

Imprimir

Presentación: En un escrito anterior se mostró lo que es el cambio climático y el efecto invernadero como fenómenos naturales, y, sus modificaciones debido a la acción humana desde que el “homo sapiens” tuvo la intuición y luego la convicción de que el entorno natural podría servir de despensa propia, despensa que, según su percepción, podría volverse inagotable en el tiempo. El mito griego del Dios Prometeo quien le regaló al hombre el fuego, podría marcar la ruta a seguir (por lo menos en la cultura occidental), de un tipo de pensamiento de que al tener en su entorno las cosas para su uso, podría convertir al ser humano en el “amo y señor” del mundo. La naturaleza es su “despensa” y podría el hombre disponer de ella a su antojo hasta “el fin de los días”, siendo esta “despensa” para él, una fuente inagotable. El fuego es luz, calor y esto es bienestar, sobre todo en las noches frías y oscuras. El fuego es energía, y la energía es sinónimo de poder realizar cosas: Movimiento, desplazamiento, transformación y tantas otras.

La energía, simbolizada y obtenida por el fuego, es lo que el ser humano ha buscado desde su inicio. La energía más inmediata es precisamente el fuego, para hacer fuego se necesita un insumo: leña, la leña la obtiene de los árboles. Posteriormente, el hombre primitivo, en su evolución buscará otras fuentes energéticas. Todo este proceso recurrente de la necesidad energética va acompasado de la idea de “desarrollo” y de apropiaciones tecnológicas, como el invento de herramientas de trabajo y de guerra. El ser humano ha pasado desde lo más “rústico” de la recolección siendo nómada, hasta llegar a la primigenia etapa del sedentarismo, para lo cual tiene que inventar la agricultura en la que es imperativo el uso de herramientas de trabajo. El hecho de la agricultura trae necesariamente que se formen comunidades humanas en torno a los terrenos de cultivos.

Para el desarrollo de la agricultura y de su vida misma (personal y social) el hombre debe producir y consumir energía. En los tiempos de la “antigüedad” era el fuego y la acción mecánica de la fuerza de animales lo que producía la energía y más adelante, sus propios semejantes como fuerza de trabajo esclava. Ya en la edad media junto a las anteriores se hace uso también de la energía hidráulica.

Muchos siglos después, en lo que se conoce como era moderna, a finales del siglo XVIII

aparece la llamada “revolución industrial” momento histórico que para las actividades económicas y energéticas significó un salto abrupto en el aumento de dichas necesidades. En este periodo se comienza a utilizar el carbón como fuente energética principal y además la utilización de las “máquinas de vapor”. Fue el periodo del auge de la industrialización masiva, principalmente en países como Inglaterra y Alemania. Para este desarrollo se hizo imperativo la construcción de máquinas con el uso masivo de hierro y acero, es decir la minería a gran escala. En los siglos XVIII y XIX se dio también el desarrollo de la energía eléctrica, como la principal fuente para el desarrollo industrial.

Múltiples consecuencias trae todo este proceso industrial, desde lo ambiental hasta lo social: ya se ha señalado que este periodo significa un aumento rápido de las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) y en cuanto a lo social, significó la aparición del llamado “sistema capitalista”, sistema económico y social que ha tenido transformaciones claves: desde el inicio del periodo industrial, acompañado de un acelerado desarrollo tecnológico sustentado en el conocimiento científico, pasando por la implementación de la comunicación terrestre, marítima y posteriormente aérea. Todo este componente implica un aumento enorme en la producción y consumo de energía. La curva de consumo energético en el tiempo cada vez es más empinada, lo que significa que, al transcurrir el tiempo, la demanda de energía tiende a ser cada vez mayor.

Es sabido que, en la actualidad más del 80 por ciento de la energía empleada a nivel mundial proviene de los hidrocarburos (1), el resto proviene de la energía eléctrica producida de diferentes formas, en las que estarían las energías “verdes” o energías “limpias”: Hidroeléctricas, solar, eólica, geotérmica, nuclear, hidrógeno verde y los biocombustibles. Este tipo de energías substituirían a los hidrocarburos como una eventual solución al problema de las emisiones de GEI. Aquí la pregunta fundamental es: En las actuales circunstancias, con el problema climático que se puede convertir en una bola de nieve descendiendo una ladera, con la cantidad de energía que se consume cada vez más creciente a nivel mundial y sobre todo en los países desarrollados y con aquellos que buscan estar a la par de los primeros: *¿es posible reemplazar en un breve tiempo el 80% de los combustibles fósiles con otras fuentes de energía para mantener el nivel de consumo*

mundial?

