del siglo XX, las limitaciones del carbón y los efectos ambientales por su utilización, dieron lugar a la generación de energía con plantas a gas o plantas nucleares; ahora se avizora la transición hacia la fuente energética más común en todo el planeta que es el sol (Usher, 2019). También hay que agregarse otras fuertes alternativas como el viento, la geotermia o el hidrogeno verde, entre otros:

Ese cambio entre fuentes de energía es el hecho sustancial que subyace a lo que se denomina transición energética; sin embargo, este concepto incluye mucho más. Según Smil, la transición energética implica un cambio en la estructura primaria de la energía, una modificación en el patrón de suministro que termina definiendo al sistema energético dada la participación de determinadas fuentes en el mercado que se consolidan con el paso del tiempo, en lo que influyen también la sustitución de productos y la innovación (2010). A esta definición, hay que agregarle un elemento más y es relativo a los costos de las nuevas energías y la tecnología para su implementación.

Usher (2019) señala que de las diferentes transiciones energéticas que se han presentado en la historia, se pueden extraer cuatro lecciones:

- El mayor *driver* de la transición energética son los costos, ya que esto hace que una fuente de energía pueda ser sustituida por otra;
- La transición energética es lenta y usualmente se demora por temas regulatorios, la influencia de los gobiernos del momento y la incertidumbre sobre la tecnología;

- La innovación puede accionar y acelerar la transición energética; y
- La transición energética tiene imprevistas pero dramáticas consecuencias materiales, por ejemplo, la transición de la madera al carbón permitió un aumento en el bienestar humano, pero también desencadenó el cambio climático por razones antropológicas.

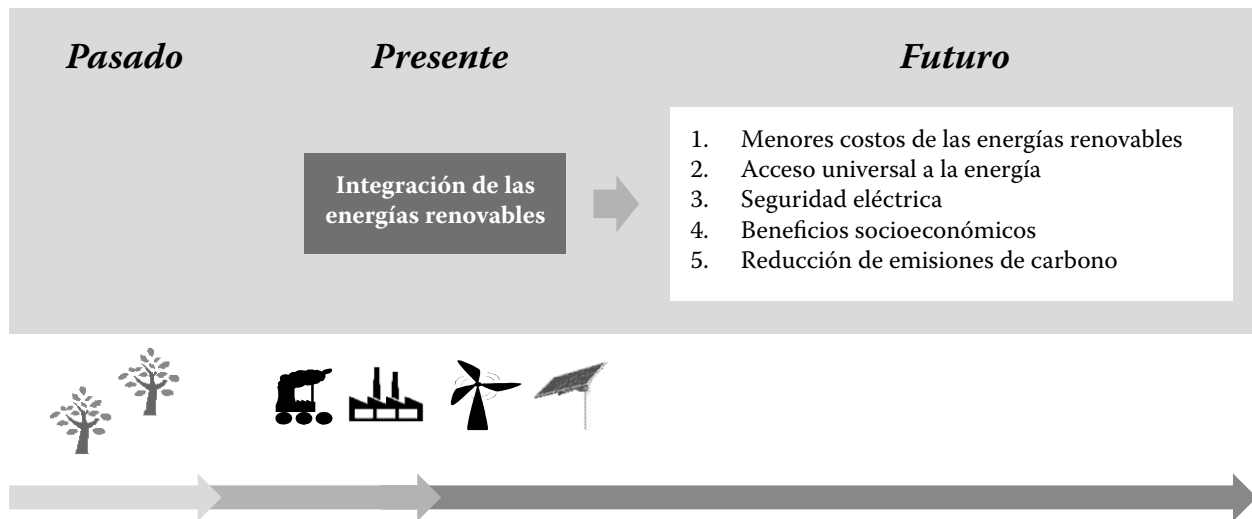
Pero si bien estos aprendizajes son conclusiones que se derivan del pasado, también se hace indispensable analizar qué se avizora hacia el futuro, y es por eso que la transición energética se debe entender como un cambio que se ve propiciado por otras razones (IRENA, 2020):

- La rápida disminución en el costo de las energías renovables, en especial solar y eólica;
- El acceso universal a la electricidad;

- El mejoramiento de la seguridad eléctrica;
- La generación de beneficios socioeconómicos;
- El mejoramiento de la calidad del aire; y
- La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero con sus respectivos impactos en el clima.

Todas las anteriores consideraciones permiten indicar que la transición energética es un fenómeno que tiene amplias implicaciones en lo económico, ya que la energía tiene una incidencia no sólo en el sector eléctrico como tal, sino que también interactúa con todos los demás sectores de la economía ya que es un insumo fundamental dentro de toda la cadena de producción y está presente en todas sus etapas (Cortés, Arango Londoño 2017). Así mismo, la energía tiene importantes impactos no sólo en lo ambiental sino también en lo social.

Figura 1. *Transición Energética. Pasado, Presente y Futuro*



Nota. El gráfico representa las diferentes etapas de las transiciones energéticas a lo largo de la historia. *Fuente:* Elaboración propia.

A continuación, se pasan a analizar brevemente cada uno de los *drivers* que propician la transición energética:

Menores Costos de las Energías

La electricidad es un *commodity* y como tal es fungible, por lo que los consumidores siempre reciben el mismo bien independientemente de su fuente de generación. Sin embargo, desde la generación hasta el consumo son diferentes los costos a considerar, lo cuales también varían dependiendo de la fuente. En efecto, se tiene que considerar los costos asociados a la construcción y operación de la planta de generación, los de transporte y distribución de la electricidad, así como otros costos como arrendamiento o de oportunidad. De igual manera, existen costos asociados a la contaminación.

A lo largo de la historia los combustibles fósiles se han caracterizado tanto por su abundancia, como por su poder energético y por sus bajos costos. Sin embargo, las implicaciones que en materia de contaminación conllevan, han dado lugar al desarrollo de energías renovables, como la solar, que cada vez se vuelven más económicas¹. Esto es de la mayor relevancia, porque si bien la transición energética no se puede dar sólo conforme interactúan las fuerzas de mercado (IRENA, 2020), lo cierto es que la competitividad en los costos de las nuevas fuentes es esencial para que se dé la transición energética (Usher, 2019).

Acceso Universal a la Electricidad

La transición energética que implica a su vez una transformación de los sistemas energéticos

¹ Usher explica en su libro “Renewable Energy: A Primer for the Twenty-First Century” que en materia de generación con paneles solares y la reducción en sus costos se ha propuesto la Ley de Swanson, conforme la cual el costo de producción de los planes fotovoltaicos disminuye aproximadamente un 20% cada vez que se duplica la producción acumulada (2019).

es un importante medio para poder mejorar la calidad de vida de las personas (IRENA, 2020).

La energía por sí sola no tiene valor intrínseco, mientras que el estilo de vida cambia cuando se proveen servicios energéticos modernos. Esos servicios resultan de la operación combinada de fuentes primarias de energía, tecnologías relacionadas con las energías, trabajo, materiales e infraestructura. Comprenden iluminación, refrigeración, transporte, entre otros (Heffron et al., 2018).

Este tema resulta de la mayor importancia pues el garantizar el acceso a la electricidad a cada vez más personas ha puesto sobre la mesa el debate sobre la consolidación o no de un derecho humano al acceso a la electricidad y el reconocimiento de un mínimo vital a este servicio² y aunque la discusión sólo se encuentra en sus albores, lo que resulta irrefutable es que un adecuado acceso a la electricidad aporta a la calidad de vida y la dignidad de las personas.

Mejoramiento de la Seguridad Eléctrica

La alta dependencia de los estados de una exclusiva fuente de generación de electricidad, los hace altamente vulnerables a situaciones que pueden alterar el acceso ininterrumpido, permanente y asequible a la electricidad. De conformidad con la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés), la seguridad eléctrica tiene dos importantes consideraciones de carácter temporal: en el corto plazo, se refiere

² En el seno de la ONU, el 25 de septiembre de 2015 se adoptó la agenda de desarrollo sostenible con vigencia hasta el año 2030 – Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030. Uno de ellos es precisamente el de garantizar el acceso a la electricidad asequible, seguro, sostenible y moderna. En cuanto al reconocimiento del Derecho Humano al acceso a la electricidad, se pueden consultar los documentos de Stephen Tully “Access to Electricity as a Human Right” (2006) y de Lars Löfquist “Is there a universal human right to electricity?” (2020).

a la capacidad de poder atender oportunamente cambios repentinos en la oferta y en la demanda de electricidad; mientras que en el largo plazo se refiere a las inversiones necesarias para garantizar el suministro de energía de conformidad con el desarrollo económico y las necesidades de carácter ambiental (2020).

El escenario de largo plazo hace necesario también propiciar la flexibilidad de los sistemas energéticos³ para que puedan penetrar las energías renovables, en especial las no convencionales (IRENA, 2020). Adicionalmente, para garantizar la seguridad eléctrica, otro elemento muy importante es la consecución de un consumo más eficiente de electricidad, lo que redundará en menores costos y menores cantidades de energía consumida, así como en la implementación de nuevas tecnologías (Cassiers, 2010).

