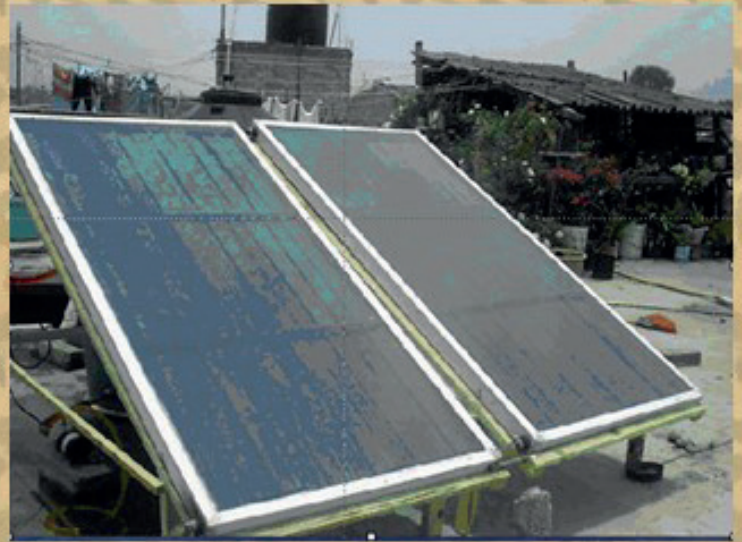




Estimación del tiempo de duración de reservas probadas de energía fósil y potencial de la energía solar



*Enrique Barrera Calva
Rodolfo Vázquez Rodríguez
Germán López Pacheco
Área de Ingeniería en Recursos Energéticos,
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Iztapalapa
Víctor Manuel Rentería Tapia
Centro Universitario de los Valles
Universidad de Guadalajara*



Abstract

This analysis shows the proven and probable reserves of conventional energy as well as their probable duration times for a consumption that tends to grow over time. The magnitude of the energy resource is contrasted with what would be obtained if man massively used solar energy sources, and the duration of these resources is inferred in comparison with that of conventional resources. From this scenario, notable differences can be seen, so the development of solar energy technologies is an important incentive, which is why the study and constant promotion of them will allow in the short term a real energy transition that society deserves. An example is the so-called agrivoltaics technology, which is in the process of optimization, which allows, on the one hand, the generation of electricity and on the other, in the same area of land, to carry out agricultural or livestock production. This will make it easier to find a shorter payback period, which will lead to a lower leveled cost of energy for these alternatives.

Keywords: Duration time of conventional and renewable energy, proven reserve, potential of solar energy.

Resumen

En este análisis se muestran las reservas probadas y probables de energía convencional, así como sus tiempos probables de duración para un consumo que tiende a crecer con el tiempo. Se contrasta la magnitud del recurso energético con el que se obtendría si el hombre usara masivamente las fuentes de energía solar, y se infiere el tiempo de duración de esos recursos en comparación con el de los recursos convencionales. De ese escenario, se aprecian notables diferencias, por lo que el desarrollo

de las tecnologías energéticas renovables es un aliciente importante, por ello el estudio e impulso constante de ellas permitirán a corto plazo una real transición energética que la sociedad merece. Un ejemplo es la llamada tecnología agro-voltaica, que está en proceso de optimización, que permite, por un lado, la generación de electricidad y en la misma área de suelo, permite realizar cierta producción agrícola. Ello hará más fácil encontrar, un menor periodo de recuperación de la inversión, que conducirá a un más bajo costo nivelado de la energía de estas alternativas.

Palabras clave: Tiempo de duración de energía convencional y renovable, reserva probada, potencial de la energía solar.