En este ensayo se intentará, sino dar respuesta, por lo menos esbozar algún tipo de contestación a esa pregunta, o más bien, intentar mostrar que el camino a seguir no necesariamente está únicamente trazado por las “soluciones tecnológicas” y por su criatura más cercana: “El desarrollo”, sino que es necesario abarcar otros aspectos trascendentales que poco se divulgan, y, por tanto, no se discuten en lo más mínimo y son casi desconocidos. Uno de esos aspectos es algo que debería ser obvio y de sentido común: Los recursos naturales son finitos y también que aquella “despensa” natural tiene restricciones y umbrales, los cuales no se deben sobrepasar. Dichas restricciones han sido llamadas LIMITES PLANETARIOS, y son estudiados y monitoreados por los organismos internacionales entendidos de los aspectos ambientales, como el Panel Internacional de Cambio Climático, IPCC, (organismo creado en 1988 por la ONU).

Limites Planetarios (2)

Han sido definido 9 umbrales o limites planetarios, que no se deberían traspasar, más sin embargo muchos de ellos ya se rompieron. Estos son:

1. Crisis climática: Relacionada con la concentración de gases de efecto invernadero (GEI), especialmente CO₂. De este item ya se ha hablado ampliamente. 2. Acidificación de los océanos: Cambios en el pH del agua que afectan ecosistemas marinos, esto como resultado del aumento de los GEI. 3. Agujero de ozono: La capa de ozono protege de la radiación ultravioleta (UV); este umbral es de los pocos que se trasgredió y con una política mundial de prevención de uso de aerosoles logro revertirse en su tendencia. 4. Perturbación de los ciclos naturales del Nitrógeno y del Azufre: producido principalmente por el uso excesivo de fertilizantes. 5. Uso del agua potable o agua dulce: el uso desmedido, ineficiente e injusto de este recurso natural puede traer consecuencias nefastas, además de que se está produciendo una alta perturbación en su ciclo natural. 6. Uso del suelo: Desde la invención de la agricultura, el ser humano ha ido tomando el suelo terrestre y paulatinamente ha ido cambiando su conformación, extensas zonas verdes han sido destruidas para dar paso a la

huella y presencia del ser humano en vastas zonas. 7. Diversidad biológica, podría decirse que como consecuencia del punto anterior, una buena parte de seres vivos, sean estos animales o vegetales han sido extinguidos o desplazados. 8. Polución química y aéreo-soles La actividad humana en sus diferentes formas como puede ser la aplicación de fertilizantes en la agricultura o compuestos sintéticos como herbicidas y plaguicidas, sus residuos terminan en la atmosfera o en los llamados ecosistemas terrestres y marinos. 9. Incorporación de nuevas entidades: se trata de elementos u organismos modificados por los humanos, así como sustancias enteramente nuevas. Esto incluye una lista de cientos de miles de entidades que van desde materiales radiactivos hasta microplásticos.

A la pregunta planteada inicialmente habría que complementarle algo como: *¿Es posible mantener el actual consumo mundial de energía sin deteriorar aún más estas condiciones naturales o limites planetarios?* Téngase en cuenta que de los nueve limites planetarios ya han sido transgredidos ocho. En los tiempos actuales, ese riesgo es más latente, ya que más allá de la subsistencia de la civilización o mejor aún, de la especie humana, aparecen variables no naturales, en el sentido de que son los seres humanos que dan más valor a lo económico, a la acumulación de cosas y del llamado capital, lo que se pone por delante y por encima de lo enteramente natural. El “desarrollo” es asumido como sinónimo de prosperidad y bienestar; lo que no se dice es que, es el bienestar no de toda la sociedad en su conjunto, sino de una minoría selecta y geográficamente la de un grupo determinado, el llamado “primer mundo”. Como se afirmó anteriormente, más del 80 % de la energía que mueve el planeta es la de los combustibles fósiles y el mayor consumo lo tienen EEUU y Europa (3).

Para intentar algún atisbo de respuesta a la o las preguntas planteadas es necesario analizar cada una de los tipos de energía que actualmente se producen y utilizan y aquellas que podrían ser implementadas.

