
PROCESOS DE URBANIZACION Y PROBLEMAS ENERGETICOS

Ramiro Cibrián

Los parámetros que caracterizan a nivel mundial la crisis energética son conocidos¹. El consumo actual mundial de energía primaria es de unos 8 Terawatios-año por año (TWa/a)². Dentro de cincuenta años, en el 2030, esta cifra podría estar entre unos valores extremos concebibles de 8 TWa/a (lo que supondría el estancamiento o crecimiento energético cero) y 80 TWa/a. Si la evolución de la población mundial sigue su ritmo, y se producen unos crecimientos moderados de la economía mundial, entonces lo más probable es que el consumo en el año 2030 se sitúe entre los 26 y los 40 TWa/a.

Las implicaciones cuantitativas sobre el uso de la tierra para satisfacer las necesidades energéticas son menos conocidas. Con el fin de estudiarlas es conveniente introducir el concepto de densidad superficial de energía, es decir, de la energía consumida o producida por unidad de superficie, la cual se puede medir en vatios por metro cuadrado (W/m²).

¹ El presente artículo está basado en los estudios que se realizan en el *International Institute for Applied System Analysis* de Laxenburg (Austria). Es un centro patrocinado por 17 Estados, entre los que se incluyen la URSS y USA.

² Las unidades de energía que se utilizan aquí son las del sistema métrico decimal. Un terawatio es igual a un billón de vatios. El terawatio-año por año (TWa/a) es una unidad que resulta apropiada para medir consumos energéticos a escala mundial.

La tabla 1 contiene una muestra de grandes áreas metropolitanas, en las cuales los límites de variación de la densidad de consumo de energía son bastante pequeños. Esto es sorprendente, ya que se podría pensar que el consumo de energía estaría influenciado por el tipo de modelo económico y de sistema político. Sin embargo, las aglomeraciones urbanas de la tabla 1 se encuentran en formaciones sociales con sustanciales diferencias en esos aspectos, a pesar de lo cual sus densidades de consumo energético son similares. El valor de densidad de consumo que caracteriza a estas aglomeraciones es, promediado sobre toda su área metropolitana, de unos 5 W/m², si bien hay que señalar que en los núcleos de las mismas las cifras son mayores. Esta paradoja se explica porque los menores consumos *per capita* de Tokio o París se compensan por mayores densidades de población.

TABLA 1

Densidades de población y de consumo energético en las principales aglomeraciones metropolitanas

<i>Area metropolitana</i>	<i>Habitantes 10⁶</i>	<i>Densidad de población cap/km²</i>	<i>Consumo de energía kW/cap</i>	<i>Densidad de consumo de energía W/m²</i>
Tokio-Yokohama	33,0	980	3,9	3,8
Nueva York	19,7	560	11,4	6,4
Londres	12,7	1.100	5,2	5,7
Rhine-Ruhr... ..	10,9	1.280	5,0	6,4
Moscú	10,6	750	5,4	4,1
París	9,8	820	4,3	3,5

FUENTE: IIASA.

Una paradoja aún más espectacular es la que se presenta en la tabla 2. En ella se comparan dos sociedades completamente diferentes: la India y la República Federal Alemana (RFA). En el caso de la India se entiende por población urbana la que vive en las grandes aglomeraciones de Calcuta, Nueva Delhi, Bombay, etc., la cual representa el 10 por 100 de la población de la India.

La densidad de consumo energético para esta India urbana resulta ser incluso más alta que para las áreas metropolitanas de los países industrializados. Se pueden tomar casos específicos para verificar estos resultados. Así, por ejemplo, en el cuadro 1 aparece una representación simplificada de la estructura de distribución de la población en Calcuta, y la zona del Rhin-Ruhr. Las diferencias más significativas en estilos de vida y modelos de asentamiento se pueden esperar en los suburbios y arrabales de Calcuta,

para los cuales no existe nada semejante en la aglomeración alemana. Si se toma un valor, bastante fiable, de $0,1 \text{ W/m}^2$ como valor mínimo de densidad de consumo en estas barriadas chabolistas en las cuales las masas se encuentran al mero nivel de supervivencia, entonces los valores que se obtienen para el resto del área metropolitana son de unos 30 W/m^2 . Esta cifra es similar a la que corresponde a los centros de las aglomeraciones metropolitanas del mundo industrializado.