1) Introducción

En las últimas décadas, un alto porcentaje de la población mundial más vulnerable ha incrementado sus estándares de vida emulando el de las naciones desarrolladas. Sin embargo, los cambios profundos que implica este incremento podrían no ser sustentables, sobre todo si tales sociedades continúan con su actual ruta de crecimiento. El desarrollo sustentable y sostenible es tal vez, el reto a escala global de mayor relevancia del siglo XXI. Al mismo tiempo, es una gran oportunidad para que los estudiosos de la ciencia e ingeniería busquen y aporten soluciones a los grandes desafíos que enfrenta la humanidad. Muchos de los desafíos que enfrenta la humanidad, están vinculados, sin embargo, en este artículo nos concentraremos en describir parte de la problemática en el tema energético intentándolo separar del resto de los otros desafíos, para fines de simplificación. En este trabajo, se manejan a propósito diversas unidades energéticas con el fin de que los lectores se familiaricen con esta gran

diversidad de términos utilizadas en este argot específico, que no se apega a las sugerencias del SI (Sistema Internacional) de unidades. Las sociedades modernas están caracterizadas por un consumo substancial de combustibles nucleares y fósiles para mantener en operación la infraestructura de la cual dependen. Hoy también, la demanda global de energía, 2 % (World Economic Forum, 2023), suele crecer aún más rápido que las tasas de crecimiento poblacional, 0.8 % (Grupo Banco Mundial, crecimiento de la población (%) anual. Se prevé, que la demanda creciente de energía de los países en desarrollo exacerbará aún más esta situación, El consumo energético mundial total en 2023 fue de 604.04 EJ (= 6.04 x 10²⁰ J) o (167 789 TWh), considerando las distintas fuentes de energía, entre las que destaca la correspondiente a la combustión de combustibles fósiles. Eso equivale a una potencia media de 16 TW. La actual utilización mundial de energía es de alrededor de una potencia media de 23 TW y se estima que, para finales del siglo XXI, podría alcanzar los 50 TW, (International Energy Agency, 2020). Aun a la fecha, casi el 80% de la energía mundial proviene de los combustibles fósiles (World Economic Forum, 2023); sin embargo, la conocida problemática del incremento de los gases de efecto de invernadero sobre nuestro medio ambiente, ocasionada por la combustión de los combustibles fósiles, está presionando a un alejamiento de estos combustibles a otras fuentes de energía renovable (International Energy Agency, 2020). Se sabe que, la siguiente generación de energía nuclear continuará ofreciendo no solo bajos costos de producción eléctrica, aunado al hecho de que es una fuente energética con una carga base libre de carbono. El inconveniente son la limitada cantidad de recursos y los riesgos de gra-

ves accidentes que podrían afectar el medio ambiente y la salud de los seres humanos, recordar el caso de Fukushima. Por ello, la base energética del futuro debe ser una combinación de tecnologías, basada en renovables (Barrera et. al, 2021).

Algunos de los efectos negativos del uso de la energía son:

- Degradación del medio ambiente.
- Alteración de la calidad del aire, agua y suelo en los ecosistemas a una escala local y regional.
- Efectos adversos en la salud de la población: Enfermedades respiratorias a corto plazo que traen como consecuencia una disminución de la calidad de la vida y de la vida promedio de los individuos.
- La acumulación de las emisiones gaseosas en la atmósfera, principalmente dióxido de carbono, proveniente de la generación y consumo de energía. Un cambio en el clima del planeta es sinónimo de catástrofes a nivel global.

2) Sociedades después de la revolución industrial

Antes de la revolución industrial, el combustible favorito de las sociedades era la madera, después de la revolución industrial grandes cantidades de energía fueron disponibles con el uso del carbón y más tarde los hidrocarburos. Así, se incrementó la productividad en la agricultura y la población en ciudades. El desarrollo de otros procesos de manufactura y comercio se concentraron en las nacientes urbes. La contaminación del aire en ciudades es una consecuencia del quemado de combus-

tibles fósiles. La contaminación del aire “viaja” y se extiende más allá de una ciudad en particular, pudiendo cruzar hasta fronteras entre países. Las demandas de energía se apegan a algunos modelos de crecimiento, conocidos entre los investigadores, no así en el grueso de la sociedad, basado en su sencillez, es por ello, que brevemente lo mencionamos, (International Energy Agency, 2020; Barrera et. al, 2021).

