

---

# COVID-19 Y LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

*The COVID-19 and Energy*  
*O COVID-19 e Energia*

---

Manuel Ayala<sup>1</sup> , Genís Riba<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación (FITIC).  
Universidad Tecnológica Indoamérica. Ambato-Ecuador. Correo: mayala@uti.edu.ec

<sup>2</sup>Centro de Diseño de Equipos Industriales, Universitat Politècnica de Catalunya-  
Barcelona Tech. Barcelona-España. Correo: genis.riba@cdei.upc.edu

Fecha de recepción: 28 de abril de 2020

Fecha de aceptación: 4 de mayo de 2020

## RESUMEN

La COVID-19 ha dejado en evidencia que nuestra vida cotidiana depende en una elevada proporción al acceso a la energía. Por tanto, ahora más nunca, es necesario potenciar las actividades de Km0 como la producción local de alimentos, pero también la captación local de energía. Este artículo es un intento de exponer y cuantificar los beneficios de una transición energética renovable en Ecuador post COVID-19 y post petróleo. Se caracterizó la generación, los consumos y las reservas de petróleo de Ecuador, y se aplicó el concepto de transición energética para evaluar las posibilidades de integración de renovables, la salida progresiva de las centrales térmicas y las estrategias energéticas futuras. Se tomó como base el año 2015 y se determinó que el uso energético fue de 154.0 TWh/año, que corresponde a un uso final de aproximadamente 147 TWh/año. Se planteó como objetivo la reducción esa demanda de uso final a 80.0 TWh/año al 2055 a través de la integración de renovables y eficiencia energética, para lo cual se planificaron 5 fases de transición hasta obtener un sistema 100% renovable. Se concluye que es técnicamente posible y económicamente viable la transición energética en Ecuador, sin renunciar al bienestar energético que disfrutamos actualmente.

**Palabras claves:** COVID-19, Transición Energética, Km0, generación de proximidad.

## ABSTRACT

COVID-19 has made it clear that our daily lives are highly dependent on access to energy. Therefore, now more than ever, it is necessary to boost Km0 activities. A food Km0 + agricultural production, but also or more, an energy Km0. This article is an attempt to expose and quantify the benefits of a renewable energy transition in Ecuador post-COVID-19 and post-oil. The generation, consumption and oil reserves of Ecuador were characterized, and the concept of energy transition was applied to evaluate the possibilities of integrating renewables, the progressive exit of thermal power plants and future energy strategies. It was based on the year 2015 and determined that Ecuador's energy use was 154.0 TWh/year, which corresponds to an end use of approximately 147 TWh/year, and it was proposed to reduce that end use

demand to 80.0 TWh/year by 2055 through the integration of renewables and energy efficiency, for which 5 transition phases were planned until a 100% renewable system was obtained. The conclusion is that it is technically possible and economically viable to make an energy transition in Ecuador, without giving up the energy well-being that we currently enjoy.

**Keywords:** COVID-19, Energy Transition, Km0, proximity generation.

## RESUMO

O COVID-19 deixou claro que nossa vida diária depende em grande parte do acesso à energia. Portanto, agora mais do que nunca, é necessário promover atividades do Km0, como produção local de alimentos, mas também captação local de energia. Este artigo é uma tentativa de expor e quantificar os benefícios de uma transição de energia renovável no Equador após o COVID-19 e após o petróleo. A geração, o consumo e as reservas de petróleo do Equador foram caracterizados e o conceito de transição energética foi aplicado para avaliar as possibilidades de integração de energias renováveis, a saída progressiva de usinas termelétricas e futuras estratégias de energia. O ano de 2015 foi tomado como base e foi determinado que o uso de energia era de 154,0 TWh / ano, o que corresponde a um uso final de aproximadamente 147 TWh / ano. O objetivo era reduzir essa demanda de uso final para 80,0 TWh / ano até 2055, através da integração de energias renováveis e eficiência energética, para as quais foram planejadas 5 fases de transição até a obtenção de um sistema 100% renovável. Conclui-se que a transição energética no Equador é tecnicamente possível e economicamente viável, sem renunciar ao bem-estar energético que atualmente desfrutamos.

