

La Energía Nuclear.

Presente y Perspectivas

FRANCISCO RÍOS ZERTUCHE

Licenciado en Derecho, UNAM, Estudios de posgrado, Inglaterra.

SUMARIO: 1. *Introducción.* 2. *Los Recursos del Medio Ambiente y el Desarrollo.* 3. *Origen y Conceptos sobre La Energía.* 4. *Premisas Legales e Indicadores Energéticos.* 5. *Las Nuevas Energías; La Energía Nuclear y otras.* El Petróleo, El Gas, El Carbón, La Hidroelectricidad, La Geotermia, La Energía Solar, El Biogas, La Biomasa, Energía Eólica, Energía Maremotriz, Energía de las Olas, Gradiente térmico de los Océanos, Dinámica de Electro Gas, Hidrógeno, La Energía Nuclear. 6. *Conservación.* 7. *Energía y Alimentación.* 8. *Contaminación.* 9. *Proyecciones de Oferta y Demanda en México.* 10. *Consideraciones Finales.* 11. *Bibliografía.*

1. INTRODUCCION

LA TEMÁTICA energética irrumpió violentamente en los medios académicos durante la pasada década.

Puede decirse que la crisis petrolera desatada por el embargo de la Organización de Países Exportadores de Petróleo, redefinió el curso de la historia, haciendo aparecer en ella a nuevos sujetos nacionales, provistos ahora de voluntad y poder definitorios.

Independientemente de los efectos producidos en aquella circunstancia (revalorización de las materias primas, redefinición del equilibrio de poderes internacionales, fortalecimiento de las organizaciones de países en desarrollo), aquellas acciones tuvieron el valor de transformar la categoría abstracta de "energía", en un concepto de connotaciones múltiples: *energía* significaba poder, representaba un orden económico determinado, sustituía la noción física general por "la energía necesaria a ciertos patrones tecnológicos".

Las respuestas fueron tan variadas como los intereses que se proponían proteger.

Desde los más selectos clubes intelectuales no gubernamentales y sus propuestas neomalthusianas (el planeta tierra concebido como una "nave espacial" y consiguientemente limitado en su crecimiento), hasta los interesados estudios del trilateralismo trasnacional o los esfuerzos "racionalizadores" de la economía internacional implícitos en los más sofisticados modelos econométricos internacionales (generalmente estadounidenses), se multiplicó el esfuerzo por conocer a fondo la materia energética y por manejar sus posibilidades.

Para México esta problemática resultó igualmente influyente.

Recordemos en principio los efectos directos de la crisis petrolera y las colaterales secuelas económicas que definieron el contexto internacional de la segunda parte del pasado régimen gubernamental.

La coyuntura económica de 1976 por otra parte, otorgó a la energía un doble valor: el de ser recurso principal de la estrategia económica, a más de representar, en sí misma, un campo relevante de la planificación nacional.

El presente ensayo sobre la energía, es una descripción somera de hechos, tendencias y posibilidades, sin pretensiones técnicas profundas. No se pretende agotar aquí sus implicaciones económicas, polemizar en materia ecológica, o atender a la infinidad de problemas tecnológicos que la búsqueda de los sustitutos de los hidrocarburos lleva aparejados.

A lo más, de una manera esquematizante se intenta dar alguna prescripción para una política energética que se finque en nuestra dotación natural de recursos.

Hemos considerado que la mejor forma de evaluar a la Energía Nuclear es compararla con las otras fuentes y luego confrontarla con nuestras necesidades en perspectiva.

2. LOS RECURSOS DEL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO

Cuando nos referimos a los recursos naturales, nuestro interés recae fundamentalmente en las relaciones que hay entre el hombre y la naturaleza, y entre hombres y hombres con respecto a la naturaleza.

Esta relación se manifiesta interdependientemente, es decir, la naturaleza afecta al hombre y ésta es a su vez afectada por el hombre.

Esto se vuelve explícito en un sistema que es compuesto por dos medios ambientes diferentes, que están en interacción, uno es de un orden socioeconómico y el otro biofísico. La ecología estudia la con-

junción de ambos, al investigar las relaciones de los organismos con el medio ambiente y entre sí.

La relación entre estos medios ambientes socioeconómico y biofísico, se presenta en el espacio y el tiempo, con tipificaciones muy peculiares. Así podemos decir, que en lo general, encontramos que en las urbes la naturaleza es dominada, mientras que en el sector rural la naturaleza es dominante.

La planificación en las actividades humanas que van a afectar, de un modo u otro, el ámbito natural, debe tomar como objetivo trabajar *con* la naturaleza, en vez de *contra* la naturaleza. Respetando la fragilidad de los ecosistemas; conservando ciclos, especies y habitats; realizando investigaciones sobre rendimientos de recursos y previendo los impactos externos que sus proyectos tendrán.

De modo contrario, actualmente la Economía le da una mayor importancia a la explotación a corto plazo de recursos, debido a que el largo plazo tiene factores menos cuantificables.

En este sentido, se ha impuesto como criterio para el índice de explotación, la demanda en el mercado, y no las tasas de agotamiento y auto-renovación para obtener el máximo rendimiento autosostenido.

El hombre tiende a obtener más y más, de cada vez menos y menos recursos.

Hay evidencia por doquier, que el balance del ecosistema tierra puede ser trastocado. En efecto, el mundo cultural del hombre y sus industrias, artefactos e instituciones fija relaciones predatorias con el mundo natural, que tiene su propia economía natural.

El hombre no produce, solamente toma material de la naturaleza y modifica éste como un usufructuante. La naturaleza produce y la naturaleza finalmente consume.

Actualmente hay una tendencia para reconsiderar de nuevo la relación entre el hombre y la naturaleza, por medio de un entendimiento de cómo trabaja el planeta Tierra y de las presiones que sobre él hemos venido imponiendo en forma creciente y con efectos irreversibles, en algunos casos.

Lo más impactado por la acción del hombre son:

1. Las áreas semiáridas, produciendo la desertificación.
2. Los Bosques Tropicales, rompiendo el balance natural del ciclo de los nutrientes.
3. Los medios ambientes de la montaña; causando erosión eólica y pluvial.

4. La sobre-presión sobre costas y ríos.

5. Los minerales y la energía, que tienen visos de cierta escasez.

Las dimensiones del medio ambiente en las que se da el desarrollo socioeconómico en México, y en todos los países en desarrollo, son:

1. *Altas tasas de crecimiento de la población.* En nuestro caso es del orden de un 3.4%. El crecimiento demográfico reduce el ingreso por cabeza, por simple operación aritmética. Mayor presión sobre los recursos naturales significa menores niveles de vida. El crecimiento de la población se debe no a una mayor tasa de natalidad, sino a una menor tasa de mortalidad debido a medidas sanitarias, higiénicas y medicinales. Una población desproporcionalmente grande es una agravante del subdesarrollo, pero no su causa.

2. *El crecimiento económico se presenta en una forma dual o polarizada.* Hay un sector que concentra la mayor parte de la producción, ingreso y progresos técnicos usando casi totalmente los recursos, el capital y personal calificado. Por otro lado el sector informal, que se compone de los desempleados, campesinos sin tierra, pequeños artesanos, etc., marginados de la seguridad social, los servicios públicos, la vivienda, la educación, y las políticas salariales. Este sector informal, sumerso en un estancamiento, con un medio ambiente en degradación, emigra hacia las ciudades grandes, las minas, otros países y a los "agro-negocios". La división no es entre campo y ciudad.