3) Modelo exponencial de crecimiento energético

El modelo exponencial es un modelo utilizado en temas de demografía, ecología y energía entre otros, para modelar el crecimiento de las poblaciones o bien el crecimiento de consumo energético en una población, (Barrera et. al, 2021). Aplicando al caso de consumo energético, tenemos que:

Sea $P(t)$ la cantidad de energía demandada al tiempo t , el modelo exponencial supone que la tasa de aumento de la energía demandada, P , es proporcional a la energía demandada en el instante, t .

$$\frac{dP}{dt} = kP(t) \quad (1)$$

Aquí, k es la tasa de crecimiento (%) en base anual, expresada como fracción, (tiempo⁻¹).

Si la cantidad de energía demandada en un instante t_0 es P_0 , el modelo exponencial predice que en cualquier otro instante futuro ($t > t_0$) la demanda de energía viene dada por la solución de la ecuación diferencial (1), resultando en

$$P(t) = P_0 e^{kt} \quad (2)$$

Con una ecuación del tipo (2) y el conoci-

miento de las tendencias de crecimiento del consumo de energía que supondría conocer el valor de k , es posible estimar el aumento del consumo energético en un año deseado, $P(t)$. Como ejemplo tenemos que los valores típicos de k (%), tasa de crecimiento de consumo energético para carbón anual es, 0.8 %, de gas natural, 2.45 %, petróleo, 1.1 %, nuclear 2.2 %, hidroelectricidad 2.1 % y otras renovables (solar, viento) 13 %, (Grupo Banco Mundial 2023). Hoy en día, y basado en el hecho de que se tiene una buena estimación de las reservas energéticas convencionales y no convencionales, junto con el conocimiento de un modelo de consumo energético, que suele ser de tipo exponencial, y que postulamos, permite la estimación de tiempo de agotamiento de los recursos, donde el factor clave suele ser, el conocimiento de la tasa de consumo anual de los energéticos, k (%).

4) Tiempo de duración, o tiempo de extinción T_e (años), de una reserva energética, R en Exajoules (EJ)

Para conocer el consumo energético total, C (EJ), a lo largo del tiempo, de un recurso hasta su agotamiento, se suele integrar la ecuación (2), desde $t = 0$ hasta un tiempo de extinción, $t = T_e$, según la ecuación (3)

$$C \text{ (EJ)} = \int_0^{T_e} P(t) dt = \int_0^{T_e} P_0 e^{kt} dt \quad (3)$$

Integrando entre límites la ecuación (3) se transforma en

$$C = \frac{P_0}{k} [e^{kT_e} - 1] \quad (4)$$

Cuando se conoce el tamaño de la reserva energética, R (EJ), se puede determinar el tiempo de extinción de esta, T_e , por igualación de C (EJ) con R (EJ), C (EJ) = R (EJ), en la ecuación (4), se puede resolver para el

tiempo de extinción del recurso, T_e , con lo que se encuentra la ecuación (5), con la que se puede determinar la duración de una reserva energética dada, que se consume a una tasa anual, P_0 determinada, y que puede crecer a una tasa de crecimiento, k .

$$T_e = \left(\frac{1}{k}\right) \ln \left[\frac{kR}{P_0} + 1 \right] \quad (5)$$

La ecuación (5), suele ser la ecuación resultante que nos da el tiempo de duración del recurso, T_e , para una reserva energética del combustible dado, R (EJ) y consumido a una tasa anual, P_0 , pero que experimenta una tasa de crecimiento de un porcentaje definido, k . Las reservas probadas de petróleo a finales de 2019 alcanzaron los 1652.6 billones de barriles, suficientes para satisfacer hasta por 54.2 años las demandas actuales, a una tasa fija de consumo, P_0 , (International Energy Agency, 2020). En la Tabla 1, se muestra inicialmente, los valores de las reservas, R (EJ), típicos para tres diferentes energéticos convencionales, así como la estimación de la tasa de consumo anual, P_0 , necesarios para determinar el tiempo de duración de los energéticos, T_e , ecuación (5),

