

Cambio climático y transición energética *Climate change and energy transition*



Fernández Arguiñano, José María
Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre
Ciudad Guayana, Venezuela
jfernandar@gmail.com
ORCID: 0009-0000-3195-012X

Resumen

Los medios sociales y televisivos publican cada vez con más frecuencia eventos climáticos extremos: récords de calor en verano, incendios pavorosos, granizos como pelota de tenis, tormentas como nunca se habían visto que causan miles de muertos y sequías que arruinan las cosechas de alimentos. También cada día son más frecuentes las noticias sobre nuevos proyectos de parques eólicos, fotovoltaicos, mineros y las posiciones de grupos ecologistas con respecto a ellos. En este artículo se hace una revisión de los documentos científicos elaborados por el Panel de expertos de Cambio Climático, los acuerdos de los países para limitar el aumento del calentamiento global a 1,5° sobre la época preindustrial, y las propuestas para alcanzar una emisión neta cero de dióxido de carbono (CO₂) para el año 2050, reemplazando la energía fósil por energías renovables. Se hace constancia de la brecha entre lo acordado y lo realizado. Se resalta la necesaria sustitución de materiales fósiles por materiales raros, escasos y de difícil procesamiento, y lo que esto implica para el reto ecológico y la geopolítica mundial. Se muestran diferentes corrientes de pensamiento sobre el futuro de esta transición y la complejidad de la misma que acarreará tiempos turbulentos. Por último, se ponen en contexto el impacto que puede tener la transición energética global con el desarrollo económico y social de Venezuela.

Palabras clave: Cambio climático, transición energética, límites del crecimiento, adaptación, mitigación, resiliencia.

Abstract

Social media and television increasingly publish extreme weather events: summer heat records, terrifying fires, hail like tennis balls, storms like have never been seen before and that cause thousands of deaths, droughts that ruin food crops. News about new wind farms, photovoltaic, and mining projects and the positions of environmental groups regarding them are also becoming more and more frequent. This article reviews the scientific documents prepared by the The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), the agreements between countries to limit the increase in global warming to 1.5° above pre-industrial times, and the proposals to reduce carbon dioxide (CO₂) emissions to net zero by 2050, replacing fossil energy with renewable energy. The gap between what was agreed and what was done is shown. The need to replace fossil materials with rare, scarce and difficult to process materials is highlighted, and what this implies for the ecological challenge and for global geopolitics. Different currents of thought are shown about the future of this transition and its complexity that will lead to turbulent times. Finally, the impact that the global energy transition may have on the economic and social development of Venezuela is put into context.

Keywords: Climate change, energy transition, limits to economic growth, adaptation, mitigation, resilience

Introducción

Desde la existencia del planeta Tierra, el clima ha estado en constante cambio dependiendo de la interacción solar, variaciones en la órbita de traslación, fluctuaciones en el eje de la tierra, los volcanes, meteoritos y otros accidentes naturales como la distribución de la superficie terrestre y la fauna y flora existente, creando un inestable balance energético planetario que produce épocas de frío o de calor, de lluvias o de sequía. La evolución y propagación de los seres vivos ha dependido en gran medida de estos cambios climáticos naturales.

Pero en los últimos dos siglos la especie humana ha influido de forma determinante en estos cambios. Hasta el siglo XVIII la energía que utilizaba el hombre provenía de la fuerza animal, la madera y los molinos de viento y agua.

La población mundial en 1800 era cercana a los 1000 millones de habitantes. Thomas Malthus alertaba que había que frenar el aumento de la población, pues mientras esta tenía un crecimiento geométrico, la producción de alimentos crecía aritméticamente. Fue el primer

autor reconocido que lanza la teoría de los límites de los recursos del planeta Tierra

En el siglo XIX se inicia la revolución industrial, utilizando un material fósil, el carbón, que mueve máquinas, barcos y trenes. Más adelante se usa el petróleo y el gas para producir energía que se transforma en mecánica, eléctrica, calórica y promueve una época de desarrollo nunca antes vista en la humanidad.

Los productos fósiles, carbón, petróleo y gas, contienen energía concentrada durante millones de años. La intensidad y versatilidad de estos productos unida a la ciencia y a la tecnología, es la que ha impulsado un crecimiento económico permanente en los últimos 200 años. Su extracción es relativamente barata, su conversión, almacenamiento, traslado y utilización para los más diversos fines se manifiesta en la industria, el transporte, la iluminación, la calefacción, en muchos productos como los plásticos, el caucho y multitud de otros usos.

La población ha crecido de forma exponencial. En el año 1900 era de 1600 millones de habitantes y en 2023 supera

los 8.000 millones. Se espera que para 2050 alcance los 9000 millones de habitantes.

A pesar de la distancia entre los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo y la brecha existente entre ricos y pobres, es innegable que ha habido una mejora sustancial en casi todos los aspectos de la vida humana: mayor esperanza de vida, mejor nivel educativo y mejor acceso a bienes y servicios, que hoy día se consideran fundamentales para el desarrollo humano. Ya no se puede concebir el mundo sin electricidad, automóviles, aviones, trasatlánticos, industrias, calefacción, internet, teléfonos inteligentes.