3. *Hay una relativa alta remuneración en la industria y en sus actividades conexas, pero una pésima distribución.* La concentración del ingreso ha conducido a un mercado doméstico estrecho y a una industrialización distorsionada. El índice de creación de empleos es menor que el índice de crecimiento de la población.

4. *Hay escasez de personal especializado capacitado,* en medio de un mar de desempleados. Esto sucede en lugares donde se necesitan especialistas, pero no es una escasez nacional del todo.

5. *La urbanización está precediendo muy a la cabeza de la industrialización.* Operan las conocidas fuerzas de "empuje" y "atracción"; por una parte, deterioro de la vida en las zonas rurales; por la otra, las expectativas para satisfacer necesidades mínimas en las ciudades. La realidad es la transferencia de la pobreza de un ambiente al otro.

3. ORIGEN Y CONCEPTOS SOBRE LA ENERGÍA

Comencemos primero por ver qué es la energía y cómo llegamos al presente sistema de uso y consumo de combustibles.

La energía la podemos definir, desde un criterio antropomórfico, como la *capacidad de hacer trabajo*.

El flujo de energía, íntimamente relacionado con las leyes de la termodinámica, va en un solo sentido, degradándose y disipándose, pero siempre permanece constante la misma cantidad de energía en el universo.

Volviendo la vista a nuestro alrededor descubrimos una profusión de fuentes primarias de energía: hay la energía térmica, que el hombre puede obtener quemando ciertos productos orgánicos; hay la energía hidráulica que se obtiene de las caídas de agua; la energía nuclear que se obtiene de la conversión de materia en energía con los elementos más pesados y más ligeros; la energía geotérmica proviene del calor interior de la Tierra, la energía mareomotriz tiene su origen en las mareas, que son producidas por la atracción gravitacional del Sol y de la Luna sobre el mar; la energía solar proviene de la radiación del Sol y la eólica que surge de los movimientos del aire atmosférico. Esta clasificación es práctica y útil, pero es superficial.

Si hacemos un análisis más profundo llegando al siguiente nivel con relación al origen de la energía, encontramos que la energía térmica, o sea la energía de los combustibles, es en el fondo energía solar.

El carbón mineral proviene de bosques del pasado geológico. La energía almacenada en él es energía solar aprisionada. Hace millones de años las plantas de extensos bosques que crecían en pantanos, redujeron el bióxido de carbono de la atmósfera convirtiéndolo en materia orgánica de sus troncos y hojas. Esta reducción se realizó con energía solar. Posteriormente procesos geológicos transformaron la madera y otras partes de las plantas en carbón mineral. La energía térmica de este carbón es la energía solar transformada en la energía que convirtió al bióxido de carbono atmosférico en materia orgánica de árboles y de otras plantas del pasado. La energía térmica del carbón mineral es energía solar almacenada hace millones de años.

La energía del petróleo también es solar, en este análisis más profundo. El petróleo es el destilado de innumerables microorganismos marinos ocurrido hace millones de años. La fuente primaria de la energía de los microorganismos es el Sol. Los microorganismos animales no pueden generar materia orgánica a partir de la inorgánica. Este sólo lo

pueden hacer los microorganismos vegetales. Con ayuda de la energía solar transforman los microorganismos vegetales el bióxido de carbono de la atmósfera en materia orgánica vegetal. La energía contenida en esta materia es energía solar aprisionada. La materia orgánica de los microorganismos animales proviene toda, directa o indirectamente, de la materia orgánica vegetal, ya sea que los animales microscópicos se alimenten de plantas microscópicas o de otros animales microscópicos. Grandes acumulaciones de microorganismos marinos se vieron sometidos, hace millones de años, a transformaciones geológicas que los convirtieron a la larga en petróleo. El origen de la energía del petróleo es también solar.

Analicemos la energía hidráulica. La energía de las caídas de agua proviene del movimiento de esta sustancia, pero las fuentes de energía que mueven al agua son el Sol y el campo gravitacional de la Tierra. El Sol evapora el agua de los mares, de la superficie de la Tierra firme, de los lagos, charcos y ríos. El vapor asciende a la atmósfera y se condensa en forma de nubes. Cuando el agua de las nubes se precipita como lluvia es el campo gravitacional de la Tierra el que causa que esta agua caiga y escurra sobre la superficie terrestre formando las caídas de agua. La energía hidráulica es de origen solar y gravitacional.

La energía geotérmica es gravitacional y nuclear. La formación de la Tierra en una nube cósmica de gases y polvo se produjo por concentración gravitacional. Al reunirse una cantidad considerable de materia se transforma la energía gravitacional de la concentración de la misma en energía térmica. En la Tierra naciente, se libera en el núcleo de la misma energía de las sustancias radiactivas, que es energía nuclear. La energía geotérmica es por lo tanto gravitacional y nuclear.

De este análisis a un nivel más profundo concluimos que las fuentes verdaderamente primarias de energía son: la nuclear, la gravitacional y la solar.

Pero si enfocamos el problema desde el punto de vista del Universo veremos que la energía solar es en el fondo nuclear. El Sol es un gigantesco reactor nuclear en cuyo interior se transforma materia en energía que es lo que le permite lanzar energía al espacio, derrochándola en todas direcciones. En todas las estrellas se transforma materia en energía y es esto lo que les permite radiar ondas electromagnéticas: luz, radiaciones infrarrojas, Rayos X, luz ultravioleta, microondas en todas direcciones. La energía nuclear es la fuente primaria de la energía estelar y en consecuencia de la solar.

Hay lugares en el Universo en que se están formando estrellas a partir de nubes cósmicas de polvo y gases. La hermosa nebulosa de Orión es uno de esos sitios. Al formarse condensaciones de materia en esas nubes se transforma energía gravitacional en energía térmica. Una vez que la condensación alcanza una masa considerable se derrumba gravitacionalmente formándose una estrella con un núcleo sometido a enormes presiones y a temperaturas de millones de grados. En los núcleos de las estrellas empieza a generarse energía nuclear que es lo que las mantiene derrochando energía.

Hay lugares en el Cosmos en que el derrumbe gravitacional de la materia produce estrellas enanas blancas, pulsares y agujeros negros.

Un análisis de las fuentes de energía primaria del Universo llevado hasta sus últimas consecuencias nos muestra que sólo hay dos fuentes de energía verdaderamente primaria en el cosmos; la energía nuclear y la gravitacional.¹

* * *

Narrar el aprovechamiento de la energía y la historia del hombre es en mucho una misma cuestión. En efecto, el hombre ha ido transformando sucesivamente tecnologías existentes para aumentar la productividad en su trabajo; pasando siempre de fuentes de energía de menor a mayor intensidad.

Comenzando con el metabolismo del alimento animal y humano, el quemado de madera, los aceites vegetales y animales, el uso del aire en movimiento y la caída del agua; sobrepasando progresivamente las limitaciones de cada fuente, llega el hombre a encontrarse con el carbón para fundir metales y transformar agua en vapor, hasta hace aproximadamente un siglo, en que el petróleo y el gas natural, más manejables, dieron pie a la fuerza motriz diesel y la máquina de combustión interna.

Sin embargo, esta transición no puede ser calificada como histórica, porque en los países en vías de desarrollo, coexiste al mismo tiempo, en mucho estáticamente, un sector marginado del progreso, que utiliza leña y otros desechos como energía en cantidades enormes.