Con los datos de la Tabla 1 y para cada energético considerado, se puede estimar el tiempo de duración de la reserva probada consumida a una tasa fija anual, P_0 . Para ello se deben aplicar factores de

conversión energéticos apropiados, con los que las diversas cantidades energéticas se transforman a una base común en EJ. Una vez convertidos los términos energéticos a una base homogénea, se evalúa el cociente R/P_0 , Tabla 2, con lo que se conoce el tiempo de duración de una reserva de un energético dado. Se observa de esta tabla que, dadas las altas reservas probadas de carbón, hay energético para alrededor de 170 años, siempre que se siga consumiendo este energético a una tasa fija de 140 EJ/año.

Si la tasa de consumo anual de cada energético tiende a crecer con el tiempo, k (%), y de acuerdo con el modelo exponencial, se pueden estimar nuevos tiempos de duración de la reserva, con base a la ecuación (5). Para el caso del gas y aun del petróleo, los años con los que se podría contar con estos recursos son notablemente menores, en el caso de petróleo, hay energía con este recurso solo para alrededor de 44 años, siempre que la tasa de consumo siga en el orden de los 180 EJ/año. Esto sabemos no es posible y se debe considerar una índice o tasa de crecimiento, k , del recurso que puede variar entre el 1 % hasta el 5 %, ($k = 0.01$ hasta $k = 0.05$), dependiendo del recurso considerado. Para los fines del presente trabajo, se dejan fijos los valores de consumo energético anual típico, Tabla 2. Si se proponen diferentes valores de la tasa de crecimiento

Energético	R	P_0 (EJ/año)
Carbón	1055 mil millones de toneladas	140
Petróleo	1663169 millones de Barriles de Petróleo equivalente	180
Gas	193.9 trillones de m ³	120

Tabla 1. Valores de las reservas probadas, R (unidades de energía diferentes), de tres diferentes recursos energéticos convencionales, y la velocidad de uso anual de cada energético considerado, P_0 . Datos al 2019 (International Energy Agency, 2020).

k , entre 1 % y 3 %, es decir un poco arriba y un poco abajo del valor medio, normalmente conocido para cada energético, con base en los que se encuentran escenarios tanto pesimista como optimista de la duración de los recursos energéticos analizados, ver Figura 1 y resumidos en la Tabla 3. (International Energy Agency, 2020).

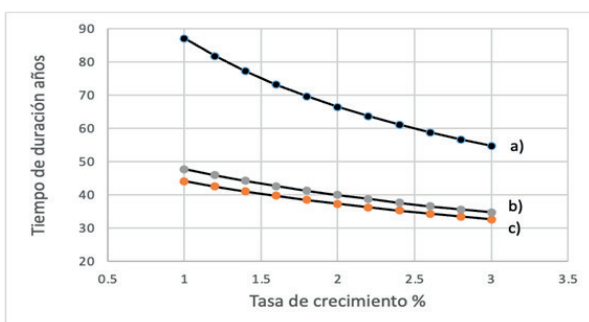


Fig. 1 Tiempo de duración años de reserva de recursos como función de la tasa de crecimiento o demanda en porcentaje, a) carbón, b) petróleo y c) gas.