En la actualidad el consumo de energía per-cápita por regiones es:

Consumo de energía per cápita	kilogramos equivalentes de petróleo (KGOE)
Norte América	7928
Europa	3621
Centro América	1265
Sur América	1088

Tabla 1. Consumo de energía per cápita en el continente americano (1)

Los norteamericanos consumen casi 8 veces lo que consumen los Sur americanos!

Tomando como ejemplo otro recurso como es el agua, el consumo per-cápita en algunas regiones es el siguiente:

Consumo de agua per cápita	kilometros cúbicos km³
Norte América	1,42
Europa	0,6
Sur América	0,39
Africa	0,19

Tabla 2. Consumo de agua per cápita en el continente americano (1)

El por ahora imparable incremento del consumo de recursos avanza a un ritmo mayor que el incremento de la población, esto significa que la capacidad de carga del planeta se alcanzará con un nivel de población mundial menor de la prevista. En general se puede afirmar que las personas de los países más desarrollados consumen casi 10 veces más que los países mas pobres!

Las Alternativas Energéticas

La generación y gasto de energía a nivel mundial puede ser cuantificada global o localmente, por regiones o áreas. Las fuentes energéticas principales son: Los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas), hidroeléctrica, nuclear, geotérmica, eólica, biomasa y solar. Los

destinos de estas energías son: la industria, agricultura, residencias y transporte, principalmente. Existe un parámetro que cuantifica la eficiencia de cada fuente energética, a esta se le llama la Tasa de Retorno Energético (TRE), que es el cociente entre la energía producida (EP) y la cantidad de energía invertida (EI): $TRE = EP/EI$, este cociente se calcula para cada tipo de energía, un valor menor que 1 significa que la EP es menor que la EI lo que significa la inviabilidad del tipo de energía. A mayores valores del cociente TRE se tiene mayor eficiencia energética. Los datos del TRE respecto al tipo de energía son:

Tipo de Energía	Tasa de Retorno Energético TRE
Hidroeléctrica	80
Carbón	48
Petróleo y gas	23
Eólica	21
Nuclear	14
Solar	10
Geotérmica	9

Tabla 3. TRE por fuente de energía (1)

Las energías de mayor TRE como se ve en la Tabla 3, son las energías fósiles y la energía hidroeléctrica, esta es una de las razones por lo que son las de mayor consumo a nivel mundial.

Las energías alternativas como la energía nuclear, eólica y solar tienen una tasa de retorno energético menor. La energía de hidroeléctricas tiene la mayor TRE, habría que analizar, cual es el impacto ambiental que provoca.

Las energías de combustibles fósiles son las de mayor impacto ambiental en cuanto a la emisión de GEI, sin embargo hay que insistir que no son las únicas responsables de la emisión, recuérdese que también la deforestación, la agricultura y la ganadería intensiva tienen también un porcentaje no despreciable de emisiones de CO₂ y de metano. Solo teniendo en cuenta el TRE y el costo económico de producción, las energías más “eficientes”

son las de combustibles fósiles. Tal vez por eso es que hasta ahora son las energías predominantes, ya que satisfacen la lógica económica y de mercado.

Una verdad incómoda va aflorando, va surgiendo y no es posible esconderla a pesar de cualquier intento de esquivarla: las mayores responsabilidades ambientales tienen que ver directamente con el nivel cada vez mayor de uso de energía, sin importar la fuente de esta energía. Para la economía clásica, la que sustenta discursivamente un sistema económico como el llamado capitalismo, en su fase avanzada, es decir su presencia es a nivel global, el “desarrollo económico” es la base central de todas las políticas que rigen un país o una región. De este sistema económico imperante han surgido regiones que han tomado ventaja a su favor y otras han salido desfavorecidas de la lógica del mercado. Existen “países desarrollados” y al otro extremo “países subdesarrollados” e inclusive algunos de ellos han sido denominados “países`parias” y “desechables”.

El aporte contaminante está íntimamente relacionado con el parámetro fundamental de la economía: el Producto Interno Bruto (PIB) y uno más preciso, el PIB -per cápita. Los valores de PIB o (-per cápita) son mayores para los países del Norte o países “desarrollados” y disminuyen rápidamente para los países más “pobres”.