**Palavras-chave:** COVID-19, Transição de Energia, Km0, geração de proximidade.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas energéticos son una parte esencial para el funcionamiento de las ciudades, que requieren un suministro fiable y abundante de electricidad, así como de otros servicios como son el agua, el combustible para el transporte, o los alimentos [1]. En fin, nuestra vida cotidiana depende totalmente del acceso a la energía. Por un momento imaginemos qué haríamos un día sin agua caliente, sin electricidad, sin gasolina y en confinamiento debido a la COVID-19. Vista esta elevadísima dependencia, resulta paradójico que no nos preocupe funcionar con un modelo energético obsoleto [2].

La COVID-19 al afectar la economía mundial y reducir el precio del petróleo deja patente la necesidad de cambiar de modelo energético, de superar la época de los combustibles fósiles sucios, y hacer la transición hacia la era de los flujos de energía limpios. Un mundo basado en energía renovable, limpia de contaminación, más barata, es técnicamente posible y económicamente viable. Ahora es el momento de la política. Sin renunciar un ápice al bienestar energético que disfrutamos actualmente, cubrir la necesidades y preparar el sistema para el futuro [3].

La doble crisis de recursos energéticos fósiles, de disponibilidad debido al agotamiento, y de contaminación, obliga a avanzar en la transición energética renovable [4]. El análisis pormenorizado de los usos eléctricos sus vínculos con los

recursos del territorio, la economía y el medio ambiente ofrece una información muy valiosa para proyectar la transición energética [5].

En las últimas 5 décadas, Ecuador ha basado su crecimiento en los combustibles fósiles, tanto en sus usos energéticos para el transporte y la movilidad, la industria, la generación de electricidad, la climatización de edificios, la automoción de maquinaria agrícola, etc, como en sus productos derivados (plásticos, gomas sintéticas, fibras, resinas, embalajes, botellas, ropas, alfombras, pañales, cables, tuberías, medicamentos, insecticidas, aerosoles, mecheros, pinturas, etc.), que forman parte de nuestras vidas [6]. Esto ha resultado en una fuerte dependencia a los combustibles fósiles que ha puesto en riesgo la soberanía y estabilidad económica del país.

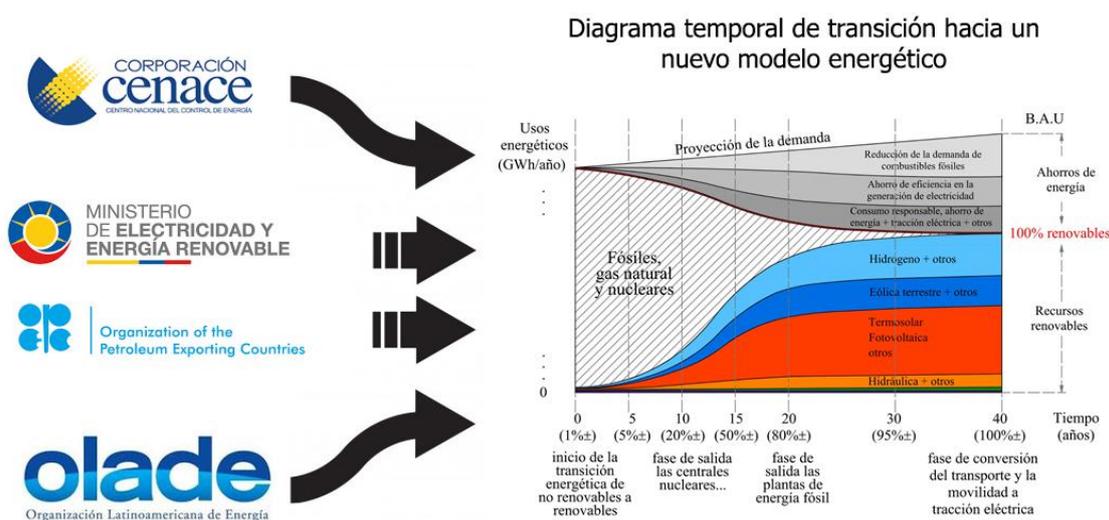
Esta dependencia necesariamente tiene que disminuir porque la generación de energía eléctrica con combustibles fósiles resulta costosa y contaminante. Además, el precio del crudo ha mostrado una gran volatilidad los últimos años, por lo que es imposible hacer proyecciones a medio plazo. La COVID-19 no ha hecho sino exagerar esta tendencia de inestabilidad en el precio debido a la caída de la demanda de petróleo. Además, se prevé una crisis económica sin precedentes, con lo cual se deja en evidencia la volatilidad del modelo energético actual basado en combustibles fósiles y mercados globales de energía, con grandes impactos ambientales y sociales tanto en zonas productoras como en zonas consumidoras. Por todo ello, se hace ineludible la necesidad de acelerar la transición hacia las fuentes renovables de energía de Ecuador [7].