Observando la Figura 1 y los resultados en Tabla 3, es fácil distinguir que la vida media de los recursos energéticos con tasas de crecimiento exponencial oscila entre; 100 años - 50 años para carbono, 45 años - 30 años para gas y 38 años - 25 años para gas. En el caso pesimista, de una gran tasa de crecimiento de anual de uso de la energía convencional, se observa una relativa vida corta del recurso,

Energético	R (EJ)	P_0 (EJ/año)	k (%)	R/P_0 Años
Carbón	24012	140	0.8	90.8
Petróleo	7895	180	1.1	35.8
Gas	7048	120	2.45	27.5

Tabla 3. Tiempo de duración de reservas probadas actuales de recursos energéticos R (EJ) para tres diferentes recursos convencionales, y la velocidad de uso anual de cada energético considerado, P_0 , que incrementa con el tiempo, con base a la consideración de tomar en cuenta una tasa de crecimiento del consumo, k (%) típico de nuestro actual consumo energético. (International Energy Agency, 2020).

que requiere una extraordinaria atención por parte de usuarios y planificadores energéticos. De concientizar a la sociedad y buscar a toda costa ahorros energéticos sustanciales, la vida media de las reservas energéticas pueden crecer notoriamente y tener más tiempo con energéticos convencionales que más bien sufrirán los embates y presiones de las variables ambientales ya que rápidamente están creciendo los niveles de CO_2 en la atmósfera. Mucho hay por hacer.

Energético	R (EJ)	P_0 (EJ/año)	R/P_0 Años
Carbón	24012	140	171.5
Petróleo	7895	180	43.8
Gas	7048	120	58.7

Tabla 2. Valores de las reservas probadas actuales, R (EJ) Tabla 1, convertida a Exajoul para los tres principales recursos energéticos convencionales, y la velocidad de uso anual de cada energético considerado, P_0 , con base en los que se calcula el tiempo de uso de tales reservas, (International Energy Agency, 2020).

5) Recurso Solar

En general, los sistemas de energía renovable persiguen el aprovechamiento de las energías del medio ambiente en lugar del consumo de los combustibles minerales (carbón, petróleo, nuclear y gas). La

fuentes más grandes de energía renovable, sin duda es la energía solar. El sol es una fuente impresionante de energía radiante que emite energía como un cuerpo negro radiando energía, en toda su superficie según la ecuación de Stefan Boltzmann, ecuación (6), como función de la temperatura media de la superficie del sol que está a una temperatura aproximada absoluta de 5776 K. Así pues, dado el diámetro y la temperatura efectiva de la superficie del sol, se puede estimar la llamada constante solar, C_s , 1367 W/m² que es la energía del sol, por unidad de tiempo, recibida sobre una unidad de área de la superficie terrestre. Estimaremos, la velocidad a la que el sol emite energía radiante E_s , o potencia por unidad de área,

$$E_s = \sigma AT_s^4 \tag{6}$$

Aquí $\sigma = 5.6697 \times 10^{-8}$ W/m²K⁴ y es la constante de Stefan-Boltzmann, A es área de la superficie del sol y T_s la temperatura absoluta de la superficie del sol, (K). En la Figura 2 se muestra esquemáticamente la geometría de las relaciones sol-tierra, necesarias para apreciar los niveles de incidencia solar recibida en nuestro planeta. La excentricidad de la órbita terrestre es tal que la distancia entre el sol y la tierra varía alrededor de 1.7 %. A una distancia de 1.495×10^{11} m, la distancia media tierra sol, se le denomina una unidad astronómica, lo cual lleva a apreciar que, visto desde la tierra, el sol subtende un ángulo de 32'. La radiación emitida por el sol y sus relaciones espaciales a la tierra, resultan aproximadamente en una intensidad fija de radiación solar fuera de la atmósfera de la tierra, perpendicular a la dirección de la propagación de la radiación, a una distancia media sol-tierra, denominada la constante solar, C_s .

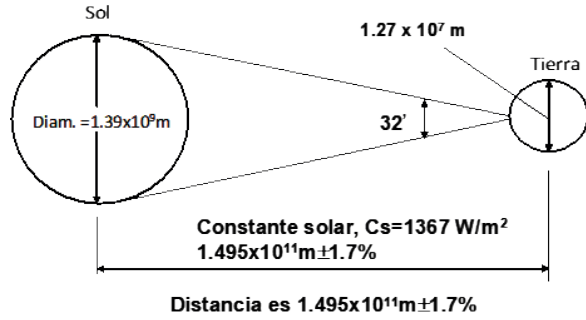


Fig. 2. Geometría de las relaciones sol-tierra, de donde se estima la constante solar y con ello los niveles de irradiación solar incidente en la tierra.