Existe una expresión que relaciona el nivel de emisiones de CO₂ (EC) de una región con el PIB y la eficiencia energética de la misma, esta expresión es la ecuación de Kaya, nombre tomado por el economista Japonés (Yoichi Kaya) quien la propuso en 1993 (Fuente). La expresión de Kaya es

$$EC = P * PerC * Intensidad\ Energética * ICO_2.$$

EC es el valor de emisiones de carbono, P es la población de la región, $PerC = PIB/P$, la Intensidad Energética es la energía utilizada en el área/PIB y ICO_2 es la intensidad de emisión. De esta expresión se deduce claramente que: a mayor población mayor emisión, lo mismo con respecto al PIB y también con respecto a la cantidad de energía gastada. Podríamos simplificar esta expresión bajo la hipótesis de que el gasto de energía consumida

es proporcional al PIB, lo que haría que la expresión de Kaya diría que las emisiones de CO₂ en relación a la variable económica fundamental crece cuadráticamente con respecto a aquella.

Respecto a las emisiones de GEI, estas han aumentado significativamente, mas del 60 % desde comienzos de la década del 70 del siglo XX hasta la segunda década del siglo XXI, superando las expectativas del llamado Protocolo de Kioto (4). Es la producción de energía y su consumo la mayor fuente de emisiones. De acuerdo a diferentes estudios, los porcentajes de aporte de emisiones por sectores es la siguiente:

Aporte de Emisiones Por Sector	Porcentaje de Emisiones
Producción de energía	71%
Agricultura	13%
Procesos Industriales	6%
Degradación de selva y bosques	5%
Otros	2%

Tabla 4. Emisiones de CO₂ por sector (3)

Por regiones para el año 1973 los mayores emisores de CO₂ fueron:

País o región	Porcentaje de Participación en las Emisiones
Países del Norte: Norte América y Europa	66,6%
Europa y Euro Asia	15,9%
China	5,7%
Asia	3%
América Latina	2,5%
África	1,8%
Medio Oriente	0,8%

Tabla 5. Emisiones de CO₂ por región (3)

Para ese año (2026), se puede decir que se duplicaron las emisiones llegando a 32.380 GtCO₂. El aumento de China en cuanto a las emisiones, se debe principalmente al desarrollo de la industria del carbón en ese país. Es también importante destacar que Asia pasó de 3% a 11.8%, teniendo a la India como el principal país de Asia emisor de CO₂, después de la China, ya que ocupa el 3 lugar después de China y Estados Unidos en el orden de emisores de CO₂ a nivel mundial. Para el caso Europeo se tiene un descenso en el crecimiento debido al uso de energías alternativas y también debido a un descenso del PIB en dichos países. (3)

Vale la pena un comentario final respecto a estas cifras y que talvez corroboran la formula de Kaya: De la clasificación de países, entre los “países desarrollados” y “subdesarrollados”, hay 5 países que se destacan actualmente y que son clasificados, ya no como lo uno o lo otro, sino como “países emergentes”, estos son: China, India, Irán, Corea del Sur y Brasil, cuyas economías tienden a parecerse en tamaño a las del norte opulento y al mismo tiempo pasan a ocupar puestos destacados en cuanto a la emisión de CO₂: China en primer lugar, India en tercer lugar, Irán en séptimo lugar, Corea del Sur en octavo lugar y Brasil en el décimo lugar. Para reafirmar la relación estrecha entre emisiones y crecimiento (de cualquier forma) tomemos el caso de Brasil que ocupa el segundo lugar en cuanto a emisiones de CO₂ debido al uso del suelo, que en el año 2012 alcanzó la cifra de 2 GtCO₂, correspondiendo a Brasil el 8% y otros países como Indonesia, Malasia, Nigeria y la Republica del Congo colaboran en dichas emisiones, completando entre aquellos 5 países un 53% de emisiones debido al uso del suelo, lo común de estos 5 países es que poseen grandes extensiones de selva y bosques! (3)

A continuación se analizará los diferentes tipos de energías con el fin de estudiar su viabilidad hacia el futuro en el contexto de los problemas ambientales globales.

