

Tesis Doctoral:

**UNA REVISIÓN CRÍTICA DE LOS FACTORES
CONDICIONANTES DEL COMPORTAMIENTO
ENERGÉTICO EMPRESARIAL, PREVIO Y POSTERIOR
A LAS CRISIS DE 1.973 y 1.979-80**

VOLUMEN I

Director: Dr. D. Enric RIBAS i MIRÁNGELS
Tutor: Dr. D. Francesc TARRAGÓ i SABATÉ
Realizada por: Joaquín-Andrés MONZÓN GRAUPERA

División de Ciencias Jurídicas Económicas y Sociales.

**Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de
Barcelona.**

Departamento de Economía y Organización de Empresas.

Septiembre de 1.992.

VOLUMEN I (PARTE PRIMERA)

1 . PERSPECTIVA HISTÓRICA Y CULTURAL DE LA **ENERGÍA**

1.1. DEFINICIONES PRELIMINARES DE LA ENERGÍA

Como todos los fenómenos susceptibles de observación e interpretación, la energía ha sido definida y estudiada desde múltiples ángulos, justificados por la época de estudio y la formación de cada observador.

Etimológicamente, la voz "energía" procede del griego "energeia" que significa: Eficacia, fuerza activa, trabajo, capacidad para hacer.¹ Esta voz griega, al parecer fue propuesta por primera vez en 1.807 por Thomas YOUNG, un notable médico y físico inglés. Pretendía sustituir -ampliándolo- el concepto de "vis viva" enunciado por HUYGENS en el siglo XVIII para describir la fuerza de caída de un objeto.²

Obviamente, YOUNG pretendía reunir y abstraer las múltiples formas en que se presenta la energía y fijarse más bien en el resultado práctico de este fenómeno físico, que no era otro sino la aptitud para realizar un trabajo.

Desde el punto de vista utilitario, actualmente se considera "trabajo" cualquier actividad, mientras sea productiva. El concepto de energía es algo más amplio: Recoge cualquier actividad, sea productiva o no, siempre que produzca un traspaso o transferencia de energía.³

Por definición, todo fenómeno está acompañado de un traspaso de energía, tanto si dicho fenómeno es provocado por el hombre, como si no es así; tanto si está bajo su control como en caso contrario.⁴

Así pues, llegamos a la conclusión de que la energía está presente en todos y cada uno de los fenómenos producidos en el universo, sea cual sea su agente y modalidad.

Después de los estudios de Albert EINSTEIN, se ha vertido nueva luz sobre los fenómenos energéticos, desde un punto de vista extraordinariamente teórico y conceptual, que de momento -aparentemente- afecta poco a la realidad económica cotidiana.⁵

Como se sabe, EINSTEIN anunció la equivalencia entre materia y energía. En realidad, la materia no es más que una forma de energía, si se interpreta literalmente la ecuación:

$$E = m * c^2$$

Es decir: La energía es igual a la masa, multiplicada por el cuadrado de la velocidad de la luz. Esto significa literalmente que: "cada gramo de una materia cualquiera posee bastante energía para levantar una carga de 920.000 Tm. a una altura de 10 Km., es decir, 25 Millones de Kw/h."⁶

No obstante, la liberación de esta enorme cantidad de energía sólo podrá producirse si se desintegra completamente la materia⁷, es decir, si se utiliza su energía atómica de manera plena. Tecnológicamente estamos aún muy lejos de ello.

Desde un ámbito humanista se ha captado perfectamente la importancia del fenómeno energético. Así, por ejemplo MARIAS comentaba en 1.960 que "la energía transforma al mundo, afecta a su realidad".⁸

Por otra parte, MARTINEZ MONTAVEZ insiste en esta idea, señalando que la energía es un concepto total y englobador, en el que por la

vía de la abstracción se resumen y subyacen fenómenos y realidades múltiples.⁹

A su vez, Gerald FOLEY acepta que la energía es "un importante principio unificador en el desarrollo de la comprensión del universo"¹⁰, ya que ha servido de hilo conductor invisible de casi todos los avances científicos conseguidos hasta la fecha.

Recapitulando, observamos la multiplicidad de definiciones a que habíamos hecho referencia anteriormente. Pero éstas sólo afectan a un plano más o menos teórico y especulativo, elevado al máximo con la afirmación de que la energía en el ámbito material lo es todo, es la última e irreductible esencia del Universo.

Hay otros caminos para definir la energía, que consisten en profundizar más en el aspecto de aplicación (formas en que se manifiesta, recursos en que se materializa, usos a los que se destina), que en el aspecto conceptual y causal. En definitiva, para una gran parte de la Humanidad, la energía es una preocupación práctica relacionada con la vida cotidiana. "La energía hace crecer los alimentos y mantiene a la gente viva, la transporta, hace funcionar las máquinas y sostiene los sistemas económicos."¹¹

Con relación a las formas en que se manifiesta, se pueden distinguir varios tipos,¹² sin más intento que su enumeración:¹³

Energía cinética, potencial, térmica, lumínica, eléctrica, mecánica, nuclear, química, etc..

Por lo que se refiere a los recursos en que se materializa, podemos afirmar que todos provienen de la energía solar. Empleando términos económicos podemos decir que existen recursos energéticos de "renta" como la propia energía lumínica del Sol, la energía hidráulica, la biomasa (fotosíntesis), energía de las olas, energía eólica, de las mareas, etc. Todas ellas de hecho se generan sincrónicamente a la acción del astro rey.

Hay otros recursos energéticos que podríamos denominar de "capital". Durante millones de años han existido -y existen- efectos

diacrónicos del Sol sobre la Tierra. En nuestro planeta la Naturaleza ha efectuado un almacenamiento paciente de energía procedente del Sol. Podemos dividir dicho almacenamiento en dos tipos: El obtenido sobre la materia orgánica animal y la biomasa que ha dado lugar a los combustibles fósiles: Petróleo, carbón, gas natural. O el almacenamiento energético logrado a través de materia inanimada: Por ejemplo, la energía nuclear e incluso la energía geotérmica.

Por otra parte, se pueden clasificar los recursos energéticos en renovables y no renovables. A los primeros pertenecen todos los recursos energéticos de "renta" y únicamente los geotérmicos entre los de "capital".

El concepto de no renovabilidad proviene de la diferencia abismal entre el largo período de formación del mencionado capital energético¹⁴ y el ritmo de consumo pasado, presente y futuro de estos recursos naturales, que puede provocar su agotamiento en el plazo de unas cuantas generaciones.

Por último, podemos revisar otro aspecto: Los usos a los que se destina la energía. Su examen proporciona al tema energético un sentido instrumental y práctico, relacionado con la utilidad de las diversas formas y recursos energéticos: Alimentación, hábitat, desplazamientos, calefacción, fuerza motriz, etc.

Como es sabido, la energía es a la vez un factor para la producción de bienes y servicios y un objeto de demanda final a través de su consumo directo.¹⁵

Hasta el momento se ha expuesto un panorama introductorio para definir algunos aspectos fundamentales. En el momento y medida necesarios, se profundizarán las cuestiones pertinentes.

1.2. ENERGÍA E HISTORIA

Si consideramos la Historia como el estudio del progreso de la Humanidad, el estudio de la historia de la energía debe ser necesariamente antropocéntrico, es decir, visto desde el punto de vista humano. Esto es tan cierto que se ha llegado a decir que "la historia de la evolución de la cultura humana, debe también ser un relato del incremento de la habilidad del hombre para controlar y manipular la energía"¹⁶

No podemos saber en qué momento preciso empezó a tener el hombre el conocimiento suficiente de su capacidad para alterar el medio que le rodeaba, para aprovecharlo y explotarlo más que para combatirlo.¹⁷ No obstante, no hay duda de que este momento existió. Probablemente estuvo acompañado por el primer dominio energético: El descubrimiento del fuego y la posibilidad de reproducirlo a voluntad,¹⁸ lo que permitió aprovechar mediante la combustión, la energía acumulada en la biomasa.¹⁹

Evidentemente, el mito de Prometeo²⁰ que arrebató el fuego a los dioses, tiene un precedente ancestral que le confiere gran fuerza explicativa. Lo que no está muy definido, pues depende del estudio antropológico o arqueológico que se consulte, es el momento histórico en que el hombre empieza a dominar el fuego. Hemos consultado obras de autores que atribuyen a este momento una antigüedad desde 60.000 años²¹ (preneolítico) hasta 440.000 años²² (paleolítico), e incluso 500.000 años²³ (hombre de Pekín).

Escala exponencial	CUADRO 1.0.	ANO 2.000 D.C. ↓ Reactor nuclear de fusión	Calorías per cápita-día (media mundial)
e ⁰	1,0	El hidrógeno fuente secundaria de energía	75.000 (*)
e ¹	2,7	Reactor nuclear fisión-fusión.	
e ²	7,5	Beneficio fondos marinos. Informática y Cibernética generalizadas.	
e ³	20	Reactor nuclear rápido. Gasolina sintética competitiva. Computadoras. Plantas solares y geotérmicas. (Viajes extraterrestres experi.)	30.000
e ⁴	55	Reactor nuclear de fisión. Electrónica. Motor a reacción. Automática.	
e ⁵	150	Petróleo. Motor de explosión. Acero; turbina; motor eléctrico; abonos; gas de hulla; máquinas herramienta	
e ⁶	400	Caldera de vapor. Carbón. (Revolución industrial) Brújula; pólvora; imprenta. Descubrimiento América. (Revolución científica)	10.000
e ⁷	1,1.10 ³	Siervos Molinos; forjas (intercambios de cultura, LAS CRUZADAS)	
e ⁸	3,0.10 ³	Calzadas. Arco. (Civilización Greco-Romana; matemáticas) Esclavos. Hierro. Arado de hierro.	
e ⁹	8,0.10 ³	Animales de tiro. Rueda. Vela. Bronce. (Primeras civilizaciones; escritura; astron. Palanca.	
e ¹⁰	2,2.10 ⁴	Agricultura. Pastoreo. (Sedentarismo).	
e ¹¹	6,0.10 ⁴	Piedra pulimentada. Redes. (Arte rupestre). Arco y flechas. Arpón.	
e ¹²	1,6.10 ⁵	Caza organizada. Venablos. (Rituales). Nuevos comestibles merced al fuego.	
e ¹³	4,4.10 ⁵	Control del fuego. Calor, luz interior, defensa. Piedra tallada. Lenguaje elemental.	
e ¹⁴	1,2.10 ⁶	HOMO. Creativo. Utiles muy rudimentarios. Omnívoro.	2.000

FUENTE: LOPEZ RUIZ, A.: "Consideraciones sobre la energía". En: "Energía" Año V. No 4. Julio-Agosto 1.979. Pg. 54.

Desarrollo cronológico de los métodos de aprovechamiento energético desde el hombre primitivo (Fuentes, herramienta sistemas) y extrapolación posible hasta el año 2.000.

Desde un enfoque de profanos en Antropología pero con interés por el tema energético, resulta ser de mayor importancia el estudio de la intensidad en el consumo de energía durante el transcurso de las diferentes fases de la evolución humana.