Para calcular la constante solar basta con dividir el flujo energético que emite el sol, E_s , por la relación de áreas entre la superficie del Sol (con radio solar conocido, r_s) y la de una esfera situada a la distancia media tierra sol, r_{ts} del mismo. Para obtener este valor, que en la práctica está medido por satélites, se debe usar como la temperatura efectiva del sol $T_s = 5776$ K.

$$C_s = \sigma T_s^4 (r_s / r_{ts})^2 = 1367 \text{ W/m}^2 \tag{7}$$

En general esta potencia emisiva por unidad de área es detectable en todo el sistema planetario y en cada caso, su valor es inversamente proporcional según la distancia media entre el sol y cada planeta; Sol - Tierra, 1 ua = 150000000 km, Sol - Mercurio, 0.39 ua, Sol - Venus, 0.72 ua, Sol-marte, 1.5 ua, donde ua es la llamada unidad astronómica. Dado que la mitad del hemisferio terrestre permanentemente esta de cara al sol, y estimando que la radiación solar incidente se atenúa hasta por un orden de magnitud cercano al 35 %, es fácil evaluar el flujo energético solar instantáneo que llega constantemente a la tierra, $E_s = 0.06$ EW, considerando a un círculo como el área proyectada de un semi hemisferio, con un círculo de diámetro equivalente al diámetro de la tierra.

$$E_s = 0.35 \cdot C_s \cdot \pi \cdot \frac{Dt^2}{4} = 0.06 \times 10^{18} \text{ W} = 0.06 \text{ EW} \quad (8)$$

La potencia recibida se puede expresar como energía en base anual, la cual sería del orden de 1890000 EJ/a.

$$E_s = 0.06 \text{ EW} \left(\frac{10^{18} \text{ J}}{\text{EW} \cdot \text{s}} \right) \left(\frac{\text{EJ}}{10^{18}} \right) \left(\frac{86400 \text{ s}}{\text{d}} \right) \left(\frac{365 \text{ d}}{\text{a}} \right) = 1890000 \text{ EJ/a} \quad (9)$$

Este potencial energético de la energía solar que cae sobre nosotros en tan solo un año es enorme. Al compararlo con el total de la reserva energética en combustibles fósiles que suma alrededor del orden de los 40000 EJ. Así el cociente del potencial solar en un año al total de la reserva de fósiles alcanza del orden de 40 veces más, lo cual significa que el recurso solar incidente en un año sobre la Tierra es varias veces más que todo el potencial de energía a base de combustibles fósiles acumulados en la Tierra por millones de años y que según las tendencias se agotarían juntos en un tiempo cercano a un poco más de un siglo, ver Tablas 2 y 3. En las Tablas 4 y 5 se muestra un resumen de los metros cuadrados de instalaciones solares materializados como colectores solares térmicos y también fotovoltaicos de diversas tecnologías. Con base en la población de algunos países, se estima para algunos países representativos, por ejemplo, en la Tabla 4, el área de colectores solares (m^2) utilizado por cada 1000 habitantes. Algunos países aun con poco potencial solar, pero más potencial económico, cuentan con una mayor área que los países más pobres, que a pesar de contar con más potencial solar (más de 5 KWh/día) pero deficiencias económicas, no alcanzan una alta tasa, como se muestra en la Tabla 4. Para un potencial en energía solar sustentable, estimado por especialistas, (Barrera et. al, 2021) es posible estimar el