Se puede por tanto considerar que los valores dados en la tabla 2 para las densidades de consumo urbano y rural son estimaciones bastante sólidas. Una observación importante que se deduce de la tabla 2 es la siguiente: *Las densidades geográficas de energía presentan significativas diferencias entre las áreas rurales de los países subdesarrollados y aquellas de los países industrializados. Sin embargo, tales diferencias no se presentan en las zonas urbanas.*

TABLA 2

Densidad de consumo de energía en países desarrollados y subdesarrollados

	R. F. A.	India
<i>Densidad de población (cap/km²):</i>		
Media	245	168
Urbana	1.500	6.000
Rural	150	135
<i>Consumo específico (kW/cap):</i>		
Media	5	0,6
Urbana	~ 5	2
Rural	~ 5	0,3
<i>Densidad de consumo de energía (W/m²):</i>		
Media	1,2	0,10
Urbana	7,5	12
Rural	0,75	0,04

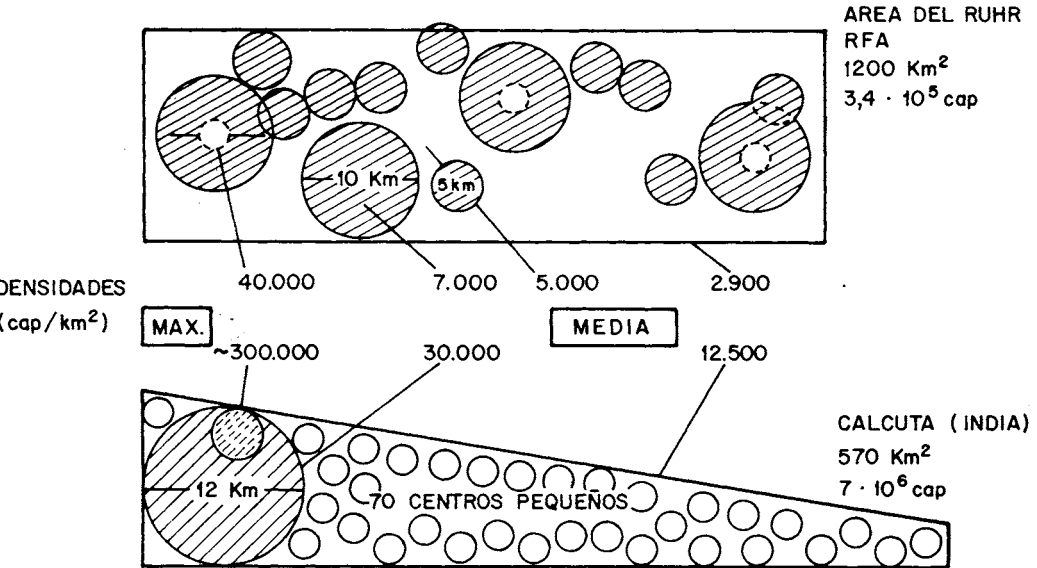
FUENTE: IIASA.

Así, mientras que las densidades de población de la India y la RFA son comparables, la densidad de consumo energético de la India rural es de $0,04 \text{ W/m}^2$, es decir, veinte veces inferior a las correspondientes áreas rurales de la RFA. Esto se explica porque en los países industrializados las pautas de consumo urbanas se han ido extendiendo progresivamente durante muchos años desde los núcleos urbanos donde inicialmente se implantaron hasta las zonas rurales. Por tanto, las diferencias en los consumos de energía *per capita* entre las grandes ciudades y el campo no son en ellos muy signi-

ficativas. Sin embargo, en los países subdesarrollados la pautas de consumo energético urbano no se han extendido todavía a las áreas rurales.

CUADRO 1

Estructura de distribución de población en el área del Ruhr (RFA) y Calcuta (India)



FUENTE: IIASA.