Antes del dominio del fuego, el hombre sólo contaba con su propia fuerza física. En esta situación, el hombre sólo es una pequeña máquina con una potencia de 100 vatios²⁴ A esta cifra se llega, suponiendo una dieta alimenticia media de 2.000 calorías al día.²⁵

Así pues, resulta fácil comprender las tremendas limitaciones del hombre primitivo, todavía inhábil para el manejo del fuego. Nótese que la combustión de 1 Kg. de madera seca -hecho que aquél no podía reproducir a voluntad- proporciona 4.000 Kilocalorías, cantidad doble que la contenida en la alimentación diaria del hombre.²⁶

En la evolución del hombre primitivo, el fuego cumple primero una función de calentamiento complementaria a la acción de los rayos solares y una tarea de control de sus animales contemporáneos, muy superiores a él en tamaño y fuerza. Esta utilización eminentemente defensiva y de supervivencia, va trocándose a través de los siglos en un proceso ofensivo y por lo tanto, de dominio del medio.

La posibilidad de encender fuego en cualquier parte posibilita los desplazamientos territoriales y por ende la caza.

Un paso posterior consiste en el uso del fuego para cocinar los alimentos. Por último, desde hace unos cincuenta siglos²⁷ el fuego sirve para fundir metales que perfeccionan el arsenal de herramientas que la herencia cultural y el ingenio humano han ido acumulando.

A su vez, en un momento anterior (hace unos 100 o 200 siglos)²⁸ el hombre aprovecha otras dos importantes fuentes de energía que anteriormente no estaban a su alcance. Como contrapartida se ve obligado a cambiar de sistema de vida. Pasa de ser cazador nómada a pastor seminómada y después a agricultor sedentario. Las dos fuentes de energía

mencionadas son: La fuerza de los animales domesticados y la energía solar acumulada por las plantas cultivadas. Es decir: La ganadería y la agricultura.

El hombre como agricultor domoñó por primera vez la energía solar. "Escogió las formas de energía más apropiadas para él en forma de plantas útiles".²⁹

Para efectuar algunas reflexiones, pasemos de la descripción histórica al análisis y a la interpretación.

Con SPECKHARD, podemos argumentar que el hombre necesita energía por dos razones básicas:

La primera y más importante: Necesita energía para su supervivencia biológica básica. Esta energía la recibe de su entorno, principalmente en forma de alimentos, aire y agua.

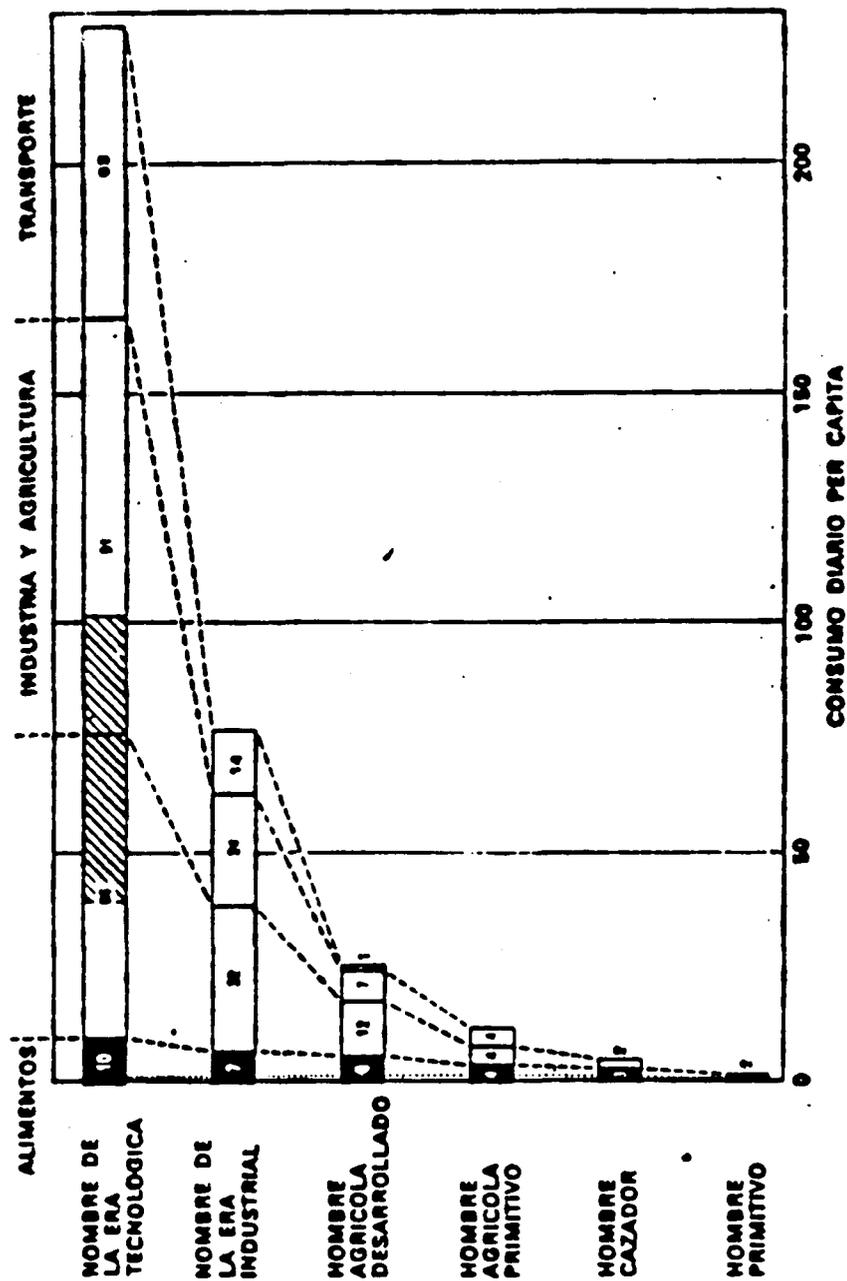
Segunda: El hombre requiere energía para su supervivencia social básica. El vehículo es el desarrollo y mantenimiento de su cultura, sistema económico y tecnología. Origina un excedente económico progresivo, a través del uso de energías más concentradas. En la actualidad, la mayor parte de dichas energías concentradas tienen una forma primaria de combustible fósil.³⁰

Aunque otros autores emplean lenguajes diferentes, el contenido de lo expuesto parece ser aceptado por la mayor parte de los expertos en este campo. Por ejemplo, MALUQUER³¹ desde una perspectiva organicista, distingue dos metabolismos en la especie humana:

El metabolismo biológico, denominado también endosomático, consistente en el alimento necesario para vivir.

El metabolismo cultural o exosomático. Se trata de la energía consumida en no-alimentación.

FIGURA 1.1.



Fuente: COOK, Earl. El flujo de energía en una sociedad industrial. En SCIENTIFIC AMERICAN: La energía. Alianza Ed., Madrid, 1.971, pg. 176.

CUADRO 1.1.

Approximate Dates	Primary Energy Resources	Daily Energy Consumption*	Major Social-Cultural Forms
1,000,000 B.C. . . .	Human	2,000	Nomadic band
100,000 B.C. . . .	Human, fire	5,000	Food-gathering, tribal society
5000 B.C. . . .	Human, fire, animal	12,000	Settled village societies
1000 A.D. . . .	Human, fire, animal, coal, water, wind	26,000	Peasant community, towns
1850 A.D. . . .	Human, fire, animal, coal, water, wind, steam engine	77,000	Urban domination
1970 A.D. . . .	Human, fire, animal, coal, water, wind, steam engine, oil, natural gas, nuclear energy	230,000	The post-industrial/technological society

* Estimated levels of daily per capita energy consumption, in kilocalories.

Source: The above diagram has been adapted from a diagram prepared by Earl Cook, "The Flow of Energy in an Industrial Society," *Scientific American*, September 1971.

Fuente: SPECKHARD, R. Obra citada en nota 28, pg.13.

Si aceptamos -tal como expone MALUQUER- que en la actualidad el metabolismo cultural es -en promedio mundial- más de ocho veces superior al biológico, podemos reflexionar sobre el largo camino recorrido por la especie humana en muchos aspectos, cuyo factor básico es el consumo de un nivel creciente de energía.

Aunque hay autores que se muestran remisos³² a clasificar el desarrollo histórico-cultural en una serie de períodos de rápido cambio ("revoluciones"), ya que consideran el enfoque anterior de las etapas como una simplificación, al haberse consolidado los mayores cambios energéticos en el transcurso de centenares o miles de años, estamos de acuerdo con LACOSTE cuando distingue dos etapas claras en la historia energética³³

Primer período: Sociedades de perfil energético bajo.

Se trata del lapso de tiempo que transcurre entre el invento del fuego, pasando por la revolución neolítica hasta que se llega a la primera revolución industrial. Para LACOSTE, la innovación esencial en este período consiste en la agricultura que se funda en la movilización de una fuente renovable de energía: El Sol.

Segundo período: Sociedades de perfil energético alto.

Se desarrolla desde la primera revolución industrial hasta nuestros días. Está basado en la disponibilidad de fuentes no renovables de energía, y en el desarrollo de procesos tecnológicos que usan energía con un rendimiento cada vez superior, dada la rudimentaria base técnica de partida.

En las actuales Sociedades industriales, el momento de transición entre el primer y el segundo período citados ha sucedido hace doscientos a doscientos cincuenta años, escasamente. Hay que advertir que a pesar de la cercanía de dicha transición, su perfil ha revestido un carácter bastante irregular. En vastas zonas de la Tierra ni siquiera se ha iniciado dicha transición. Por otra parte, en la nación que es considerada como la más rica del mundo, Estados Unidos de América, hace unos ciento veinticinco años la suma de esfuerzo muscular humano y animal aún representaba el 95% del

total de energía usada, siendo en la actualidad apenas un 2%.³⁴ Un hecho que mueve a reflexión es que no se produjera mucho antes el despegue en el perfil energético, o en otras palabras, el cambio desde el metabolismo biológico hacia la prevalencia del metabolismo cultural, o sea, de la supervivencia biológica a la supervivencia social básica, por utilizar varios conceptos descritos hasta ahora.

En realidad, las primeras civilizaciones que tenían un grado elevado de complejidad social y organizativa surgieron hace cuarenta ó cincuenta siglos en la cuenca mediterránea, guiadas y alentadas por unas condiciones climáticas óptimas, ya que el Sol se convertía en una fuente de energía primordial para pueblos ya eminentemente sedentarios como los mencionados.

Salvo para los desplazamientos a lo largo de los ríos y a través de los mares, en los que se empleaban energías externas al hombre, en tierra firme la única energía utilizable para cultivo o para transporte consistía en la energía muscular humana o animal.³⁵

Como señala ZORZOLI³⁶, "las antiguas civilizaciones estuvieron marcadas por su incapacidad para concentrar grandes cantidades de energía en un espacio pequeño. Esta limitación chocaba sin embargo, con la exigencia de las estructuras sociales cada vez más complejas, que por lo tanto requerían cantidades crecientes de energía. La solución más inmediata era aprovechar al máximo la energía muscular del hombre", resultado alcanzable solamente mediante la esclavitud.

Esta institución social, "con el tiempo actuó de freno para el desarrollo de la Humanidad. La disponibilidad de mano de obra barata reducía los incentivos para estudiar medios de producción con el fin de reducir el trabajo humano".³⁷

Tal disponibilidad de abundantes y gratuitos recursos humanos produjo pues el fracaso de inventos como la rueda hidráulica, cuyos principios básicos hace 50 siglos que se conocen, pero sólo ha pasado a ser una innovación aplicada y difundida desde hace 21 siglos.³⁸

CUADRO 1.2.