Pero la humanidad siente amenazada su existencia por los materiales utilizados para lograr ese bienestar: la energía que proviene del carbón, petróleo y gas. Su consumo emite dióxido de carbono a la atmósfera que produce un efecto invernadero y aumenta el calentamiento de la tierra. Este aumento de temperatura genera impactos negativos en las condiciones de vida de la sociedad humana. Se trata de un problema global

que afecta a toda la tierra y que es responsabilidad de los países resolverla

En este artículo se muestran las evidencias del calentamiento global y sus causas, sustentadas en estudios científicos, las medidas que se proponen para amortiguar el aumento de temperatura, y los acuerdos que deben poner en marcha los países. Lo esencial de estos acuerdos consiste en la sustitución de energía fósil por renovable, que implica profundos cambios tecnológicos, económicos, sociales y culturales. Se muestra la complejidad, tanto tecnológica como de recursos, de esta transición y las visiones de diferentes corrientes de pensamiento ante estos cambios. Por último, se expresan algunas consideraciones sobre los impactos que pueden ocurrir en Venezuela.

Creación del Panel de expertos intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) y de la Conferencia de las Partes (COP)

Conscientes del problema de cambio climático que los humanos estamos provocando, las Naciones Unidas crearon dos instituciones que en los años venideros interactúan entre ellas:

En el año 1988, el Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) fundaron el Panel de Expertos intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), conformado por científicos de todos los países del globo, para que evaluaran los cambios ocurridos en la naturaleza y orientaran a los gobiernos a tomar medidas urgentes para preservar el mejor futuro posible para las próximas generaciones.

En 1992 se inician las Conferencias de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Cada año y en un país diferente se celebra la Conferencia de las Partes (COP) para evaluar con base a las recomendaciones del IPCC el progreso en el tratamiento del cambio climático. Hasta la fecha se han celebrado 27 COP siendo los más decisivos los que acordaron el Protocolo de Kioto y la firma del Acuerdo de París.

Protocolo de Kioto y Acuerdo de París

En el año 1997, en el llamado *Protocolo de Kioto*, 192 países firman la “Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático”, comprometiéndose a los países

industrializados (36 países) a reducir un 5% los gases de efecto invernadero. En esta convención se exhorta a los Estados a que fijen políticas que reduzcan la emisión de gases y que informen sobre los resultados.

En diciembre de 2015, 196 países firmaron el llamado Acuerdo de París en el que se comprometen a reducir la emisión de gases de efecto invernadero

Este convenio ratifica que hay evidencia científica de que el calentamiento global tiene relación directa con la emisión de CO₂ a la atmósfera que fundamentalmente proviene de la actividad humana y específicamente del consumo de productos fósiles. La energía proveniente del carbón, petróleo y gas debe ser sustituida por energías renovables y limpias como la hidroeléctrica, la eólica, la solar, la biomasa. Se propone como objetivo lograr un futuro neutro en carbono para el año 2050, para que el calentamiento de la tierra no supere los dos grados con respecto a la época preindustrial. Este fue un acuerdo vinculante para los países que deben activar un conjunto de medidas para mitigar el cambio climático.

El Acuerdo de París obliga a los países a una transformación económica y social, sustentada en la tecnología e innovación. Cada gobierno debe presentar un plan de acción climático conocido como contribuciones determinadas a nivel nacional que será revisado cada cinco años.

Sexto informe del IPCC

Desde su creación, el IPCC ha elaborado seis informes que presentan una evaluación científica actualizada sobre el cambio climático, sus implicaciones en los aspectos socioeconómicos y los posibles escenarios para que los estados tomen decisiones para mitigar o adaptarse a esos cambios. Cada informe contiene tres documentos, elaborados por tres grupos diferentes que recogen toda la información aparecida en revistas científicas sobre Bases Físicas (grupo I), Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad (grupo II) y La mitigación al cambio climático (grupo III).

Las informaciones aquí suministradas se recogen del VI informe con sus tres documentos elaborados entre 2021 y 2023 tomados del resumen para

políticos publicado por el Ministerio de Transición energética de España.

Informe de Bases Físicas (Grupo I)

El documento alerta desde el inicio que *los recientes cambios en el clima –sin precedentes en miles de años– son generalizados, rápidos y se están intensificando.*

El sistema energético de la Tierra está en desequilibrio debido a los gases de efecto invernadero que impiden el rebote de la energía que ingresa, produciendo una acumulación de la misma, ocasionando el calentamiento global.

La temperatura global del planeta ha aumentado de manera alarmante en las últimas décadas de forma que entre 2011 y 2020 fue 1,09 grados superior a la de 1850-1900. Este aumento de temperatura provoca cambios generalizados en la atmósfera, los mares, la biosfera y la criósfera.

La concentración de CO₂ es la más alta en al menos 2 millones de años, La subida del nivel del mar es el más rápido en los últimos 3000 años, la superficie de hielo ártico el nivel más bajo en los últimos 1000 años, el retroceso en los

glaciares, el mayor en los últimos 2000 años.

Como consecuencia del aumento de temperatura se ha observado más vapor de agua y mayor circulación de aire, acidificación de los mares, cambios en la distribución de las especies, aumento del nivel de los océanos, aumento de las precipitaciones y de la vegetación global, disminución de la criosfera.

En las últimas décadas se han producido fenómenos climáticos extremos que se están repitiendo cada vez con mayor frecuencia e intensidad: Tornados, huracanes, ciclones, tormentas eléctricas, granizos, épocas de sequía, oleadas de calor más frecuentes y largas, incendios, deshielo del Ártico, Groenlandia, los glaciares y el permafrost.