potencial neto que la sociedad podría disponer en el corto o mediano plazo en el uso de estas tecnologías con esta energía, lo cual aún es muy distante de lo que se cuenta a la fecha. Mucho hay por hacer, ello implica inversiones en estas tecnologías, aunque la transición debe ser suave y tersa para evitar descalabros indeseados en esa materia de proceder de manera abrupta y no mesurada, así que la clave es un estudio serio y multidisciplinar, para impactar de manera favorable en esa transición. La brecha según las estimaciones de la Tabla 5 muestran que, llegado el momento de contar con los recursos materiales, la mano de obra y la infraestructura secundaria y los recursos tecnológicos apropiados, la energía solar y eólica superan a la fecha toda la capacidad de demanda energética de la actualidad en varios órdenes de magnitud. Si la única aportación fuera a base de energía solar y aun la energía eólica sería capaz de cubrir todas nuestras necesidades energéticas si lográramos utilizar el potencial eólico sustentable de la actualidad, que podría verse incrementado en el futuro con el avance tecnológico de la sociedad que es dinámico y creciente en el tiempo.

6) El mercado de calentamiento solar

El mercado de calentamiento solar se suele evaluar bajo diversos indicadores comparativos anuales por diversas dependencias especializadas, como por ejemplo la Agencia internacional de Energía, IEA. (Weiss and Spörk, 2022) son:

- 1 - Área de colectores instalada acumulada en varios países, en metros cuadrados – m^2 ;
- 2 - Área colectora instalada acumulada per cápita, al tomar en cuenta la población del país, determinada en metros cuadrados por mil habitantes – $\text{m}^2/1.000$ habitantes

País	Colec. Solares de agua (m ²)	Colec. Solares de aire (m ²)	Total (m ²)	Población	(m ²)/1000 h
Australia	9216000	382800	9588800	24800000	386
Austria	5032603	4678	5123303	8800000	582
China	482310000	10000	482320000	1409670000	342
Alemania	19823590	20800	19844390	82300000	241
México	4324217	9525	4333742	130800000	33
Turquía	25137636	9970	25147606	81900000	307
España	4310823	4500	4315323	46400000	93
USA	25570816	191382	25812198	326800000	78
Total	688512786	1548144	690060930	7633000000	90

Tabla 4. Total de área en (m²) de colectores solares instalados para algunos países representativos y estimación de los m² por mil habitantes de esos países y del promedio mundial (Weiss and Spörk, 2022).

3 - Potencia instalada acumulada de colectores solares determinada en MW_t, MW_e.

7) Otros indicadores energético-ambientales

Algunos otros indicadores energéticos/ambientales relevantes en temas de energía solar y convencional que ayudan a validar aún más la fortaleza de las energías renovables sobre las convencionales en México son las siguientes (Weiss and Spörk, 2022), (Barrera et al., 2021).

a) Equivalencia diaria en términos de área colector a energía térmica, 1 m² colector solar térmico = 0.7 KW_t.

b) Equivalencia diaria en términos de área colector a energía eléctrica, 1 m² colector solar fotovoltaico = 0.2 KW_e.

c) 1 m² de colector solar térmico evita 1 tonelada de CO₂ por año.

Con base en esos indicadores energéticos y ambientales se pueden calcular y estimar la faceta ambiental del potencial de las tecnologías solares. Por ejemplo, es común la estimación del nivel de gases de efecto invernadero (CO₂) no emitido por cada KWh térmico generado por tecnología energética convencional, así como el nivel de no emisión de los mismos gases

Fuente de energía	Potencial neto con atenuación (EJ/año)	Potencial Sustentable (EJ/año)	Potencial Sust./Consumo Mundial (690 EJ)
Solar	1890000	3780 (0.2% de potencial)	5.3
Viento	53792	1075 (2% de potencial)	1.5

Tabla 5. Estimaciones energéticas a partir del recurso solar y eólico bruto y estimación de un potencial sustentable (con base a una propuesta de porcentaje sustentable del total del potencial de energía). La última columna, es el número de veces que el potencial renovable de un año supera al potencial de energía convencional como reserva probada total.

