Imprimir

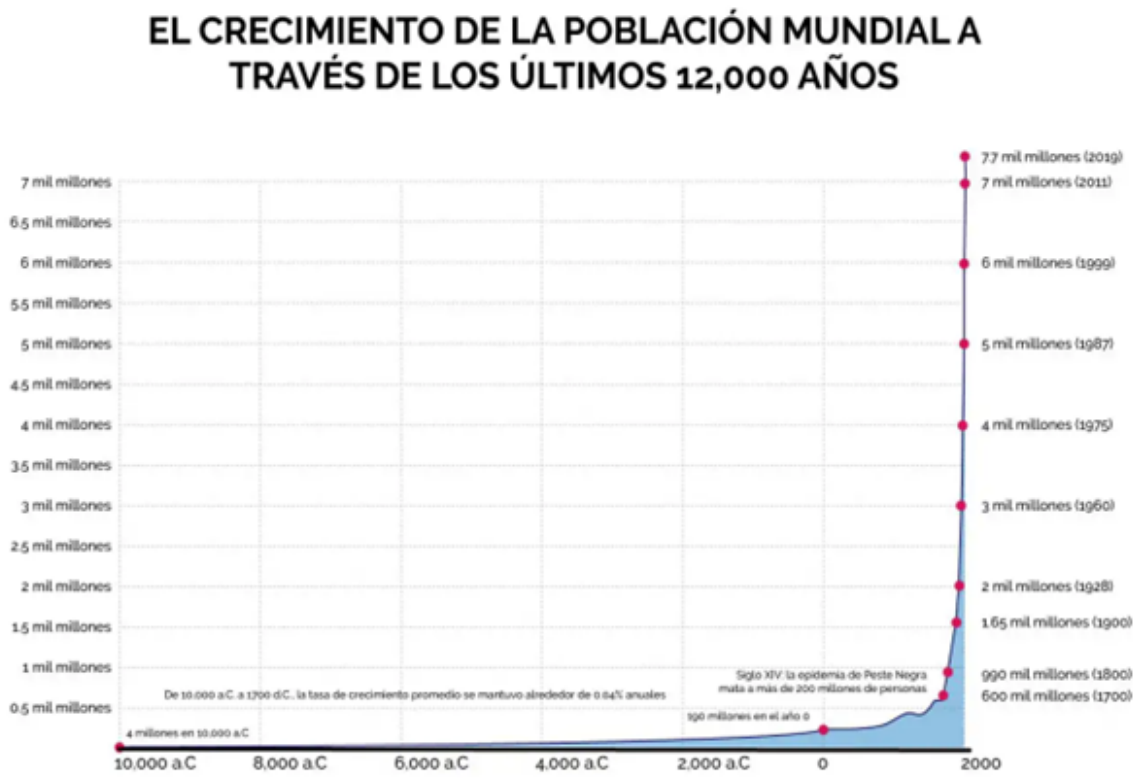
Los países que han logrado un gran progreso económico demuestran que existe una relación directa entre el uso de métodos de producción tecnológicamente avanzados—que demandan un alto consumo de energía—y la creación de empleos productivos cada vez más calificados y mejor remunerados. Es fundamental dominar los principios científicos que determinan esta relación para enfrentar las políticas que impiden el desarrollo de fuentes energéticas avanzadas como la nuclear. Estas políticas promueven tecnologías “débiles” y de bajo flujo energético, como la solar y la eólica, con la falsa premisa de que “crean empleos y consumen poca energía”.
Las revoluciones tecnológicas, que han incrementado la densidad de los flujos energéticos, han marcado el desarrollo de la humanidad. El primer gran avance fue el dominio del fuego, que permitió a nuestros ancestros mayor control sobre la naturaleza y los materiales. Al aplicar el fuego en la minería y la metalurgia, dimos el salto hacia la química primitiva. Creamos carbón vegetal y, posteriormente, descubrimos el carbón mineral, mucho más eficiente que la leña. Esto sentó las bases para la revolución química del siglo XIX, que, con el uso del carbón mineral, dio origen a fertilizantes, plásticos y el motor de combustión interna, entre otros inventos.