Tipos de energía

Energía de combustibles fósiles: Los combustibles fósiles son principalmente tres: El carbón mineral, el petróleo y el gas y tienen origen orgánico. La transformación de materia orgánica luego de su inmersión debajo de la superficie terrestre, siendo sepultada y sometida a

enormes presiones y altas temperaturas durante periodos de millones de años, es lo que da origen a estos tres elementos energéticos. El proceso del carbón es un poco diferente al del petróleo, así como también su composición química, sin embargo los tres tienen como elementos químicos comunes el carbono, el hidrógeno y el oxígeno, principalmente. La calidad energética depende principalmente de las proporciones de estos tres elementos químicos: A mayor contenido de carbono, su capacidad energética es mayor.(1)

Los sitios terrestres y/o marinos donde se puede presentar acumulación de alguno de ellos se llaman cuencas sedimentarias, sitios que tienen que ser localizados para determinar la existencia del recurso y su eventual extracción. Una vez determinada la existencia de los recursos de hidrocarburos (Yacimientos) se procede a determinar su potencial volumen, a través de técnicas geofísicas de exploración: geología estructural, sísmica, magnetotelúrica, y otras y luego se procede a su extracción y refinación para producir sus tantos derivados. El impacto ambiental producido por la infraestructura para la extracción está relacionado con eventuales peligros de derrames de fluidos en las zonas donde se instalan las infraestructuras de extracción, así como también, los sitios por donde pasa el combustible extraído: tubos de transporte y vehículos también de transporte.

Es de recordar el caso histórico ocurrido en el golfo de Mexico en el año 2010 donde una falla en el pozo de exploración causó el derrame del crudo al mar, causando perdidas irreversibles en la fauna y la flora marina del entorno.

Los tipos de yacimientos de hidrocarburos son principalmente dos: Los convencionales y los no convencionales. Los primeros, son los más conocidos y corresponden a aquellos donde la roca que contiene el hidrocarburo es de alta permeabilidad y los más óptimos son aquellos para los cuales la roca contenedora es de también de alta porosidad. Su extracción es “relativamente fácil” a través de pozos verticales. Los yacimientos no convencionales se encuentran en cierto tipo de rocas de baja permeabilidad, como son las lutitas o esquistos. La baja permeabilidad no permite que fluyan fácilmente y requieren además técnicas avanzadas como la fracturación hidráulica (fracking) y perforación horizontal. En ambos tipos de yacimientos se requiere inyección de agua para generar presiones que orienten el flujo del

crudo a la superficie, sin embargo para el caso de los no convencionales, la cantidad de agua necesaria aumenta considerablemente y adicionalmente el agua utilizada no retorna y si lo hace es completamente inutilizable, entre otras cosas porque dicha agua va mezclada con compuestos químicos altamente contaminantes(4).

El ejemplo más conocido de yacimiento no convencional es el yacimiento “Vaca muerta” ubicado en la Patagonia Argentina donde se utiliza la técnica de fracking para extracción de petróleo y gas. Este yacimiento genera para la Argentina más del 80% de la producción de hidrocarburos de ese país (4). En Argentina como en otros lugares del mundo ha habido controversias respecto a ese tipo de extracción, principalmente los cuestionamientos de tipo ambiental: Uso y pérdida excesiva de agua, daños ambientales en el entorno y la sismicidad inducida por el fracturamiento de las rocas lo que podría causar el activamiento de fallas geológicas.

Comparando la TRE de los yacimientos convencionales con los no convencionales se ve que los primeros tienen uno muy alto (entre 18 y 23), los segundos apenas alcanzan una tasa entre 1.5 y 4 (4).

Energía de Hidroeléctricas: La producción de energía a través de hidroeléctricas es la conversión de la energía hidráulica, por ejemplo, de una corriente de agua, haciéndola saltar desde cierta altura, es posible aprovechar una importante caída vertical con un cierto caudal de agua o por el contrario un gran caudal de agua con una menor caída vertical. La generación de electricidad es un proceso que aprovecha principios físicos fundamentales para convertir la energía potencial y cinética del agua en energía mecánica con el uso de turbinas y luego en energía eléctrica utilizable por medio de los generadores de electricidad. Uno de los fundamentos clave para este proceso en los generadores es la Ley de Faraday, que establece que una variación en el flujo magnético induce una corriente eléctrica en los conductores (bobinas) que son atravesados por dicho flujo. Se ha mencionado anteriormente que la energía de este tipo tiene la mayor TRE, lo que significa que se destaca por su alta eficiencia.