Dentro de cincuenta años la población de la tierra será de unos 8.000 millones de habitantes. El potencial práctico de energía natural, o sea, la cantidad que podría extraerse de las fuentes renovables descentralizadas (las cuales excluyen la energía solar «dura» consistente en la producción de electricidad a gran escala en los desiertos), es de unos 6 a 8 TWh/a. Si se alcanzase el límite superior de esta cifra, se podría concebir un mundo en el cual se prescindiría por completo de todas las fuentes de energía «duras» y contaminantes, y en el que el consumo medio sería de 1 Kw/cap (el actual es de 2 Kw/cap). Tal mundo, basado exclusivamente en fuentes renovables descentralizadas, no sería compatible con los actuales sistemas socio-económicos. Pero, además, no sería compatible con los niveles actuales de urbanización, ni con su tendencia histórica a ir aumentando.





Para demostrar la última afirmación, se usará una hipótesis adicional, suficientemente razonable. Consiste en admitir que no va a haber trasvases masivos de población entre las principales regiones del mundo. Las regiones

Siete regiones geográficas del mundo para el análisis energético



REGION

-  I AMERICA DEL NORTE (U.S.A Y CANADA)
-  II UNION SOVIETICA Y EUROPA DEL ESTE
-  III EUROPA OCCIDENTAL, JAPON, AUSTRALIA
NUEVA CELANDIA, SURAFRICA E ISRAEL

-  IV AMERICA LATINA
-  V AFRICA (EXCEPTO NORTE Y SUR) Y SUR DE ASIA
-  VI ORIENTE MEDIO Y NORTE DE AFRICA
(EGIPTO, ARGELIA Y LIBIA)
-  VII CHINA Y SURESTE DE ASIA

mundiales que aquí se consideran aparecen en el cuadro 2, y se han delimitado en base a criterios económicos, disponibilidad de recursos energéticos, sistemas sociales, etc.

Las superficies de estas siete regiones aparecen en la tabla 3. La superficie total de cada región aparece a su vez dividida en la fracción inhabitable (desiertos, estepas semi-áridas, altas regiones montañosas, regiones permanentemente heladas, etc.), y el área habitable. El total de esta última para todo el planeta es de unos 80 millones de Km².

TABLA 3

Superficie terrestre potencialmente habitable en las siete regiones mundiales

Región	Área total 10 ⁶ km ²	Fracción inhabitable (%)	Superficie habitable 10 ⁶ km ²
I	21,5	42	12,5
II	23,4	33,5	15,5
III	15,5	39	9,5
IV	20,6	28	14,8
V	43,4	43	24,7
VI	11,4	70	3,7
Σ	135,8	41	80,3

FUENTE: IIASA.

Las densidades de población, calculadas sobre la base del área habitable, se presentan en la tabla 4 para los años 1975 y 2030. Como dato significativo puede observarse que la densidad prevista para la región VII (China e Indochina) en el año 2030 es de 480 Cap/Km², valor que se acerca notablemente a la actual densidad del área metropolitana de Nueva York (véase la tabla 1) que es de 540 Cap/Km². Como contraste, adviértase que la densidad prevista para la región I (América del Norte) es solamente el 5 por 100 de la de la región VII.

La tabla 4 también contiene las densidades regionales de consumo actuales y previstas. Para el año 2030 el caso *bajo* corresponde a una demanda total mundial de 26 TWa/a, y el caso *alto* a 40 TWa/a. Ambos casos asumen que continuará el proceso de urbanización e industrialización, aunque de forma más moderada a lo hasta ahora acaecido. Las densidades energéticas regionales previstas oscilan entre los 0,13 W/m² (caso *bajo*, regiones V y VI) y los 1,2 W/m² (caso *alto*, región VII). El factor entre ambas cifras es del orden de 10.

TABLA 4

Densidades de población y de consumo energético con base a la superficie terrestre habitable

Región	Población (hab/km ²)		Energía (W/m ²)		
			2030		
	1975	2030	1975	Bajo	Alto
I	19	25	0,22	0,4	0,6
II	23,5	31	0,12	0,45	0,65
III	56	82	0,24	0,55	0,85
IV	22	54	0,02	0,16	0,27
V	64	160	0,01	0,13	0,26
VI					
VII	265	480	0,22	0,65	1,20
TOTAL	50	100	0,1	0,3	0,5

FUENTE: IIASA.