La tercera gran etapa fue el descubrimiento de la energía eléctrica, que nos permitió generar poder de forma concentrada, indispensable para el mundo moderno. Hoy, nos encontramos en la cuarta etapa: la energía nuclear. Con la fisión nuclear y, en un futuro cercano, con la fusión, la humanidad accederá a un poder sin precedentes, capaz de abrir nuevas fronteras en la ciencia, la industria y la exploración espacial.

El petróleo, el carbón y el gas, si bien han sido pilares históricos del crecimiento nacional, han visto su explotación limitada por intereses geopolíticos. Estados Unidos ha considerado tradicionalmente estos recursos como parte de sus «reservas estratégicas», lo que ha impedido que nuestro país los utilice para fomentar un desarrollo industrial autónomo, a diferencia de lo logrado por naciones como México o Brasil. En la actualidad, pese a que el gobierno impulsa una agenda de reindustrialización, nuestra economía persiste en un modelo primario extractivista: exportamos bienes primarios sin valor agregado e importamos bienes

manufacturados de mayor valor, lo que mantiene un desequilibrio en nuestra balanza comercial y perpetúa la dependencia.

Las diferentes etapas del progreso humano demuestran que el desarrollo de nuevas tecnologías, asociado a un incremento del consumo energético per cápita de las sociedades, ha permitido a la especie humana aumentar su potencial ecológico. Este avance nos permitió evolucionar desde poco más de un millón de individuos de características simiescas en el Paleolítico —con una esperanza de vida inferior a los 20 años— hasta superar los ocho mil millones de seres humanos en la actualidad, que disfrutan de una esperanza de vida de 80 años[i] promedio.



Fuente: https://octl.mx/la-evolucion-de-la-poblacion-mundial/

Esto se ha logrado gracias a la constante transformación de los modos de producción y sin una alteración genética significativa desde, al menos, el período neolítico. Este avance se origina en el potencial de la mente humana para realizar descubrimientos científicos y, con ello, transformar voluntaria y progresivamente la forma de producir y reproducir la vida. De igual modo, nos ha permitido modificar las reglas y estructuras fundamentales de nuestra convivencia social.

Esta "evolución de la sociedad" está directa y necesariamente relacionada con el aumento constante del aprovechamiento energético que se consume en la producción y en los hogares. Existe, por tanto, una relación directa entre el bienestar social y la cantidad de energía que una sociedad consume, tanto a nivel global como per cápita. A su vez, este aumento del aprovechamiento energético se determina por un incremento en la densidad de flujo energético de las fuentes de energía utilizadas con cada avance tecnológico que se desarrolla. Esto demuestra que los "recursos naturales" no existen por sí mismos, sino que es el ser humano quien, a través de su intervención creadora, define nuevos recursos y redefine el uso de los ya existentes[ii].

Se ha promovido una narrativa de "límites al crecimiento" y agotamiento de recursos como justificación para frenar el desarrollo en los países del Sur Global, incluso al costo de políticas que rozan el genocidio. Paralelamente, se han puesto trabas al desarrollo de la energía nuclear de fisión en estas regiones. Sin embargo, la actual crisis energética —agravada por tensiones geopolíticas y las limitaciones de las fuentes renovables— ha impulsado la reactivación de programas nucleares en varios países, incluidos algunos del Sur Global. Al mismo tiempo, avanzan los desarrollos en energía de fusión termonuclear, una tecnología que redefine los recursos disponibles, incorporando elementos como el deuterio, el tritio y el helio-3[iii], y que redefinirá el uso y valor de los hidrocarburos.

Según Vaclav Smil en *Energy and Civilization: A History[iv]*, el avance de la civilización está estrechamente ligado al acceso a fuentes de energía más densas y eficientes, como el carbón, el petróleo y la electricidad, que han incrementado la productividad económica liberando a los humanos de labores físicas agotadoras. Esto ha creado una mayor

complejidad social, permitiendo mejoras en alimentación, sanidad, medicina y vivienda, lo que a su vez ha favorecido el crecimiento poblacional y el aumento de la esperanza de vida. En esencia, Smil sostiene que el progreso humano ha dependido de la capacidad para aprovechar crecientes cantidades de energía de alta densidad. Toda actividad económica no es más que la conversión de un tipo de energía en otro proceso energético superior.