La importancia de la energía es evidentemente fundamental. Si se valoraran los materiales que usa el hombre por la utilidad que verdaderamente tienen para él, los más valiosos serían los energéticos, los alimentos y el agua.

¹ Graef Carlos, Dr. 1979. Conferencia. México.

En efecto, todo ser viviente para vivir necesita tener una fuente de energía. Y todo, absolutamente todo objeto, desde un lápiz hasta una central eléctrica, requirió de cierta energía para existir.

Es por eso que el procuramiento, distribución, utilización, diversificación y conservación de la energía ha venido a ser, y lo será por el resto del siglo, el tema central de discusión entre las naciones, como el factor político y económico clave del debate mundial.

La llamada crisis de energía no se presenta entre quienes tienen hidrocarburos y quienes no los tienen; sino entre los países subdesarrollados sin energía y los demás; y dentro de todos los países subdesarrollados, la crisis hace un corte entre los marginados que habitan la zona rural y las urbes y los abarcados por el crecimiento industrial. Esta llamada crisis de energía, al igual que la hambruna, se manifiesta como una crisis de clases. Los que no poseen capital son los que son afectados primero y con mayor intensidad.

En los países desarrollados antes se ahorraba capital gastando combustible, en cambio hoy en día ahorran combustible invirtiendo capital; solución que no todas las naciones pueden alcanzar.

El aumento en los precios de petróleo y gas ha resultado para algunos países, en una no premeditada, pero calificada como inteligente, medida de conservación; pero para otros ha venido a ser una suspensión del crecimiento económico, cuando aún no se puede pensar en aumentar la calidad de niveles de consumo, sino tan sólo satisfacer medianamente necesidades mínimas.

Todos necesitamos energía para expandir la producción, para empujar las fronteras de los alimentos y los minerales, e incluso necesitamos más energía para controlar la contaminación, producto del propio consumo de energía.

4. PREMISAS LEGALES E INDICADORES ENERGETICOS

Las primeras premisas, sencillas en su enunciación, pero fundamentales en su contenido nos dicen que México es autosuficiente en producción de energéticos, y que, además, el artículo 27 constitucional, la nacionalización de las industrias de hidrocarburos y electricidad, y la ley en materia nuclear reclaman para el Estado el control del sector Energético. Por lo que podemos fincar una política flexible para el suministro interior y manejar soberanamente los excedentes, bajo el principio de revalorización de nuestras materias primas en el intercambio comercial.

Nuestro consumo de energía está compuesto fundamentalmente de las siguientes fracciones, un 30% por transporte; un 30.6% por el propio sector energético y un 26% por sector industrial.²

La demanda interna es satisfecha principalmente por los hidrocarburos, que aportan un 88% aproximado del total.³

La capacidad instalada de energía eléctrica es de 14,000 MW, en números redondos a 1978. Aportando a su generación un 30% la hidroelectricidad; un 69% las termoeléctricas a base de hidrocarburos y la geotermia el 1% restante.⁴

Las reservas y recursos de carbón suman 3,274 millones de toneladas, a diciembre de 1978.⁵

Por su parte las reservas de hidrocarburos sobrepasan los 40,000 millones de barriles, guardando una relación aproximada de 70% de aceite y 30% de gas equivalente.⁶

Sin embargo, el carácter agotable de estos energéticos han obligado a nuestro país a iniciar previsoramente una transmutación a nuevas opciones causando durante ésta las menores molestias posibles al desarrollo nacional, como objetivo.

En ese sentido, México ha promovido ante el foro internacional más importante, la Organización de las Naciones Unidas, un Plan Mundial de Energía, para asegurar "una transición ordenada, progresiva, integral y justa" de los hidrocarburos a otras fuentes permanentes de energía. A los energéticos los hemos estimado como patrimonio común de la humanidad.

El planteamiento descansa sobre las consideraciones siguientes: El carácter universal del problema y por tanto de su resolución; la racionalización de las etapas del proceso, desde exploración a consumo y conservación; la transferencia financiera y tecnológica para destapar potencialidades hasta ahora fuera de acceso; el diseño de planes nacionales que se engranen a los objetivos de este Plan Mundial y la diversificación hacia fuentes no agotables de energía.⁷

El cabal entendimiento del prolegómeno de un Nuevo Orden Económico Internacional, nos dice que para que éste se materialice, su punto de apoyo objetivo sólo puede ser la preordenación de los energéticos a escala mundial.

2, 3, 4, 5, 6 Perfil Energético de México. Boletín Energético, agosto 1979.

7 Propuesta presentada por el Presidente de México, en la XXXIV Asamblea de las Naciones Unidas, el 27 de septiembre de 1979.

Internamente por su parte, México ha apuntado el impulso a la diversificación de energéticos como una de las prioridades nacionales, alejándose de la dependencia de una sola fuente, que es agotable, el petróleo, a cambio de un sistema de Energía.

5. LAS NUEVAS ENERGÍAS; LA ENERGÍA NUCLEAR Y OTRAS

Referirse a las nuevas energías es evocar la imaginación sin fronteras. Es situarse en algún lugar en la escala realidad-ficción. Lo rutinario, día a día, son novedades, encuentros, fabricación de prototipos, hallazgos inesperados...

Algunas de ellas se han utilizado desde mucho tiempo atrás aunque en forma limitada. El calificativo de nuevas energías lo debemos referir tanto a Nuevas Fuentes, Nuevas Combinaciones entre fuentes, Métodos recientemente concebidos de explotación, como a Nuevas Aplicaciones.

Entre los rasgos que buscando su conveniencia podemos encontrar están su carácter permanente o no; la continuidad del suministro y su riesgo tolerable; las distancias entre centro de abastecimiento y zona de explotación, los costos y muy principalmente la utilidad de contar con una nueva fuente de energía.

Señalamos que todas ellas necesitan para su pleno desarrollo estímulos y apoyo, es decir, coordinación de esfuerzos, intercambio instituido de información, traslado de recursos financieros, tecnología y capacitación de especialistas.

Veamos ligeramente algunas de las características de fuentes de energía, teniendo en mente que la energía utilizable es la que se obtiene como producto, no la que se utiliza como insumo y que cuando utilizamos energía no queremos energía como tal, sino quizás básicamente tres satisfactorios: movilidad, producción y comodidad.

Las fuentes de energía convencionalmente en uso son el Petróleo, el Carbón, el Gas Natural, la Hidroelectricidad, la Geotermia y la Fusión Nuclear.

Veamos algunos de sus rasgos comparativos, para poder valorar con más elementos de juicio cada una de estas fuentes contribuyentes.

Como vimos, el petróleo, el gas y el carbón, conocidos como los combustibles fósiles provienen de la energía solar. Son renovables solamente a una escala de tiempo geológica. Contienen energía química que al prenderse se libera en forma de calor;⁸ la civilización industrial se

⁸ Energy Global Prospects 1985-2000. 1977. M.I.T., Mc Graw Hill. USA.

basa fuertemente en el petróleo, y subsecuentemente en menor medida en el gas y en el carbón.

El Petróleo

Más o menos dos terceras partes del consumo mundial de energía comercial proviene del petróleo y del gas.

El petróleo tiene grandes ventajas, es más fácil y económico de ser manejado y de transmitirse a grandes distancias, en comparación con el gas y la electricidad.

Además, como hay variaciones en el consumo de energía (cíclicamente cada fin de semana, y aquellas marcadas por las estaciones del año) se necesita contar con un sistema de almacenamiento de energía, y el petróleo se puede almacenar fácilmente.