Consum individual expressat en milers de kilocalories diàries	Alimentació	Feines domèstiques i serveis (*)	Indústria i agricultura	Transport	Total
 Home primitiu	2				2
 Caçador	3	2			5
 Agricultor primitiu	4	4	4		12
 Agricultor desenvolupat	6	12	7	1	26
 Home "industrial"	7	32	24	14	77
 Home "tecnològic"	10	66	91	63	230

(*) Al sector de serveis s'hi inclouen la feina de despatri, el comerç, l'ensenyament, etc.

Fuente: SASSIN, Wolfgang: *Perspectives del canvi. Tots els camins cap a un sistema energètic mundial porten a la cooperació internacional.* En: *El Correu de l'UNESCO*, Any IV, nº 41, Agost 1.981, pg. 11.

Nota: Aunq ue no lo cita, es una adaptaci3n de la figura 1.1., original de EARL COOK.

La ausencia de incentivos para buscar sustitutos de la energía muscular, era una actitud que no se rompió hasta la decadencia del Imperio Romano, hecho que supuso un trastocamiento de las bases de la Sociedad de la época y arrastró momentáneamente a la institución social esclavista, mediante la implantación efectiva de la ideología cristiana en el mundo occidental.

Estas nuevas premisas son explicativas de una crisis de energía³⁹, la primera grave de toda la historia humana. Es evidente que existe una gran diferencia entre no avanzar y el retroceso brusco: Esta última evolución fue la que se impuso hace unos dieciséis siglos.

La prueba de la dureza de esta crisis consiste en la oscuridad tecnológica en que se desarrolló la Edad Media hasta el final del primer milenio, momento en el que según DE LILLEY⁴⁰ el ritmo de innovaciones aplicadas tendió a crecer.

Las innovaciones eran muchas veces simples adaptaciones de ideas o inventos ya descubiertos en la Edad Antigua⁴¹ que no pudieron ser desarrolladas en su momento por las razones apuntadas anteriormente.

Es conocida la idea⁴² que vincula la utilización de energía a dos factores: Disponibilidad de fuentes energéticas y capacidad del hombre para convertirlas en calor y trabajo susceptibles de ser usados.

La disponibilidad teórica ó latente de energía -primer factor-, en realidad siempre ha sido idéntica en el plazo de historia relevante del hombre. Es el segundo factor el que ha tardado en hacer su aparición. De tal hecho colegimos que la cantidad de energía solamente se ha constituido como factor limitativo en épocas relativamente recientes. Con anterioridad, el verdadero recurso o factor limitativo -ceteris páribus- fue, y sigue siendo en algunas regiones del globo, el acervo de tecnología disponible; en particular la tecnología de utilización de energía, además del indudable factor retardatario constituido por el talante cultural y social dominante.

Sin ánimo de agotar el tema, pues volveremos en páginas posteriores sobre ello, incluso es discutible tachar a los recursos energéticos como factores claramente limitativos a corto plazo en la actualidad. Adelantemos que recientemente ha tomado una gran importancia una serie de variables económicas y sociales como la contaminación o polución, afectante al equilibrio ecológico de grandes zonas del planeta. Por otra parte, otro factor limitativo y creador de escasez económica ha sido la evolución durante algún tiempo de los precios del recurso energético guía: el petróleo. Por último, factores políticos han provocado en algunos momentos auténticas escaseces físicas de dicho recurso energético. Tales hechos han generado interés en el subsistema energético de oferta y demanda de recursos, que hasta hace unos años aparecía como difuminado y sin entidad propia, sin duda porque era considerado como una silenciosa variable endógena de cómodo control.

Ahora vamos a profundizar en el estudio de las sociedades de perfil energético alto, pero solamente desde el punto de vista sociotécnico.

En forma progresiva, el hombre ha logrado gracias a los avances tecnológicos, el dominio sobre mayores cantidades de energía.⁴³

Como tantas otras veces, un ingenio mecánico ya conocido en la Antigüedad, el eolípilo, que fue inventado por Herón de Alejandría hace ya 21 siglos, reunía los principios básicos de una turbina a vapor moderna.⁴⁴

No obstante, dicho avance técnico fue considerado como un pasatiempo intrascendente por las causas socioculturales ya explicadas anteriormente para otros inventos.

Podemos considerar válida además la generalización siguiente introducida por MARTINEZ CORTIÑA Y SAMPEDRO, que afecta a un ámbito superior al del sistema económico, cual es la ideología: "Durante siglos y siglos el panorama energético no experimentó grandes cambios como consecuencia y también como causa del espíritu cultural reinante, que no

estimulaba a realizar modificaciones sustanciales de los cauces por los que se desarrollaba la actividad económica"⁴⁶

No obstante, no debemos olvidar que durante estos mismos siglos se iba creando un excedente económico que era prerequisite indispensable para el "take-off" de la primera revolución industrial. Y ello, a pesar de que la ideología dominante en el mundo cristiano era la tomista, derivada directamente del pensamiento aristotélico, que despreciaba la observación empírica como base del avance científico, y que impedía la aparición del sistema económico que está en el centro y es soporte básico del cambio de perfil, desde el de una sociedad de subsistencia al de una de excedente y expansión; de una sociedad de perfil energético bajo a otra sociedad de perfil energético alto, en definitiva.

Esta actitud explica que muchos inventos e innovaciones aplicadas -y en general el progreso científico-técnico-, fueran emergiendo por medio de heterodoxias geniales y aisladas, progresivamente auspiciadas y amparadas por una nueva clase que fue tomando el mando efectivo: La selecta burguesía comercial que "vio en la técnica un instrumento para ampliar su propia riqueza y poder... El drama de GALILEO representa un momento ejemplar de este encuentro entre lo viejo y lo nuevo."⁴⁶

Una serie de elementos sociotécnicos concurrió para lograr una ampliación progresiva del excedente energético del que hemos escrito anteriormente:

a) La acumulación de excedentes de todo tipo (económicos, financieros, energéticos etc.) debida a la profunda desigualdad en la posesión y uso de recursos durante la Edad Media. El acceso a la propiedad y el control de recursos -entre ellos la energía- no deja de ser "acceso al poder político y físico sobre los demás".⁴⁷

b) La multiplicación del número de ingenios energéticos (molinos hidráulicos y de viento, entre otros) que aumentaron la dotación de energía per cápita para usos pacíficos; también la introducción de ingenios de tipo indirecto pero cuya utilidad consistía en tomar parte en el excedente

acumulado por otros (naves), sea de forma pacífica (comercio marítimo), sea en forma belicosa (guerras y pillajes). Una amplificación de la posibilidad de apropiación de excedentes energéticos consistió en el uso de pólvora para disparar, que ZORZOLI considera una de las más importantes innovaciones energéticas de la época.⁴⁸

c) Y por último, la proliferación de avances científicos y técnicos operada durante la Edad Media y en particular el Renacimiento, basados en métodos experimentales y la aplicación de las Matemáticas a la Mecánica, combinación que dio lugar a la Física moderna.⁴⁹

Por todo ello, "hacia el siglo XV Europa había avanzado de tal manera en el control de su propio ambiente que podía mirar más allá de éste y embarcarse en viajes de "descubrimiento" de nuevas partes de la Tierra. El hombre medio gozaba de un excedente energético tal, que equivalía a seis esclavos".⁵⁰ Por tanto, la clase dirigente podía encauzar dicho excedente a la consecución de múltiples fines, entre ellos la expansión territorial. Este enfoque proporcionó una nueva multiplicación del excedente energético-económico, en forma de trabajo esclavizado adicional y riquezas nuevas.

La aparición de la primera revolución industrial se cimentó en un sistema económico incipiente pero a la vez maduro -el capitalismo- con un excedente voluminoso y mal repartido procedente de grandes operaciones comerciales. Solamente faltaban: la generalización del instrumento jurídico adecuado (la Sociedad Anónima), la creciente facilidad de transporte de materias primas y productos terminados y la posibilidad de concentrar en fábricas con fuerte especialización del trabajo, masas de proletarios con salarios y condiciones de trabajo paupérrimas. Este último fenómeno de la concentración de esfuerzos en las fábricas quedó propiciado mediante el aprovechamiento de fuentes de energía progresivamente más perfeccionadas y a través de la creciente puesta a punto de una tecnología industrial ligera que facilitaba el trabajo fabril.

Observamos que varias de las condiciones de éxito en la aparición de la revolución industrial fueron de raíz energética.

Revisando en especial este apartado energético, podemos afirmar que con la revolución industrial "se produce una transformación profunda de las fuentes de energía, pues se empiezan a utilizar múltiples productos como base energética, mientras que la energía obtenida de los animales y del propio esfuerzo muscular humano, experimenta un importante descenso relativo."⁶¹

La revolución industrial tiene como fuerza impulsora un sistema técnico-energético interaccionado, compuesto por máquina de vapor, extracción de carbón mineral en grandes cantidades y la utilización profusa del hierro.

Como se sabe, este cambio cualitativo y cuantitativo tuvo su origen en Inglaterra a finales del siglo XVIII en base a unas condiciones sociales idóneas. A pesar de las turbulencias de etapas políticas anteriores, hacía tiempo que ese país había logrado estabilizar un sistema democrático en la vertiente política; y en lo social había generado una nueva clase burguesa de tipo urbano.

Desde un punto de vista técnico, hay que retroceder algún tiempo para explicar el cambio. En la Edad Media se había producido un fuerte consumo de madera, utilizada como carbón vegetal en la reducción del hierro. Dicho consumo provocó un exceso de talas que propició un esquilmamiento profundo de los bosques británicos, todavía mayor que el sufrido en el continente europeo.⁶²

El progreso entendido en su versión convencional se salvó mediante la utilización de carbón mineral, al ser descubierto en los albores del siglo XVIII un método para fundir lingotes de hierro mediante el coque. No obstante, las posibilidades de extracción de carbón en las minas británicas eran limitadas, a causa de su angostura y profundidad, además de los anegamientos de agua de mar que sufría periódicamente la mayor parte de las explotaciones carboníferas.

Como ayuda para la solución de este problema vino la máquina de vapor de NEWCOMEN, tremendamente ineficaz pero cuya utilidad residía en el bombeo de agua del interior de las minas hacia el exterior.⁶³

Al cabo de unos años, en 1.769 WATT consiguió la patente de una máquina de vapor más perfeccionada, que constituyó un éxito completo, pues devino la fuerza motriz dominante en la naciente industria británica.⁶⁴

La máquina de WATT fue la respuesta tecnológica a una demanda de energía útil existente⁶⁵ que se satisfizo a corto plazo y además permitió la aceleración de dicha demanda a medio y largo plazo. Y lo que es muy importante, impulsó una diversificación territorial de las industrias cuya energía era proporcionada por la rueda hidráulica, orientándolas desde las cuencas fluviales hacia zonas en las que hubiese disponibilidad de recursos carboníferos que pudiesen alimentar a las máquinas de vapor.⁶⁶ Sencillamente, el cambio de sistema energético provocó una modificación de los criterios de localización fabril.