Generación de Beneficios Socioeconómicos

Como ya se mencionó, la electricidad es un componente integral y transversal de la economía. En esa misma medida, tiene también importantes impactos en lo social, pues como también fue indicado previamente, el acceso universal a la electricidad tiene un directo impacto en la dignidad de las personas. Adicionalmente,

³ Como también lo explica IRENA en el documento “Flexibilidad del sistema eléctrico para la transición energética. Parte I. Panorama general para los encargados de generar políticas”, la inclusión de fuentes renovables no convencionales como lo son la energía solar y eólica requiere que los sistemas eléctricos se adapten en todas sus etapas para poder equilibrar la oferta y la demanda que pueden atender estas nuevas fuentes, incluso con el planteamiento de la inclusión de una nueva etapa muy relevante que es la asociada al almacenamiento de energía, donde otras tecnologías como los vehículos eléctricos se convierten en actores relevantes para garantizar la estabilidad y confiabilidad de los sistemas. Disponible en <https://www.irena.org/publications/2018/Nov/Flexibilidad-del-Sistema-Elctrico-Para-la-Transicion-Energetica>

conforme lo pronostica IRENA, la transición energética tendrá importantes impactos en el mercado laboral ya que la transición energética generará nuevos empleos (2020).

Sin embargo, la otra cara de la moneda es que igualmente se puedan perder puestos de trabajo principalmente aquellos asociados al sector de los combustibles fósiles. Se requerirá, por tanto, también una transición en este sentido de tal manera que la mano de obra que actualmente está calificada para trabajar en un mercado que seguramente en el mediano plazo tenderá cada vez a reducirse más, pueda generar capacidades para poder adaptarse a las nuevas necesidades que propicia la transición energética.⁴

Mejoramiento de la Calidad del Aire

Una externalidad positiva de la transición energética es precisamente la reducción del uso de fuentes contaminantes para la generación de electricidad lo que redundará en una mejor calidad del aire y una mejor salud respiratoria para las personas (IRENA, 2020).

Reducción de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero con sus Respective Impactos en el Clima

Sobre este tema se hará referencia en la siguiente sección.

La transición energética es una realidad que llegó para quedarse y que enfrenta importantes retos para su concreción. Implica también atender necesidades desde una perspectiva económica, social y ambiental y en ello resulta determinante

⁴ IRENA incluso pronostica que la transición energética propiciará un crecimiento del empleo total del 0,2% a nivel global para el año 2050 y un aumento del PIB del 2,5% (2020). Es importante hacer mención a estos indicadores, sin embargo, se recomienda analizarlos y considerarlos con prudencia.

la adopción de políticas públicas para garantizar no sólo una transición eficiente sino también justa y equitativa⁵, de tal manera que no termine convirtiéndose en un instrumento que favorecen a grupos de interés y no a las generaciones presentes y futuras como lo propone el desarrollo sostenible. En otras palabras, la transición energética no puede favorecer a unos pocos y contribuir a la ampliación de la brecha de la desigualdad, no sólo entre países desarrollados y en vía en desarrollo, sino también al interior de las sociedades de cada país.

Para alcanzar este objetivo es fundamental el papel de los hacedores de políticas públicas quienes al definir las políticas a aplicar en materia de energía deberán consultar lo que la doctrina ha denominado el trilema energético y que se muestra y explica en la siguiente gráfica:

Figura 2. El Trilema de la Energía



Nota. La figura que se incluye es simplemente una adaptación de la gráfica propuesta por en el documento “Balancing the energy trilemma through the Energy Justice Metric” de Raphael Heffron y otros autores (2015).

Consideraciones sobre el Cambio Climático

Existe una estrecha relación entre energía y ambiente en el ciclo natural del combustible. Desde la exploración, extracción, transporte, distribución hasta el consumo y disposición final de los recursos naturales que se usan para genera energía, siempre se presentan consecuencias ambientales (Heffron et al. 2018) y una de las que más preocupación genera el cambio climático y que se refiere a la alternación de la composición de la atmósfera como consecuencia de las actividades del hombre en un lapso determinado de

⁵ Heffron *et.al* proponen el concepto de la justicia energética como un principio de la disciplina del Derecho Energético y que se base en tres elementos: justicia distributiva, justicia procedimental y la justicia como reconocimiento. i) La justicia distributiva apunta a la distribución de los beneficios y detrimentos transversales a toda la sociedad sin importar su ingreso, raza, etc; ii) La justicia procedimental establece que todos los grupos deben estar habilitados para participar en la toma de decisiones y sus contribuciones deben ser tomadas en cuenta seriamente. Esto implica también participación y el suministro de información completa e imparcial por parte de los gobiernos, así como el uso de mecanismos de compromiso apropiados; y iii) - La justicia como reconocimiento, no se debe confundir con la tolerancia, sino que apunta a una representación justa de los individuos, libre de amenazas físicas y con completos y equitativos derechos políticos. Hace un llamado al reconocimiento de las perspectivas divergentes que se han enraizado en la sociedad, la cultural, en temas étnicos, raciales y de género. Al respecto se pueden consultar los documentos “A treatise for Energy Law” (Heffron et al. 2018) y “Resolving society’s energy trilemma through the Energy Justice Metric” (Heffron et al. 2015).

tiempo⁶ y que se materializa en un aumento de la temperatura del planeta que genera fenómenos naturales de alcances catastróficos.

Dada la magnitud de esta problemática y el consenso internacional sobre la necesidad de propiciar un desarrollo sostenible, en el año de 1992 las Naciones Unidas, en el seno de la Conferencia de Río de Janeiro abrió para la firma de los Estados la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático, instrumento de carácter jurídico cuyo propósito es “[...] *la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático*” (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 1992, Artículo 2).

La Convención Marco de las Naciones Unidas no establece metas específicas de reducción de las emisiones nocivas ni tampoco tiene una fecha específica de vigencia. No obstante, introduce obligaciones muy relevantes para las partes entre ellas, la obligación de adoptar políticas y programas nacionales y medidas de mitigación para alcanzar el objeto de este instrumento⁷, la elaboración y publicación de inventarios nacionales de emisiones y de la absorción de los gases de efecto invernadero⁸ y la promoción y el apoyo de la cooperación internacional para la investiga-

ción científica, la transferencia tecnológica y el intercambio de información⁹ (Figura 3).

Posteriormente, en el 2005 entra en vigor el Protocolo de Kyoto que establece metas específicas de reducción de emisiones en un marco de tiempo comprendido entre 2008 y 2020¹⁰, con acciones específicas a cargo de los países desarrollados que cuentan con diferentes alternativas para alcanzar los compromisos previstos en este acuerdo¹¹, y más recientemente en 2015 se adopta el Acuerdo de París con el objeto de acelerar e intensificar las acciones para alcanzar la reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero.

En particular, el Acuerdo de París establece un objetivo cuantificable de reducción: “*Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático.*” (ONU 2015, artículo 2).

Adicionalmente establece la obligación de declarar las contribuciones declaradas a nivel

⁶ La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático define el cambio climático de la siguiente forma “[...] *un cambio de clima atribuible directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.*” (ONU 1992, artículo 1).

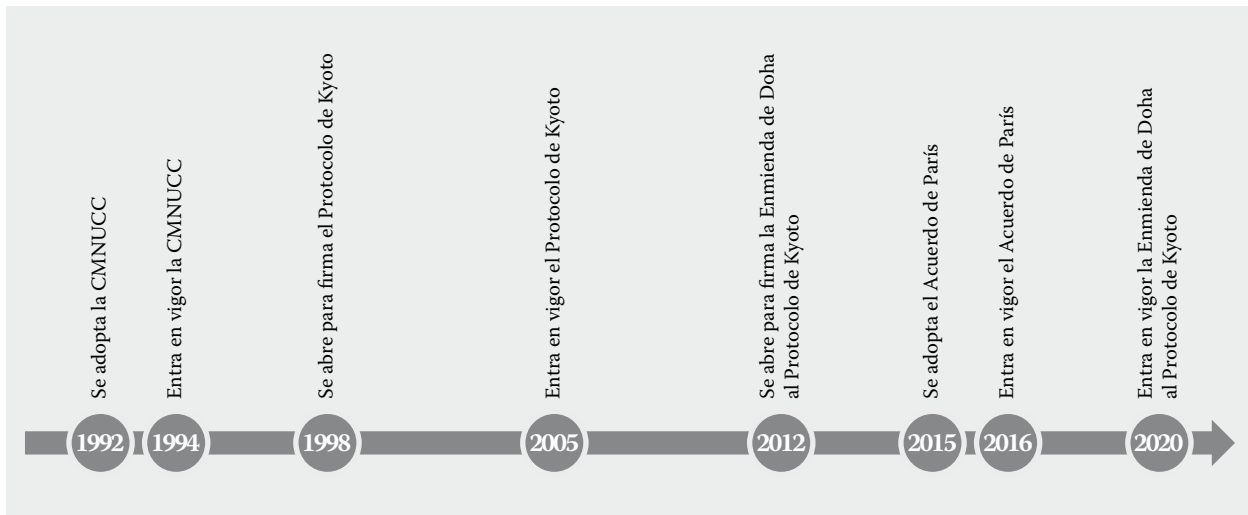
⁷ Ver artículo 4, numeral 1, literal b., para el caso de los países en vía de desarrollo, y el numeral 2, literal a., para el caso de los países desarrollados de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.

⁸ Ver artículo 4, numeral 1, literal a. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático.

⁹ Ver el artículo 4, numeral 1 literales g. y h. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.

¹⁰ Con la entrada en vigor de la Enmienda de Doha al Protocolo de Kyoto, se diferenciaron metas de reducción de emisiones para los países incluidos en el Anexo B entre 2008 y 2012 y 2013 y 2020.