Los expertos del primer informe plantean cinco escenarios sobre el calentamiento global que pueden ocurrir en esta centuria dependiendo de la emisión de gases de efecto invernadero. Si se logra para 2050 un futuro neutro en carbono (es decir, que la emisión de gases sea equivalente a la absorción de los mismos), el aumento de temperatura sería de 1,5° con respecto a la época preindustrial. Si se

sigue lanzando a la atmósfera más gases de efecto invernadero que los que la Tierra puede almacenar, la temperatura podría alcanzar en el 2100 cinco grados adicionales.

Otro de los escenarios que plantean es que el calentamiento es proporcional a la emisión de CO₂ pero no se distribuye de forma uniforme. Este será más acusado en el hemisferio norte y en el Ártico. Las precipitaciones se incrementarán en las latitudes altas y en los trópicos y disminuirán en los sub trópicos.

Dependiendo del calentamiento global se producirán grandes sequías en la zona del mediterráneo, Centro América y cuenca amazónica y Chile. Los sumideros de carbono serán menos eficientes a medida que aumenten las emisiones de CO₂.

Concluye el primer documento que *limitar el calentamiento global a 1,5° estará fuera de nuestro alcance a menos que tenga lugar una reducción de los gases de efecto invernadero inmediata, rápida y a gran escala.*

Cambio climático: impactos, adaptación y vulnerabilidad. (Grupo II)

Así define el documento del grupo II en su glosario lo que es la adaptación: se define, en los sistemas humanos, como el proceso de ajuste al clima real o previsto y a sus efectos para moderar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En los sistemas naturales, la adaptación es el proceso de ajuste al clima real y sus efectos; la intervención humana puede facilitarlos (p.34)

Este informe resalta la interdependencia entre el cambio climático, los ecosistemas incluyendo su biodiversidad y la sociedad humana.

Los impactos dependerán de los niveles de calentamiento global que se alcance. Estos se notarán a nivel de la estructura terrestre, marina o acuática y a nivel de distribución de las especies: pérdida de biodiversidad, mortalidad de los árboles, muerte de corales en aguas cálidas, desaparición de marismas. Los impactos que se producirán en los sistemas humanos se evidenciarán en el agua y la producción de alimentos, en la salud y bienestar y en las ciudades e infraestructuras: mortalidad asociada al

calor, malaria, enfermedades transmitidas por mosquitos.

La adaptación reduce los riesgos del cambio climático. Se proponen diversas estrategias:

1. Las medidas de adaptación basadas en ecosistemas pueden reducir los riesgos climáticos.
2. Agua y sistema alimentario: recogida del agua de lluvia, conservación de la humedad del suelo, mejora de los cultivos, diversificación agrícola.
3. Ciudades e infraestructuras.
4. Protección de costas contra la subida del nivel del mar.
5. Salud, bienestar y migración. Reducción de la pobreza y la inseguridad alimentaria.
6. Justicia, equidad y gobernanza.

La mitigación al cambio climático (Grupo III)

El tercer documento certifica que las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) han sido las más elevadas en la última década aunque la tasa de crecimiento ha sido menor que la década anterior. Los GEI están conformados por CO₂ procedente del

consumo de fósiles (64 %), silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) (11%), metano (18%), óxido nitroso y gases fluorados (6%).

Los GEI provienen en un 33% del suministro de energía, un 24% de la industria, un 22% de agricultura y silvicultura, 15% de transporte y 6% de edificaciones.

La emisión de GEI es muy desigual por regiones: el 27% lo produce Asia oriental, el 12% Norteamérica, el 10% América Latina y el Caribe, el 9% África, el 8% Europa. Si se considera la emisión per cápita, los países desarrollados superan con creces el promedio.

Para lograr el aumento de temperatura solo en 1,5° para 2050 se requiere disminuir la emisión de carbono en 45% y solo se está logrando alcanzar una disminución del 7,5% lo que impactará en un aumento de 2,7° de temperatura para 2100.

Para lograr la meta del Acuerdo de París, se deben tomar medidas drásticas e inmediatas que implican la transformación sistémica de los sectores: la transición a la sustitución de energía fósil por energía renovable o el uso de combustibles fósiles

con captura y almacenamiento de CO₂. Se proponen estas medidas:

1. Sector energético: Sustitución de utilización de energía fósil por energía renovable: eólica, solar, hidráulica, biocombustibles.
2. Sector industrial: eficiencia energética y de materiales, economía circular, nuevos procesos de producción que utilicen electricidad, hidrógeno y combustibles de bajas emisiones de CO₂.
3. Sector urbano: eficiencia energética, mejora de la captura y almacenamiento de CO₂, adaptación de edificios al clima futuro, uso de renovables, autoconsumo.
4. Sector transporte: Utilización de energías renovables: Vehículos eléctricos, hidrógeno, biocombustibles.
5. Sector AFOLU: Las medidas de mitigación en este sector pueden contribuir a la captura de CO₂ y a la mejora de la biodiversidad a través de servicios ecosistémicos.

Las medidas de adaptación y mitigación crean una sinergia fundamental para promover un desarrollo sostenible. A esto debe unirse la resiliencia necesaria para afrontar el aumento de temperatura.

En este cambio tan drástico de desarrollo debe crearse una gobernanza climática en la que confluyan los gobiernos, las instituciones y la sociedad civil.