En este escenario de COVID-19 y transición energética se destaca la importancia de hacer énfasis en el contexto de cada país, ya que las particularidades económicas, sociales, políticas y geográficas son factores que influirán en la implantación de la transición energética.

En el caso de Ecuador, es fundamental reducir la dependencia exterior a los fósiles, por lo que, la transición energética es uno de los vectores que se tienen que implementar para reducir la factura que se paga por importar lo que se denomina energía primaria en forma de combustibles fósiles (derivados del petróleo y gas).

## MÉTODO

El método se basa en la aplicación del modelo temporal de transición energética. Los análisis más recientes de la transformación del sistema energético ofrecen una visión general y esbozan algunas características claves de la transición energética [8]: analizan las necesidades energéticas de un territorio [9], determinan el orden de implantación de las energías renovables [10] y algunos apuestan por el hidrógeno como vector energético para almacenar energía renovable con el fin de solucionar el problema del sincronismo entre la generación y consumo eléctrico debido a las intermitencias de las renovables [11].



**Figura 1.** Esquema del método para analizar la transición energética. Fuente: Elaboración propia

El concepto de implementación temporal de transición energética que se muestra en la Fig. 1, se basa en modelos que describen la demanda y el suministro de energía utilizando cifras agregadas que son de gran utilidad para explicar el contexto nacional y regional de un territorio en transición. Los datos se han tomado de fuentes oficiales, la generación de electricidad del Operador Nacional de Electricidad (CENACE), los consumos del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), los recursos naturales de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y reservas de petróleo de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEC).

## RESULTADOS

### Generación de energía eléctrica

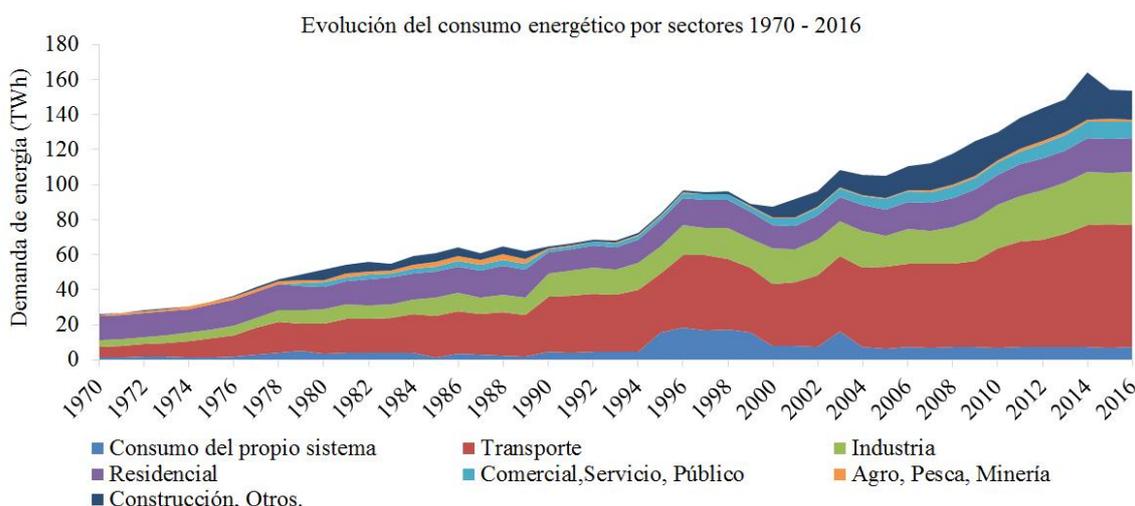
Se realizó un análisis cuantitativo de la generación de energía eléctrica de Ecuador. En la Fig. 2, se observa que en 2017 el 83,88% de la producción corresponde a generación hidroeléctrica, el 14,40% a generación termoeléctrica, el 1,64% a generación no convencional y el 0,08% a la importación de Colombia, y se deja de importar energía de Perú.