La mejora constante de la potencia absoluta y del rendimiento energético de la máquina de vapor (evidencia palpable ésta última, al disminuir continuamente el peso de la máquina por unidad de potencia conseguida), la hizo rápidamente apta para el transporte. Hay que reflexionar sobre los modos de transporte que hasta entonces existían: En tierra, animales y carros; en el mar y cursos fluviales, la vela y el remo. "Estos sistemas de transporte y comunicación representaban ya una camisa de fuerza para la expansión del Capitalismo, que tenía necesidad de medios más rápidos y eficientes para el transporte de materias primas y manufacturas."⁶⁷

La máquina de vapor se erigió en el primer ingenio que independizaba a los bienes muebles terrestres, proporcionándoles fuerza motriz que podía prescindir de las condiciones exteriores y una mayor potencia que los medios tradicionales de tracción. La adaptación al transporte terrestre (ferrocarril) y marítimo (barco de vapor), fue sólo cosa de tiempo y representó un vigoroso incremento de la producción, porque se multiplicaban las posibilidades de transporte a los destinos, con independencia del origen.

Recapitulando, observamos que la evolución del sistema técnico comentado daba lugar a interacciones sucesivas que aceleraban el ritmo económico. La disponibilidad y la posterior mejora técnica de la máquina de vapor aceleraban la extracción de carbón (producción) y la producción industrial en las fábricas (consumo); además se precisaba gran cantidad de acero para fabricar máquinas de vapor, locomotoras y raíles, amén de paquebotes más resistentes, proceso que aceleraba aún más la demanda de carbón para producir acero. Piénsese que el coeficiente técnico hulla-acero era 2 en aquella época.⁶⁸

Así pues, se trataba de un proceso autoalimentado y recurrente muy eficaz, que tenía forzosamente que proporcionar altas tasas de crecimiento económico y de aumentos en la productividad del trabajo.

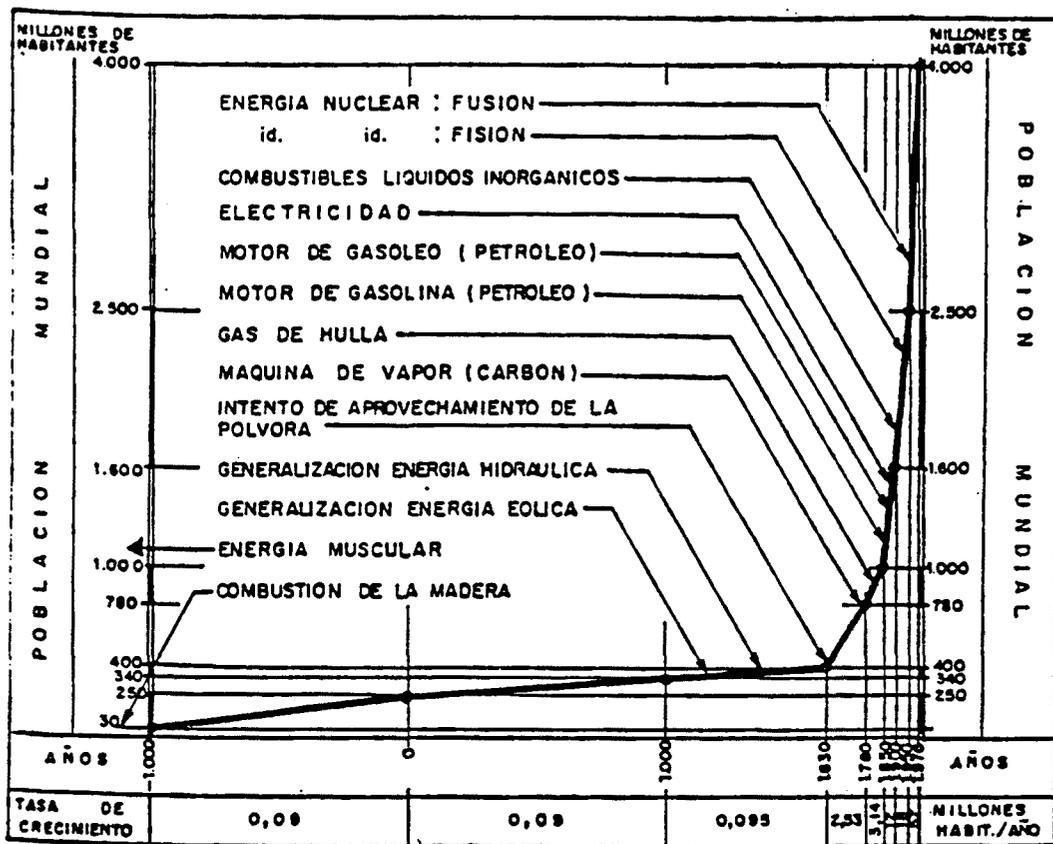
En 1.800, Gran Bretaña producía al año aproximadamente 10 millones de toneladas de carbón. En 1.860 la cifra ya sobrepasaba los 60 millones de toneladas y en 1.900 había rebasado los 225 millones de toneladas.⁶⁹ Por otra parte, la población crecía de 11 a 38 millones de personas desde 1.800 a 1.900. De aquí se deduce que el índice de crecimiento del consumo energético (carbón en gran parte) quintuplicó al índice de crecimiento de la población.⁶⁹ "El hombre victoriano medio en 1.900 tenía a su disposición la energía equivalente a un grupo de 35 esclavos."⁶¹

Un proceso de corte similar al del Reino Unido se desencadenó en el resto de Europa y en los Estados Unidos de América, aunque con un desfase de algunos años. Este retraso, si bien al principio pudo significar un contratiempo, más tarde produjo ventajas a los países citados, ya que en general el rendimiento energético de los aparatos utilizadores de energía era progresivamente mayor y su parque de maquinaria, comparado con el de Gran Bretaña, era más moderno y eficaz en promedio.⁶²

Piénsese que la máquina de NEWCOMEN pagaba un tributo en forma de pérdida energética por el calor disipado -inprovechable para trabajo útil- del orden del 99%⁶³ con un rendimiento energético inferior (1%) incluso al rendimiento de la "máquina humana" que es el 2% aproximadamente.⁶⁴

En definitiva, el ejemplo de la revolución industrial del siglo XVIII es un caso diáfano de lo que significa pasar de una sociedad de perfil energético bajo a otra de perfil energético alto. De tal modo es así, que de momento es la única experiencia de tal evento que tienen los países industrializados, como claramente se puede observar en la figura 1.2.

FIGURA 1.2.



RELACION ENTRE POBLACION MUNDIAL Y FUENTES ENERGETICAS

La población mundial fué creciendo aritméticamente mientras se mantenían las fuentes energéticas tradicionales: combustión de la madera y energía muscular de hombres y animales.

El aprovechamiento de los recursos hidráulicos y eólicos (molinos de agua y viento), escasos y de localización determinada, no permitió la aceleración de la población mundial.

(Obsérvese como el punto de inflexión en el crecimiento de la población, con un ritmo exponencial desde entonces, se produce en los albores de la Revolución industrial. Esto puede ser una prueba de que, entre otros factores complementarios, la cantidad de población del planeta ha estado ligada dinámicamente con un cierto retardo, a la disponibilidad de abundante energía)

FUENTE: BARCELO RICO-AVELLO, G., obra citada en nota 8, pg. 23. Sub.1.1. También pertenecen a este autor los párrafos citados, excepto los consignados entre paréntesis.

1.3. PRECEDENTES HISTÓRICOS DE LA SITUACION **ACTUAL**

Un siglo y medio atrás, el mundo industrializado empieza a adquirir ciertos perfiles por medio de los que reconocemos puntos de referencia con el estado actual de la cuestión. En este período, varios descubrimientos y aplicaciones se suceden sin tregua, acelerando la carrera hacia la industrialización masiva de los países con atributos favorables para ello.

Con un sencillo espíritu de repaso y síntesis, destacaremos los hechos más significativos.

En el subcapítulo 1.4. comentaremos la evolución histórica de los aparatos convertidores y usuarios de energía. Antes quisiéramos referirnos a las diversas fuentes y vectores energéticos y por supuesto, a su desarrollo y expansión comercial. Por ello nos vamos a centrar en las fuentes y formas energéticas cuya existencia y generalización han sido verdaderas piedras angulares de nuevas etapas de crecimiento de la economía mundial.

Se trata del petróleo y de la electricidad.

1. 3. 1. EL PETRÓLEO

Se conoce el uso de dicha sustancia desde la Antigüedad. Varios pueblos le atribuyeron propiedades curativas. Este hidrocarburo se obtenía por afloración espontánea en el suelo de zonas especialmente proclives.

Las primeras extracciones fueron realizadas involuntariamente por colonos americanos en la década de 1.850, con motivo de su particular búsqueda de agua y sal, elementos imprescindibles para aposentarse en tierras vírgenes o desconocidas.⁶⁶ DRAKE efectuó en el lugar ahora denominado OIL CREEK (Pensilvania), la primera extracción mediante una perforación intencionada del terreno. Dicho evento tuvo lugar en 1.859.

Poco antes, en un análisis realizado en la universidad de Yale, se había descubierto mediante destilación que el petróleo "era una mezcla de hidrocarburos, entre ellos aceites lubricantes, nafta y parafina", por lo que "el primer uso rentable que se halló fue para iluminación."⁶⁶

Pronto se extendió su uso en múltiples aplicaciones, generándose un enorme incremento de producción y consumo: "La fiebre del oro negro hizo que en sólo tres años se pasara (en USA) de 300 a 450.000 barriles de producción".⁶⁷

A esta velocidad tan enorme de expansión, sostenida hasta hace poco, no han sido ajenas las siguientes características:

1.3.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL PETRÓLEO

En comparación con otras fuentes competitivas de energía, las características básicas del petróleo -que apoyaron y justificaron el rápido éxito en su introducción y difusión- se pueden enunciar de la siguiente forma:

1. Comodidad de manejo; 2. Factores económicos; 3. Difusión masiva de aparatos utilizadores; y 4. Versatilidad hacia aplicaciones no energéticas.

A continuación se profundiza en el análisis de estas cuatro características.

1. COMODIDAD DE MANEJO

De la destilación mediante fraccionamiento por calor en derivados ligeros, medios y pesados, se obtuvo una gran variedad de productos de propiedades físicas diferentes, aptas para usos distintos. Esta cualidad posibilitaba atender simultáneamente varios mercados y formas de demanda.

Por demás, otros factores⁹⁸ económicos apoyaron la generalización del uso del petróleo, perjudicando así la expansión del carbón: Un resumen de estos factores se detalla a continuación:

2. FACTORES ECONOMICOS

1. Coste de extracción muy inferior.

2. Forma líquida, lo que le confería mucha más facilidad de manejo a igual peso considerado, rebajando significativamente el coste del transporte.

3. Mayor poder calorífico por unidad de peso.

Los tres diferenciales de coste en las diferentes fases de la explotación, además de permitir remunerar largamente a los empresarios relacionados con la rama del petróleo, propiciaban un precio de venta al consumidor bastante más bajo que el del carbón. Dicha tendencia fue reforzada por ocasionales y turbulentas guerras de precios entre las principales compañías petrolíferas.

Y además de la comodidad de manejo, bajo coste y mayor rendimiento técnico existía otro factor que se tomó en cuenta progresivamente: El petróleo producía menor contaminación aparente que el carbón.