Del petróleo dependen muchos de nuestros transportes, gran parte de nuestra energía eléctrica y también dependen de él muchas industrias y una parte considerable de la energía de nuestros hogares.

El uso de más valor del petróleo puede ser el de transporte, ya que sus *productos derivados químicos*, pueden ser sustituidos a partir de la biomasa.

Es difícil tratar de precisar hasta cuando durarán las reservas petrolíferas del mundo, incluyendo nuevos hallazgos. La mayor parte de los estudios mencionan como punto de inflexión de estas reservas la entrada del Siglo XXI.

Las reservas convencionales de petróleo de todo el mundo están evaluadas alrededor de los 250 a los 300 GT (un GT igual a 1,000 millones de toneladas).

Falta aún por considerar las reservas secundarias y terciarias, y lo que resta por descubrir de la exploración de los polos y las profundidades del mar.

Si bien existen en cantidades grandes, pero difíciles de cuantificar, otros combustibles fósiles como las rocas bituminosas y las arcillas esquistositas, debido a la energía gastada en su explotación y su costo (60% más que el petróleo)⁹ es poco probable que hagan contribuciones de tomarse en cuenta antes del año 2000.

Esto nos dice que las reservas probables deben ser no sólo técnicamente explotables, sino también económicamente rentables.

⁹ Aproximadamente un poco más de una tonelada de roca tiene que ser tratada para producir un barril de petróleo. Burton, J. 1974. Blackie and Son Limited. Inglaterra.

Por lo tanto, conforme el precio comercial se eleva, se espera que las reservas que se podrán explotar crecerán.

Gas

Aunque los recursos disponibles de gas son muy difíciles de calcular,¹⁰ parece que las reservas de gas natural son lo suficientemente grandes como para surtir futura demanda, al terminarse el petróleo, por 40 ó 59 años más.¹¹

Sin embargo, su principal problema es la transportación, para su distribución habría que estudiar el desarrollo de largos y costosos sistemas de transporte intercontinental; por lo que quizás su esfera de alcance sea solamente regional, además de que se prevé por lo mismo que los países productores de petróleo aumenten considerablemente un consumo mayor de gas.

Carbón

El carbón potencialmente puede contribuir con relevancia a la futura oferta de energía. Las reservas mundiales son muy abundantes.¹²

Hay existencias de carbón para cuando menos 300 a 400 años más,¹³ si bien este período podría reducirse a la mitad si fuera a ser esta la principal fuente de energía de las necesidades de crecimiento.

La distribución de carbón sobre la tierra es relativamente bien conocida, debido a la precisión con que pueden ser localizados los yacimientos. Su abundancia se concentra desproporcionalmente en Rusia y los Estados Unidos.¹⁴ En cambio América Latina cuenta con las menores reservas a nivel mundial.

El carbón puede ser convertido en gas o en combustible líquido, sin embargo esto simplemente transforma energía de una forma a otra, con un costo en contaminación, dinero y energía misma, incrementando además la cantidad de carbón explotado.

¹⁰ Debido a que se encuentran bajo la superficie terrestre. Se utiliza comúnmente para esta estimación el índice probabilístico de correlación petróleo-gas.

¹¹ Mientras que la producción anual mundial de gas natural convencional es ahora de 50 exajoules (EJ), las reservas probadas se estiman en cerca de 2,500 EJ y las reservas no descubiertas se estiman en cerca de las 8,100 EJ. Se calcula que la producción mundial de gas, podría subir hasta 67 EJ, en 1985 y cerca de 143 EJ para el año 2000. World Energy Resources Conference. Report. 1977.

¹² Total 7.6×10^{12} (Mts.) Darmstadter, J., 1971. Energy in the World Economy.

¹³ Hubbert M. King. 1971. The Energy Resources of the Earth. Scientific American.

¹⁴ URSS. 4,310 (Mts. x 10⁹); E.E.U.U. 1,486 (Mts. x 10⁹). *Idem.*

De su quemado se emite sulfuro, cenizas, y bióxido de carbono al medio ambiente.¹⁵ La presencia de bióxido de carbono en la atmósfera causa el efecto del "Invernadero", que se traduce en un aumento en la temperatura. Por el otro lado la presencia de partículas de ceniza suspendidas causa una disminución en la temperatura de la superficie terrestre. El combinado de estas dos fuerzas implica cambios desconocidos en los climas de la tierra.

La explotación del carbón con tecnología moderna no utiliza extensivamente mano de obra, lo cual es una gran desventaja. Es dificultoso para manejar. Sucio para extraer. Voluminoso para almacenar. Su explotación arruina vastas tierras fértiles, sacrificando producción agrícola a largo plazo, por producción de energía a corto plazo.

La electricidad generada a partir de recursos terrestres como el agua (hidroelectricidad) y el calor del interior de la tierra (geotermia), tienen características muy llamativas, aunque desafortunadamente su desarrollo tiene un cielo físico: la limitación de puntos geográficos explotables.

Hidroelectricidad

Indudablemente habrá que agotar todas las posibilidades de formaciones naturales para construir sistemas hidroeléctricos. Sin embargo, éstas están dadas en un número limitado.

Su beneficio proviene de ser una fuente de energía continuamente renovable y no contaminante, es una fuente confiable y flexible para la producción de energía eléctrica, tiene bajos costos de mantenimiento y es capaz de suministrar cifras considerables de energía.

Cuando se combina la producción de electricidad con esquemas de irrigación las ventajas son aún mayores.

A corta escala, unidades de menos de 100 kilowatts, podrían ser soluciones para lugares alejados, especialmente en las regiones montañosas. Cabe señalar que instalaciones de este tipo cuentan por una tercera parte de la hidroelectricidad generada en China.

El principio para generar energía depende del ciclo hidrológico, consistiendo en agua que fluye bajo presión, convirtiéndose primero en energía mecánica y después en electricidad.

La tecnología de la producción hidroeléctrica está ya bien desarrollada: existiendo turbinas de más del 90% de eficiencia.

¹⁵ Denman. R. Dr., 1972. Human Environment. Apuntes de Clase. University of Cambridge, Cambridge, Inglaterra, 1972.

Como problema a largo plazo, recordemos que las presas pueden tener una vida de 50 a 300 años, porque se les va acumulando arcilla en su seno paulatinamente. Esto sucede con mayor fuerza en donde se reciben los efectos de erosión por aire y del agua.

El potencial hidroeléctrico suele encontrarse a considerable distancia de los centros que lo demandan y el capital para operación de nuevos sitios es una limitante en la mayoría de los casos, que exige realización de proyectos de gran magnitud para obtener economías de escala, lo que es un fuerte limitante para los países en vías de desarrollo.

En México la primera planta hidroeléctrica se remonta hasta 1898, en Atlixco, Puebla.

En 1978 existían 98 plantas hidroeléctricas operadas por la C.F.E. Debido a las demandas planteadas en el período 1983-2000, existe la necesidad de construir del orden de 70 plantas nuevas.¹⁶

CRECIMIENTO PROMEDIO DE LAS CAPACIDADES
DE LA HIDROELECTRICIDAD

<i>Periodo</i>	<i>Crecimiento Promedio</i>
1951-55	40
1956-60	81
1961-65	312
1966-70	152
1971-75	168

Energía Geotérmica

Hoy en día se busca la generación de energía eléctrica por este recurso natural; aunque subsiste también su utilización en calefacción y calentamiento con fines industriales.