La Agencia internacional de energía (IEA)

La Agencia internacional de energía (IEA) es un organismo autónomo en el marco de la Organización para el Desarrollo Económico. Su objetivo es investigar y prevenir las tendencias de la oferta y demanda de petróleo y el monitoreo a otras energías para un desarrollo sostenible. Según la IEA la energía proveniente del carbón, petróleo y gas supone el 82% del total que se consume en el planeta. El mes de agosto de 2023 batió record de consumo de petróleo con 102 millones de barriles diarios y el 70% del crecimiento lo produce China.

El costo de producción de las energías renovables eólica, fotovoltaica, y de biocombustibles ya se ha equiparado con el costo de producción de los fósiles o incluso es más barata. Según la IEA, en el 2023 por cada dólar que se invierte en energías fósiles se destinan 1,70\$ a

energías limpias, y la inversión en energía solar es superior a la inversión petrolera. La IEA considera que el pico de producción petrolera ocurrirá antes de 2030.

Sin embargo, se necesita hacer más para lograr el net cero de emisiones de CO2 en 2050. La energía solar y los automóviles eléctricos están a la vanguardia de la transición energética pero se debe hacer más en eficiencia, redes y baterías.

El 90% de las inversiones en renovables la realizan los países desarrollados y China. Los países en desarrollo deben hacer mayores esfuerzos en este sentido. Los gobiernos, la industria y los inversionistas deben impulsar el progreso en el aumento de la inversión particularmente en las economías emergentes y en desarrollo. Esta es la tarea clave para una transición energética segura y sostenible. (<https://www.iea.org/?spotlight=global-investment-in-clean-energy-is-on-course-to-reach-usd-1-7-trillion-in-2023>)

Agencia intergubernamental de energías renovables (IRENA)

En el año 2011 se creó la Agencia intergubernamental de energías renovables (IRENA) con el mandato de promover la implantación y el uso

sostenible de las energías renovables a nivel global. En la actualidad la conforman 168 países. IRENA está comprometida a lograr cero emisiones netas de CO₂ en 2050. El reto consiste en sustituir la energía proveniente de materiales fósiles por energías renovables, acrecentar la eficiencia energética y promover tecnologías para la captura del carbono.

La electricidad será el vector fundamental para lograr el objetivo del Acuerdo de París. En el año 2018 la electricidad supone el 21% del total energético, el petróleo el 37%, el gas 16%, carbón 11% y 9% hidráulica, nuclear y biomasa. Para el año 2050 se espera que la electricidad suponga el 51% de la energía total, el 18% biomasa, el 12% hidrógeno, el 9% otras energías renovables y solo el 10% de materiales fósiles.

Para lograr estos cambios se necesita la innovación no solo de tecnologías en diversas formas de producción, almacenamiento y transmisión de energías renovables sino también de modelos de negocios y diseño de mercados flexibles en los que interactúen la oferta y la demanda y los incentivos y regulaciones de los gobiernos.

Hay siete sectores que demandan mucha energía y cuya transición a renovables supone un reto para la innovación y la inversión: la producción de acero, aluminio, cemento, petroquímicos y el transporte terrestre, acuático y aéreo de mercancías.

En el año 2023 existe una brecha importante entre lo que los países acordaron en París y lo que proponen las *Contribuciones determinadas a nivel nacional*. Para limitar el aumento de temperatura a 1,5° en 2050 se requiere disminuir la emisión de 36 gigatoneladas de CO₂ con respecto a 2022 y solo se logrará su reducción a la mitad. Se necesita un aumento de la producción de renovables de 1000 gigavatios por año y solo se están produciendo 300.

La cara oculta de las energías renovables

Este es el subtítulo del libro *La guerra de los metales raros* de Guillaume Pitron, (2019) periodista francés que durante 6 años ha investigado la importancia estratégica de los metales. Afirma el autor que para tener energías renovables se necesitan más metales, más diversos y más escasos. En la misma línea

se encuentra la investigadora Alicia Valero, profesora de la Universidad de Zaragoza, con su libro *Thanatia: los límites de los materiales escasos*. (2021). Dice Alicia que para producir un gigavatio de electricidad con energía eólica se necesita 25 veces más metales que en una termoeléctrica.

Pero no solo se necesita más cantidad de metales sino también más metales diferentes para las tecnologías eólica, fotovoltaica, automóviles eléctricos, baterías, catalizadores, lámparas de bajo consumo e instrumentos digitales. En la época de la energía fósil bastaba con cerca de 20 materiales además abundantes en la naturaleza. Las energías renovables y digitales van a necesitar prácticamente todos los elementos de la tabla periódica dentro de los cuales cobran importancia los 17 elementos de tierras raras. La demanda de minerales hasta 2050 podría ser mayor que las reservas de los siguientes minerales: Plata, cadmio, cobalto, cromo, cobre, galio, indio, litio, manganeso, Niobio, plomo, platino, Teluro y Zinc.

Además se requerirá un aumento exponencial de muchos minerales para

alcanzar el futuro neutro en carbono, como 42 veces la cantidad de litio, 25 de grafito, 21 de cobalto, 19 de níquel, y 7 de tierras raras. Por otra parte las tasas de reciclaje de la mayoría de los metales son muy bajas y difíciles de recuperar ya que se mezclan en cantidades ínfimas con otros elementos.

Pitrón (2019) señala tres paradojas de la transición energética.