Indicador estimado	Solar térmica	Solar fotovoltaica
Sistemas instalados en mundo	690 millones de m ²	3570 millones de m ²
Aprovechamiento de Energía por m ²	0.7 KW _t = 1 m ²	0.2 KW _e = 1 m ²
Potencia nominal instalada	481.5 GW _t	713970 MW _e
Ahorro de CO ₂ por KWh generado	1 Ton de CO ₂ /m ² -año	0.5 Kg de CO ₂ por KWh
Ahorro total de CO ₂ Ton/año	690 millones toneladas	1042 millones de toneladas

Tabla 6. Indicadores para estimar algunas cifras energético / ambientales, (Weiss and Spörk, 2022).

por cada KWh eléctrico solar generado. Citamos a continuación algunos resultados con los cuales es posible estimar algunas cifras energético/ambientales que hacen más entendible el acercamiento de la tecnología de energías renovables con la sociedad, Tabla 6.

Se observa de la Tabla 6 que el número de m² de colectores solares fotovoltaicos es superior (más de 5 veces) a los metros cuadrados de colectores solares térmicos para el 2022, sin embargo, esa cifra se moverá dependiendo de los intereses de los países y ello repercutirá en las cifras a nivel mundial con el paso de los años y de los compromisos que cada país emprenda en estos temas de sustentabilidad. Para esa fecha, de las estimaciones calculadas, se ve que la disminución de gases de efecto invernadero por la generación eléctrica a través de energía solar, era casi el doble que la de la generación de energía térmica a nivel mundial. Con el paso de los años, se puede ver modificado con base a los compromisos de cada nación establezca con los criterios ambientales, pero también al avance de las tecnologías en energía renovable.

8) Conclusiones

Es sorprendente y enorme el potencial de

energía solar que incide en el globo terrestre y que supera las reservas probadas y probables de energía no renovable. México con un enorme territorio y gran potencial de recursos de energía solar (5 KWh/m²-día) tiene una enorme posibilidad para desarrollar más proyectos en energía fototérmicos y fotovoltaicos para incrementar sus proyectos en esta materia e incrementar su superficie colectora de 33 m²/1000 habitantes a un orden de magnitud del orden de 10 veces más que son cifras de países más avanzados en esta materia. Lograr mejorar la tecnología solar, harán más viable poder alcanzar su uso más intenso, con base en lo cual se podrá aspirar a pensar en alcanzar un mejor futuro energético del hombre. Este deseo implica que la humanidad mejore su manejo de las leyes de la mecánica cuántica, de la síntesis y caracterización avanzada de materiales y nanomateriales, así como de nuevos y mejores procesos tecnológicos, que harán viable el aprovechamiento de la energía solar de manera masiva y más eficiente.

Referencias.

- E. Barrera Calva, F. González, C. Hernández Pérez, L. Huerta y V. Rentería, Revista Maderas y Bosques, Poder calorífico de maderas de zonas áridas, 27(3), 2021.

- H. Ramírez-Murillo, et al, Estimación del potencial energético fotovoltaico y eólico mediante agrupamiento no supervisado por k-medias, 34 (2), Información tecnológica, 2023.
- Max Roser, Cartogram showing the distribution of the world population by representing it through 15,266 squares, each representing half a million people, (2018). <https://ourworldindata.org/world-population-cartogram>. Recuperado 23 enero 2024.
- Grupo Banco Mundial, Crecimiento de la población (%) anual, (2023). <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.GROW>. Recuperado 23 mayo 2024.
- W. Weiss, M. Spörk-Dür, Solar heat worldwide, Federal Ministry Republic of Austria, International Energy Agency, 2022.
- IEA, International Energy Agency, Data and statistics, (2020). <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=WORLD&energy=Balances&year=2020>. Recuperado 22 diciembre 2023.
- World Economic Forum, Asi ganan terreno las energías renovables frente al petróleo en Norteamérica, (2023). <https://es.weforum.org/agenda/2023/11/las-energias-renovables-ganan-terreno-a-los-combustibles-fosiles-en-norteamerica/>. Recuperado 10 mayo 2024.