PUISEUX abstrae acertadamente la cuestión cuando comenta, matizando el éxito del petróleo, que éste es más fácil de extraer y de transportar que el carbón, pero también es más difícil de localizar y transformar, lo que explica su más tardía utilización en gran escala.⁶⁹

3. DIFUSION MASIVA DE APARATOS UTILIZADORES.

A pesar de lo comentado, no debe pasar desapercibido que solo por sus cualidades naturales y pasivas el petróleo no se hubiese introducido tan rápidamente. Es sabido que, tan pronto se descubrió petróleo manando de un pozo, el preciado líquido fue objeto de una incesante prospección -intuitiva y pintoresca al principio, apoyándose después en las técnicas de la

geología- y también fue objeto de una incansable extracción por medio de miles de aventureros⁷⁰ cuyo objetivo era enriquecerse lo máximo en el menor tiempo posible. Esto sucedía en Estados Unidos, debido a una atípica legislación que consideraba al propietario de un terreno como poseedor de las riquezas naturales subterráneas, al contrario que en el resto del Mundo (excepto Canadá), en donde lo normal es que la titularidad de la propiedad subterránea es del Estado, que puede otorgar concesiones de explotación limitadas en tiempo y forma.

Así pues, la ambición desmedida de extracción de cada perforador, que luchaba denodadamente con sus vecinos para que no le dejaran la peor parte de la bolsa petrolífera que seguramente era la misma para todos, ocasionó un enorme crecimiento de la oferta con la característica de que se presentaba disgregada totalmente.

En cambio la demanda, representada por las operaciones sucesivas de transporte, refino, venta y distribución, se concentró rápidamente en pocas y grandes empresas.

El pionero en este proceso simultáneo de concentración vertical y horizontal fue J.D. ROCKEFELLER, quien fundó y dirigió con mano de hierro la STANDARD OIL CO.⁷¹ Los procesos de perforación y extracción eran despreciados por ROCKEFELLER por considerarlos actividad de jugadores de fortuna y porque existía gran abundancia de crudo, hecho objetivo cuyas razones jurídicas se han mencionado anteriormente.

La acelerada concentración empresarial otorgó a la STANDARD el privilegio de influir grandemente en la fijación del precio del crudo en bruto, así como en los fletes navieros y las tarifas del transporte por ferrocarril.

Así razonado, el único problema era vender y distribuir los múltiples productos refinados, a varios millones de consumidores efectivos o potenciales. Es conocida la anécdota real según la que ROCKEFELLER hizo repartir gratuitamente quinientas mil⁷² lámparas de petróleo, con objeto de generar demanda para su aceite de alumbrado.

Desde comportamientos más discretos, la industria petrolera también ha promovido posteriormente la invención y introducción de numerosos aparatos que usan petróleo. Como destaca ZORZOLI: "no es casual que en pocos decenios se hayan desarrollado soluciones técnicas capaces de absorber todos los derivados del petróleo".⁷³ Nosotros añadiremos nuestra convicción de que la ley de SAY ha operado con fuerza en este campo: Dadas unas relaciones técnicas de cantidades entre los diversos derivados, se trataba de que la estructura técnica de cantidades ofrecidas generara su propia demanda respectiva. Dicha demanda es cautiva a corto y medio plazo, puesto que se manifiesta a través del uso de aparatos utilizadores cuyo coste es elevado.

Para poner algunos ejemplos, diremos que se ha encontrado aplicación doméstica e industrial a los gases licuados del petróleo; aplicaciones de transporte terrestre, aéreo y marítimo para las fracciones de densidad intermedia (gasolinas, keroseno, gasóleo), y aplicaciones industriales y de calefacción para las fracciones pesadas (fuelóleo, mazut).

Como puede observarse, los derivados del petróleo hasta ahora citados han sido utilizados en procesos térmicos o caloríficos, sea como combustible, sea como carburante.

4. VERSATILIDAD HACIA APLICACIONES NO ENERGETICAS.

A pesar de que desde épocas muy tempranas, hombres clarividentes como el químico ruso MENDELEIEV en 1.872, denunciaron⁷⁴ el despilfarro que suponía -y supone- quemar simplemente un bien natural tan complejo químicamente como el petróleo, para el que se debería reservar el papel de "sustancia química básica", lo cierto es que los usos no estrictamente térmicos debieron esperar hasta la segunda guerra mundial, a través del desarrollo de la petroquímica, en la que se aprovecha al máximo la versatilidad⁷⁵ de los dos componentes básicos del petróleo: hidrógeno y

carbono en su reacción y síntesis estable con otros compuestos, para fabricar nuevos materiales tales como las fibras sintéticas y los plásticos.

La producción anual de petróleo ha crecido durante los noventa años que distancian 1.880 y 1.970 a una tasa acumulativa de casi el 8% anual. Dicho crecimiento ha supuesto duplicar la producción cada década. En cifras absolutas se percibe el incremento con mayor claridad: 20 millones de barriles anuales y 16 mil millones de barriles anuales es la distancia de consumo absoluto entre ambas fechas⁷⁶.

En la actualidad, el petróleo es todavía la fuente dominante de energía, pero todos sabemos que recientemente su éxito ha llevado consigo el germen de su propia crisis.

1. 3. 2. LA ELECTRICIDAD

Ante todo hay que aclarar que por su naturaleza técnica se trata de una forma secundaria de energía. Tales formas secundarias son llamadas también vectores energéticos. La acepción energía secundaria proviene del hecho de proceder de una transformación previa desde otras fuentes de energía primaria como: Carbón, petróleo, gas natural o energía nuclear.

Precisamente esta necesidad de transformación intermedia que cambia la forma de presentación del output con relación a los inputs de los que parte, y por otro lado, su carácter de fluido invisible y su basamento en principios de Física muy específicos, provocaron que la electricidad fuese descubierta e investigada por hombres teóricos⁷⁷ (VOLTA, FARADAY, GALVANI) y también fueron la causa de que no se desarrollara realmente hasta que se experimentaron sus aplicaciones más relevantes por BELL, EDISON, MARCONI, SIEMENS, etc., entre otros.

En este aspecto creemos que es válida y se puede admitir la siguiente afirmación: El perfil evolutivo de la introducción y aceptación de la electricidad está más cerca del perfil homólogo del carbón que del correspondiente al petróleo. Recordemos que se conoció la existencia del carbón durante muchos siglos; pero no se utilizó masivamente hasta que se inventó y difundió el ingenio que extraía trabajo útil de su combustión: la máquina de vapor.

En cambio, del petróleo ya sabemos que su disponibilidad masiva forzó el hallazgo de aplicaciones para colocar la oferta.

A pesar de ser una energía con desarrollo comercial muy posterior al carbón y posterior al petróleo, pronto desplazó a ambos en un mercado que actualmente ostenta en forma cautiva en los países desarrollados: La iluminación pública, la industrial y la doméstica. Asimismo la electricidad se labró una posición en el mercado de la energía motriz fija, sustituyendo parcialmente a las calderas y a los motores térmicos.

El mercado que -de momento- la electricidad no ha podido captar por dificultades en la concepción del soporte tecnológico, es el del transporte privado, cautivo actualmente de los derivados del petróleo. Esta dificultad es la excepción y se trata de la única que enlaza las evoluciones del carbón y de la electricidad en cuanto a que son necesarios aparatos intermediarios para desarrollar la demanda.

Los motivos por los que la electricidad desplazó fundamentalmente al carbón se circunscriben en las dificultades que presenta el segundo en cuanto a su manejo, transporte y almacenamiento. Además, el rendimiento técnico del carbón era bajo.⁷⁸

El petróleo solventó parcialmente los problemas de manipulación física y de rendimiento, pero debía ser transportado hasta -y almacenado en- los lugares de consumo. Este aspecto constituía un inconveniente para el usuario doméstico que conformaba un mercado rápidamente creciente en función de los aumentos de los niveles de renta y de población.

Tal ventaja competitiva de la electricidad propició su introducción, primero en las grandes ciudades, extendiéndose después progresivamente.

Aunque las primeras centrales generadoras y redes de distribución se inauguraron en Londres y Nueva York en el transcurso de 1.882, la generalización de su empleo industrial y comercial en los países desarrollados debe esperar al final del siglo XIX.⁷⁹

La electricidad ha captado progresivamente una mayor cuota de mercado industrial, comercial y doméstico, hasta hacerse con la etiqueta de

insustituible en el modo de vida actual. De hecho, posee muchas ventajas, pero también hay que hacer notar sus inconvenientes tanto para el productor como para el consumidor.

Las ventajas para el consumidor estriban en que recibe un vector de energía sumamente limpio y no contaminante, de gran rendimiento de uso en ciertas aplicaciones nobles (fuerza motriz), o con difícil sustitutivo (iluminación). Por otra parte, el suministro es cómodo y permanente mediante redes que a modo de vasos capilares pueden gozar de una gran dispersión.

Estas ventajas para el consumidor, previamente han representado problemas y dificultades muy amplias para las empresas productoras, repercutiéndose económicamente dichos problemas a la Sociedad en forma de costes sociales o privados: La generación de energía eléctrica está muy concentrada, especialmente en centrales térmicas o nucleares. La contaminación real o el peligro potencial no son despreciables. Por otra parte, el rendimiento en la generación de electricidad por medios térmicos es muy bajo: La transformación de energías primarias concentradas como carbón, petróleo o incluso gas natural en calor, para ser convertido inmediatamente en electricidad, supone una ineficacia energética notable. Las pérdidas por transporte de electricidad también son apreciables, lo que provoca encarecimiento de costes, realización de inversiones en bienes de equipo o ambas cosas a la vez.

Por otra parte, si la comodidad y seguridad en el suministro son ventajas para el consumidor, constituyen inconvenientes para el productor, quien no puede gestionar stocks de electricidad como "producto acabado pendiente de entrega". Por ello debe procurar minimizar las desviaciones entre carga ofrecida a la red por unidad de tiempo y la utilización efectiva de electricidad que los consumidores realicen en cada momento. Tan exquisita necesidad de coordinación supone complejos sistemas de previsión de la demanda, e inevitables pérdidas por desajustes entre previsiones de consumo y consumo real, acompañadas por el subempleo de inversiones en determinadas épocas. Tales inconvenientes repercuten en el sistema de tarifas, encareciendo esta energía.

A pesar de todos los inconvenientes reseñados, el consumo de electricidad en porcentaje sobre el total consumo de energía no ha hecho sino aumentar con el tiempo. Sin más ánimo que un breve bosquejo, podemos enunciar las siguientes causas:

1. Las ventajas para el consumidor, ya reseñadas.
2. Un fuerte proceso de concentración, con utilización plena de las economías de escala por tratarse su explotación de un monopolio natural de índole geográfica.
3. Tiene muchos segmentos de mercado cautivos, a través de la espectacular difusión de múltiples aparatos que sólo funcionan con energía eléctrica.

A pesar del bajo rendimiento de producción y transporte, debido al uso de petróleo como input, los precios relativos de la electricidad fueron bajando progresivamente hasta la crisis de 1.973, hecho que produjo altos efectos sustitución y renta. Por ejemplo, HAMMOND ET ALIA⁹⁰ calculan que el precio de la electricidad descendió un 57% desde 1.947 a 1.971, con relación al Producto Nacional Bruto de Estados Unidos a precios corrientes. Desde el año 1.974 el progresivo desplazamiento del petróleo como input por el combustible nuclear y el carbón, ha frenado el ascenso de los costes privados de explotación anuales de las empresas eléctricas, pero ha aumentado fuertemente su carga de capital debido a las enormes inversiones realizadas con tal motivo de sustitución de combustibles.

El bajo rendimiento en producción y transporte de electricidad ha sido notablemente paliado por las mejoras en la tecnología convertidora de energía primaria en energía eléctrica. Estos avances tecnológicos han provocado un descenso de costes por unidad de energía consumida, y han colaborado también a que se den los efectos sustitución y renta comentados en el párrafo anterior. Siendo muy importante el concurso intermedio de la tecnologías de conversión y uso para justificar la evolución creciente del consumo energético, dedicaremos el siguiente subcapítulo a esta cuestión.