1. Las energías limpias van a necesitar de materiales sucios. Los nuevos elementos requeridos por las renovables están muy diluidos en la naturaleza (son como la sal del mar) y es difícil encontrarlos concentrados para su explotación. Para extraerlos y separarlos de otros metales se utilizan procesos físico-químicos que requieren elementos contaminantes y mucha agua. La extracción de carbón, petróleo y gas va a ser sustituida por la explotación de muchos minerales. Ninguna actividad minera está exenta de contaminación ambiental pero se pueden minimizar los costos haciendo una minería racional, responsable. Eso no es lo que ocurre actualmente en la mayoría de las explotaciones mineras de materiales raros o escasos.

Y aquí aparece otro problema referido a la geopolítica mundial. La explotación actual de los metales raros y escasos está ocurriendo en los países donde hay más laxitud con las normas laborales, sociales y ambientales. China domina el mercado mundial de los metales raros. En las explotaciones mineras al norte de China no hay control de los daños a la salud de los trabajadores, a la contaminación de las aguas, y a la polución del ambiente. Lo mismo ocurre en explotaciones de países en desarrollo como la producción de coltán en El Congo en cuyas minas trabajan niños y menores de edad.

Pero no solo ocurre eso en las minas sino también en los procesos de refinación. Las tecnologías y fábricas para separar esos metales estaban situadas en Australia Francia y EEUU y por reclamos ambientales se localizaron en China. Hoy, esta nación tiene el control de estos materiales imprescindibles para la transición energética y mineral, lidera el mercado de economías verdes, los paneles solares, los coches eléctricos y las tecnologías digitales.

2. Las energías renovables van a necesitar de materiales no renovables. Así

como ocurrió con los materiales fósiles, la explotación se hace en los yacimientos más fáciles de extraer y de mejor calidad y cuando estos llegan al pico de producción se acude a otros de mayor costo y menos calidad que también se agotarán. Alicia Valero (2021) pronostica la escasez de minerales para apalancar las energías renovables de aquí a 2050. Quizás no tenga en cuenta los nuevos descubrimientos de yacimientos en todo el mundo, producto de un incremento en la exploración geológica. La minería está en alza. Pero de todas formas es claro que los metales no son renovables y algún día se acabarán o costará más su extracción que su producción.

3. Los recursos de un mundo más sostenible se ven afectados por la dificultad de la economía circular. Según el reporte de economía circular 2023, solo el 7,2% de los materiales se recicla, menor que en el año 2018 que era de 9,1%. La extracción de minerales ha pasado de 28 GT en 1972 a 101 Gt en 2021.

Pitrón (2019) saca como conclusión que la transición hacia energías renovables es irreversible, que se necesitan más metales, lo cual significa un costo

ambiental pero hay que minimizarlo al máximo y eso ocurrirá relocalizando la explotación minera y la refinación de materiales a los países donde las exigencias ambientales son mayores. Nadie quiere tener una explotación minera en el patio trasero de su casa pero si se quiere vivir con energías limpias habrá que asumir algún costo.

En ese mismo sentido, la Unión Europea ha reconocido la dependencia de muchos metales de otros países y ha declarado una lista de los productos que son críticos para la economía europea. Los 27 productos que aparecen en la lista son: antimonio, barita, berilio, bismuto, borato, cobalto, carbón de coque, fluorita, galio, germanio, hafnio, helio, indio, magnesio, grafito natural, caucho natural, niobio, fosforita, fósforo, escandio, silicio metálico, tantalio, wolframio, vanadio, metales del grupo del platino, tierras raras pesadas y tierras raras ligeras. Europa solo se abastece del 3% de estos minerales con recursos propios y se propone que ningún mineral dependa en más de un 65% de un país. Actualmente hay una dependencia casi absoluta de muchos de estos materiales de China. Establece como prioridad la exploración de estos minerales

dentro de los países de la Unión y acelerar los permisos de explotación. Pronto la comunidad Europea aprobará una ley minera que incentive esa actividad con normas ambientales cuya aprobación no se demore indefinidamente en el tiempo.

Ya se han descubierto importantes yacimientos de estos minerales en varios países, sobretodo litio. Se espera por la aprobación ambiental para su explotación. Con toda seguridad estos procesos serán menos perjudiciales para el planeta que las explotaciones chinas o de otros países en desarrollo.

Esta estrategia se debe complementar con el aumento de la economía circular que supone reparar, reutilizar y reciclar todo lo posible.

Los límites del crecimiento

En el año 1972 se publicó el informe *los límites del crecimiento*, elaborado por científicos del Instituto Tecnológico de Massachusetts por encargo del Club de Roma. Este documento marcó un impacto importante en la comunidad mundial porque alertó sobre los límites del planeta si la humanidad sigue la ruta del crecimiento.

Se resucitaba la tesis maltusiana de que el crecimiento de la población y la utilización de recursos es superior a lo que puede contener o producir la tierra. Pero esta vez lo sustentaban en datos científicos de la época.