Los intentos para generar electricidad a partir de la energía geotérmica empezaron casi a fines del siglo pasado.

Los recursos geotérmicos pueden dividirse en cuatro tipos básicos: hidrotérmicos dominados por el líquido, hidrotérmicos dominados por el vapor, petrotérmicos (roca seca caliente) y geopresurizados. Estos tipos se distinguen por sus características hidrológicas y termodinámicas.

¹⁶ Boletín de Energéticos. Septiembre 1979. Editado por la Comisión Nacional de Energéticos, SEPAFIN. México.

El gradiente normal de la temperatura dentro de la tierra es de aproximadamente 25° C/Km profundidad. Por consiguiente, si la temperatura ambiente es de 15° C, se espera que un hoyo perforado al azar a una profundidad de un kilómetro encontrará una temperatura de 40° C. Sin embargo, en algunas regiones el gradiente de la temperatura es mucho mayor que el normal, tanto como 1° C/m. Tales gradientes están generalmente asociados con volcanismo juvenil, corteza delgada o bordes de placas, y las fuentes de temperatura pueden alcanzar 1 200° C.

Las consecuencias de la geotermia en el medio ambiente son benignas, ya que su principal subproducto es vapor derivado del agua inyectada.¹⁷

En números relativos la geotermia contribuye con sólo una pequeña porción de lo mundial y nacionalmente requerido, debido a lo escaso de lugares adecuados para desarrollar y del número limitado de éstos.

México, con sus características geológicas (zonas de volcanismo activo, áreas de debilidad cortical y manifestaciones termales, distribuidas a lo largo y a lo ancho de nuestro territorio, pero especialmente en la Península de la Baja California, en la Sierra Madre Occidental, en el Eje Neovolcánico y en el Macizo de Chiapas) ofrece importantes posibilidades geotérmicas, que actualmente están siendo evaluadas. A la fecha se conocen 130 áreas con posibilidades de explotación en el país.

En la zona de Cerro Prieto, Baja California, se inició la generación de energía eléctrica, a escala comercial, aprovechando el vapor natural del subsuelo, con una capacidad instalada de 150 mil KW en dos unidades.

CONTRIBUCION DE LA ENERGIA GEOTERMICA A LA PRODUCCION DE
ENERGIA ELECTRICA EN LA REPUBLICA MEXICANA, DE 1978
AL AÑO 2000

Año	% de Energía Geotérmica
1978	0.9%
1980	1.0%
1982	1.4%
1988	1.7%
1994	1.7%
2000	1.5%

Datos tomados de: "Plan de expansión eléctrico al año 2000". Segunda Edición. Comisión Federal de Electricidad. Gerencia General de Estudios e Ingeniería Preliminar 1978.

¹⁷ Ophuls William. 1977. *Ecology and the Politics of Scarcity*. Inglaterra.

Fuentes "suaves", en contraposición de la energía nuclear, considerada como fuente "dura".

La aplicación de fuentes provenientes, directa o indirectamente, de la energía solar, abre perspectivas prácticamente inagotables. Como vemos, los combustibles fósiles provienen del astro solar; aparte de éstos la energía solar se manifiesta directamente en forma de calor o de luminosidad, o en la forma de biogas, biomasa, energía eólica, energía de las olas y gradiente térmico de los océanos.

Energía Solar

No existe una fuente energética más abundante, expansiva e inagotable que el Sol. Anualmente envía a la Tierra 1 500 cuatrillones de KW/h de energía (es decir 1,500 con 15 ceros). Alrededor de un 30 por ciento de esta energía se refleja inmediatamente en el espacio cósmico, un 47 por ciento es absorbido por la atmósfera, la superficie de la tierra y del agua, un 23 por ciento se conserva en el ciclo hidrológico de la tierra (evaporización, etc.), un 0.2 por ciento se consume al ponerse en movimiento el mecanismo de circulación de la atmósfera, y los mares. Alrededor de un 0.2 por ciento sirve al desarrollo del proceso de la fotosíntesis en los vegetales, merced al cual reina la vida en la Tierra.¹⁸

Tanto los hombres como los animales se alimentan de energía solar almacenada.

El Sol es también el principal factor de existencia de los yacimientos de recursos energéticos en la Tierra.

Los rayos del Sol contienen energía radiante, que se transforma en luz o calor; la radiación es una vibración electromagnética, y proviene de reacciones nucleares en la estrella solar.¹⁹

Según los científicos la más efectiva utilización de la energía solar en la tierra puede realizarse en la práctica dentro de los marcos de 30° de latitud Norte y Sur.

Manifestaciones directas de la energía solar en forma de rayos directos o radiación difusa, pueden ser utilizadas para producir calor (efecto térmico), energía luminosa (efecto fotovoltaico) o formas secundarias de energía como electricidad o combustibles sintéticos. Manifestaciones indirectas de la energía solar, como aparecen en el viento, en las olas, en

¹⁸ Woodwell, G. M. 1970, *The Energy Cycle of the Biosphere*. Scientific American. EE. UU.

¹⁹ Simmons, L. Andrew, 1975. *Energy Resources*. Pergamon Press. London.

los gradientes térmicos oceánicos, fotosíntesis y caídas de agua, pueden ser también muy eficientes.

IRRADIACION PORCENTUAL TOTAL

	<i>KWh/M2/día</i>	<i>W/M2/promedio</i>
Desiertos tropicales	5-6	210-250
Zonas templadas	3-5	130-210
Norte de Europa	2-3	80-130

A corta escala, muchos usos prácticos pueden ser hechos: calentamiento de agua y los interiores de las casas en lugares fríos; para cocinar, aseos, secado de cosechas, secado de madera, desalinización y agua potable.

La posibilidad de proveer energía a gran escala es un orden diferente. La eficiencia de conversión es muy baja y se necesitan largas extensiones kilométricas para su recolección y buenas condiciones climatológicas.²⁰

Los principios de operación de los sistemas térmico y fotovoltaico se reducen así:

El efecto térmico se basa en que todo objeto expuesto al sol se calienta por una transferencia de calor. A partir de la diferencia de temperatura entre ese objeto y el ambiente, bajo ciertas características, se puede obtener una energía aprovechable.

El efecto fotovoltaico funciona de la siguiente manera: La luz solar, al incidir en determinados elementos (semiconductores) genera energía eléctrica.

Para producción de electricidad por el sistema térmico, primero la energía calorífica se transforma en energía mecánica para accionar generadores de energía.

En cambio la célula fotovoltaica, genera electricidad directamente al recibir los rayos solares. No tiene partes móviles, no consume combustible y no produce contaminación. La energía puede ser almacenada domésticamente en baterías y usada después cuando se necesite.

En México se han instalado plantas del tipo térmico en varios lugares, destacando Gedral, SLP; Todos los Santos, B. C. S. y San Luis de la Paz, Guanajuato, en donde se instaló la primer planta solar de turbina del mundo.

²⁰ Una planta de 1,000 MW, requeriría un insumo de 10,000 MW, el área necesaria para colectar esta cantidad de energía solar (500 Cal./CM²/día) sería 42 Km². Hubbert M. King. 1969. Energy Resources. NAS/NRC.

Otras aplicaciones de la Energía Solar son la producción de hidrógeno (a partir del H₂O) y la instalación de centrales de comunicaciones autoabastecidas.