¹¹ Los países desarrollados de conformidad con el Protocolo de Kyoto tiene la opción de transferir, o adquirir unidades de reducción de emisiones o incrementar los sumideros de gases de efecto invernadero, de conformidad con el Artículo 6, así como acudir mecanismos de desarrollo limpio previstos en el Artículo 12 y al comercio de derechos de emisión, lo que comúnmente se denomina en el mercado como los bonos de carbono de conformidad con lo previsto en el Artículo 17 de este instrumento. El texto completo se puede consultar en: <https://unfccc.int/es/node/402>

Figura 3. Principales Hitos Internacionales en Materia de Cambio Climático

Nota. La gráfica ha sido elaborada con base en la información disponible en la página web de Cambio Climático de las Naciones Unidas. *Fuente:* <https://unfccc.int/es/process-and-meetings#:a0659cbd-3b30-4c05-a4f9-268f16e5dd6b>.

nacional cada cinco años¹² y establece la obligación de elaborar un primer balance de las medidas adoptadas por los estados en el año de 2023, luego de lo cual seguirán otros cada cinco años¹³.

La Transición Energética en Colombia

La matriz de generación eléctrica en el país es la sexta más limpia del mundo (Asociación Colombiana de Generadores [Acolgen], 2019), ya que su principal componente son las fuentes hidráulicas como se puede ver en la Gráfica 4. No por eso el tema de la transición energética deja de tener relevancia en la agenda política del gobierno, especialmente dada la vulnerabilidad que para el sistema representa la hidrología en el país, así como la tendencia creciente en el consumo de energía y la necesidad de establecer un sistema eléctrico mucho más equitativo, eficiente y competitivo que permita alcanzar, entre otros, también metas de carácter social

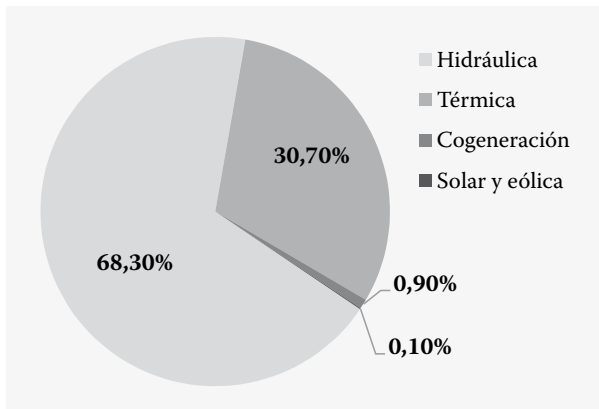
como la satisfacción de necesidades básicas insatisfechas asociadas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica, especialmente en zonas rurales, y otras asociadas al de desarrollo sostenible (Ministerio de Minas y Energía de Colombia 2020).

Adicionalmente, la matriz de generación eléctrica en Colombia es una de baja emisión de gases de efecto invernadero. Como se puede observar en la Gráfica 5, las emisiones de dióxido de carbono del sector eléctrico promedio históricas entre 1990 y 2012 es sólo del 4% frente a las emisiones totales del país (Acolgen 2019).

¹² Ver artículo 4, numerales 8 y 9 del Acuerdo de París. El texto completo se puede consultar en: <https://unfccc.int/es/node/513>

¹³ Ver artículo 14, numeral 2 del Acuerdo de París.

Figura 4. Matriz de Generación Eléctrica

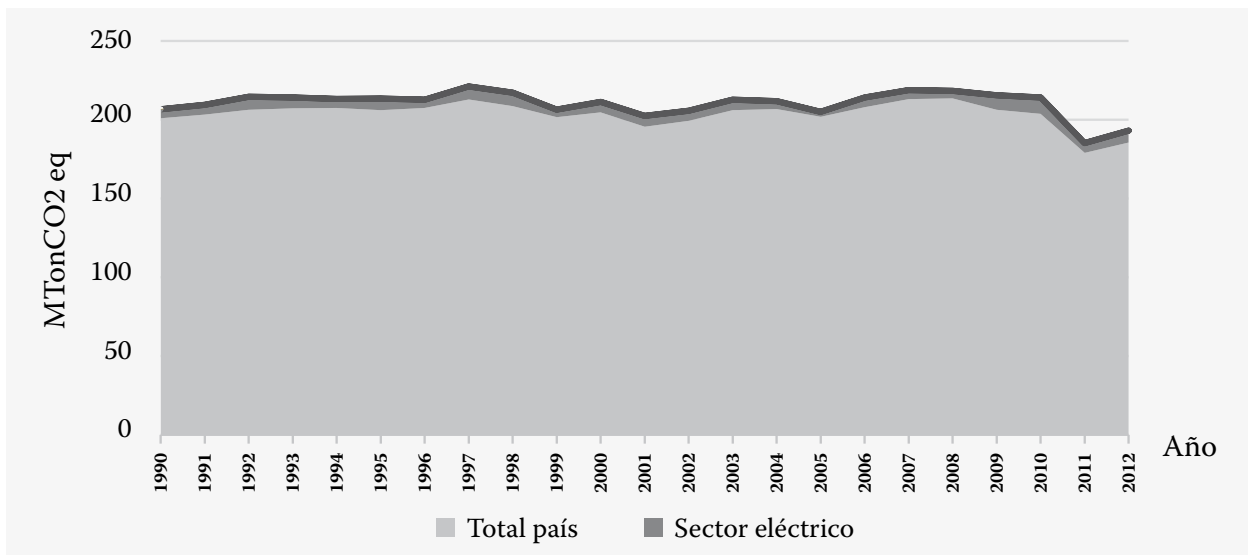


Nota. La gráfica ha sido elaborada por los autores con base en información tomada de la página web de Acolgen <https://www.acolgen.org.co/>. Adicionalmente es importante señalar que dentro de las fuentes que se utilizan para la generación térmica figuran en primer lugar el gas natural, seguido del carbón y los combustibles líquidos (Ministerio de Minas y Energía de Colombia 2020).

Si se mira incluso la producción total de gases de efecto invernadero en la economía discriminado en sectores con base en el inventario de gases de efecto invernadero para la serie histórica de 1990-2012, también se observa que el aporte del sector eléctrico es bajo. En efecto la participación del sector eléctrico es de tan solo 7,5MTonCo2eq y corresponde a la quema de combustibles fósiles en las centrales térmicas (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] et al., 2016)¹⁴ (Figura 5).

Los datos ponen por tanto de presente que la transición energética en Colombia no se motiva principalmente en las consideraciones asociadas al cambio climático que se analizaron en la sección anterior, sino que sus *drivers* son otros como se pasa a explicar a continuación.

Figura 5. Emisiones del Sector Eléctrico (Serie 1990-2012)



Nota. Esta gráfica ha sido elaborada por los autores de este trabajo con base en la información que se puede encontrar en la página web de Acolgen <https://www.acolgen.org.co/>.

¹⁴ La producción total gases de efecto invernadero de conformidad con el último inventario disponible para el año 2012 fue de 258,8MtonCo2eq. La participación total de los sectores es la siguiente: el sector de Minas y

Energía aporta el 10%, el sector forestal el 36%, el sector agropecuario el 26%, la industria manufacturera y el transporte, cada una el 22%, el sector de saneamiento el 4% y el sector comercial e industrial el 3%.

Caso Colombiano

Antecedentes de las FNCER

Una de las primeras referencias que en Colombia se hacen de las FNCER se encuentra en el documento “*Políticas en fuentes alternas de energía: presente y futuro*” de 1992 y en el “*Plan Energético Nacional -PEN- 1997-2010*”, denominado “*Autosuficiencia Energética Sostenible*” (Rodas-Monsalve, J.C., Hernández-Muñoz, M.A., 2019).

Luego, en el tercer PEN presentado en el 2003 con el nombre de “*Estrategia Energética Integral: visión 2003-2020*”, se mantuvieron los objetivos de esta política, pero se incursionó en la promoción del Uso racional de la energía –URE–. En materia de energías renovables, este PEN propuso elevar la participación de las energías alternativas en las ZNI.

En la cuarta versión del PEN denominada “*Contextos y estrategias 2006-2025*”, la promoción de las energías renovables fue asumida como eje transversal y este plan reconoció que:

[E]ra necesario evaluar detalladamente la inclusión de las fuentes no convencionales de energía para la generación de electricidad, empleado tecnologías que tomen en cuenta las condiciones de las zonas donde se van a instalar y buscando apoyo financiero de recursos de cooperación internacional o del mercado internacional del carbono para la implementación de estos proyectos.

Por último, en el PEN titulado “*Ideario Energético 2050*” (2015a) se hace referencia a las nuevas tendencias energéticas, el mercado cercano hacia las energías renovables y se mencionan unas ideas para políticas energéticas de largo plazo (Rodas-Monsalve, J.C., Hernández-Muñoz, M.A., 2019).

Una vez revisadas las condiciones sobre la transición energética y cada uno de los drivers que la propician, se hace necesario revisar los avances particulares que ha tenido Colombia con la transición energética y lo contenido en los

últimos programas del Gobierno Nacional para su implementación.

Igualmente, es indispensable hablar de la complementariedad de la generación hidroeléctrica con las FNCER y propender por una combinación de las energías renovables con las que no lo son, para así lograr una seguridad energética en nuestro país por efectos del cambio climático y los fenómenos que tienen incidencia en Colombia –como El Niño–.

Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, “Prosperidad Para Todos”. Aprobado mediante la Ley 1450 del 2011

En este PND se incorporaron unos ejes transversales para el desarrollo del programa “*Prosperidad Para Todos*”. Uno de los pilares, contenido en el artículo 3 de esta Ley 1450 del 16 de junio de 2011, estableció y procuró lo siguiente:

... [u]na sociedad para la cual la sostenibilidad ambiental, la adaptación al cambio climático, el acceso a las tecnologías de la información las comunicaciones y el desarrollo cultural sean prioridad y un elemento esencial del bienestar y como principio de equidad con las futuras generaciones.