... “Si la industrialización, la contaminación ambiental, la producción de alimentos y el agotamiento de los recursos mantienen las tendencias actuales de crecimiento de la población mundial, este planeta alcanzará los límites de su crecimiento en el curso de los próximos cien años. El resultado más probable sería un súbito e incontrolable descenso, tanto de la población como de la capacidad industrial“(Los Límites del Crecimiento, 1972, p. 40)

Esta corriente de pensamiento está hoy más viva que nunca, sobretudo en asociaciones ambientalistas. El Centro de resiliencia de Estocolmo, liderado por Johan Rocsstrom, publicó un estudio en 2009 en el que definió 9 límites interdependientes que son determinantes para mantener el equilibrio de la tierra como existió durante 10.000 años en el

holoceno. Según el último estudio de 2023, seis de estos límites están sobrepasados: cambio climático, nuevas entidades, flujos bioquímicos de fósforo y nitrógeno, agua dulce, cambios en el uso del suelo y biodiversidad. Solamente hay tres que están en niveles aceptables: emisión de aerosoles, acidificación de los océanos y capa estratosférica de ozono. Como hecho relevante de lo que la humanidad puede hacer por controlar las variables que permiten el equilibrio de la energía de la tierra se muestra el éxito logrado por los países en el protocolo de Montreal por controlar los aerosoles que creaban agujeros en la capa de ozono. Gracias a estos acuerdos el agujero negro de la Antártida ya se está cerrando. El informe insiste en la interdependencia de estas variables y que hay que controlar sus límites por igual, sobretudo la biodiversidad.

Más alarmante es la posición de otros autores que creen que la humanidad va a un colapso si no se frena el crecimiento económico. Parten del supuesto que no puede haber un crecimiento infinito en un mundo con recursos finitos. Por ello promueven la necesidad de decrecer económicamente y

reducir el consumo de energía y materiales sin que por ello signifique disminuir la calidad de vida. El libro de Antonio Turiel (2020) (doctor en física teórica e investigador de CSIC) *Petrocalipsis* y sus muchas conferencias muestran este mensaje. Este autor muestra con datos de la Agencia internacional de energía, cómo la era de los recursos fósiles está actualmente en el proceso de declive que durará unas pocas décadas.

No hay duda que en un futuro cercano toda la energía será renovable. Pero, ¿esto significa que habrá la misma cantidad de energía? Las energías renovables cuentan con muchas limitaciones: potencial máximo, dependencia de materiales escasos, instalación usando energías fósiles, dificultad de la electrificación. La electrificación debe ir acompañada de tecnologías palanca como son los automóviles eléctricos y el hidrógeno verde producido por electrolizadores. Pero estas dos tecnologías palanca tienen muchos inconvenientes debido a la dificultad de la masificación del primero y a la pérdida de energía en la producción y uso del segundo. La propuesta es vivir con la cantidad de energía que se utilizaba en

la década de los 70 con tecnologías actuales.

El modelo de transición energética eléctrica renovable que se propone adolece de muchos problemas: potencial, materiales, dependencia de fósiles, electrificación y fuerte dependencia tecnológica. Las tendencias actuales pueden llevar a muchos conflictos entre países. Se puede desarrollar otro modelo utilizando energía renovable no eléctrica. Desde el punto de vista social es imprescindible abandonar el crecientismo.

En una entrevista a Dennis Meadows (autor del informe *Los límites del crecimiento*), publicada por L'OBS número 3002 de mayo 2022, afirma que el sistema actual va a desaparecer. Incluso cree que la producción verde es una continuidad del mismo sistema. Lo que es seguro es que el futuro usará menos energía, habrá menos confort de vida. Eso no será necesariamente peor. Para ser feliz basta desear menos o desear otra cosa

No cree en el desarrollo sostenible ni le gusta hablar de decrecimiento sino más bien de resiliencia. La capacidad humana para vivir con menos necesidades,

y de adaptarse al cambio climático, a las epidemias, a la falta de alimentos, a la penuria energética. Más que mortificarte rechazando no vivir en otro mundo prefiero buscar cómo puedo mejorar el que yo vivo. La resiliencia es el medio del porvenir. Ella designa para un sistema su capacidad de absorber los choques y seguir funcionando.

En este mismo sentido se han manifestado 100 científicos de 17 países que han solicitado a la ONU que abandone la ideología de los objetivos del desarrollo sostenible porque es un engaño. Afirman que el secretario general de la ONU tenía razón al afirmar que la humanidad está retrocediendo en relación a la mayoría de los ODS. Hay que decir la verdad y abandonar la ideología que sustenta este programa sustentado en el crecimiento del PIB. Afirman que decir la verdad es crucial e instan a los gobiernos a adecuar sus políticas a una mayor resiliencia y reducción de riesgos.

Un punto de vista diferente lo plantea el antropólogo español Emilio Santiago (2023) en su libro *Contra el mito del colapso ecológico*. Reconoce la gravedad del calentamiento global y que se

han rebasado los límites del crecimiento pero cree que así como se superaron barreras que parecían imposibles en el pasado la humanidad buscará caminos para otro mundo posible y sostenible.

La complejidad de la transición energética

A pesar de las evidencias científicas, hay sectores que niegan la influencia antropogénica en el clima y consideran que las variaciones climáticas siempre han existido independientemente de la actividad humana.

El problema más grave que confrontan los gobiernos que atienden prioritariamente el crecimiento económico es cómo sustituir la energía fósil por energía renovable de forma inmediata y urgente. Con motivo de la guerra entre Ucrania y Rusia y, producto del bloqueo de la exportación al petróleo y gas ruso, algunos países europeos volvieron a activar minas de carbón. El primer ministro del Reino Unido ha abierto nuevas concesiones para extraer petróleo en el Mar del Norte.