Como inconvenientes de la Energía Solar, podemos decir, que su energía es difusa; la radiación varía de día y de noche, por estaciones y por el estado del tiempo; y hay además problemas de almacenaje y transmisión.

Uno de los principales obstáculos que se encuentra la tecnología solar, es la falta de un mercado lo suficientemente extenso para desarrollarla.

Puede suponerse que la ciencia mundial llevará a cabo denodados esfuerzos encaminados a la búsqueda de toda posibilidad de utilización de energía solar, puesto que ella posee ventajas evidentes indiscutibles en comparación con todos los demás tipos de fuentes energéticas.

BIOGAS

El gas Metano, es un biogas que para producirlo interviene una bacteria anaeróbica que digiere desechos humanos y animales y otros desperdicios orgánicos. Es el equivalente biológico del gas natural.

Su aplicación es a corta escala: De uso doméstico. Se utiliza para el alumbrado y la cocina.

En China hay 500,000 plantas y en India y Corea del Sur más de 100,000 en cada lugar, además hay programas nacionales similares en Paquistán, Kenia y Tailandia.²¹

BIOMASA

Ultimamente se ha reconsiderado el potencial energético de la madera, caña de azúcar, algas, cereales y otros vegetales.

La incertidumbre principal acerca de la energía de biomasa radica en la amplitud de los recursos de que se dispone o de que se podría disponer.

El 15% del consumo de energía mundial lo comprende la leña, siendo la mitad de la producción mundial de madera usada directamente como combustible en los países en desarrollo.

²¹ Tillman, A. F. David. 1978. *Wood as an Energy Resource*. Academic Press. New York.

Es imprescindible recolectar más datos e investigar la cuestión, porque si bien el uso de la energía comercial tiende a crecer como efecto del desarrollo y la industrialización, gran parte de la población rural seguirá utilizando energías no convencionales.

Se dice que en las áreas rurales se debería hablar de una crisis de leña, en lugar de una de petróleo. En efecto, sobre demandas de la población en este recurso natural han causado el fenómeno llamado desertificación, del que tan poco se conoce estadísticamente.

La escasez de árboles para leña presiona también la disponibilidad de los elementos orgánicos usados como fertilizantes. Esto sucede principalmente en las cercanías de áreas densamente pobladas.

La madera y los desperdicios secos de las cosechas poseen un contenido de energía de 3.5 y 4.5 millones de kilocalorías por tonelada, que salvo por algunas dificultades de manipulación, es tan fácil de quemar o gasificar como el carbón.

La madera puede ser utilizada para satisfacer más de un solo propósito: por ejemplo en co-combustión, la madera es combinada con carbón o con algún desperdicio urbano o industrial.

Las ventajas técnicas de esta mezcla son varias. Se provee de una flama de temperatura más alta, se combate la humedad cuando se combina con desechos y provee un mecanismo para manejar variaciones en el volumen del desecho quemado.

El otro camino son los sistemas de *co-generación*, en el cual la madera es usada para generar electricidad y vapor o calor.

La madera puede ser convertida a formas más manejables por pirólisis, gasificación, hidrogenación, hidrólisis enzimática más fermentación y la digestión anaeróbica.

Hay competencia por los terrenos ocupados por bosques para satisfacer demandas de vivienda, recreación (no incompatible), transporte, alimentación, fibras y finalmente madera para construcción y para fabricar papel.

Su cultivo puede ser en el terreno accidentado de la montaña; combatiendo la erosión, inundaciones y sequedad del clima.²²

En México tenemos enormes posibilidades para su explotación, ya que contamos con 137,459.837 hectáreas de bosques.²³

²² Un bosque cultivado puede rendir 5 veces más energía que un bosque natural. World Development Report. 1979. World Bank.

²³ Manual de Estadísticas Básicas. Sector Agropecuario y Forestal, 1977, S.P.P.

La leña tiene muy bajo contenido de sulfuro y despidе mínimas cantidades de ceniza a la atmósfera.²⁴ De ahí la enorme ventaja de su mezcla con el carbón.

La ceniza puede ser reciclada como fertilizante de primer orden (nitrógeno, fósforo y potasio).

La leña es opción económica, siempre que su transportación no pase de 80 a 150 Km² normalmente.²⁵ Esto debido a que su contenido de energía es menos concentrado que los combustibles fósiles, por lo que es en mucho limitada a mercados regionales.

Se tiene que investigar la selección de especies de árboles, por su rapidez de crecimiento y contenido calorífico al quemarse, y también la mezcla simbiótica con especies menores que contengan bacterias que fijan nitrógeno, para no decrecer la capacidad nutricional del suelo, así como superficies promedio para satisfacer las necesidades de una familia.

En algunos países la madera como fuente de energía es muy importante, por ejemplo en Finlandia comprende el 15% y en Suecia el 8% de la oferta total.

Hay otros recursos de biomasa que valdría la pena recorrer rápidamente.

Puede haber una producción amplia de alcohol industrial (Etílico) fermentado (sustitutivo del Etileno) a partir de caña de azúcar, sorgo azucarado y el propio maíz. Resalta la conocida incursión del Brasil para cambiar alcohol de caña por gasolina en su sistema de transporte.

Otros medios de conversión son los desechos orgánicos para producir metano y el cultivo de Heno y Girasol para ser utilizados directamente como combustible.

Recursos adicionales son las plantas acuáticas, singularmente el cultivo de las algas verde-azuladas en aguas cloacales (se obtienen de 39 a 79 toneladas por hectárea al año). Estas, al igual que el lirio acuático, han sido propuestos como materia prima para la producción de metano.

Energía Eólica

Hasta que fue desplazada por la máquina de vapor, la energía eólica fue usada en gran escala con propósitos comerciales y agrícolas en algunos lugares del mundo.

²⁴ Tillman, A. D. 1978, *Wood As an Energy Resource*. Academic Press. E.E.U.U.

²⁵ *Idem*.

La Energía Eólica es un resultado climatológico por efectos solares; es recomendable para uso local, para un propósito particular, pero no factible para producción de energía a escala industrial. Son muy señalados los lugares con vientos fuertes y constantes.

Sus usos actuales son bombear agua con molinos, y producir electricidad con turbinas. Al producir electricidad directamente, se carece de la capacidad de almacenar para cubrir fluctuaciones en la demanda. Eficiencias en la conversión pueden ser de la escala de 20 a 40%.

Consideraciones económicas, parecen limitar el uso de los generadores de viento en localidades con velocidades de viento de 5 m/s. En adición a factores como las variaciones del viento estacionales o diurnas, la accesibilidad al sitio, los problemas asociados con la interconexión con el usuario son algunos de los puntos que deben ser evaluados, antes de hacer alguna predicción con sentido acerca del papel futuro de la energía eólica.

Energía Maremotriz

Es el producto combinado de energía potencial y cinética del sistema sol-luna-tierra.

La energía mecánica de las mareas puede ser convertida en electricidad una vez captada.

En cambio su principio es semejante al de hidroelectricidad. Durante el flujo se llena un embalse, éste se cierra al empezar el reflujó a fin de crear una diferencia de nivel. Cuando el agua se deja caer hacia el pie de la presa, donde están instaladas unas compuertas y su maquinaria, el agua mueve una turbina. Esta arrastra a su vez un generador que produce electricidad. En nuestros tiempos hay dos estaciones que operan comercialmente la energía de las mareas, una es en La Rance, en Francia y la otra es una unidad pequeña de experimentación en Kislaya Inlet, en la URSS.²⁶ A pesar de las discusiones sobre las perspectivas de utilización de la energía de las mareas, que se han extendido desde hace mucho tiempo, la base total de recursos es muy pequeña. Ha sido estimado que no más de 25 localidades en todo el mundo tienen las condiciones necesarias de amplitud de mareas y topografía costera.