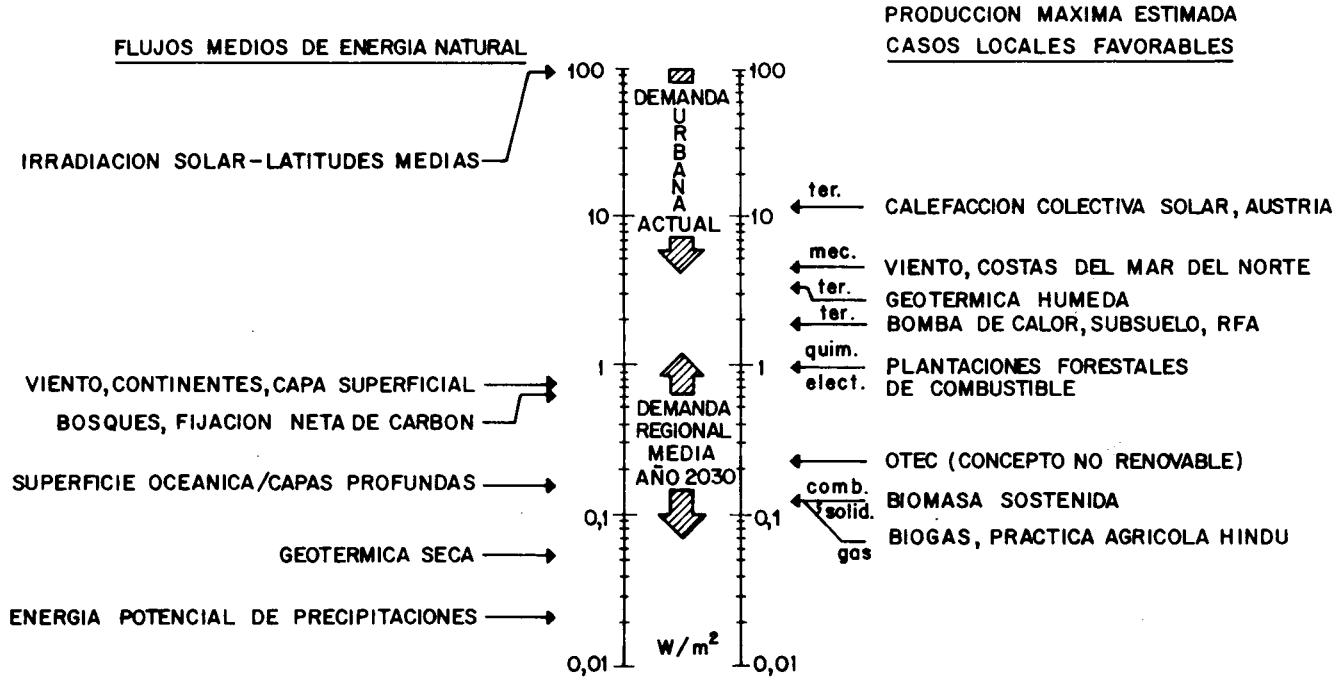
El cuadro 3 es un cuadro importante que conviene analizar en detalle. En la parte izquierda del mismo se presentan las densidades de energía que se pueden obtener de las fuentes naturales renovables. Se trata de valores medios, es decir, de valores que han sido promediados sobre toda la superficie de los continentes u otras áreas relevantes. En la parte central aparecen intervalos de densidad para las actuales áreas metropolitanas (5-100 W/m²) y el previsto para las siete regiones dentro de cincuenta años (0,13-1,2 W/m²). En la parte derecha aparecen los valores correspondientes a los máximos posibles rendimientos de las fuentes renovables, es decir, a los valores que se pueden obtener en casos particularmente favorables.