**Figura 2.** Generación de electricidad 2000 – 2017 Fuente: ARCONEL - CENACE

## Consumo de energía por sectores

Se realizó un análisis cuantitativo de los consumos energéticos del Ecuador por sectores desde 1970 hasta el 2016. En la Fig. 3 se muestra la evolución de los consumos energéticos por sectores. Durante 1994 al 2000 Ecuador sufrió una serie de eventos que afectaron su estabilidad. En 1998 el fenómeno de El Niño. Entre 1998 y 1999 los precios del petróleo bajaron. En 1999 y 2000 el sistema financiero nacional fue afectado por el feriado bancario. Como resultado, en 1999 el ingreso por habitante cayó en un 9%, y se estima que en esta época que al menos 700 000 ecuatorianos emigraron a países europeos y a Estados Unidos de América. A partir del 2000 empieza una leve recuperación que tiende a estancarse en el 2003 por la inestabilidad política.



**Figura 3.** Evolución del consumo energético por sectores. Fuente: ARCONEL - MEER

En las últimas cuatro décadas se evidencia un aumento acelerado del consumo de los combustibles fósiles, especialmente para el transporte con motores de combustión interna, por lo que, también paralelamente se experimenta un aumento acelerado de las emisiones de efecto invernadero. Esto sumado al agotamiento de las reservas de petróleo hace que la necesidad de planificar una transición energética sea urgente y acelerada.

## Recursos energéticos aprovechables

La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) ha determinado que el potencial hídrico aprovechable de Ecuador es de aproximadamente 21 900 MW. De este total disponible apenas se ha explotado el 15 %.

Según el Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica, el recurso solar que recibe la superficie de Ecuador es de 4 245 Wh/m<sup>2</sup>/día de insolación anual promedio. Los niveles de insolación superiores a 4 000 Wh/m<sup>2</sup>/día son considerados técnica y económicamente factibles.

Según el Ministro de Electricidad y Energía Renovable de Ecuador, el potencial mínimo eólico es de 884,22 MW de capacidad, en proyectos a corto plazo. Los sitios técnicamente aprovechables con velocidades medias anuales de viento superiores a 7m/s, bajo 3000 msnm y con una distancia menor a 10 km desde las redes de transmisión y carreteras suman una capacidad de 155 MW en Ecuador continental.

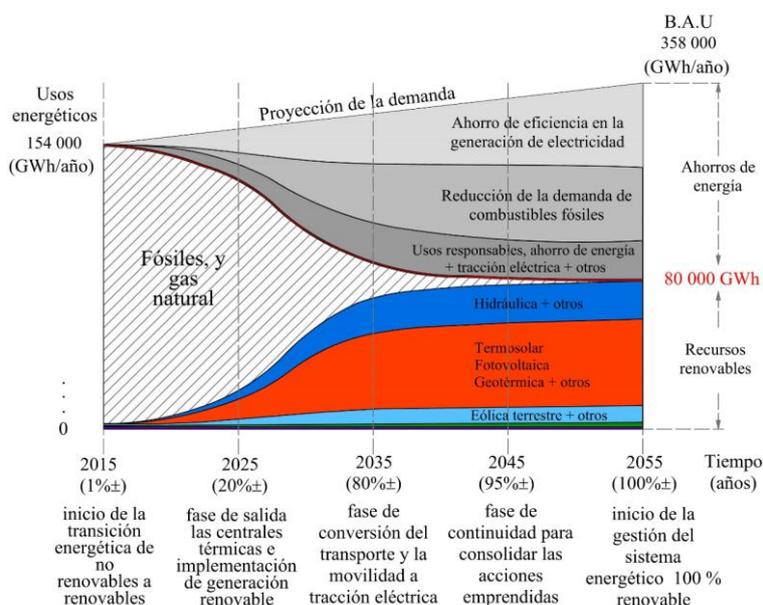
Por otro lado, según el plan para el aprovechamiento de los recursos geotérmicos del Ecuador, se tiene un potencial teórico de 6 500 MWe y en estudios de pre factibilidad 400 MWe.

Si se explota todo este potencial aprovechable de energía solar, eólica, hidráulica y geotermia parecería suficiente potencia para cubrir la demanda nacional, pero no es así debido a la época de estiaje, en donde se tendría que integrar más del 40% de centrales térmicas en el sistema nacional interconectado SNI. No obstante, se consideró razonable asignar una demanda objetivo de 80.0 TWh/año que es la sumatoria de los recursos aprovechables.

### Transición energética

El concepto de implementación temporal de la transición energética aporta varias alternativas post-fósiles. El diagrama de la Fig. 4 resume en términos generales lo que podría ser la planificación del desarrollo ordenado de un nuevo modelo energético. Se toma como base el año 2015 y se evoluciona hasta obtener un sistema energético 100% renovable en un periodo de 40 años en el que se puede establecer una correlación ordenada en 4 fases de 10 años.