El confort urbano está basado principalmente en esta fuente de energía, por su versatilidad y eficiencia que permite ser transformada para múltiples usos de manera relativamente sencilla, estas condiciones son las que han incidido para que la energía eléctrica consumida a nivel global sea de un 15% aproximadamente. Para la generación de este tipo de energía se requiere la construcción de infraestructuras como son las represas o embalses hidroeléctricos. Estas estructuras pueden tener un gran impacto en los sistemas acuáticos al modificar los flujos de agua, lo que puede causar la desaparición de especies acuáticas y disminuir la calidad del agua, además que se necesita un amplio terreno para dar cabida a los embalses donde se acumula el agua, esto causa impacto, tanto en comunidades humanas, especies animales y vegetales que son desalojadas del sitio de inundación.

Otros tipos de energía

Además de las ya mencionadas, existen otras formas de generación de energía, algunas de ellas conocidas como las “energías limpias”; entre las más conocidas y que adquieren mayor importancia cuando se habla de “transición hacia las energías limpias” está la energía geotérmica, la eólica, solar, nuclear y últimamente de la que se comienza a desarrollar: la energía del hidrógeno. Desde hace algún tiempo se habla en diferentes escenarios de la “transición hacia energías limpias y renovables”, se lo hace basado principalmente en la problemática del cambio climático, cuyo objetivo es la disminución de emisiones de GEI, en apariencia, tendrían dichas razones un sentido “altruista” de preocupación por el medio ambiente. Para ciertos sectores de opinión, la búsqueda de “alternativas energéticas” estaría en que las energías convencionales, principalmente las de los combustibles fósiles cada vez se harán mas escasas. En los años 50 del siglo pasado un geo-científico norteamericano, M. King Hubbert sugirió que la extracción de recursos de hidrocarburos es en el tiempo, una curva tipo campana de Gauss, es decir, primero es una curva ascendente hasta alcanzar un máximo de producción (el pico) y luego declinar, o sea que las cantidades de extracción van disminuyendo hasta desaparecer. Según lo propuesto por Hubbert se alcanzó el máximo a comienzos de este siglo y su declive total será en unos 150 años. La otra fuente energética de combustibles fósiles, el carbón, tendrá su declive según algunos cálculos, en unos 200 años (5). ¿Podría pensarse que existen razones que se salen del campo de la lógica del

mercado para que haya un interés en la búsqueda de alternativas energéticas, para “descarbonizar” el planeta?

A raíz de todas las alertas y evidencias de la crisis ambiental más allá de la sola “crisis climática” se han venido creando organismos internacionales gubernamentales y privados cuyo interés se supone, gira alrededor de estas temáticas. De todo esto ha aparecido un término cuya mención crece con el tiempo: La sostenibilidad y el llamado “desarrollo sostenible”. Para algunos esto tiene un significado simple y corto del llamado Gato-Pardismo: “Que todo cambie, para que todo siga igual”. En esa visión la respuesta a nuestro interrogante es que sigamos igual pero con fuentes energéticas “amigables” con el medio ambiente.

Nuevas Energías Renovables(5):

Energía geotérmica: es un tipo de energía que proviene del calor interno del planeta, dicho calor se produce por la desintegración de materiales radiactivos como el uranio, el torio y el potasio entre otros, y también por el calor residual de la formación del planeta. El proceso de producción de calor interno es continuo y estable. Hay un principio físico termodinámico que explica el flujo de calor y es el llamado gradiente geotermico, que en términos sencillos significa que la temperatura aumenta cuando se profundiza el acceso al interior de la corteza terrestre. Los principales tipos de sistemas geotérmicos son 3: Los sistemas hidrotermales, los que contienen agua o vapor a altas temperaturas y son los más utilizados en la actualidad, se presentan generalmente en regiones de actividad volcánica y sitios donde existen fallas geológicas activas. El segundo tipo de estos sistemas es el geo-presurizado, que en las zonas profundas de sedimentos se presenta agua a alta presión y el tercero son los llamados sistemas magmáticos, sitios profundos donde se acumula magma (lava) a grandes temperaturas.

A diferencia de otros tipos de energías renovables como los sistemas solares y eólicos, la fuente geotérmica es continua y no depende del clima de la región como es el caso del solar o el eólico. Las emisiones de GEI de la producción geotérmica es mínima. El principio

energético de estos sistemas consiste en transformar la energía calórica en energía eléctrica.