Ahora bien, el artículo 57 de este PND se refiere a las condiciones eficientes para el uso de infraestructura eléctrica para la provisión de servicios de telecomunicaciones, pero es el artículo 105 que abre la vía para la continuación del desarrollo de las energías renovables en Colombia al señalar lo siguiente:

El gobierno Nacional diseñará e implementará una política nacional encargada de fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación en las energías solar, geotérmica, mareomotriz, hidráulica, undimotriz y demás alternativas ambientalmente sostenibles, así como una política nacional orientada a valorar el impacto de carbono en los diferentes sectores y a establecer estímulos y alternativas para reducir su huella en nuestro país.

Este programa de gobierno no consagra una continuidad a los objetivos y metas de largo plazo planteados en los anteriores PND –Leyes 812 de 2003 y 1151 de 2007–, en relación con políticas de renovación de energías con fuentes no convencionales. A esta afirmación se llega al revisar la derogatoria y vigencia de las normas establecidas en este PND (artículo 276), disposición que no hace referencia a las anteriores políticas o metas de las anteriores administraciones sobre las FNCER.

Ahora bien, se debe aclarar que esta no continuidad de las políticas del anterior gobierno no significa que este plan analizado sea desarticulado o ajeno a los compromisos que había adquirido Colombia previamente. Por el contrario, las autoridades nacionales tienen la obligación de continuar adelantando los esfuerzos para lograr la sostenibilidad ambiental y fomentar la transición energética de acuerdo con los acuerdos internacionales, recomendaciones de Organizaciones No Gubernamentales y las recomendaciones de organismos multilaterales como la OCDE.

En el documento Bases del Plan de Desarrollo 2010-2014 (2011), en su capítulo VI referente a la “*sostenibilidad ambiental y prevención del riesgo*” se hace énfasis en que el sector minero-energético, además de ser una locomotora para el crecimiento, tiene la responsabilidad de garantizar el abastecimiento energético para el desarrollo sostenible de las demás locomotoras.¹⁵

Se tiene entonces que la consolidación de este PND y la materialización de la política pública para las FNCER de la expedición y entrada en vigor de la Ley 1715 de 2014. Es a través de esta Ley que se establece el marco legal y los instrumentos para la promoción, desarrollo y utilización de las

¹⁵ Este PND consagró la figura de unas locomotoras como el símil a aquellas áreas de la economía en las cuáles el gobierno consideraba eran las indispensables incentivar para que impulsaran en general la economía. Estas locomotoras eran las siguientes: agricultura, vivienda, infraestructura, minería e innovación.

Fuentes No convencionales de Energía Renovables (FNCER) en el sistema energético nacional.

En línea con lo anterior, la UPME (2015b) sostiene que solamente hasta el año 2014 en Colombia no se habían implementado mecanismos de apoyo explícito a las FNCER e incluso había identificado una serie de barreras de entrada para estas. Dentro de las estudiadas por esta Unidad Administrativa, se tienen las siguientes: la ausencia de políticas de subsidios, falta de información de los costos reales de inversión de proyectos, ausencia de personal técnico calificado, inexistencia de modelos o metodologías para el exitoso desarrollo de sistemas FNCER en ZNI.

Aristizábal, Güiza-Suárez y Hernández-Muñoz manifiestan que actualmente la Ley 1715 de 2014 es un gran “avance en el camino hacia la implementación de las energías renovables no convencionales dentro de la matriz y el mercado en Colombia”. Señalan también estos autores que esta norma tiene como objetivo promover el desarrollo y la utilización de fuentes no convencionales de energía, en especial las de carácter renovable, como un medio necesario para el desarrollo económico sostenible. (2019).

Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, “*Todos por un Nuevo País. Paz, Equidad y Educación*”. Aprobado mediante la Ley 1753 del 2015

En principio, dentro de los pilares de este PND no está contemplada la continuidad de una política nacional encargada de fomentar nuevas fuentes de energías. No obstante, este PND sí establece una estrategia con tres objetivos para el crecimiento verde en el país: (i) avanzar hacia un crecimiento sostenible y bajo en carbono; (ii) proteger y asegurar el uso sostenible del capital natural y mejorar la calidad y gobernanza ambiental; (iii) lograr un crecimiento resiliente y reducir la vulnerabilidad frente a los riesgos de desastres y al cambio climático.

Por lo anterior, se establecen unas guías generales para el desarrollo del sector hidrocarburífero en armonía con el medio ambiente y se resalta que, entre los compromisos adquiridos por Colombia en el marco de su ingreso a la OCDE, se encuentra la diversificación de la canasta energética. En esta línea, uno de los principales aspectos para desarrollar según este PND es la disminución en el uso del diésel y la gasolina los cuales son empleados para atender los sistemas de transporte particular y público en las poblaciones.

Ahora bien, con respecto a las estrategias transversales, el Gobierno Nacional buscó reglamentar el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE), orientado a financiar programas de penetración de fuentes no convencionales y gestión eficiente de la energía (DNP 2015). Adicionalmente, este PND creó la Agencia de Eficiencia Energética y se insistió en recomendaciones de la OCDE de integrar soluciones de baja intensidad en carbono, es decir, que incentive las fuentes renovables no convencionales. Se dijo lo siguiente en el PND:

Dados los costos eficientes de las energías renovables no convencionales y los incentivos de la Ley 1715 de 2014, se debe analizar entre estas tecnologías, una alternativa de solución para alcanzar la meta de universalización del servicio puesto que de esta forma se podría reducir la inversión requerida, minimizar el impacto sobre las tarifas en el SIN con el reemplazo de la energía térmica por la entrada de energía eólica y solar y ampliar la cobertura en menor tiempo y de manera eficiente.

Antes de culminar el periodo de este PND, el Gobierno Nacional expidió el CONPES 3934 que estableció los parámetros de una política de crecimiento verde y se destaca de este documento la búsqueda de nuevas fuentes de crecimiento que sean más sostenibles (Conpes, 2018). Este documento citó las principales conclusiones de la Misión de Crecimiento Verde –iniciativa del DNP– estableciendo que una de las barreras más importantes para contar con una mayor participación de las FNCER en la oferta energética son las dificultades

de desarrollar y financiar proyectos de generación de energía con base en estas tecnologías¹⁶.

Luego, el Decreto No. 0570 del 23 de marzo de 2018 expedido por el Ministerio de Minas y Energía adicionó un capítulo al Decreto Único Reglamentario del Sector administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015. Esta norma sentó unos lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica. Dentro de los objetivos para implementar los lineamientos de política pública para definir e implementar mecanismos que promuevan la contratación de largo plazo para los proyectos de generación de energía eléctrica y que sean complementarios¹⁷.

Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 - “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”. Aprobado mediante la Ley 1955 de 2019

En las bases de este PND, se establece expresamente que se debe aumentar la competencia de

¹⁶ Otras de las dificultades que encontró esa Misión de Crecimiento Verde fueron: No conocer la estructura de costos, expectativas de los ingresos, mecanismos de financiación de los proyectos, el diseño actual del mercado y el nivel esperado de ingresos por ventas en bolsa. El licenciamiento ambiental también es una dificultad detectada, particularmente por las exigencias en cuanto a la presentación de un diagnóstico ambiental de alternativas para proyectos de exploración y uso de FNCER.

¹⁷ Se tienen los siguientes mecanismos: (i) fortalecer la resiliencia de la matriz de generación de energía eléctrica ante eventos de variabilidad y cambio climático a través de la diversificación del riesgo; (ii) promover la competencia y aumentar la eficiencia en la formación de precios a través de la contratación de largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica nuevos y/o existentes; (iii) mitigar los efectos de la variabilidad y cambio climático a través del aprovechamiento del potencial y la complementariedad de los recursos energéticos renovables disponibles, que permitan gestionar el riesgo de atención de la demanda futura de energía eléctrica; (iv) fomentar el desarrollo económico sostenible y fortalecer la seguridad energética regional; (v) reducir las emisiones.

los mercados energéticos, diversificar las fuentes primarias de generación, facilitar la entrada masiva de energías renovables no convencionales, adoptar medidas técnicas habilitantes para acomodar la innovación, eliminar las barreras a la inversión y transacciones con recursos distribuidos, rediseñar esquemas de subsidios y aumento de cobertura. En otras palabras, a través de este instrumento se retoma nuevamente en la agenda política el tema de las FNCER, ya mencionado en el PND del 2010-2014.

Los artículos 174 y 175 de este PND consagran unos incentivos a la generación eléctrica con fuentes no convencionales (FNCER) y se adicionan unas partidas arancelarias. Estos dos artículos modificaron disposiciones tanto de la Ley 1715 de 2014 y del Estatuto Tributario y este tema se tratará a profundidad en el próximo acápite.

Una de las disposiciones más importantes del PND vigente tiene que ver con lo establecido en el artículo 296 que indica lo siguiente:

ARTÍCULO 296. MATRIZ ENERGÉTICA. En cumplimiento del objetivo de contar con una matriz energética complementaria, resiliente y comprometida con la reducción de emisiones de carbono, los agentes comercializadores del Mercado de Energía Mayorista estarán obligados a que entre el 8 y el 10% de sus compras de energía provengan de fuentes no convencionales de energía renovable, a través de contratos de largo plazo asignados en determinados mecanismos de mercado que la regulación establezca. Lo anterior, sin perjuicio de que los agentes comercializadores puedan tener un porcentaje superior al dispuesto en este artículo.