Los recursos naturales son finitos únicamente en relación con un determinado estado tecnológico. Cuando este permanece estático, inevitablemente agota su base material de existencia. Cuando esto se manifiesta como una “crisis ecológica”, solo puede superarse mediante la incorporación de nuevas tecnologías que redefinan los recursos naturales. En el cuadro que se presenta a continuación, se observa que el crecimiento poblacional y el aumento de la esperanza de vida están relacionados con el incremento del consumo energético per cápita.

Evolución del Consumo Energético per Cápita, Población y Esperanza de Vida (12,000 AP – Presente)					
Año Antes del Presente (AP)	Año Aproximado	Población Mundial Estimada	Esperanza de Vida (años)	Consumo Energético per cápita (kcal/día)	Notas Históricas
12,000 AP	10,000 a.C.	~1-5 millones	20-25	~2,500	Cazadores-recolectores
10,000 AP	8,000 a.C.	~5 millones	25	~3,000	Revolución neolítica (inicio agricultura)
5,000 AP	3,000 a.C.	~20 millones	25-30	~5,000	Auge de civilizaciones (Egipto, Sumeria)
2,000 AP	0 d.C.	~200-300 millones	30-35	~6,000	Imperio Romano, Han, expansión urbana
1,000 AP	1,000 d.C.	~300-400 millones	30-35	~7,000	Edad Media, uso de energía animal
500 AP	1500 d.C.	~500 millones	30-40	~8,000	Renacimiento, barcos, molinos
250 AP	1750 d.C.	~800 millones	35-40	~15,000	Revolución Industrial inicia
150 AP	1875 d.C.	~1,300 millones	~40	~25,000	Uso masivo de carbón, máquinas
100 AP	1925 d.C.	~2,000 millones	~45	~50,000	Petróleo, electricidad, autos
50 AP	1975 d.C.	~4,000 millones	~60	~75,000	Era nuclear, consumo masivo
25 AP	2000 d.C.	~6,100 millones	~67	~95,000	Era digital, globalización
0 AP	2025 d.C.	~8,100 millones	~73	~120,000	Energías mixtas, fosiles, nuclear, renovables
Nota: El consumo energético per cápita integra tanto la energía alimentaria (kilocalorías diarias destinadas a nutrición) como la energía total (sumatoria de electricidad, combustibles y otras fuentes convertidas a kcal/día), reflejando así las necesidades básicas humanas y el desarrollo civilizatorio mediante una métrica unificada. Un estudio del economista Vaclav Smil estimó que una persona promedio en un país industrializado consume un equivalente energético de entre 100,000 y 200,000 kilocalorías por día para mantener su estilo de vida, incluyendo todas las fuentes mencionadas.					

El avance de la ciencia y el conocimiento del universo se refleja en la práctica mediante el aumento de la densidad energética en los modos de producción, lo que a su vez posibilita mejores condiciones de vida

El propósito de la política energética: mayor densidad de flujo energético

Una política energética competente debe, por un lado, asegurar el acceso a una energía cada vez más densa para aumentar la productividad laboral. Por otra parte, debe incrementar el consumo de energía per cápita. Para ello, es necesario promover el desarrollo científico, lo que a su vez incrementará el conocimiento humano sobre los principios universales que regulan el curso de la naturaleza y del universo.

Ahora, frente a las diversas “alternativas energéticas”, ¿qué criterios deben seguirse?

En primer lugar, se debe mantener una tasa de crecimiento lineal a corto plazo. Para ello, una tecnología energética debe generar riqueza tangible a un ritmo más rápido que el agotamiento de sus recursos asociados.

En segundo lugar, y debido a que cualquier sistema fijo de producción tecnológica implica un aumento en el costo de los recursos a medida que se vuelven más difíciles de obtener, es fundamental que la introducción de tecnologías más eficientes sea lo suficientemente rápida para abaratar el costo de las materias primas y los productos terminados, a un ritmo que compense la depreciación de la economía en su conjunto.