¿Por qué los países no logran cumplir con las metas que acordaron? La

sustitución de materiales fósiles por energías limpias en poco tiempo supone un cambio de modelo económico, social y cultural que involucra los modos de producción, de comercialización, los hábitos de consumo, las políticas de los estados y las decisiones de los ciudadanos. Se trata de una revolución, de un cambio radical y urgente en todos los aspectos de la vida. Es una transición compleja y profunda, en la que interactúan variables científicas, tecnológicas, económicas, políticas, sociales, culturales. Es difícil aplicar el mix de recomendaciones de adaptación y mitigación del panel de expertos del Cambio Climático en poco tiempo. Por ello la humanidad vivirá tiempos turbulentos de avances y retrocesos, de aciertos y errores. Pero la transición de sustituir la energía fósil por renovable es irreversible.

A pesar de que se ha abaratado el costo de producción de energías renovables considerablemente todavía hay que superar cuellos de botella en el proceso de conversión y utilización de estas energías. La particularidad de las energías eólica y solar es que son intermitentes, se producen cuando hay sol o viento y es difícil y costoso su

almacenamiento. Se están utilizando baterías, electrolizadores para producción de hidrógeno e hidroeléctricas reversibles pero todavía no hay una concatenación efectiva. En días recientes las empresas de energía eléctrica mostraban su preocupación por que en determinados momentos el precio de electricidad era cero por la excesiva oferta renovable que no se podía transmitir o almacenar.

La transición energética es un proceso de disminución de uso de materiales fósiles y aumento de energías renovables. Pero ese proceso es todavía demasiado lento para lograr el Acuerdo de París. El reciente informe de la Organización meteorológica mundial de septiembre de 2023 señala que la emisión de CO₂ a la atmósfera aumentó en un 1% en 2022 con respecto a 2021 y que en el primer semestre de este año se aumentó 0,3%. A este ritmo de mitigación se alcanzará un aumento de 1,5° para el año 2030 y 2,8 para inmediata y en magnitudes sin precedentes.

De la Venezuela petrolera a la Venezuela verde

En el año 1926, el petróleo sustituyó al café como primer rubro de

exportación en Venezuela. Desde entonces el desarrollo económico y social del país ha dependido, hasta la fecha, de los ingresos producidos por la exportación petrolera. Venezuela logró durante muchos años ser el principal exportador de petróleo con el mayor crecimiento del PIB per cápita del mundo. Esta dependencia casi absoluta del petróleo creó un modelo de desarrollo muy acendrado en la cultura del venezolano, mono productivo, rentista, que dejó de lado el aprovechamiento de otras potencialidades del país. Al día de hoy Venezuela figura como el país con más reservas de petróleo del mundo y como el octavo en reservas de gas pero su producción no supera los 800.000 barriles diarios. La casi totalidad de estas reservas es de petróleo extra pesado ubicado en La Faja Petrolífera del Orinoco, cuya extracción, transporte y procesamiento es muy costoso.

¿Qué impactos puede tener la transición energética global en la economía venezolana? La IEA ha estimado que antes del año 2030 comenzará el declive de la demanda de petróleo. La OPEP ha criticado este pronóstico porque desestimula las inversiones en energías fósiles como

actualmente ya está ocurriendo. Hasta la empresa petrolera de Arabia Saudí está invirtiendo en energías renovables.

Este escenario mundial debe hacer reflexionar a los líderes venezolanos sobre la necesidad de cambiar el modelo de desarrollo que ha imperado en Venezuela en la última centuria. ¿Hasta qué punto serán codiciables las reservas petroleras venezolanas? ¿Qué inversionistas apostarán su dinero en la Faja Petrolífera del Orinoco cuando se está descubriendo petróleo liviano en Guyana, Brasil, Namibia y otras regiones del mundo? Más futuro tiene la demanda de gas que es menos contaminante que el carbón y el petróleo y cuyo uso perdurará más que los otros fósiles. Por eso empresas europeas están interesadas en la exploración y explotación de gas en la plataforma del Caribe oriental venezolano.

La verdadera riqueza de Venezuela está en su biodiversidad. Uno del país más mego diversos del mundo: fauna, flora, montañas, Llanos, sabanas, tepuyes, delta, selvas, Xerófilas, agua dulce, ríos, costas, islas, Caribe, Sol, lluvia, viento, pueblos originarios, mestizaje. Sobre esa mega diversidad se puede plantear un modelo de desarrollo diferente. Así como el viejo

continente decretó el Pacto Verde Europeo, Venezuela puede basar su desarrollo en las potencialidades verdes que le ofrece su territorio. Es deber de los gobiernos y de la sociedad preservar esta diversidad para las generaciones futuras impidiendo la contaminación de ríos y lagos, la quema incontrolada de gas, la depredación de selvas y bosques, la extinción de especies vegetales y animales.

Debe iniciarse desde ahora la sustitución de energías fósiles por renovables. Venezuela cuenta con una capacidad grande de energía hidroeléctrica, no solo de la actual existente, que hay que actualizar, sino de la que se puede añadir terminando la represa de Tocoma y construyendo otras hidroeléctricas cuyos proyectos ya están listos. Las termoeléctricas deben sustituirse por energía eólica y solar y biomasa. El país cuenta con condiciones favorables para los tres tipos de energías renovables.

Produciendo suficiente de energía solar, eólica y de biomasa en el país, la electricidad del Caroní se puede utilizar para producir acero y aluminio verde sin el

costo de contaminación de CO₂ y ser competitivo en el mercado mundial.