En el caso de Ecuador, tenemos que el uso energético primario en el 2015 fue de 154.0 TWh/año, que corresponde a un uso final de aproximadamente 147 TWh/año, teniendo un objetivo de demanda de uso final de 80.0 TWh/año al 2055.



**Figura 4.** Transición energética ecuatoriana. Fuente: Elaboración propia

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En la última década, en el Ecuador continental empezó a explotarse el potencial eólico y solar por la necesidad de diversificar la matriz energética y aumentar la capacidad del sistema. La generación eólica comenzó a implementarse en 2012 con la construcción de la Central Eólica Villonaco. Este se constituyó en el primer proyecto eólico a gran escala ubicado en la provincia de Loja, al sur del Ecuador [12].

Desde entonces el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables INER desarrolló una metodología macro para determinar la mejor ubicación de plantas eólicas en el Ecuador, y demuestra que la región andina de Ecuador tiene un potencial importante para la generación eólica [13].

En la primera fase de 2015-2025 se inicia la transición con la aplicación de medidas de eficiencia energética y la implementación de tecnologías energéticas (termo-solar, biomasa, mini eólica, techos solares). Se caracteriza la construcción de grandes centrales renovables para compensar la salida de las centrales fósiles. Se realizan procesos de aprendizaje e incentivos para incrementar la popularidad y adopción los sistemas de generación descentralizados a nivel regional y urbano. Se espera que para 2025 todas las nuevas centrales eléctricas funcionen con fuentes de energía renovables.

A nivel residencial y comercial todos los dispositivos y las máquinas serán alimentados por electricidad (calefacción, secado y cocción de alimentos). Esto es factible debido a que las versiones de todos estos productos ya están disponibles y se pueden utilizar sin ninguna adaptación. Al final del periodo la demanda global se podría situar en: 130.0 TWh/año, y la demanda de combustibles fósiles y gas natural se situaría en 110 TWh/año.

La segunda fase 2025 – 2035 se caracteriza por la implementación masiva de sistemas renovables de energía descentralizados (techos solares, mini-eólica, sistemas de almacenamiento y gestión virtual de la energía, gestión de la demanda y vehículos eléctricos). Al final del periodo la demanda global se podría situar en: 100.0 TWh/año, y la demanda de combustibles fósiles y gas natural se situaría en 20 TWh/año.

La expansión de energías renovables con fuentes variables requiere considerar tecnologías para asegurar la estabilidad de la red, por lo que es necesario planificar junto con la expansión la implementación de sistemas de almacenamiento que permitan gestionar la energía e impulsar la autonomía energética de las ciudades.

En el ámbito del transporte, para el 2035 todos los autobuses, camiones y autos livianos estarán electrificados o utilizarán hidrógeno electrolítico. Esto demandará cambios en la infraestructura de suministro de energía. Sin embargo, si todos los vehículos de transporte pueden funcionar con baterías (eléctricas y/o hidrógeno) esto simplificaría la conversión porque los puntos de suministro y recarga estarían en todas partes en forma de electrolinerías, por lo tanto, esto puede tomar de

10 a 15 años para que los fabricantes puedan reacondicionarse completamente y que haya suficiente infraestructura de suministro de energía de respaldo.

La tercera fase 2035 – 2045 es la fase de consolidación de las acciones emprendidas, se integra al sistema a los nuevos usuarios, los sistemas restantes de movilidad se convierten a tracción eléctrica y se mantienen los programas de pedagogía en eficiencia energética y ahorro. Al final del periodo la demanda global se podría situar en: 85.0 TWh/año, y la demanda de combustibles fósiles y gas natural se situaría en 4 TWh/año.

En la cuarta fase 2045 – 2055 se muestra la proyección de la demanda energética por fuente, escenario BAU (358 000 GWh), y la demanda objetivo estimada (80 000 GWh) con una infraestructura energética 100% renovable (cero combustibles fósiles). En 2055 se inicia la gestión de un sistema 100% renovable y ésta deberá estar apoyada por un sistema de medición y adquisición de datos en tiempo real a nivel agregado (alimentadores de las subestaciones) y desagregado (a nivel de usuario). Además de integrar la gestión de los sistemas de almacenamiento para optimizar la generación renovable.