Energía Solar: Como su nombre lo indica es la captación de la radiación solar en todo su espectro, desde el ultravioleta, hasta el infra-rojo. La base fundamental son los receptores de energía por medio de paneles solares. El aprovechamiento de la radiación actualmente alcanzado es de un 25% de la energía incidente. La captación de la radiación depende en gran medida del clima en el momento en que se esté captando dicha radiación; días luminosos y claros son los más óptimos, en cambio los días oscuros no son muy provechosos. Tal vez las regiones del planeta que pueden aprovechar este recursos son aquellas donde la radiación es mayor; estas serían las de bajas latitudes y en otras cuando sea la estación de verano o primavera. La energía captada puede ser aprovechada de manera directa para generar calor o energía eléctrica y también puede ser almacenada en baterías, cuyo elemento fundamental es el litio.

Los sistemas de “energías limpias” o verdes están basados en diferentes tipos de minerales: silicio, litio, cobalto, minerales fundamentales para la construcción de sistemas de acumulación de energía para su posterior transformación en calor o energía eléctrica. En comparación a las energías fosiles, la energía solar tiene la ventaja de que las emisiones de CO₂ son mínimas en cuanto al uso, sin embargo, para su construcción se requiere de los minerales mencionados, los cuales tienen que ser extraídos y transportados, para lo cual se necesita toda una infraestructura de transporte, transporte sustentado en un tipo de energía el cual se quiere substituir. Este hecho es en cierta manera una paradoja, que pareciera ser insalvable, si se insiste tercamente en consumir energía de la manera como se lo ha venido haciendo hasta ahora.

Energía eólica: La energía eólica es una de las fuentes de energía distinguida como renovables. Se la obtiene aprovechando la fuerza del viento para generar electricidad. La fuerza de los vientos se la utiliza para generar energía mecánica y esta se convierte en energía eléctrica; sería entonces una especie de fuente aéreo-eléctrica. Las emisiones en este proceso son bajas, si no se considera las ocasionadas en la fabricación y construcción de la infraestructura. Esta tecnología está siendo utilizada en algunas regiones del planeta de

manera local, tómese el caso de Noruega o España donde más del 24% de la energía producida es a través de este tipo. Una de las principales desventajas de este medio, es que está sujeta a las variaciones climáticas, al contrario de la geotérmica, no es continua en el tiempo y además necesita mucho espacio y genera bastante ruido ambiental. Al igual que la energía solar requiere de baterías basadas en minerales para su acumulación.

Energía de hidrógeno: El hidrógeno es uno de los elementos más abundantes en el universo y en el planeta. Hace parte del agua y se lo obtiene a través de la electrolisis para separarlo del oxígeno. La característica central del hidrógeno es su alta capacidad energética superando alrededor de 4 veces la de los combustibles fósiles (5). El método más usual para su obtención es a través de la electrolisis, utilizando corriente eléctrica, para separar la molécula de agua en sus componentes, al hidrógeno obtenido por este método se le categoriza como hidrógeno Verde, siempre y cuando la energía utilizada para la electrólisis sea de las reconocidas como ‘Energías Limpias’, También se obtiene este energético a través del uso de gases naturales como el metano por medio de una reacción química, esto de todas maneras genera una considerable emisión de GEI y dependiendo del tratamiento de estos gases, el hidrógeno se cataloga como hidrógeno Azul o Gris. También se encuentran en el subsuelo yacimientos de hidrógeno libre, según estudios geológicos existen enormes reservas de hidrógeno al interior del planeta, en particular en la corteza terrestre, sin embargo, el acceso a esta fuente es dificultosa debido a las profundidades en donde se encuentran estas reservas, este tipo de hidrógeno se conoce como hidrógeno Blanco.

Energía nuclear:

La energía nuclear se utiliza para generar calor y a partir de ella energía eléctrica, de manera similar a como se realiza el proceso en una central térmica a base de carbón u otro combustible. La energía nuclear se la obtiene en general de dos maneras: La fisión que es cuando un núcleo atómico pesado es fragmentado en varios núcleos de menor peso, dando como resultado también la producción de neutrones libres, fotones y fragmentos del núcleo. Por otra parte, la fusión ocurre cuando varios núcleos atómicos con cargas similares se combinan para formar un nuevo núcleo de mayor peso, algo similar a lo que ocurre en las

estrellas como nuestro Sol que convierte hidrógeno en helio y libera enormes cantidades de energía. Estas reacciones ocurren en los núcleos de los átomos de ciertos isótopos de elementos químicos como el uranio (U) o el hidrógeno (H). Hasta ahora la tecnología nuclear que se ha desarrollado es la basada en la fisión nuclear y varios países avanzan experimentalmente en prototipos de reactores por fusión nuclear. Los problemas inherentes a esta técnica de producción de energía están en : Producción de residuos radiactivos y riesgo de accidentes nucleares, que pueden tener consecuencias graves para la salud y el medio ambiente, en especial en el método de fisión nuclear, tal como históricamente ha ocurrido en los conocidos casos de la antigua Union Soviética y Japón.