Otro de los aspectos que ayudan a comprender el progresivo protagonismo de la electricidad en el campo energético, es la cuestión política. Las empresas eléctricas han gozado de una progresiva influencia y poder político, con relación a los Gobiernos que reglamentan y controlan su actuación. Muestra de ello es que los errores estratégicos o de gestión reales o presuntos, que puedan haber cometido las Empresas de este sector, son financiados mediante incrementos adicionales de las tarifas, lo que el reputado hacendista francés BROCHIER denominó hace años, "autofinanciación ex-ante".

La energía de origen nuclear solamente puede comercializarse a través del vector electricidad⁸¹, al menos hasta ahora. Esta exclusividad ha provocado una conjunción de intereses entre las empresas eléctricas, los fabricantes de bienes de equipo nuclear y círculos militares, patente inicialmente en Estados Unidos y visible en otros muchos países desarrollados, especialmente en Francia, país en el que se ha llegado a proponer la solución "todo eléctrico, todo nuclear" como arreglo óptimo de los problemas de abastecimiento y uso de la energía.

Tal solución debería complementarse -según sus partidarios- con investigaciones que colaboraran a la supresión del principal defecto de la electricidad que es su actualmente imposible almacenamiento como output. Algunos han visto la solución en la producción de hidrógeno⁸² que se efectuaría con electricidad procedente del sobrante de capacidad de las centrales nucleares. La idea es que pueda servir como sustituto de la gasolina, quitando a ésta parte de su mercado cautivo actual que es el automotriz.

En resumen, podemos observar que la historia de la electricidad como posibilidad comercial es breve, pero dicho vector energético ha sido de contundente implantación y aceptación. La experiencia indica que se trata de un bien superior en el lenguaje aceptado en el seno de la Teoría Económica. Si su difusión está correlacionada con el nivel de renta de las gentes y los países, es obvio que su participación en el mercado energético no va a dejar de aumentar. Los problemas principales provienen (sin que suponga orden de

preferencia) en primer lugar, de la dificultad de abastecimiento o de los altibajos de los precios de sus inputs; En segundo lugar, del serio choque con los principios termodinámicos cuando se pretende utilizar en usos de poca calidad como la generación de calor; En tercer término, de las cuantiosas inversiones cuya financiación es cada vez más costosa. Dichas inversiones deben realizarse para atender a la demanda o reconvertir la oferta según los cambios de precios relativos. Y en cuarto lugar, de las dificultades políticas y técnicas de los programas nucleares.

Decimos todo esto sin habernos planteado expresamente que la opción por el uso intensivo de petróleo y electricidad tal como se realiza hoy en día, presupone aceptar una Sociedad que cada vez más está dominada en forma centralizada por lo que se refiere a sus opciones de generación y transporte de energía, lo que confiere un enorme poder en manos de pocos grupos. Es una opción energética "dura", que excluye por principio cualquier otro modelo de Sociedad energéticamente descentralizado, que podría facilitar un reparto de poderes políticos en la Sociedad. En los últimos tiempos, muchos expertos considerados heterodoxos, han postulado el modelo energético "blando" que debería fundamentarse en la explotación y uso de energías alternativas a generar y utilizar autónomamente por cada célula de producción y de consumo.

Es obvio que la elección que en teoría podría plantearse la Sociedad, es esencialmente política y a largo plazo. Posiblemente sea una opción de supervivencia, por lo que puede estar por encima de consideraciones económicas y de eficiencia energética. Si se pusiera en práctica en el futuro sería después de muchas convulsiones y como consecuencia de largas crisis y debates. Por tanto, y dado el alcance que nos proponemos dar a esta Tesis, nos limitaremos a utilizar a veces los planteamientos de energías alternativas descentralizadas como una conciencia crítica de los sistemas tradicionales. Sin presuponer que lo aprobamos, supondremos dado el contexto social, político y económico actual. Enfocaremos el análisis del uso racional de las energías por parte de la Empresa dentro del marco establecido, en forma positiva; las cuestiones

normativas o de política estarán dentro del contexto anunciado del modelo de Sociedad energéticamente centralizado imperante actualmente.

1.4. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS APARATOS CONVERTIDORES Y UTILIZADORES DE ENERGÍA

Vamos a profundizar algo más en el estudio de los aparatos como intermediarios tecnológicos de la producción y utilización de energía, de los cuales ya hemos comentado anteriormente algunos aspectos.

En concreto subrayaremos la contribución histórica de los aparatos citados, a la situación energética actual.

Los incrementos de tamaño y las mejoras tecnológicas han aumentado fuertemente el rendimiento técnico de los aparatos convertidores y utilizadores de energía.

En los dos capítulos que siguen, nos ocuparemos del incremento de rendimiento enlazado con lo que establecen las leyes de la Termodinámica, o principios teóricos de la Ciencia de la Energía. Ahora nos limitaremos a señalar la evolución de algunas cifras o hitos relevantes, que proporcionen cabal idea de estos aumentos de potencia y rendimiento.

Por ejemplo: En 1.903, la primera turbina montada en una central termoeléctrica consumía 2,75 Kg. de carbón por cada Kilovatio/hora producido⁸³. Por otra parte, en 1.918 sólo se gastaba 1,13 Kg. para la misma función. En 1.939 se requería 0,56 Kg. y en 1.960 era suficiente con 0,40 Kg. Así pues, el rendimiento técnico o productividad se multiplicó por siete en 57 años⁸⁴.

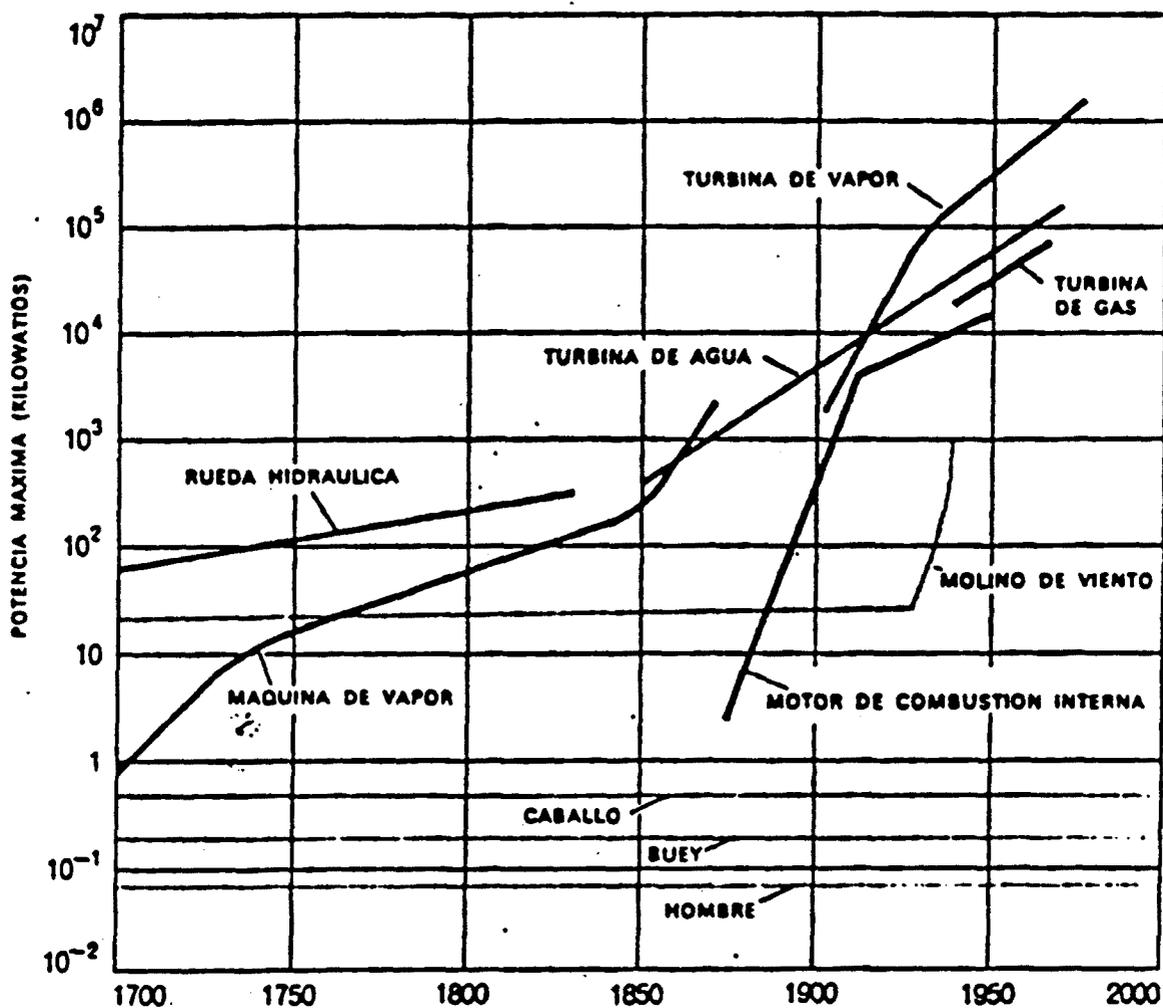
Por otra parte, según STARR⁸⁵, desde 1.700 la potencia de los aparatos para la conversión de la energía ha aumentado unas 10.000 veces. Es más, si observamos el cuadro 1.3. debido al mismo STARR, la potencia de las máquinas básicas ha aumentado "en más de cinco órdenes de magnitud desde el comienzo de la Revolución Industrial. Para la máquina de vapor y su sucesora, la turbina de vapor, el aumento experimentado ha sido de más de seis órdenes de magnitud: De menos de un kilovatio a más de un millón."⁸⁶

Según lo ya explicado⁸⁷, el hombre como máquina orgánica detenta una potencia de 0,136 Caballos (CV), ó 0,1 kilovatio. Así pues, los ingenios energéticos más potentes pueden realizar un trabajo equivalente a más de 10 millones de personas a la vez y lo que es también muy importante, con cadencias mucho más largas.

"La primera máquina de vapor (NEWCOMEN) no sobrevivió a su siglo. El segundo medio para convertir la energía del calor en trabajo, la máquina de WATT, duró menos de 100 años para ser reemplazada por turbinas y motores de mejor rendimiento. Desde el año 1.800, las generaciones sucesivas de desarrollos técnicos van barriendo los procesos industriales de cada década para dejarlos reducidos a modelos anticuados", según señala acertadamente JEREZ⁸⁸.

Resumiendo y efectuando una nueva valoración del pasado como ayuda para la reflexión del porvenir, creemos que está claro el incremento de productividad energética debido al progreso técnico. Igual cantidad de energía primaria, conforme avanza la tecnología, da lugar a mayor cantidad de energía útil, e incluso, desde un enfoque finalista, a una mejor satisfacción de las necesidades humanas, si las entendemos en su versión standard y sin complicaciones de "más" equivalente a "mejor".

CUADRO 1.3.



FUENTE: STARR, CHAUNCEY: *Energía y poder*, en: *SCIENTIFIC AMERICAN*, La energía. Alianza Ed. Madrid, 1.971, pg.15.