²⁶ Las capacidades de generación de energía eléctrica de esas dos plantas son:

LA RANCE (Francia) 350 Mw

KINSLAYA (URSS) 2.3 Mw

FUENTE: World Energy Resources 1985-2020 (1978), IPC Science and Technology Press.

Energía de las Olas

Tentativas históricas para explotar la energía de las olas para propósitos humanos, han sido muy pocas, a pesar de la gran experiencia humana con las olas oceánicas en el decurso de los milenios. La energía de las olas deriva de la energía del viento, la que a su vez deriva de la energía solar. Por comparación con la energía solar, sin embargo, la cantidad de energía almacenada en las olas no es muy grande y se ha estimado que representa alrededor de 2.7 TW mundialmente.

El reto de la ingeniería es encontrar un camino de costo efectivo para convertir una fracción de la gran cantidad de energía contenida en el movimiento de las olas a una forma mecánica hidráulica o neumática que pueda ser usada para generar cantidades sustanciales de energía eléctrica, bajo las condiciones inhospitalarias que existen en el mar abierto.

Han sido propuestos muchos mecanismos, algunos de los cuales están siendo investigados. Por ejemplo, las olas pueden comprimir aire en el techo de un tanque flotante hasta una presión suficiente para echar a andar una turbina neumática. Las olas pasando por una pipa equipada con una válvula puede alcanzar el nivel del agua de la pipa, tantas veces hasta llegar a hacer funcionar una hidroturbina convencional. Otra clase de mecanismo empleado, son dos flotadores con diferentes características de respuestas dinámicas. El movimiento diferencial se usa para operar una bomba o una máquina mecánica.

Las aplicaciones de la energía de las olas en todo el mundo, será limitada siempre por factores geográficos y la economía del transporte de su energía y distribución a grandes distancias.

Gradiente térmico de los Océanos

Las centrales basadas en el gradiente térmico de los océanos, que aprovecharían las diferencias de temperatura del agua de los océanos, sigue siendo una idea de mesa de trabajo todavía, que en mucho tiene solamente un interés académico.

Esto, no obstante que las tentativas para explotar esta energía datan de 50 años atrás.

Es importante considerar de manera global a esta energía. La tierra está cubierta en un 70% por agua, misma que el sol calienta continuamente por lo que sus posibilidades aparecen enormes. El principio de la captación del calor almacenado en el agua del mar y su conversión en energía aprovechable, cuando se dispone de dos depósitos de calor a

diferentes temperaturas. Esta diferencia se encuentra en el mar entre las aguas superficiales calentadas por el sol y las profundidades frías. El sistema funciona así: el agua caliente de la superficie entra en un recipiente de baja presión donde se crea un vacío con una bomba neumática, con lo que parte del agua caliente se convierte en vapor. El vapor así producido es "aspirado" por un condensador refrigerado con agua fría elevada de una capa profunda. En su trayecto, el vapor mueve una turbina a una presión extremadamente baja, y ésta a su vez arrastra un generador eléctrico.

Se está estableciendo la primera planta piloto para operar en breve cerca de la costa de Hawái, con una potencia de 50 KW.

Entre los principales problemas de esta fuente es llevar la energía a tierra, que no siempre estará a cortas distancias.

Como experimentos de laboratorio destacan el proceso de producción de energía llamado Dinámica de Electro Gas y la obtención, por múltiples caminos, del Hidrógeno.

Dinámica de Electro Gas

Está actualmente en estado experimental. Por este medio se convierte energía directamente en electricidad, con un alto grado de eficiencia. Además los gases que exhala son más benevolentes que los de las máquinas de combustión interna. Su principio consiste en intercambiar partículas cargadas a través de un campo eléctrico en una corriente de gas.²⁷

Hidrógeno

Un muy útil desarrollo pudiera ser la aplicación directa de la energía nuclear para producir gas hidrógeno.

La materia prima es agua, que también es el principal producto de combustión.

El hidrógeno puede ser transmitido por gaseoductos y almacenado hasta que se requiera. Una sustancial ventaja es que podría utilizarse en sistemas de autotransporte.

Sin embargo, su capacidad térmica es menor que la del gas natural, tiene problemas al incendiarse por ciertas mezclas con el aire y la electricidad estática, y es voluminoso.

²⁷ Musgrove, P. J. and Wilson, A. D., 1970. *Power Without Pollution*. New Scientist, 45. Inglaterra.

ENERGIA NUCLEAR

La energía nuclear, que es viable y competitiva comercialmente, puede hacer una significativa contribución al abastecimiento de la energía mundial. Al presente, esta contribución está representada, de forma más conveniente, como energía eléctrica.

La energía nuclear suministra actualmente cerca del 4% de las necesidades mundiales de electricidad, siendo generada en su mayor parte en los países industrializados.

Todas las plantas nucleoelectricas que se ofrecen comercialmente ofrecen como ventaja el bajo costo del kilowatt-hora generado por plantas nucleares, comparado con el generado por petroelectricas o carbóelectricas.

La característica más llamativa de la Energía Nuclear es su densidad energética. Las nuevas tecnologías han hecho posible recoger cantidades cada vez más grandes de energía con menos cantidad de trabajo.

La energía nuclear tiene su fuente en los núcleos de los átomos; su liberación se puede provocar en el laboratorio con el núcleo de un solo átomo. Pero la energía nuclear, como la conocemos, es la suma de las energías de un número enorme de núcleos que se rompen o que se fusionan.

Esta energía nace, desgraciadamente, para ser utilizada con fines bélicos. Después de 1954 comienza también a aplicarse para el progreso del hombre.

Dentro de la era nuclear, debemos hacer para efectos de presentación esta división: la sub-era de la fusión, susceptible de ser identificada con la bomba atómica y la sub-era de la fusión coincidente con la bomba de hidrógeno.

Cuando núcleos pesados son fraccionados formando nuevos átomos, nosotros hablamos de fusión nuclear. La fusión, al igual que una reacción química, libera energía térmica.

Fusión es otra manera de producir energía atómica, combinando dos átomos ligeros juntos, resulta un átomo nuevo más pesado. En el proceso, energía es liberada en la forma de energía térmica también, como veremos después.

La sub-era de la fusión tiene dos momentos: el de los reactores de primera generación, que alimentamos con uranio o torio y cuya resultante es, entre otras, la producción de plutonio; y el momento de los reactores de segunda generación, llamados reactores de cría o "breeders", que son alimentados con plutonio.

La fusión se realiza, para simplificarla, en reactores de sistemas: un sistema llamado de uranio enriquecido, el cual es moderado con agua ordinaria; y el sistema de uranio natural, moderado con agua pesada.

Así, por medio de reactores, el hombre ha resuelto el problema de transformar la materia en energía. Los átomos, al perder masa transforman materia en energía; esta energía genera calor; el calor, a su vez, produce vapor de agua, y a partir de este momento, una planta nucleoelectrónica, se identifica plenamente con las plantas petroeléctrica y carbóelectrica. Es decir, después de la producción de vapor, éste mueve turbinas, las que accionan los generadores de electricidad.