El Ministerio de Minas y Energía, o la entidad a la que este delegue, reglamentará mediante resolución el alcance de la obligación establecida en el presente artículo, así como los mecanismos de seguimiento y control, sin perjuicio de la función sancionatoria de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). Las condiciones de inicio y

vigencia de la obligación serán definidas en dicha reglamentación.

Se tiene que para el Gobierno Nacional es claro que para continuar avanzando en la transición energética son necesarias fuentes más limpias y responsables con el medio ambiente. Dentro de los proyectos de generación de fuentes no convencionales en Colombia se tienen nueve eólicos en La Guajira y cinco solares repartidos en Cesar con dos y uno para Córdoba, Valle del Cauca y Tolima, respectivamente (Ministerio de Minas y Energía, 2020b).

Igualmente, se comienza a hablar de la complementariedad que debe existir entre las fuentes convencionales con las no convencionales. En este aspecto, se comienza a hablar de una complementariedad, buscando así una mayor diversificación de la matriz de generación eléctrica colombiana.

El Ministerio de Minas y Energía ha destacado que después de Uruguay, Colombia es el país de América Latina con mayores avances hacia la transición energética. Es así como Uruguay ha sido el país que más ha invertido en aprovechamientos hidrológicos a través de la generación hidroeléctrica (Ministerio de Minas y Energía, 2020b). Por su posición geográfica, es mucho más fácil interconectarse con Argentina y Brasil para la comercialización de energía y tampoco es un país ajeno a los fenómenos meteorológicos como El Niño y La Niña (Di Chiara, L., et al. 2019).

Dentro de los últimos hitos, se tiene que el 22 de octubre de 2019, Colombia dio un paso histórico hacia la revolución de las FNCER, al llevar a cabo exitosamente la primera subasta de contratación de largo plazo en el país y lograr que la energía del sol y del viento transformen la matriz eléctrica colombiana.

En otras palabras, en el marco de la transición energética Colombia ha comenzado a explorar el desarrollo de estudios de complementariedad para mantener las plantas hidroeléctricas como un recurso energético complementario, pero no

permitir que este sea la única fuente de abastecimiento. Fuentes energéticas como la biomasa, la solar la eólica y otras, deben complementar la matriz energética en nuestro país para que se pueda diversificar el riesgo de fenómenos meteorológicos y satisfacer la demanda que siempre es creciente.

La Misión de la Transformación Energética

Por último, la Misión de la Transformación Energética entregó oficialmente el resultado de su trabajo al Gobierno Nacional el 28 de enero de 2020, con recomendaciones encaminadas a generar una mayor confiabilidad en el suministro de energía para todos los colombianos a precios más eficientes, asegurar la competitividad y transparencia en la formación de precios del servicio de energía, dinamizar la oferta y demanda de gas natural, aumentando su participación en las plantas de generación.

Es así como en de políticas a través de los PND el país ha avanzado para consolidar un marco regulatorio importante para el desarrollo de las FNCER. La notable disminución de los costos de estas energías renovables, la asunción de compromisos sobre el cambio climático ha permitido la creación de incentivos para que se considere hacer una transición energética y un cambio en la matriz energética colombiana.

Ahora bien, a continuación, se estudian estos incentivos creados por la Ley 1715 de 2014 y que ha tenido ciertas modificaciones procurando la facilidad en los procedimientos, la accesibilidad en igualdad de condiciones a todas las personas y en especial, en estímulos necesarios para lograr la transición energética deseada.

Incentivos a las FNCER

Como se explicó, fue la Ley 1715 de 2014 la que materializó los beneficios tributarios rela-

cionados con las FNCER. Antes de ésta, no existían incentivos fiscales en Colombia que promovieran la generación de energía a partir de FNCER. Tanto el contexto global, como la academia, anticiparon la necesidad de crear incentivos fiscales para promover la transición energética (Ortiz Motta et al. 2012, Mann, Hymel 2006). Estos fueron los incentivos tributarios que creó la Ley 1715:

- a. Una deducción en el impuesto sobre la renta del 50% de la inversión en FNCER;
- b. La depreciación acelerada (del 20% anual) de la maquinaria, equipo y obras civiles necesarias para la reinversión, inversión y operación de la generación con FNCER;
- c. La exclusión de IVA para los equipos, elementos, maquinaria y servicios destinados a la producción y utilización de FNCER; y
- d. La exención de pago de derechos arancelarios de elementos, maquinaria y equipo destinados a la producción y utilización de FNCER.

A continuación, se explican cada uno de los beneficios y cómo aplican actualmente.

Deducción Especial y Depreciación Acelerada

El beneficio de la deducción especial consiste en que el contribuyente que realizó la inversión en FNCER tiene derecho a deducir en su impuesto sobre la renta el 50% de dicha inversión. La Ley 1955 de 2019 modificó, en su artículo 174, este beneficio y ahora, tiene las siguientes características, recogidas por los oficios de la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN, 2019; DIAN, 2020):

- i. El beneficio aplica para los proyectos de producción de energía eléctrica con FNCER y gestión eficiente de la energía –antes también aplicaba los proyectos de utilización de energía–;

- ii. El contribuyente tendrá derecho a deducirlo durante 15 años contados a partir del año gravable siguiente al que haya entrado en operación el proyecto –antes eran 5 años–.
- iii. La deducción corresponde al 50% de la inversión en el proyecto de producción de energía eléctrica con FNCER; y
- iv. El valor a deducir no podrá superar el 50% de la renta líquida del contribuyente; y
- v. El proyecto de producción de energía eléctrica con FNCER deberá ser certificado por la UPME –antes era el Ministerio de Medio Ambiente–.

Por otro lado, el beneficio de la depreciación acelerada consiste en que el contribuyente podría deducir un porcentaje mayor de la depreciación de su inversión en activos fijos en FNCER que: (i) el que se encuentra limitado en el E.T.; y (ii) incluso el que registre contablemente.

El artículo 134 del E.T. establece que la deducción de la depreciación fiscal debe seguir la suerte de la depreciación contable. Sin embargo, el artículo 137 del E.T. establece límites fiscales para la depreciación contable. Esto conduce a que el equipo eléctrico, la maquinaria, los muebles y enseres, puedan depreciarse máximo (puede ser menor si así lo sugiere la técnica contable) en un 10% anual.

El beneficio tributario de la Ley 1715 consiste en que el contribuyente puede deducir el 20% de la inversión en FNCER por concepto de depreciación en activos fijos. Es decir, puede depreciarlos fiscalmente en cinco años. Lo anterior procede, aun cuando la tasa de depreciación contable o fiscal sea inferior. Es decir, si la totalidad de la inversión el contribuyente la capitaliza en activos fijos depreciables, se podría tomar como deducción fiscal una depreciación anual del 20% de la misma¹⁸.

¹⁸ En el evento en que la tasa de depreciación contable sea inferior a la tasa de depreciación fiscal, habría lugar a reconocer un impuesto diferido puesto que se trataría de una diferencia temporaria. En un primer momento el gasto fiscal sería superior, pero la diferencia se eliminaría

Es importante advertir que el beneficio de depreciación acelerada es concurrente con el beneficio de deducción especial. Es decir, el contribuyente podría: (i) depreciar la totalidad de su inversión en FNCER aceleradamente; y (ii) hacer uso de la deducción especial del 50% de su inversión en FNCER al mismo tiempo.

Frente a estos incentivos, los dos cambios más importantes del PND, Ley 1955 de 2019, fueron: (i) que la certificación únicamente se tramitaría ante al UPME; y (ii) la ampliación del incentivo de deducción de 5 a 15 años. La abundancia de los trámites y la corta duración del incentivo de deducción disuadía a las pequeñas y medianas empresas de tomar los beneficios puesto que suponían altos costos de transacción y muchas veces tenían pérdidas en esos periodos que hacían nugatorio el efecto (López Lezama et al. 2017).

Por último, es importante advertir que al momento de distribuir dividendos producto de rentas que no tributaron a nivel corporativo (por ejemplo, por tomar una deducción especial o por tomar hacer uso de una depreciación acelerada), se dispararía un efecto fiscal importante: dichos dividendos tributarán a la tarifa del impuesto sobre la renta. Es decir, los dividendos que no tributen a nivel corporativo en cabeza del contribuyente por los beneficios de la Ley 1715, quedarían capturados por el impuesto de renta a la tarifa general al momento de ser distribuidos. Estos serían considerados dividendos gravados y el impuesto debería ser retenido en la fuente.

Por lo anterior, el beneficio tributario de la deducción especial y de la depreciación acelerada se materializaría únicamente en cabeza de del contribuyente. Dicho beneficio no es trasladable a los accionistas, pues esos dividendos gravados tributan al momento de ser distribuidos.

cuando se continúe depreciando el bien financieramente y no fiscalmente. Por lo tanto, sí se debería reconocer contablemente el impuesto diferido al momento de tomar una depreciación fiscal, en exceso de la depreciación contable. Adicionalmente, esta diferencia también tendría un efecto tributario

IVA y Aranceles

Como advertimos, originalmente, la Ley 1715 exigía una certificación por parte de la UPME en todos los casos en los que se deseaba realizar una inversión en FNCER y aprovechar los beneficios de exclusión de IVA y aranceles. Sin embargo, La Ley 1955 de 2019 modificó el artículo 424 del E.T. para incluir como bienes excluidos de IVA los productos relacionados con generación de energía por paneles solares, relacionados con las siguientes partidas arancelarias:

- 85.04.40.90.90 Inversor de energía para sistema de energía solar con paneles.
- 85.41.40.10.00 Paneles solares.
- 90.32.89.90.00 Controlador de carga para sistema de energía solar con paneles.