Para llegar a los parámetros actuales de bienestar y confort ha sido necesario un conjunto de condiciones sobre las que se reflexionará en el siguiente subcapítulo, que se propone como una serie de conclusiones y afirmaciones realizadas partiendo del breve análisis histórico que se ha realizado hasta ahora.

1.5. REFLEXIONES Y CONCLUSIONES BASADAS EN LA HISTORIA DE LA ENERGÍA

La situación actual, que es consecuencia de un proceso histórico evolutivo dirigido hacia lo que se considera en términos convencionales el progreso y el bienestar humano, no debe olvidarse que está basada en los siguientes hechos, que el análisis histórico puede confirmar sin ningún esfuerzo:

1. El acceso masivo (de los países industrializados al principio y después, de todos los demás) a fuentes de energía concentradas tales como el carbón y el petróleo, incrementando en forma exponencial el consumo de unos recursos que se sabe son agotables.

2. Un progreso técnico acelerado, que avanzando simultáneamente o con breves sucesiones, facilita el uso, el uso masivo, y el uso masivo con mayores rendimientos, de los recursos energéticos agotables citados anteriormente. Aquí podemos encuadrar: desde los medios tecnológicos más adecuados y productivos de perforación y explotación de los recursos energéticos, pasando por el desarrollo de un vector energético intermediario como la electricidad, siguiendo con aparatos de conversión de energía cada vez de mayor tamaño y rendimiento con cada salto tecnológico, y finalizando con los aparatos usuarios de la energía que son los que al masificarse, crean la demanda de consumo de la energía útil.

3. Por último, una Sociedad de consumo de masas que siente (ó es persuadida para que sienta), unas necesidades que se cubren con el uso de unas facilidades que requieren un consumo energético intensivo, de tal forma que es usual que por parte de los ingenieros sociales se correlacione el nivel de consumo de energía con el nivel de bienestar humano.

Sin duda, los enormes incrementos de población, riqueza, tecnología y consumo que se han producido en los dos últimos siglos que llevamos de sociedad con "perfil energético alto", según la ya comentada expresión de LACOSTE, no hubiesen sido posibles sin una adecuada interacción de las tres premisas que hemos citado en los párrafos inmediatamente anteriores: a) Existencia de unos recursos energéticos; b) tecnología para extraerlos, convertirlos y usarlos; y c) una creación sistemática de necesidades para consumirlos. Estos tres factores han sido potenciados e interaccionados entre sí en relaciones causa-efecto-causea muy complejas, de las que hemos intentado ofrecer en páginas anteriores un breve e interpretado bosquejo histórico.

Como puede verse, el eslabón inicial de la cadena es la existencia de unos recursos energéticos en grandes cantidades y susceptibles de explotación intensiva. Nos podemos preguntar si la aceleración técnico-económica que la Sociedad Industrial ha padecido durante los últimos doscientos años, continuará siendo factible en el futuro a la luz de los recursos energéticos disponibles en cada momento.

Claro que es lícito decir que los recursos energéticos disponibles están en relación directa a la tecnología acumulada. Cada ola tecnológica lleva consigo la posibilidad de explotación de recursos energéticos que se habían reputado de impensable utilización en épocas anteriores.

Un problema puramente cuantitativo y de alcance limitado es, aparte de los límites más o menos lejanos que puedan imponer las Leyes de la Termodinámica, pronosticar si el consumo va a evolucionar más rápido que la puesta a punto de nuevas tecnologías de generación de energía, como por ejemplo la fusión nuclear, cuya explotación comercial se prevé lejana; desde

hace tiempo presenta un horizonte autoportante de unos cuarenta años que no disminuye.

En resumen, una cuestión crucial para el futuro de la Humanidad es la siguiente: Se trata de saber si va a existir un rebosamiento puramente físico (no político o económico) de la demanda de energía con relación a la oferta en algún momento futuro.

En principio es difícil pensar que con la tecnología actual o previsible hasta el año 2.000, podamos mejorar nuestra posición con respecto a las reservas de recursos energéticos. Hay que pensar seriamente que más del 95% de la energía usada actualmente procede de fuentes no renovables que son, por tanto, agotables por definición. No cambia mucho las cosas el que las estimaciones de reservas energéticas sean todavía mal conocidas, dependiendo su disponibilidad de factores tecnológicos, económicos y aún políticos.

Si la enfocamos más ampliamente, la cuestión a analizar estribaría en verificar si la aceleración en el crecimiento económico desde la revolución industrial tiene límites naturales o incluso si debe tenerlos en forma voluntaria por parte de la Humanidad. Los cinco últimos lustros han sido época de reflexión y replanteo con los estudios de modelos mundiales que intentan pronosticar la evolución de los principales parámetros humanos y tratan de sentar las bases de unos cambios de política.

El pesimismo de muchos de estos estudios ha sido reforzado por la evidencia empírica inmediata de las crisis de energía, de abastecimiento y de precios que se han producido sucesivamente durante el decenio crucial 1.973-1.982, que es el período que se investiga en esta Tesis.

De todas formas, ha resultado relativamente fácil que la mayor parte de los miembros de la Sociedad olvide los problemas de fondo, cuando a partir de 1.986 se ha producido un nuevo abaratamiento y abundancia coyunturales de la oferta energética mundial (sólo interrumpida hasta ahora por la crisis del Golfo Pérsico de 1.990-1.991) que ha propiciado una mejora momentánea de las posibilidades de crecimiento y bienestar.

Aunque no es nuestra intención investigadora, -como ya hemos indicado- insistir en el análisis normativo de cuestiones centrales para la evolución de la Sociedad, nos atrevemos a predecir que en el futuro -aunque no de manera permanente sino con la "técnica de las crisis"- se va a ir planteando con mayor virulencia un debate no concretado estrictamente en términos de disponibilidad de energía, Tal debate se ampliará con cuestiones que afectan al bienestar cualitativo, como pueden ser las de la contaminación del planeta y el deterioro del medio, que son asuntos que están empezando a llegar a la mente del hombre de la calle a principios de la década de los años noventa.

No debe olvidarse que siempre ha sucedido que las cuestiones ligadas a la energía están directamente ligadas al fenómeno del poder, y posiblemente, en el caso de que no se debilite el modelo energético centralizado vigente hoy en día, cada vez más las cuestiones energéticas estarán vinculadas a factores de interés político y militar. Por ello, toda cuestión energética ha sido -y es- de carácter estratégico y aún lo será más en el futuro. Conforme se sofisticada y difunde el acervo tecnológico, más vulnerable es la Sociedad ante cualquier carencia brusca de factores no sustituibles a corto plazo.

En todo caso, creemos que los problemas energéticos y de medio ambiente se plantearán en un futuro no muy lejano como centros de interés progresivo, si se polarizan como manifestación de un instinto de supervivencia que la Humanidad habrá de desplegar inevitablemente.

De todos modos, prevemos que será bastante difícil que exista en el futuro un debate serio sobre el comportamiento que la Humanidad debe encauzar y mantener a muy largo plazo con objeto de invocar la "solidaridad con las generaciones futuras" que ya han venido en solicitar sin demasiado éxito, científicos sociales como Nicholas GEORGESCU-ROEGEN y BARRY COMMONER, tal como tendremos ocasión de analizar en los capítulos 3 y 5.

Los planteamientos miopes y egoístas de los Gobiernos, los grupos sociales y las personas harán difícil la toma de decisiones que

garanticen la supervivencia de los que habiten en el planeta cientos de años después.

A modo de perfil introductorio de esta Tesis, hemos realizado un sucinto análisis histórico de la energía, en sus aspectos descriptivos, procurando extraer conclusiones para el futuro desde la experiencia del pasado. Pero necesitamos conocer la realidad energética desde otros puntos de vista para afianzar nuestro pensamiento.

Ahora se proseguirá con un enfoque científico complementario, consistente en un análisis de la realidad energética global desde planteamientos teóricos, ecológicos y termodinámicos, objeto de los capítulos 2 y 3. En el capítulo 4 abordaremos un tema que nos interesa especialmente como economistas: El papel que se ha conferido a la energía como recurso, en el seno del análisis económico.

NOTAS DEL CAPÍTULO 1

- 1 También puede consultarse: JEREZ JUAN, M.: *La energía: Problemática e implicaciones socioeconómicas y fiscales*. En: "Hacienda Pública Española". Nº 53. 1.978. Pg. 3 y ss.
- 2 WILSON, W.: *Energía*. Time-Life International. Hamburgo 1.969. Pg. 13.
- 3 LABEYRIE, V.: *Énergie, développement, écologie*. En: "La Pensée. Revue du rationalisme moderne". Nº 216. Diciembre 1.980. Pg. 115.
- 4 *Ibidem*. Pg. 117.
- 5 ZISCHKA, A.: *Energía liberada*. Ed. Destino. Barcelona. 1.956. Pg. 9.
- 6 *Ibidem*, Pg. 138.
- 7 *Ibidem*. Pg. 138.
- 8 MARIAS, J.: *La energía y la realidad del mundo*. Afrodiseo Aguado. Madrid 1.960. Citado por: BARCELO RICO AVELLO, G.: *La energía y su impacto social*. Ed. Index. Madrid. 1.976. Pg. 9.
- 9 MARTINEZ MONTAVEZ, P.: *Lección inaugural de las Jornadas de Economía de la Energía*. Madrid. 27-4-81. Ponencias editadas por el Centro de Investigación Económica de la Energía. Universidad Autónoma de Madrid. Pg. 9.
- 10 FOLEY, G.: *La cuestión energética*. Ediciones del Serbal. Barcelona 1.981. Pg. 22.
- 11 *Ibidem*. Pg. 17.
- 12 MARTINEZ MONTAVEZ, P.: *Op. cit.* Pg. 9. Este autor alude con acierto a la "condición polimórfica de la energía".
- 13 Para un mayor detalle, confrontar: HOYLE, F.: *¿Energía o extinción?. El dilema de la energía nuclear*. ENE Ediciones. Barcelona, 1.977. pg. 17. Y: BARCELO RICO-AVELLO, G.: *Op. cit.* Cap. XI y XII.
- 14 Formación que continúa lentamente en la actualidad. Por ejemplo la turba se está convirtiendo en lignito a una velocidad imperceptible de acuerdo al "tempo" humano. La idea de distinguir entre recursos energéticos "de renta" y "de capital", ha partido generalmente de los ecólogos. Un exponente al respecto es: COOK, E.: El flujo de energía en una sociedad industrial. En: SCIENTIFIC AMERICAN: *La energía*. Alianza Editorial. Madrid. 1.971. Pg. 175 y s.
- 16 TANTILLO, D.: *El futuro del petróleo. Hacia la búsqueda de nuevas fuentes de energía*. Ed. Index. Madrid. 1.976. pg. 11.