Como puede observarse, el intervalo de las densidades de demandas estimadas para el año 2030 es del mismo orden de magnitud, o superior, a los flujos medios de energía natural a través del entorno, con la única excepción, por supuesta, de la irradiación solar. Y nótese que se está hablando de flujos naturales, los cuales deben de ser reducidos de acuerdo con criterios técnicos (imposibilidad de recolectar energía eólica en los polos y cordilleras, necesidad de dedicar tierras a la agricultura, imposibilidad de evacuar zonas muy pobladas, etc.), y de orden práctico (imposibilidad de transporte a grandes distancias de electricidad de origen eólico, costos, productividad, etc.).

En la parte derecha del cuadro 3 aparecen los datos correspondientes a casos locales comparativamente más favorables. Se trata, no obstante, de las excepciones que confirman la regla a nivel de países o regiones mundiales. Las plantaciones forestales en buenas tierras y con condiciones cli-

CUADRO 3

Densidades de suministro y demanda de energía para las fuentes renovables



FUENTE: IIASA.

máticas favorables, o la energía eólica en las costas del Mar del Norte, son simplemente ejemplos de posibilidades locales, que se suelen utilizar para demostrar la viabilidad económica.

A pesar de todo, incluso los casos favorables, entre los que se cuenta el uso directo de la energía solar «blanda» para satisfacer las demandas domésticas de calefacción y agua caliente, solamente se acercan a las densidades medias de demanda energética urbana que, promediadas para las grandes áreas metropolitanas, se sitúan en unos $5-10 \text{ W/m}^2$ (véanse tablas 1 y 2). Dentro de las aglomeraciones urbanas, las densidades reales de consumo en los núcleos centrales pueden alcanzar y sobrepasar los 100 W/m^2 .

Así pues, las fuentes renovables descentralizadas, además de competir por el uso de la tierra, no podrían, por regla general, sustentar los presentes asentamientos urbanos ni siquiera en sitios bastante favorables. Como mucho pueden suministrar una modesta fracción de la demanda total de energía urbana, tanto en países industrializados como subdesarrollados. Estas fuentes tampoco ofrecen un potencial suficientemente adecuado para satisfacer los actuales niveles de consumo en las áreas rurales de los países industrializados que tienen unas densidades de población superiores a la media. Tal como se indicaba en la tabla 2, la densidad de consumo real en las zonas rurales de la RFA es de $0,75 \text{ W/m}^2$, una cifra claramente superior a la capacidad de la biomasa o la energía eólica local. Únicamente el uso directo de la energía solar podría ser en estas zonas una solución.

Quedan pues sólo como posibles candidatos a satisfacer todas sus necesidades de las fuentes renovables descentralizadas las zonas rurales del Tercer Mundo. En el cuadro 4 se estudian las posibilidades e implicaciones de esta opción. En la primera columna se presentan los datos para el estado de California, en la segunda para el Tercer Mundo rural y en la tercera una extrapolación a nivel mundial.

La densidad máxima de producción de energía en las áreas rurales del Tercer Mundo se estima en unos $0,09 \text{ W/m}^2$ en media. Este resultado se obtendría con un esfuerzo a tope, y aún así apenas sería suficiente para sostener a los 3.200 millones de seres humanos que habrá que sostener allí dentro de cincuenta años. Recuérdese en este aspecto que el nivel de mera sobrevivencia en los suburbios de las actuales ciudades indias es de $0,1 \text{ W/m}^2$. Es obvio que estos problemas estarían particularmente agravados en el Sur y Este de Asia, donde las densidades de población rural serán sustancialmente mayores que la media tercermundista.

California es una parte del mundo particularmente bien dotada en cuanto a fuentes de energía natural y condiciones climáticas. Las fuentes renovables descentralizadas podrían hacer a California autosuficiente en energía en el año 2030. Pero para ello California tendría que mejorar sus rendimientos y eficacia energética en más de un 50 por 100, y dedicar una considerable parte de su territorio a la producción de energía (17 por 100 a plantaciones