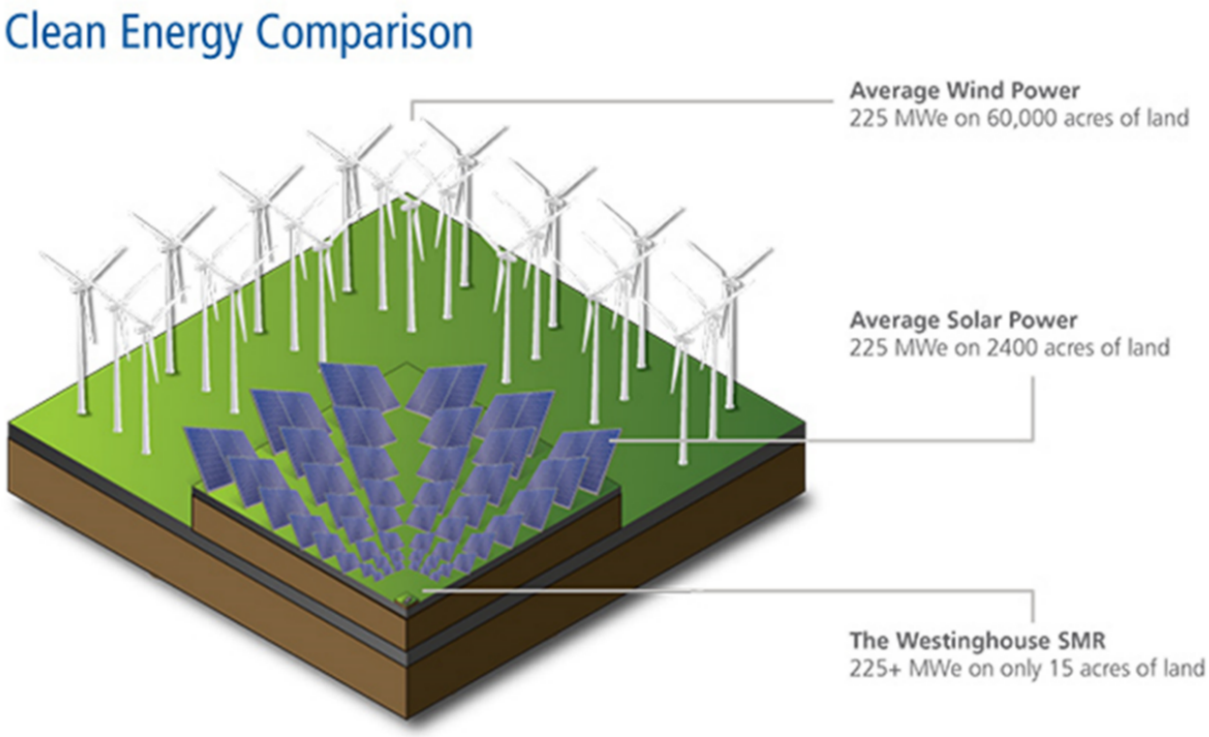
La calidad de una fuente energética se define por dos aspectos clave. El primero es la eficiencia de todo el ciclo, es decir, la cantidad de capital y energía que se requiere para producir una unidad de energía superior. El segundo, y más importante, es la densidad del flujo energético, que se calcula multiplicando la densidad de la energía por la velocidad del flujo.

El significado de la cantidad de energía que fluye por unidad de área y tiempo fue identificado por el científico soviético Piotr Kapitsa, y en su honor, se conoce como el “criterio Kapitza”[v]. En el cuadro que se presenta a continuación se muestra la densidad de flujo energético de las diversas fuentes de energía que han sido descubiertas gracias a la capacidad de investigación creativa de los seres humanos.

Fuente de Energía	Densidad de Flujo (kW/m^2)	Notas y Actualizaciones (2025)
Energía Solar (superficie terrestre)	0,0001 – 2	Baja densidad debido a intermitencia y dependencia de área
Energía Eólica	0,5 – 1,5	Requiere grandes extensiones de tierra/mar para parques eficientes
Biomasa	~0,0001	Extremadamente baja densidad; ineficiente para escalar
Hidrógeno Verde (electrólisis)	5 – 50	Baja densidad en producción, pero alto potencial como vector energético.
Baterías de Estado Sólido	300 – 500 (almacenamiento)	Mayor densidad que baterías de litio, pero aún limitadas para generación.
Combustibles Fósiles (petróleo, gas, carbón)	10.000	Alta densidad. Siguen dominando el 85% de la matriz global.
Energía Nuclear (fisión)	70.000	Máxima densidad entre fuentes comerciales. Reactores avanzados (SMRs) mejoran eficiencia.
Fusión Nuclear (prototipos comerciales)	70.000 – 2.000.000*	Proyectos como ITER y SPARC buscan alcanzar densidades superiores. Tokamaks actuales ~2,000 kW/m^2 .
El criterio clave para juzgar una fuente de energía es su capacidad de densidad: mientras mayor sea la densidad de flujo energetico menor será el costo de la energia y mayor la productividad laboral. Notese en el cuadro los valores extremadamente bajos de la energía solar y la eolica que son las apuestas centrales del gobierno.		