- ¹⁶ HUBBERT, M.K.: *Energy Resources*. En: YANNACONE JR. V.J., ED.: *Energy crisis: Danger and Opportunity*. West Publishing Co. St. Paul. U.S.A. 1.974. Pg. 52.
- ¹⁷ MARTINEZ MONTAVEZ, P.: *Op. cit.*, Pg. 11.
- ¹⁸ Sobre este tema, ver: STARR, CH.: *Energía y potencia*. En: SCIENTIFIC AMERICAN: *Op. cit.*, Pg. 12 y ss.
- ¹⁹ ZISCHKA, A.: *Op. cit.*, Pg. 47.
- ²⁰ ZORZOLI, G.B.: *El dilema energético*. Ed. Blume. Barcelona. 1.978. Pg. 15. También puede consultarse: GORDON, L.: *Energy Development: Crisis and Transition*. En: "The Bulletin of Atomic Scientists". Abril 1.981. Reproducido en "Problèmes Économiques". N° 1.738. 9-9-81. Pg. 2.
- ²¹ ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, pg. 15.
- ²² LOPEZ RUIZ, A.: *Consideraciones sobre la energía*. En: "Energía". Año V. N° 4, Julio-Agosto 1.979. Pg. 54.
- ²³ HUBBERT, M.K.: En YANNACONE JR., V.J. (EDITOR); *Op. cit.* Pg. 53.
- ²⁴ RUNYON, R.P. Y ROCKS, L.: *The Energy crisis*. En: "Proceedings Academy of Political Science". The National Energy Problem. Vol 31. N° 2. Diciembre 1.973. Pg. 4.
- ²⁵ ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, Pg. 15. Este autor propone la equivalencia 860 Kilocalorías = 1 Kilovatio/hora. Ver también: HUBBERT, M.K.: En YANNACONE JR., V.J.: *Op. cit.*, PG. 52.
- ²⁶ ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, pg. 15.
- ²⁷ *Ibidem*.
- ²⁸ SPECKHARD, R.: *Basic Facts on Energy Crisis*. Learning Systems Co. USA. 1.974. Pg. 12.
- ²⁹ ZISCHKA, A.: *Op. cit.*, Pg. 13.
- ³⁰ SPECKHARD, R.: *Op. cit.*, Pg. 5.
- ³¹ MALUQUER, J.: *Teoría económica y ecología*. En: "Banca Catalana". N° 48. Marzo 1.978. Pg. 24. La exposición de este autor, por lo que se refiere a la distinción de dos metabolismos, es un resumen de las ideas del prestigioso ecólogo R. MARGALEF.

- ³² EDEN, POSNER, BENDING, CROUCH & STANISLAW: *Energy Economics. Growth, Resources and Policies*. Cambridge University Press. USA. 1.981. Pg. 6.
- ³³ LACOSTE, J.: *Énergie: Quelles contraintes?* En: "Projet". N° 141. Enero 1.981. Pg. 9 y s. También MARTINEZ MONTAVEZ (*Op. cit.* Pg. 13), basándose en las aportaciones del destacado antropólogo GORDON CHILDE, distingue la revolución neolítica y la revolución industrial.
- Otros autores, como por ejemplo A. VARAGNAC, siguiendo al antropólogo MARSHALL SAHLINS -conocido autor de la obra *Stone Age Economics*-, distinguen hasta siete revoluciones energéticas como espina dorsal en el estudio de una nueva ciencia: La energología.
1. El fuego al aire libre. 2. La invención de la agricultura. 3. La invención de la metalurgia. 4. La invención de la pólvora como primera fuente de energía artificial. 5. El recurso masivo al carbón. 6. El recurso masivo al petróleo. 7. El control de la energía nuclear.
- Ver: VARAGNAC, A.: *La conquête des énergies*. Hachette. Paris. 1.972. Citado por: PUISEUX, L.: *La energía y el desconcierto postindustrial*. Plaza y Janés, Ed. Barcelona. 1.974. Pg. 93 a 98.
- ³⁴ MARTINEZ CORTIÑA, R., Y SAMPEDRO, J.L.: *Estructura económica: Teoría básica y estructura mundial*. Ed. Ariel. Barcelona. 4ª Ed. 1.975. Pg. 541.
- ³⁵ ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, Pg. 15 y s.
- ³⁶ ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, Pg. 16 y s.
- ³⁷ ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, Pg. 17. En forma similar se pronuncian MARTINEZ CORTIÑA Y SAMPEDRO. *Op. cit.*, Pg. 540.
- ³⁸ No debe negarse que muchas veces los occidentales europeos padecemos "eurocentrismo", ya que multitud de inventos fueron descubiertos y usados por pueblos como los chinos, los indostánicos y los árabes, antes de ser siquiera imaginados o usados en Europa. Por ejemplo, el pueblo chino usó el molino hidráulico varios siglos antes que Europa. Ver: FOLEY, G.: *Op. cit.*, Pg. 19.
- ³⁹ ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, Pg. 19.
- ⁴⁰ DE LILLEY, S.: *Storia della tecnica*. Einaudi. Torino. 1.951. Ver cuadro de dicho autor, reproducido en ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, Pg. 21.
- ⁴¹ Ver nota 38. A mayor abundamiento, el molino eólico ya era conocido por los árabes antes de su introducción en Europa, hace 9 siglos a través de las cruzadas. Ver FOLEY, G.: *Op. cit.*, Pg. 49.

- ⁴² Ver, por ejemplo: ROQUETA, J.M.: *Recursos energéticos y necesidades. Problemática de la energía*. Publicación de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona. Marzo 1.974. Pg. 11 y ss. También: STARR, C.: *Op. cit.*, Pg. 12 y ss.
- ⁴³ ZISCHKA, A.: *Op. cit.*, Pg. 14.
- ⁴⁴ ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, Pg. 18 y s.
- ⁴⁵ MARTINEZ CORTIÑA Y SAMPEDRO: *Op. cit.*, Pg. 540.
- ⁴⁶ ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, Pg. 22.
- ⁴⁷ FOLEY, G.: *Op. cit.*, Pg. 49.
- ⁴⁸ ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, Pg. 21 y s.
- ⁴⁹ BARCELO RICO AVELLO, G.: *Op. cit.*, Pg. 58.
- ⁵⁰ FOLEY, G.: *Op. cit.*, Pg. 49.
- ⁵¹ MARTINEZ CORTIÑA Y SAMPEDRO: *Op. cit.*, Pg. 540 y s.
- ⁵² FOLEY, G.: *Op. cit.*, Pg. 52. Esto no quiere decir que no se haya conocido, extraído y quemado carbón desde el principio del alta Edad Media. En Londres, apenas en el siglo XII, se prohibió la combustión de carbón debido a la contaminación que padecía la ciudad.
- ⁵³ LUTEN, D.B.: *La geografía económica de la energía*. En: SCIENTIFIC AMERICAN: *Op. cit.*, Pg. 228. También: JEREZ JUAN, M.: *Op. cit.*, Pg. 5 y s.
- ⁵⁴ Para ampliación de datos, pueden consultarse entre otras las siguientes obras: ZISCHKA, A.: *Op. cit.*, Pg. 14 y 53 ss. FOLEY, G.: *Op. cit.*, Pg. 52-57. ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, Pg. 25 a 31. BARCELO RICO-AVELLO, G.: *Op. cit.*, Pg. 64.
- ⁵⁵ BARCELO RICO-AVELLO, G.: *Op. cit.*, Pg. 64.
- ⁵⁶ ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, Pg. 28.
- ⁵⁷ *Ibidem*.
- ⁵⁸ ZISCHKA, A.: *Op. cit.*, Pg. 86.

- ⁵⁹ FOLEY, G.: *Op. cit.*, Pg. 54 y s.
- ⁶⁰ *Ibidem.* Pg. 55.
- ⁶¹ *Ibidem.*
- ⁶² *Ibidem.* Pg. 57.
- ⁶³ HOYLE, F.: *Op. cit.*, Pg. 18.
- ⁶⁴ ZISCHKA, A.: *Op. cit.*, Pg. 18.
- ⁶⁵ ZISCHKA, A.: *Op. cit.*, Pg. 86. También: ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, Pg. 33 y s.
- ⁶⁶ ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, Pg. 34. También: JEREZ JUAN, M.: *Op. cit.*, Pg. 7, y BARCELO RICO-AVELLO, G.: *Op. cit.*, Pg. 71.
- ⁶⁷ ENTRENA J., ET ALIA: *La crisis de la energía: Bases históricas y alternativas.* Salvat Editores. Barcelona. 1.980. Pg. 20.
- ⁶⁸ Ver, entre otros: GRENON, M.: *La crisis mundial de la energía.* Alianza Editorial. Madrid, 1.974. Pg. 12.
- ⁶⁹ PUISEUX, L.: *La energía y el desconcierto post-industrial.* Plaza y Janés. Barcelona, 1.974. Pg. 14.
- ⁷⁰ *Ibidem.*
- ⁷¹ La Historia del petróleo ha sido contada innumerables veces. Como obras específicas de mayor calidad, véanse las siguientes: O'CONNOR, H.: *L'empire du petrole.* Editions du Seuil, París, 1.958. TUGENDHAT, C.: *Petróleo, el mayor negocio del mundo.* Alianza Editorial. Madrid. 1.969.
- ⁷² TUGENDHAT, C.: *Op. cit.*, Pg. 25-50. Por otra parte, O'CONNOR llega a decir que "durante medio siglo, la historia del petróleo se confunde con la de J.D. ROCKEFELLER". *Op. cit.*, Pg. 15.
- ⁷³ BARCELO RICO-AVELLO, G.: *Op. cit.*, Pg. 98.
- ⁷⁴ TUGENDHAT, C.: *Op. cit.*, Pg. 148.
- ⁷⁵ *Ibidem.* Ver también: ENTRENA ET ALIA: *Op. cit.*, Pg. 22.

- 76 ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, Pg. 35.
- 77 FOLEY, G.: *Op. cit.*, Pg. 209.
- 78 *Ibidem.*
- 79 *Ibidem.*
- 80 FOLEY, G.: *Op. cit.*, Pg. 209.
- 81 HAMMOND ET ALIA: *Energy and the Future*. American Association for Advancement of Science. Washigton D.C. USA 1.973. (Cuadro reproducido por ZORZOLI, G.B.: *Op. cit.*, Pg. 71, de quien se ha interpretado el cuadro citado para deducir las cifras mencionadas).
- 82 También como vapor a alta presión para procesos industriales y calefacción. Asimismo en estos casos se produce la distribución a través de las compañías eléctricas. En todo caso, aún existen difíciles problemas por resolver.
- 83 Puede consultarse al respecto: DUCROCQ, A.: *Victoire sur l'énergie*. Flammarion, París. 1.980. Pg. 295-301; DE THOMAS, B. y WEEGER, X.: *Les retombées d'un programme ambitieux. I) Trop d'électricité nucléaire en 1.990? y II) Une société tout électrique*. En: "Le Monde". 18-19-1-81. PUISEUX, L.: *Op. cit.*, Pg. 47-51.
- 84 JEREZ JUAN, M.: *Op. cit.*, pg. 9.
- 85 BARCELO RICO-AVELLO, G.: *Op. cit.*, Pg. 83. (Hemos corregido en la cita lo que creemos un error de transcripción de este autor, pues consigna Kg. en lugar de gr.). Según SUMMERS, C.M.: *La conversión de energía*, en SCIENTIFIC AMERICAN, *Op. cit.*, Pg. 207, el rendimiento de las centrales eléctricas que queman fuelóleo en los Estados Unidos ha aumentado 10 veces desde principios de siglo hasta 1.970: Se ha pasado a convertir en electricidad, desde un 3,6% hasta el 32,5% del calor generado en las turbinas.
- 86 STARR, C.: En: SCIENTIFIC AMERICAN, *Op. cit.*, Pg. 14.
- 87 *Ibidem*, pg. 15, nota. JEREZ JUAN proporciona cantidades inferiores a las citadas por STARR (*Op. cit.*, pg. 8).
- 88 Véase nota 35. 100 vatios equivalen a 0,136 caballos (CV). JEREZ JUAN, M.: *Op. cit.*, pg. 8.