Durante la transición, se necesitarán combustibles convencionales junto con las tecnologías renovables existentes para producir la infraestructura renovable restante. Además, el uso de tales combustibles da como resultado las respectivas emisiones de carbono en el ciclo de vida. Se deja en evidencia la importancia de la eficiencia energética, la integración de energías renovables para reducir la demanda de los combustibles fósiles, la pedagogía en buenos usos de la energía y la conversión del transporte y la movilidad a tracción eléctrica.

En futuras investigaciones se puede plantear la integración del hidrógeno como combustible de sustitución en la fase de conversión del transporte. La información y bases de datos del sistema eléctrico ecuatoriano se obtuvieron de los planes de expansión de generación y transmisión vigentes del Periodo 2009–2020 y del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables.

## **FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

Esta investigación fue financiada por la Universidad Tecnológica Indoamérica y la SENESCYT de Ecuador.

## **DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS**

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## **APORTE DEL ARTÍCULO EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

En esta investigación se hace un aporte al proceso de planificación de la transición energética. La COVID-19 y la crisis de los combustibles fósiles ha visibilizado en cierta manera la energía. Esto ha provocado un cambio en los hábitos del uso de la energía y el modo de entender la disponibilidad de los recursos.

## DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Manuel Ignacio Ayala Chauvin realizó la recolección, análisis de datos y escribió el documento original. Genis Riba Sanmartí discutió los resultados y contribuyó a la redacción del manuscrito.

## REFERENCIAS

- [1] C. Riba Romeva, *Facturas energéticas de los combustibles fósiles. Dependencias y desigualdades*. 2015.
- [2] J. Centelles i Portella, *Cap al 100% renovable*. Editorial Octaedro, 2016.
- [3] C. Riba Romeva, R. Sans, and E. Torrents, *El crac energético: cifras y falacias*. Octaedro, 2013.
- [4] Furró E., *Catalunya, aproximació a un model energètic sostenible*, 1st ed. Barcelona: Editorial Octaedro, S.L., 2016.
- [5] G. Riba, *El cost de l'energia*. Barcelona: Octaedro, 2016.
- [6] C. Riba Romeva, *Recursos energéticos y crisis: el fin de 200 años irrepetibles*. Octaedro, 2012.
- [7] S. Müller-Kraenner, *Energy Security: Re-measuring the World*. Earthscan, 2008.
- [8] T. Unnerstall, *The German Energy Transition: Design, Implementation, Cost and Lessons*. Springer Berlin Heidelberg, 2017.
- [9] N. N. Pinto, *Technologies for Urban and Spatial Planning: Virtual Cities and Territories: Virtual Cities and Territories*. IGI Global, 2013.
- [10] B. Sørensen, *Energy, Resources and Welfare: Exploration of Social Frameworks for Sustainable Development*. Elsevier Science, 2016.
- [11] B. Sørensen and G. Spazzafumo, *Hydrogen and Fuel Cells: Emerging Technologies and Applications*. Elsevier Science, 2018.
- [12] A. Robalino-López, A. Mena-Nieto, and J. E. García-Ramos, "System dynamics modeling for renewable energy and CO2 emissions: A case study of Ecuador," *Energy Sustain. Dev.*, vol. 20, pp. 11–20, 2014, doi: 10.1016/j.esd.2014.02.001.
- [13] G. Villacreses, G. Gaona, J. Martínez-Gómez, and D. J. Jijón, "Wind farms suitability location using geographical information system (GIS), based on multi-criteria decision making (MCDM) methods: The case of continental Ecuador," *Renew. Energy*, vol. 109, pp. 275–286, 2017, doi: 10.1016/j.renene.2017.03.041.

## NOTA BIOGRÁFICA



Manuel Ignacio Ayala Chauvin. **ORCID ID**  <https://orcid.org/0000-0002-3911-377X>  
Es investigador de la Universidad Tecnológica Indoamérica. Doctor en Sostenibilidad por la Universidad Politécnica de Cataluña, Master en Ingeniería Mecánica y Equipamiento Industrial. Su línea de investigación es la Optimización de Flujos Energéticos. Actualmente es investigador en la Universidad Tecnológica Indoamérica, de la ciudad Ambato país Ecuador.



Genís Riba Sanmartí. **ORCID ID**  <https://orcid.org/0000-0002-9930-915X>  
Es investigador de la Universidad Politécnica de Cataluña. Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Cataluña, especialista en energía nuclear. Su línea de investigación es la Transición Energética. Actualmente es investigador en el Centro de Diseño de Equipos Industriales de la Universidad Politécnica de Cataluña, de la ciudad Barcelona, España.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, US