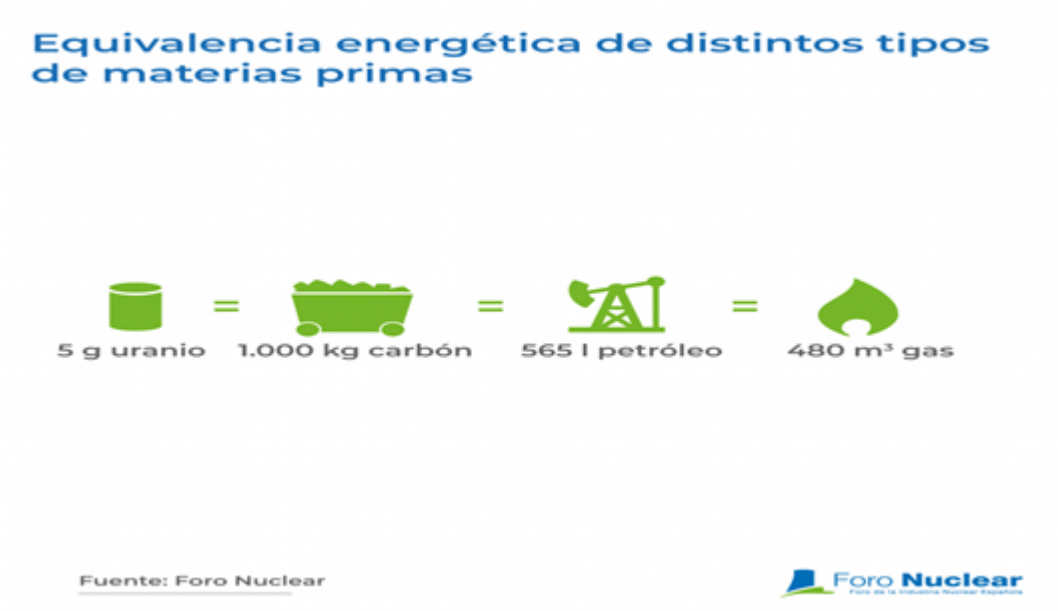
Al observar la densidad de flujo energético de diversas fuentes, queda claro que solo la energía nuclear puede proporcionar una base sólida para el desarrollo continuo. Por el contrario, fuentes como la solar, eólica y de biomasa no solo son un fraude energético, sino también ambiental.

A medida que aumenta la densidad del flujo energético, el tamaño del “colector” de energía y la cantidad de materiales y trabajo necesarios para construir una fuente energética disminuyen. Esto se traduce en un aumento de la productividad laboral y, en consecuencia, en un crecimiento más rápido de la tasa global de desarrollo. Para entender esta reducción en el tamaño del “colector”, resulta muy ilustrativa la representación de la empresa Westinghouse. Esta muestra cómo un pequeño reactor nuclear modular (SMR) puede producir en 15 acres la misma energía que los paneles solares generan en 2,400 acres y los molinos de viento en 60,000 acres de tierra.



Fuente: https://www.westinghousenuclear.com/new-plants/small-modular-reactor

El concepto de densidad de flujo energético también se puede entender mediante equivalencias: la energía que produce un solo gramo de uranio en reactores de fisión equivale a la que generan 46 toneladas de carbón[vi], mientras que un gramo de helio-3 produce una cantidad similar a 30 mil toneladas de carbón[vii]. El gráfico a continuación ilustra la relación entre el uranio, el carbón, el petróleo y el gas natural.



Fuente: https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-combustible-nuclear/cuanta-energia-en-kwh-se-extrae-de-un-kilo-de-uranio-y-que-rendimiento-tiene-cada-kilo/

La política energética del país debe replantearse

La política energética del país, que reduce el uso de combustibles fósiles y prioriza fuentes de menor densidad de flujo energético como la solar y la eólica, no es compatible con el desarrollo industrial ni con el avance de la Inteligencia Artificial.