En síntesis, se mostró de manera muy simplificada los diferentes tipos de energía que el hombre ha utilizado a través del tiempo, desde las energías primigenias hasta las clasificadas actualmente como “energías emergentes” y/o renovables. Puede decirse que ninguna de ellas es autosuficiente de por sí. Pueden ser soluciones locales, pero ninguna de ellas únicamente constituye la panacea de los problemas energéticos mundiales con la ya necesaria restricción de los límites naturales planetarios.

Conclusiones.

Para la supuesta “transición energética” se necesitan minerales tales como el litio, el cobalto, el cobre y el níquel. Toda la tecnología para dicha “transición”, principalmente para el almacenamiento necesita de estos materiales. Geográficamente estos minerales están localizados en zonas específicas, mayoritariamente en el llamado “tercer mundo”. Para su extracción, producción y su traslado se necesita un gasto energético alto. Paradójicamente esta energía corresponde a la que se pretende reemplazar: los combustibles fósiles y que además por necesitarse enormes cantidades de estos recursos, es preciso la minería intensiva basada en gigantescos megaproyectos extractivos en zonas donde la biodiversidad será amenazada y la cobertura del suelo quedará inservible, además de necesitarse enormes cantidades de agua. “Descarbonizar” entonces significará extractivismo agresivo y nocivo, con la meta única de que el mundo se siga moviendo en las condiciones actuales, es decir que la premisa fundamental sea que las contabilidades de las grandes corporaciones

financieras e industriales estén en superávit, objetivo central y fundamental del “sistema capitalista”, sin importar la naturaleza, su biodiversidad y terriblemente sin importar la suerte de millones de personas.

A raíz de la concebida “transición energética” para reemplazar la energía de combustibles fósiles por otras energías alternativas, los gobiernos, las naciones, los organismos internacionales se han impuesto metas de “descarbonización” del mundo, metas que en su gran mayoría no se han cumplido. En la práctica, la llamada “transición energética” es mas una “adición energética”, significando esto, que las fuentes energéticas no son substituidas, sino que se suman otras a las ya existentes.

La fuente energética “villana”, o sea los combustibles fósiles no han sido disminuidos y a pesar de la retórica de los organismos internacionales y los “protocolos” de aquí y de allá, la adicción energética tan necesaria a las necesidades del sistema es cada vez mayor, junto a su causa también enfermiza: el consumo desmedido, consumo tan necesario para la existencia del sistema. El regalo de Prometeo se ha llevado a extremos que no permiten esquivar aquellos puntos de no retorno, retorno a aquella ilusión de que dicho regalo sea eterno y que la tecnología haría que dicha ilusión de infinitud perduraría a todos los tiempos.

Bibliografía

(1). Ortuño Arzate, Salvador, El mundo del petróleo. Origen, usos y escenarios. Fondo de Cultura Económica, 2025.

(2). Richardson, Katherine; Steffen, Will; Lucht, Wolfgang (2023), Earth beyond six of nine planetary boundaries». *Science Advances* 9 (37).

(3). Molina, Mario; Sarakhunan, José; Carabias, Julia. El cambio climático. Causas, efectos y soluciones. Fondo de Cultura Económica, 2019.

(4). Gómez, Andrés; Pardo, Alvaro; Fierro, Julio. L. La Inviabilidad del fracking frente a los retos del siglo XXI. Heinrich Boll Stiftung. Alianza Colombia libre de fracking. 2019.

(5) Escrivá, Andreu. Contra la sostenibilidad. Por qué el desarrollo sostenible no salvará el mundo. Editorial Arpa, 2017.

Manuel Cala Flórez, ingeniero eléctrico, magister.

Ariel Becerra, Físico, doctor en física.

Francisco Cabrera Z, matemático, doctor en geofísica.

Foto tomada de: Pie de Página