CUADRO 4

Suministros de energía renovable. una comparación de casos límites

<i>Caso</i>	<i>California</i>	<i>Mundo rural subdesarrollado</i>	<i>Mundo</i>
Población en territorio año 2025 ó 2030	38,6-10 ⁶	3.250-10 ⁶	8.000-10 ⁶
Area habitable del territorio en 10 ⁶ km ²	0,4	43	80
Energía de fuentes renovables en TWa/a	0,13	4	6,3
Implicaciones sobre el uso de la tierra	100 % de los bosques comerciales y la superficie cultivable 50 % de bosques no comerciales, monte bajo y estepas eólica y solar	Todos los bosques más residuos de cosechas agrícolas dobles Hidro, eólica, calor solar	Un esfuerzo máximo sobre toda la superficie habitable del planeta
Densidad de población cap/km ²	97	76	100
Densidad de producción de energía renovable en W/m ² ...	0,3	0,09	0,08

FUENTE: IIASA.

energéticas y el 6 por 100 a centros de energía eólica). Dado que California es un caso excepcional, lo dicho anteriormente sobre los potenciales técnicos y prácticos de las fuentes renovables descentralizadas resulta coherente.

En conclusión, se puede afirmar que el potencial práctico estimado de 6-8 TWa/a debe ser considerado como un valor límite, más que como una cifra planificable. Parte de las causas estriban en el alto grado de dilución de las fuentes renovables descentralizadas, que obligarían a gigantescos esfuerzos de recolección, con una baja productividad y unos elevados costos económicos.

En la vida real la contribución que podrá esperarse de las fuentes renovables descentralizadas será inferior al potencial práctico. Posiblemente estará alrededor de 3 TWa/a, lo cual es del orden del 10 por 100 de la demanda mundial de energía para el año 2030. Estas fuentes podrán aprovecharse especialmente en las zonas rurales del Tercer Mundo, pero incluso allí será necesaria una importante adición de otras formas de energía.

Para densidades de población iguales o superiores a los 1.000 Cap/Km² las fuentes locales renovables son insuficientes por completo. El proceso de urbanización va inexorablemente asociado a fuentes centralizadas de energía. Este proceso exige el uso masivo de energías «duras», y a largo plazo esto quiere decir fundamentalmente energía nuclear y/o solar «dura». Ambas son fuentes centralizadas, y ambas dependen y dependerán, al igual de lo acontecido con el actual sistema centralizado del petróleo, de la estabilidad política y de la cooperación económica internacional.

Es preciso recalcar que para las sociedades urbanas no hay alternativa descentralizada que se sostenga sobre el papel. Estas sociedades han existido durante unos cinco mil años, y por mucho tiempo funcionaron energéticamente en base a la leña, la energía animal (que durante varios milenios incluyó los esclavos) y la energía hidráulica. Pero incluso desde sus inicios las ciudades precisaron estructuras de suministro energético altamente organizadas y extensas para poder hacer frente a la crisis cíclicas que se producían a consecuencia de la extinción de los bosques. Además, y esto es lo importante, los sistemas urbanos eran la excepción en un mundo que continuaba siendo fundamentalmente rural.

La situación cambió drásticamente hace unos doscientos años con la primera revolución industrial. Esta supuso el abandono de las economías de subsistencia y sentó las bases para aumentos en las hasta entonces estables densidades de población. Tal como se ve en el cuadro 5, la urbanización comenzó a extenderse. Esta tendencia continúa en nuestros días y todas las predicciones indican que se mantendrá en el futuro.

Con la revolución industrial los sistemas urbanos abandonaron los antiguos métodos de recolección de energía y los sustituyeron por los sistemas centralizados de producción en base a los combustibles fósiles (primero el carbón y luego el petróleo y el gas natural). La importancia cualitativa de

este cambio no es distinta del que ocurrió hace unos diez mil años, cuando a partir de comunidades cazadoras trashumantes se establecieron las primeras sociedades agrícolas sedentarias.

La única respuesta real a la crisis, siempre dentro de la perspectiva desarrollista, ha sido el presionar incesantemente por más petróleo. En vista de ello no pueden extrañar las tensiones que se producen en el mercado de esta mercancía, tensiones que, al ir aparejadas con la actual inestabilidad política y económica internacional refuerzan el crecimiento en espiral de la crisis.

CRITICA DE LIBROS