Sobre esa biodiversidad se puede planificar todo un abanico de potencialidades a desarrollar, la bioeconomía, que comprende la actividad agrícola y pecuaria, la pesca, la acuicultura, agroindustria que con tecnología avanzada y con respeto al medioambiente puede no solo garantizar la seguridad alimentaria interna sino también exportar alimentos demandados por otros países y generar divisas para el país.

Cobra importancia el sector forestal tal como lo expresa de forma excelente el profesor José Rafael Lozada (2023) en un artículo *Elementos para un plan forestal orientado a la mitigación del cambio climático en Venezuela*. El autor, en un detallado análisis, muestra cómo los bosques contribuyen de forma significativa a la captura de CO₂ y de qué manera se puede acceder a los diferentes fondos de los organismos internacionales públicos y privados que promueven la protección de los bosques en peligro de deforestación o la plantación de árboles en nuevos espacios.

Con esta biodiversidad tan rica se puede fomentar un turismo ecológico de aventura, de playa caribeña, de tepuyes, saltos y selva, de Llanos plétóricos de aves y animales exóticos, de delta, Amazonas y Orinoco.

Y como la transición energética requiere de muchos materiales escasos, Venezuela debe certificar sus recursos minerales que son numerosos y diversos y, determinar cuáles pueden ser objeto de explotación racional y responsable. Para ello el país cuenta con profesionales de geología, minas y ambiente que sabrán, cómo afectar lo menor posible el ambiente.

Conclusión

1. La tierra alcanzará un aumento de temperatura en esta centuria entre 1,5° y 5° con respecto a la época preindustrial, dependiendo de la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero.

2. Hay evidencia científica de que el efecto invernadero proviene fundamentalmente de la combustión de materiales fósiles, carbón petróleo y gas.

3. Es urgente si se quiere mantener el aumento de temperatura en 1,5° sustituir energías fósiles por renovables (eólica,

solar, hidráulica, biomasa, geotérmica) para un futuro neutro en carbono en el año 2050.

4. Si se sigue quemando fósiles como hasta ahora se alcanzará a final de siglo un aumento de temperatura de 2'8°.

5. Las energías renovables necesitan más materiales, más escasos, y más difíciles de reciclar. Habrá que asumir el costo de su extracción con el menor daño posible al ambiente.

6. Para una corriente colapsista las energías renovables no sustituirán del todo a las fósiles por lo que no queda otra alternativa que decrecer,

7. Otro grupo de científicos señalan que se están superando los límites de la tierra porque se gasta más de lo que el planeta puede soportar. Habrá que vivir con menos. No queda otra salida que la resiliencia.

8. Venezuela es uno de los países más mega diversos del planeta. Ahí reside su verdadera riqueza. Es necesario cambiar el modelo de desarrollo basado en la extracción de petróleo al de las energías renovables, la bioeconomía, la riqueza forestal y el turismo.

Referencias bibliográficas:

- Acuerdo de París. https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- Agencia intergubernamental de energías renovables. <https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>
- Agencia internacional de energía. <https://www.iea.org/?spotlight=global-investment-in-clean-energy-is-on-course-to-reach-usd-1-7-trillion-in-2023>
- Citic Construction. (2011). Proyecto de Prospección Geológico Nacional de Venezuela. <https://jfernandar.files.wordpress.com/2013/03/convenio-grupo-citic-1-1-con-venezuela-exploracion-2011.pdf>
- La brecha de la circularidad. <https://www.circularity-gap.world/2023#download>
- Los límites del planeta <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adh2458>
- Lozada, José Rafael: Elementos para un plan forestal orientado a la mitigación del cambio climático en Venezuela. Revista forestal venezolana, año LXIV, volumen 64, número especial, 2020-2022. PP. 7-121
- Materiales críticos de la Comunidad Europea. <https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materialsfile:///>
- Meadows, Dennis: Entrevista en el 50 aniversario de los límites del crecimiento. L'OBIS n° 3002, mayo 2022.
- Meadows, Donella H: Los límites del crecimiento. <file:///C:/Users/jfernandar/DownloadsLos-Limites-Del-Crecimiento.pdf>
- Merlins, Aejandra: Las generaciones actuales enfrentan un reto enorme según el antropólogo español Emilio Santiago. BBCmundo 22-09-2023
- Naciones Unidas: Objetivos del Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Organización Meteorológica mundial (OMM) <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-cambio-clim%C3%A1tico-compromete-la-consecuci%C3%B3n->
- Pacto Verde Europeo: Downloads/EGD_brochure_ES.pdf%20(1).pdf

Pitron Guillaume: La guerra de los metales raros.

<https://www.google.co.ve/search?q=guillaume+Pitron+en+youtube&sc>

Protocolo de Kioto. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Sexto informe Bases físicas.

<https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/ipcc-guia->

Sexto informe grupo II: Impactos, adaptación y vulnerabilidad.

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contr-el-cambio-climatico/ipcc-guia-resumida-gt2-imp-adap-vuln-ar6_tcm30-548667.pdf

Sexto informe, grupo III La Mitigación del cambio climático.

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contr-el-cambio-climatico/ipcc-guia-resumida-gt3-mitigacion-ar6_tcm30-549165.pdf

Turiel, Antonio: Petrocalipsis.

<https://www.google.co.ve/search?q=antonio+turiel+en+youtube>

Valero, Alicia: Thanatia: los límites de los materiales escasos.

<https://www.google.co.ve/search?q=Alicia+Valero+en+youtube>