Por lo tanto, las inversiones que los contribuyentes realicen en los productos de dichas subpartidas no estarían gravadas con IVA ni aranceles, sin necesidad de certificación alguna.

Ahora bien, para la procedencia de la exclusión de IVA de los servicios relacionados con la inversión en FNCER sí se necesitaría la certificación correspondiente. Por lo tanto, cada contribuyente debería evaluar si hay servicios o bienes asociados con la inversión en FNCER que requieran la certificación para que proceda la exclusión de IVA. Todo lo anterior, en virtud de la circular externa No. 18 de 2019 de la UPME que estableció que *“ya no es necesario realizar el trámite de exclusión de IVA de los elementos citados [los artículos relacionados con paneles solares]”* pero que *“se mantienen los procedimientos para la exclusión de IVA”* de los demás bienes y servicios.

Procedimiento Aplicable para Adquirir los Beneficios Tributarios

Antes de la Ley 1955 de 2019, el procedimiento para acceder a los beneficios tributarios de la Ley 1715 de 2014 se encontraba reglamentado en el Decreto 2153 de 2015 del Ministerio de Minas y

Energía y en la Resolución 73 del 2018 de la UPME. Esta reglamentación se encontró vigente durante todo el 2019, puesto que los cambios introducidos por la Ley 1955 de 2019 solo aplicaron a partir del 2020, en la medida que el impuesto de renta es un impuesto de periodo anual, como explicó la DIAN en concepto 21332 de 2019.

Ahora bien, el mismo concepto advirtió que el Decreto 2153 de 2015, en lo que corresponde a la deducción especial, sufrió decaimiento normativo a partir del 2020. Esto, por cuanto su fundamento de hecho (la Ley 1715 de 2014) fue modificado por la Ley 1955 de 2019. Actualmente, el Decreto 829 de 2020 es el que rige, del que se destacan los siguientes elementos:

- a. Las inversiones que califican para la deducción son aquellas que generen energía (para venta o autoconsumo) con FNCER o gestionen energía de forma eficiente –incluso los usos no eléctricos de las FNCER–. Dentro de las inversiones se incluyen actividades como investigación, desarrollo tecnológico, formulación, estudios técnicos, financieros económicos y ambientales definitivos.
- b. Permite aplicar el beneficio de la deducción a inversiones realizadas a través de leasing financiero, siempre y cuando tengan una opción irrevocable de compra.
- c. Se requerirá el certificado de la UPME para la procedencia de todos los beneficios tributarios. Para obtener la certificación se tendrán los siguientes requisitos:
 - i. Carta de solicitud presentada por el representante legal;
 - ii. Información del bien;
 - iii. Información de los servicios;
 - iv. Información del proyecto;

El procedimiento para solicitar la certificación es el siguiente:

- i. Realizar la solicitud a través de la ventanilla única de la UPME;

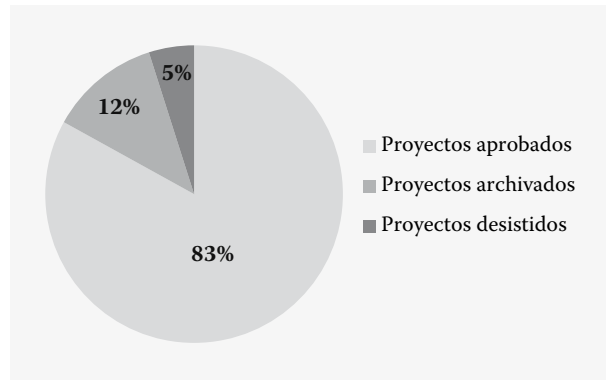
- ii. Realizar el pago por concepto de servicios de evaluación;
- iii. La UPME verificará el cumplimiento de los requisitos; y
- iv. La UPME expedirá la certificación, en la que incluirá la identificación de los solicitantes, la descripción del proyecto, los beneficios tributarios, los beneficios energéticos del proyecto, la lista de bienes o servicios evaluados y los recursos que proceden contra la decisión.

Resumen y Conclusiones de los Beneficios Fiscales a las FNCER

Desde la expedición de la Ley 1715 de 2014, se han presentado 448 proyectos para beneficiarse de los incentivos tributarios para FNCER. De estos, se han aprobado 372 proyectos, 54 se han archivado y 22 han sido desistido (Castaño-Gómez, García-Rendón 2020). A continuación, se

grafican estos resultados del trabajo de Castaño-Gómez y García-Rendón:

Figura 6. *Proyectos Tramitados en Virtud de la Ley 1715 de 2014*



Nota. Esta gráfica presenta el consolidado de proyectos tramitados para obtener los incentivos en FNCER de conformidad con la Ley 1715 de 2014.

Como se observa, 83% de los proyectos que se postularon recibieron los beneficios tributarios que a continuación se resumen:

Tabla 1. *Beneficios Tributarios Ley 1715 de 2014 y Ley 1955 de 2019*

Impuesto	Ley 1715	Ley 1955
<i>Impuesto sobre la renta</i>	Deducción especial del 50% de la inversión en FNCER	Aumentó el beneficio de 5 a 15 años. La certificación ahora la hace la UPME. Eliminó el trámite ante la ANLA
	Depreciación acelerada del 20% anual de la maquinaria, equipo y obras civiles en FNCER	La certificación ahora la hace la UPME. Eliminó el trámite ante la ANLA
<i>IVA</i>	Exclusión de IVA para equipos, elementos, maquinaria y servicios destinados a FNCER	Para ciertos productos la exclusión es automática (subpartidas 85.04.40.90.90 - 85.41.40.10.00 - 90.32.89.90.00)
<i>Aranceles</i>	Exención de derechos arancelarios de elementos, maquinaria y equipo destinados a producción de FNCER	Para ciertos productos la exención es automática (subpartidas 85.04.40.90.90 - 85.41.40.10.00 - 90.32.89.90.00)

Fuente: Elaboración propia.

Como se evidenció estos beneficios tributarios a las FNCER están principalmente en función de los contribuyentes que llevan contabilidad y que pueden asumir los costos transaccionales para aplicar a ellos. Es cierto que el PND, Ley 1955 de 2019 contribuyó a que los beneficios tribu-

tarios se expandieran a pequeñas y medianas empresas, aumentando el plazo de la deducción especial y eliminando trámites ante la ANLA. Adicionalmente, la exclusión y exención automática de IVA y aranceles disminuyó el costo de algunos equipos. Sin embargo, los incentivos

en el impuesto sobre la renta aún no inciden en proyectos que desarrollen personas naturales y los beneficios no llegan a los accionistas, quedan capturados en el impuesto sobre la renta. Por otra parte, quedan relegados otros proyectos energéticos vanguardistas como el hidrógeno verde que se expondrá a continuación.

Hidrógeno Verde

El hidrógeno es el elemento más abundante del universo y el que más cantidad de energía convencional tiene por unidad de peso¹⁹ (Abdin et al. 2020). Sin embargo, el hidrógeno no se considera una fuente de energía en sí mismo porque no es posible encontrarlo en forma elemental en la naturaleza; se considera un vector energético²⁰ porque es necesario realizar un proceso para separarlo de otros elementos –como por ejemplo separarlo del oxígeno cuando se encuentra en el agua– y así convertirlo en energía en una forma útil (Flores Romero, Serrano Martínez 2017).

Los colores con los que se califica el hidrógeno hacen referencia al proceso de producción de separación del hidrógeno para ser utilizado. El hidrógeno negro, gris o café, hace referencia al proceso de producción a partir de carbono, gas natural y lignito respectivamente (IEA 2019). El hidrógeno azul describe el proceso de producción con emisiones reducidas de CO₂ a partir de CCUS²¹ (Research Coordination Network - RCN).

¹⁹ De acuerdo con Abdin, el 90% del universo visible lo compone el hidrógeno y tiene 300% más energía que la gasolina por unidad de peso (2020).

²⁰ Flores Romero y Serrano Martínez definen un vector energético como “un medio por el cual es posible almacenar energía en un punto determinado de transformación y utilizarla en otro punto, previa conversión de energía a una forma convenientemente útil” (2017).

²¹ La sigla CCUS viene del inglés “Carbon Capture, Utilization, and Storage” y hace referencia a métodos y tecnologías para remover el CO₂ de la atmósfera y así reciclarlo.

Por último, el hidrógeno verde, en su sentido más amplio, hace referencia al proceso de producción de hidrógeno a partir de cualquier fuente renovable de energía, utilizando electrólisis (IEA 2019). Sin embargo, aún no hay consenso internacional sobre la definición de hidrógeno verde ni un estándar internacional que lo certifique lo que hace difícil su conceptualización e introducción en los sistemas normativos (Velázquez Abad, Dodds 2020).

Sin perjuicio de la ausencia de definición clara de hidrógeno verde, IRENA lo introduce como el cuarto pilar tecnológico en el futuro de la energía, para ser utilizado en la industria pesada, el transporte terrestre, aéreo y marítimo (IRENA 2020). Así las cosas, podemos estar llegando a lo que Flores Romero y Serrano Martínez denominaron el cambio de paradigma energético. Es decir, el cambio de una economía petrolizada, que utiliza la electricidad como vector principal a una economía del hidrógeno que utiliza el hidrógeno como vector principal. Como los autores lo afirman:

Actualmente la electricidad es el vector energético por excelencia; sin embargo, el poderío de reinado de este, podría quedar relegado ante la introducción de uno nuevo, que puede ser el hidrógeno. Este vector posee características que lo pueden llegar a convertir en el vector dominante frente a la electricidad, puesto que tiene la capacidad de almacenar energía para ser empleada donde y cuando se necesite, situación que no es posible con la electricidad dada su naturaleza, ya que esta última requiere ser ofrecida en la cantidad y en el momento que se demanda²². (Flores Romero, Serrano Martínez 2017)

²² Los mismos autores advierten que el hidrógeno verde tiene críticas que aseguran que el balance energético de producir hidrógeno es negativo. Es decir que la cantidad de energía que se necesita para producir hidrógeno, almacenarlo y transportarlo podría ser mayor de la que el mismo hidrógeno entregue a los usuarios. Sin embargo, estas críticas son del 2003 y 2006 y el avance tecnológico a la fecha parece desvirtuarlas.