Estos programas, al reducir la densidad del flujo energético, limitan la productividad laboral e incrementan los costos de producción. En consecuencia, la actual política energética se convierte en un obstáculo para el proceso de industrialización y el impulso a la Inteligencia Artificial que el gobierno ha propuesto, ya que ambas requieren grandes volúmenes de energía para operar.

En consecuencia, nuestro país debe avanzar hacia una matriz energética diversificada, en la

que la energía hidroeléctrica mantenga un papel central, mientras se reduce progresivamente la dependencia de los combustibles fósiles y se fortalecen fuentes como la energía nuclear. En esta transición, el gas natural será un recurso clave, dada su importancia para garantizar el suministro energético tanto al sector manufacturero como a los hogares. En Colombia, aproximadamente 36 millones de personas -el 70% de la población- utilizan gas natural en sus hogares o negocios[viii].

Suspender la exploración de petróleo y gas natural, cuando no se tiene una alternativa más eficiente para reemplazarlos, nos va a llevar a la necesidad de importaciones para asegurar el abastecimiento interno con impactos en costos mayores para los productores y consumidores. La Unión Sindical Obrera (USO) ha hecho reiterados llamados a Ecopetrol y al Gobierno Nacional, instándolos a impulsar la exploración y producción de hidrocarburos[ix].

La transición energética sin la voz del sindicalismo, además de generar impactos negativos en la economía, podría causar un profundo daño al proyecto político del primer gobierno de izquierda en nuestro país.

---

[i] https://octl.mx/la-evolucion-de-la-poblacion-mundial/

[ii] A medida que procesos tecnológicos más avanzados sustituyan a los combustibles fósiles como fuentes de energía, estos seguirán siendo cruciales para la industria química. Se mantendrán como materia prima esencial para la producción de fertilizantes, medicamentos, productos de limpieza, alimentos, textiles, fibras, cauchos y plásticos, entre otros. Por lo tanto, la explotación de combustibles fósiles continuará siendo necesaria para la economía y el bienestar social.

[iii] El helio-3, un recurso natural clave para la energía de fusión, ni siquiera se encuentra en la Tierra, sino en la Luna, por lo que ya se están realizando avances para el desarrollo de la minería lunar. Por otra parte, la energía de fusión traerá consigo una nueva tecnología, conocida como la “antorcha de fusión”, que permitirá reciclar todos los desechos para

transformarlos en partículas básicas, haciendo que las actividades mineras en la economía se vuelvan innecesarias.

[iv] https://petroleumag.com/wp-content/uploads/2024/07/SMIL-VACLAV-Energia-y-Civilizacion.-Una-Historia-por-Ganz1912.pdf

[v] El Criterio de Kapitza es un principio que define la calidad de una fuente de energía por su densidad de flujo energético. Esta densidad se calcula como la cantidad de energía que fluye a través de un área determinada en un período de tiempo específico. Según este criterio, cuanto mayor sea la densidad de flujo energético, menor será la cantidad de materiales y trabajo necesarios para construir una fuente de energía, lo que se traduce en un aumento de la productividad del trabajo humano y, por ende, en un crecimiento económico exponencial.

[vi] https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-combustible-nuclear/cuanta-energia-en-kwh-se-extrae-de-un-kilo-de-uranio-y-que-rendimiento-tiene-cada-kilo/

[vii] https://www.xataka.com/investigacion/hay-al-razon-que-merece-pena-volver-a-luna-recoger-su-abundante-helio-3-usarlo-fusion-nuclear

[viii] https://naturgas.com.co/gas-natural-en-hogares-de-colombia-alcanzo-mas-de-413-000-nuevos-usuarios-en-2023/#:~:text=Gas%20natural%20en%20hogares%20de,nuevos%20usuarios%20en%202023%20%7C%20Naturgas

[ix] https://www.infobae.com/colombia/2024/08/20/la-union-sindical-obrera-hace-un-llamado-al-gobierno-petro-para-que-permita-la-exploracion-de-hidrocarburos/

Carlos Julio Diaz Lotero

Foto tomada de: El Ibérico