No obstante, actualmente, la limitación más grande que tiene el hidrógeno verde, para su posicionamiento y competitividad son los costos de producción que llevan a que solo el 5% del hidrógeno que se produce, sea hidrógeno verde (Enel Green Power), el resto es hidrógeno negro, gris, café o azul. Hoy, cuesta 2 euros -i.e. 2,24 dólares estadounidenses aproximadamente- producir un kilogramo de hidrógeno café (Proost 2020), mientras que, cuesta 8 dólares estadounidenses aproximadamente producir un kilogramo de hidrógeno verde (IRENA 2020). Teniendo en cuenta los costos de producción, los análisis financieros que hizo Nicita y sus colegas, arrojan que el retorno de la inversión de una planta de hidrógeno verde tardaría entre 12 y 17 años aproximadamente (Nicita et al. 2020). Sin embargo, se estima que los costos de producción de hidrógeno verde caigan entre 1,8 y 3,2 dólares para el 2030 y entre 0,9 y 2,0 dólares para el 2050 (IRENA, 2020). Así las cosas, hay proyecciones optimistas sobre la competitividad del hidrógeno verde, sobre todo si se tiene en cuenta: (i) la evolución de costos de la energía solar; (ii) el posible aumento de impuestos a la energía carbonizada; y (iii) la reducción de impuestos al hidrógeno verde (Armijo, Philibert 2020).

Estos pronósticos optimistas académicos se están empezando a materializar en negocios en el sector real. Por ejemplo, Antonio Cammisecra, el director de generación de energía de Enel anunció que el *hidrógeno verde* representa un complemento fantástico para la electrificación y que abrirán plantas de electrólisis en Estados Unidos, Chile y España (O'Brien 2020). Yara y Nel anunciaron que producirán hidrógeno verde para la producción de fertilizantes (Yara 2019) y Toyota lanzó el vehículo de hidrógeno Mirai (Toyota 2020). Particularmente Latinoamérica se está perfilando como un escenario prometededor del hidrógeno verde por la abundancia de fuentes hídricas y recursos renovables: en Uruguay ANCAP empezó a investigar el uso del hidrógeno y es la compañía líder a nivel nacional en el desarrollo de la tecnología, en Costa Rica en

2013 se construyó una planta de electrólisis en la provincia de Guanacaste y puso en circulación el Toyota Mirai y en Argentina, en la Patagonia, el grupo CAPSA inició un proyecto de hidrógeno (Gonzalez et. al. 2020).

Lamentablemente Colombia aún no ha desarrollado proyectos de hidrógeno verde. El ministro de Minas y Energía, Diego Meza anunció que sacó una convocatoria entre el Ministerio de Ciencia y la UPME para identificar potenciales de *hidrógeno verde* o *hidrógeno azul* en el país (Editorial 2020). Juan Antonio Vargas, el presidente del Consejo Mundial de Energía en Colombia espera que la ruta del hidrógeno sea una realidad en el corto plazo, pues juega un papel preponderante a nivel mundial (Editorial 2020).

Ahora bien, como se ha anunciado, la razón para dar el salto de la transición energética en Colombia no es principalmente la huella de carbono en su generación, pues su matriz energética es relativamente limpia. Las razones para que Colombia produzca hidrógeno verde podrían ser diversificar su matriz energética, llevar energía a sitios remotos y exportarlo. Como se dijo, el hidrógeno es un vector de energía que supera la electricidad porque puede ser empleada en el lugar y en el momento en el que se necesite. Así, Colombia podría producirlo, exportarlo y ayudar a reducir el impacto en la huella de carbono de los países que no tienen una matriz energética tan limpia.

Para ello, se podrían evaluar incentivos tributarios como aquellos relacionados con las FNCER de la Ley 1715 con el fin de reducir los costos de producción. Las inversiones en proyectos de producción de hidrógeno verde deberían ser también beneficiarias de la deducción especial en el impuesto sobre la renta y objeto de la depreciación acelerada. Particularmente las subpartidas de los equipos de electrólisis, producidos principalmente en Estados Unidos, Europa y Asia (González et. al. 2020), deberían estar excluidas de IVA y exoneradas de aranceles sin necesidad de un certificado adicional, como actualmente ocurre con los paneles solares.

Conclusiones

La transición energética en Colombia tiene una serie de variables particulares que van más allá de simplemente relacionarse con una reducción de los efectos nocivos del cambio climático. Dentro de los motivos analizados, se tienen los siguientes: la gran dependencia energética a las fuentes hidrológicas hace a Colombia vulnerable a los cambios meteorológicos; las bajas emisiones de GEI le permiten a nuestro país cumplir los compromisos internacionales y es entonces cuando surge la inquietud de por qué se realiza la transición.

Además de los drivers analizados, la energía tiene una gran influencia sobre los demás sectores de la economía y su eficiencia tiene impactos positivos en todos los agentes. Es por esto, que se puede determinar que los últimos gobiernos han establecido dentro de los PND una serie de políticas económicas y jurídicas dirigidas a fortalecer las FNCER, procurando buscar la realización de una transición energética por medio de la generación de incentivos y estímulos equitativos y justos.

Si bien es cierto que dentro de la agenda política se han impulsado las FNCER, al analizar los incentivos hasta ahora creados por medio de la Ley 1715 de 2014, estos presentan unos altos costos de transacción y aún queda camino por recorrer para garantizar su efectividad.

La importancia de que Colombia se centre en desarrollar FNCER como la solar, la eólica o el hidrógeno verde no radica principalmente en compromisos ambientales como una alta emisión de CO₂, sino que la importancia radica en la diversificación de su matriz energética, en llegar a ZNI y encontrar otras fuentes de competitividad internacional distintas al petróleo.

Una de las propuestas para diversificar aún más la matriz energética en Colombia es la exploración de nuevas fuentes o tecnologías que se han venido desarrollando en el mundo

y que hasta ahora se empiezan a introducir en la agenda política colombiana: el hidrógeno verde. Esta sin duda es una opción viable con buenos resultados a nivel internacional y que, así como ha pasado con las FNCER, los costos de las inversiones tenderán a disminuir en el tiempo, dándoles una mayor participación en la matriz energética.

Referencias Bibliográficas

- Abdin, Z., Zafaranloo, A., Rafiee, A., Mérida, W., Lipiński, W., & Khalilpour, K. R. (2020). Hydrogen as an energy vector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 109620. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109620>
- Acolgen - Asociación Colombiana de Generadores de Energía., (s.f). *Capacidad Instalada En Colombia* <https://www.acolgen.org.co/#:~:text=Colombia%20cuenta%20con%20un%20amplio,gas%20natural%2C%20carb%C3%B3n%20y%20l%C3%ADquidos.>
- Acolgen - Asociación Colombiana de Generadores de Energía., (s.f). *Emisiones CO2*, <https://www.acolgen.org.co/#:~:text=Colombia%20cuenta%20con%20un%20amplio,gas%20natural%2C%20carb%C3%B3n%20y%20l%C3%ADquidos.>
- Aristizábal, Eduardo B., Güiza-Suárez, Leonardo, Hernández-Muñoz, María Alejandra. (2019). Políticas para la implementación de fuentes energéticas renovables no convencionales, en Guiza-Suárez, L., Rodas Monsalve, J.C., Cifuentes-Guerrero, J. A. y González J. P (eds.) (2019). *Energías renovables no convencionales y cambio climático: un análisis para Colombia*. Primera Edición, pp. 41-65)
- Armijo, j. & Philibert, C., (2020). Flexible Production of Green Hydrogen and Ammonia from Variable Solar and Wind Energy: Case Study of Chile and Argentina. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(3), 1541-1558 DOI 10.1016/j.ijhydene.2019.11.028.

- Cassiers, V., (2010). Problemática de las relaciones entre la energía y el medio ambiente desde el punto de vista de las relaciones norteamericanas y problemática de las transferencias de tecnología. *Regulación de energía eléctrica y gas: estudio jurídico y económico* (pp. 257-312). Universidad Externado de Colombia.
- Castaño-Gómez, M. & García-Rendón, J.J., (2020). Análisis De Los Incentivos Económicos En La Capacidad Instalada De Energía Solar Fotovoltaica En Colombia. *Lecturas De Economía*, no. 93, pp. 23-64.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (10 de julio de 2018). *Documento CONPES 3934. Política de Crecimiento Verde*. Colombia. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3934.pdf>
- Corredor, G., (2018). Colombia y la transición energética. *Ciencia Política*, 13(25), 107-125. <https://doi.org/10.15446/cp.v12n25.70257>
- Cortés, S. & Arango Londoño, A. (2017). Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía. *Revista Ciencias Estratégicas*, 25(38), 375-390.
- Decreto 624 de 1959. *Por el cual se expide el Estatuto Tributario de los Impuestos Administrados por la Dirección General de Impuestos Nacionales*. 30 de marzo de 1989. D.O 38.756.
- Di Chiara, L., Nogales, A., Sanín, M.E., Tejada, J., Carvalho, M., (2019). La Complementariedad de la generación hidroeléctrica con las energías renovables no convencionales y la importancia de la integración regional. La experiencia de Uruguay. *Banco Interamericano de Desarrollo. División de Energía. VII. Serie. IDB-TN-1835*. <http://dx.doi.org/10.18235/0002081>
- Dirección de Impuestos y aduanas Nacionales -DIAN. Oficio 21332. 28 de agosto de 2019.
- Dirección de Impuestos y aduanas Nacionales -DIAN. Oficio 3501. 17 de febrero de 2020.
- Duque Marquez, I., Ramirez Blanco, M.L. & Alonso Masmela, G., (2019). *Bases Del Plan Nacional De Desarrollo - 2018-2022. Pacto Por Colombia, Pacto Por La Equidad*. <https://www.dnp.gov.co/Plan-Nacional-de-Desarrollo/Paginas/Bases-del-Plan-Nacional-de-Desarrollo-2018-2022.aspx>
- Editorial Revista Dinero*, (14 de octubre de 2020). Cuáles Son Las Nuevas Apuestas En Energía Después De Los Renovables. <https://www.dinero.com/pais/articulo/cuales-son-las-nuevas-apuestas-en-energia-despues-de-los-renovables/303576>.
- Enel Green Power. *Hidrógeno*. <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/hidrogeno>.
- Flores Romero, Á.E. & Serrano Martínez, J.L., (2017). El Surgimiento De La Economía Del Hidrógeno, El Uso De Las Energías Renovables Y Su Aportación a La Economía Verde. *Administración Y Organizaciones*, 19(37), pp. 73-93.
- Gonzalez, J., Maio, P., & López, C.A. (2020). Hydrogen: A Revolution to Boost the Sustainable Energy and Transportation Sectors in Latin America. *Hinicio S.A.* pp. 1-7.
- Heffron, R. J. (2018). The Just Transition to a Low-Carbon Economy. *Renewable Energy Law and Policy Review*, 8(4), 39-41. 10.2307/26638284
- Heffron, R. J., McCauley, D., & de Rubens, G. Z. (2018a). Balancing the energy trilemma through the Energy Justice Metric. *Applied Energy*, 229, 1191-1201. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.08.073>
- Heffron, R. J., McCauley, D., & Sovacool, B. K. (2015). Resolving society's energy trilemma through the Energy Justice Metric. *Energy Policy*, 87, 168-176. 10.1016/j.enpol.2015.08.033
- Heffron, R. J., Rønne, A., Tomain, J. P., Bradbrook, A., & Talus, K. (2018b). A treatise for energy law. *Journal of World Energy Law & Business*, 11(1), 34-48. 10.1093/jwelb/jwx039
- International Energy Agency - IEA. (2020). *Energy Security. Reliable, Affordable Access to all*

- Fuels and Energy Sources*. <https://www.iea.org/topics/energy-security>.
- International Energy Agency IEA, 2019. *The Future of Hydrogen for G20. Seizing Today's Opportunities. Report Prepared by the IEA for the G20, Japan*, 6, pp. 246-256. <https://www.nrel.gov/docs/fy10osti/72740.pdf%0A;> <https://www.irena.org/publications/2019/Nov/Advanced-biofuels-What-holds-them-back%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136312>
- International Renewable Energy Agency - IRENA. (2020). *Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050*. <https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020>
- International Renewable Energy Agency -IRENA. (2018). *Flexibilidad Del Sistema Eléctrico Para La Transición Energética. Parte I. Panorama General Para Los Encargados De Generar Políticas*. <https://www.irena.org/publications/2018/Nov/Flexibilidad-del-Sistema-Elctrico-Para-la-Transicion-Energetica>
- Kozul-Wright, R., (7 de noviembre de 2019). *How to Finance a Global Green New Deal*. UNCTAD. <https://unctad.org/news/how-finance-global-green-new-deal>.
- Ley 1151 de 2007. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010. 25 de julio de 2007. D.O. No. 46.700
- Ley 1715 de 2014. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. 13 de mayo de 2014. D.O. No. 49.150.
- Ley 812 de 2003. Por la cual se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2003-2006, hacia un Estado comunitario. 27 de junio de 2003. D. O. No. 45.231
- Lopez Lezama, J.M., Villada, F. & Muñoz Galeano, N., 2017. Effects of Incentives for Renewable Energy in Colombia. *Ingeniería Y Universidad*, 21(2) [10.11144/javeriana.iyu21-2.eire](https://doi.org/10.11144/javeriana.iyu21-2.eire).
- Mann, R. & Hymel, M., (2006). Getting into the Act: Enticing the Consumer to Become "Green" through Tax Incentives. *Environmental Law Review*, 36(6-2006), pp. 10419-10429.
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia., (2020a). *ABC. Propuesta De La Misión De La Transformación Energética. Construyendo La Hoja De Ruta De La Energía Del Futuro*. <https://www.minenergia.gov.co/documentos/10192/24169616/ABC+Mision%CC%81n+Transformacio%CC%81n+Energe%CC%81tica.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia., (2020b). *La Transición energética de Colombia. Memorias al Congreso*. <https://www.minenergia.gov.co/memorias-al-congreso-2020-2021>
- Nicita, A., Maggio, G., Andaloro, A.P.F. & Squadrito, G., 2020. Green Hydrogen as Feedstock: *Financial Analysis of a Photovoltaic-Powered Electrolysis Plant*. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(20), pp. 11395-11408. [10.1016/j.ijhydene.2020.02.062](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.02.062).
- O'Biren, H. (15 de junio de 2020) . *Enel Prepares to Produce Green Hydrogen*. WindPower Monthly <https://www.windpowermonthly.com/article/1686321/enel-prepares-produce-green-hydrogen>
- Organización de las Naciones Unidas, (2015). *Acuerdo De París*. <https://unfccc.int/es/node/513>.
- Organización de las Naciones Unidas. (s.f.) *Objetivos De Desarrollo Sostenible*. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.
- Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático*.
- Organización de las Naciones Unidas. (1998). *Protocolo De Kyoto*.

- Organización de las Naciones Unidas. (2012). *Enmienda De Doha Al Protocolo De Kyoto*.
- Organización de las Naciones Unidas, (2020). *Process and Meeting*. <https://unfccc.int/es/process-and-meetings#:a0659cbd-3b30-4c05-a4f9-268f16e5dd6b>.
- Ortiz Motta, D.C., Sabogal Aguilar, J. & Hurtado Aguirre, E., 2012. Una Revisión a la Reglamentación e Incentivos de las Energías Renovables en Colombia. *Revista Facultad De Ciencias Económicas*, 20(2), pp. 55-67 10.18359/rfce.2164.
- Proost, J., (2020). Critical Assessment of the Production Scale Required for Fossil Parity of Green Electrolytic Hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(3)5, pp. 17067-10.1016/j.ijhydene.2020.04.259.
- Reserch Coordination Network -RCN. *What is CCUS?*, AIChE. <https://www.aiche.org/ccus-network/what-ccus>.
- Santos, J.M., (2011). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo, Prosperidad para todos 2010-2014*. <https://www.dnp.gov.co/Plan-Nacional-de-Desarrollo/PND-2010-2014/Paginas/Plan-Nacional-De-2010-2014.aspx>
- Santos, J.M., (2014). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo, Todos por un Nuevo País: Paz, equidad y educación 2014-2018*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Bases%20Plan%20Nacional%20de%20Desarrollo%202014-2018.pdf>
- Smil, v., (2010). *Energy Transitions: History, Requirements, Prospects*. Estados Unidos de América: ABC-CLIO, LLC
- Toyota., 2020. *Toyota Mirai, Vehículo De Hidrógeno*. <https://www.toyota.es/world-of-toyota/articles-news-events/new-toyota-mirai>.
- Tully, S. (2006). Access to Electricity as a Human Right. *Netherlands Quarterly of Human Rights*, 24(4), 557-587. DOI 10.1177/016934410602400402
- Unidad de Planeación Minero-Energética - UPME. Circular externa 18 ventanilla única de trámites para incentivos. 4 de junio de 2019. https://www1.upme.gov.co/Normatividad/Circular_018_2019.pdf
- Unidad de Planeación Minero-Energética -UPME, (2007). *Plan Energético Nacional 2006-2025. Contexto y estrategias*. http://www.siel.gov.co/siel/Portals/0/PLAN_ENERGÉTICO_NACIONAL_2007.pdf
- Unidad de Planeación Minero-Energética -UPME, (2015a.) *Plan Energético Nacional. Colombia: ideario energético 2050*. Colombia. https://www1.upme.gov.co/Documents/PEN_IdearioEnergetico2050.pdf
- Unidad de Planeación Minero-Energética - UPME, (2015b). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. Convenio ATN/FM-12825-CO http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf
- Unidad de Planeación Minero-Energética - UPME. (1997). *Plan Energético Nacional 1997-2010: Autosuficiencia energética sostenible*. Disponible en: <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1313?mode=full>
- Usher, B. (2019). *Renewable Energy: A Primer for the Twenty-First Century*. New York: Columbia University Press.
- Velazquez Abad, A. & Dodds, P.E., (2020). Green Hydrogen Characterisation Initiatives: Definitions, Standards, Guarantees of Origin, and Challenges. *Energy Policy*, 138, pp. 111300 10.1016/j.enpol.2020.111300.
- Yara., (2019). *Yara and Nel Collaborate to Produce Carbon Free Hydrogen for Fertilizer Production*, Yara International. <https://www.yara.com/news-and-media/news/archive/2019/yara-and-nel-carbon-free-hydrogen-for-fertilizer-production/>.