Los países que utilizan uranio enriquecido son los de Europa Occidental, Estados Unidos de América, Japón; los países socialistas, principalmente Rusia y China; Australia, Israel, Sudáfrica, México y Brasil entre otros.

Los países que usan uranio natural, moderado por agua pesada, son Canadá, India, Argentina y Paquistán.

Hay que considerar significativamente la existencia de los reactores de cría o "breeders" que han sido diseñados para producir energía eléctrica y, al mismo tiempo, producir más material fusionable del que consumen.

De este modo nos ofrecen la posibilidad de prolongar la duración de nuestras reservas de uranio durante siglos. Por ejemplo, un reactor LMFBR de 1,000 MW requeriría al año una tonelada de uranio, frente a las 120 toneladas que se necesitarían anualmente en un reactor de agua ligera de la misma potencia ó a los 2 millones de toneladas de combustibles necesarios para una central de carbón de la misma potencia.

La energía nuclear hoy es una alternativa para México. Existe una ley de la técnica energética que dice: La energía es tanto más barata mientras más concentrada está, y aunque este factor, de densidad energética, no es el único que debe tomarse en cuenta, es un factor importante, que la energía nuclear —por su altísima concentración de energía— satisface.

México, en la década de los cincuentas, se incorporó a las naciones que estudian y desarrollan la energía atómica y nace por decreto presidencial del 19 de diciembre de 1955, la entonces Comisión Nacional de Energía Nuclear, que en 1972 se transformó en el Instituto Nacional de Energía Nuclear. En 1979 la ley reglamentaria del artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear, integra por primera vez en la historia de México, un aparato de desarrollo nuclear especializado por campos de actividad.

Para generar energía eléctrica está siendo construida una central en Laguna Verde, Ver., compuesta de dos unidades, se señala como fecha de operación comercial de la Unidad 1 de Laguna Verde mayo de 1982, y mayo de 1983 para la Unidad 2.

La capacidad de cada una de las unidades es de 653,000 Kw, lo que hace un total para la planta de 1,306.000 Kw, que constituiría aproximadamente el 8 por ciento de toda la capacidad instalada en el país en 1983.

Para diseñar un programa nucleoelectrico nacional, cuya relevancia está fuera de discusión, se necesita determinar número y tipo de reactores al año 2000 cuando menos; su capacidad eléctrica y calendario de utilización, así como los recursos humanos y técnicos necesarios para su realización exitosa.

Fusión Nuclear

La fusión promete hoy, el panorama futuro más importante y halagüeño a cuya búsqueda el hombre se haya entregado. A pesar de que un gran número de problemas complejos, científicos y técnicos deben ser resueltos antes que esta llegue a ser una realidad práctica, la producción de energía por la fusión, promete un número de rasgos muy atractivos.

El abastecimiento de combustible es virtualmente inacabable, distribuido ampliamente y fácilmente aprovechable a muy bajo costo. El costo del combustible no juega virtualmente ningún papel para la determinación de las ventajas económicas de la energía de fusión. Esto porque la materia prima que utiliza son el hidrógeno pesado y el litio que son sustancias que existen en la tierra en cantidades muy grandes y garantizan la posibilidad de tener energía en tiempos muy largos. No sólo decenas ni centenas, sino millares de años.

Los principales obstáculos para el desarrollo de esta fuente los encontramos en el campo físico y en el de ingeniería.

En la fusión, la temperatura requerida para la ignición y la cantidad de energía liberada por evento, son muchísimo más grandes que los necesarios para la fusión. De hecho, las altas temperaturas requeridas para las reacciones de fusión, aproximadamente 100 por 10⁶⁰ C para la más fácil combinación de combustible, presentan algunos de los mayores problemas asociados con un reactor práctico.

Primero, varios medios tienen que desarrollarse para calentar los combustibles que a temperaturas relevantes son gases altamente ioniza-

dos. Después, otros medios deben encontrarse, para mantener el núcleo del combustible altamente energético, a la suficiente alta densidad y por el suficiente largo tiempo, para que un número significativo de reacciones tenga lugar.

Los retos de ingeniería que se presentan, incluyen el desarrollo de materiales para soportar el hostil ambiente del núcleo de fusión, de diseños apropiados, de cubiertas, de sistemas para prever cualquier riesgo potencial a la salud humana o al medio ambiente y de componentes de ingeniería necesarios para el calentamiento del plasma, el confinamiento y la conversión de energía. Estos colectivamente pueden representar un reto igual o quizá más grande a aquéllos involucrados en resolver los problemas físicos y básicos asociados con la fusión.

Muy recientemente, en Princeton, EE. UU., los científicos obtuvieron la temperatura sin precedente de más de 60 millones de grados centígrados durante 50 milisegundos en un reactor experimental.

Presuponiéndose que esto puede conducir a la construcción del primer reactor de modelo práctico y funcional a nivel comercial, a más tardar para 1995.

La fusión ofrece el potencial del sistema de suplemento de energía eléctrica, muy similar a las unidades de generación central usadas ahora en los países industrializados y, en principio, pudiera usarse también con la infraestructura ya existente.

Pueden resultar ventajas adicionales del hecho de que los riesgos de radiación asociados con la fusión, son de una naturaleza diferente, y de otra severidad, de aquellos asociados con los reactores nucleares convencionales o por los propuestos reactores de cría de fusión.

En México la existencia de un grupo de investigación y desarrollo dedicado a la fusión nuclear controlada, tiene ya poco más de 15 años de estar activo.

Uno de los aspectos más importantes del debate energético es el agotamiento inevitable de los combustibles del tipo del petróleo y el uranio, puesto que las cantidades de estos materiales que existen en el planeta son finitas y su uso intensivo y sistemático necesariamente conducirá a dicho agotamiento, más tarde o más temprano. Lo que le da más fuerza a la continuación de la investigación en el campo de la fusión.

Energía Nuclear, aplicaciones y problemas

Hoy la Energía Nuclear no obstante su temprano desarrollo, sirve en un 90% al hombre para producir electricidad; y el otro 10% accele-

radamente abre perspectivas en el campo de la alimentación humana por ejemplo en la esterilización de insectos, materiales y productos; haciendo que los desperdicios de celulosa sean digestivos para rumiantes; para la preservación de comida, y la desinfectación de semillas; en la industria, en la que usándose en forma de gammagrafía conocemos: aleación y fatiga de metales, comportamiento en costuras de tubos, etc.; en el campo de la medicina nuclear, apunta a desplazar todas las técnicas de diagnóstico, de tratamiento de enfermedades, frente a las cuales, la medicina tradicional se ve imposibilitada u obsoleta; sus aplicaciones son importantes en la genética, tanto en el campo vegetal, como en el animal. En la hidrología es eficaz instrumento para localización de corrientes subterráneas, en búsqueda de aguas dulces, en la modificación de geografías, como podría ser la apertura de canales continentales o la construcción de presas, sirviéndose de las llamadas bombas atómicas limpias.

En materia de Energía Nuclear, se debe continuar la investigación sobre problemas especiales asociados con el desarrollo de energía atómica, y particularmente con los riesgos de radiación; la seguridad, las descargas termales, los desechos radiactivos, el reprocesamiento del combustible nuclear, y el transporte de materiales nucleares.

Quizás su problema más grave es el de depósito seguro de los residuos radiactivos. Esto es exacerbado por el hecho de que por ahora en el mundo no hay muchas centrales atómicas, pero cuando éstas abunden, el entierro de los residuos se agravará bruscamente.

Otras desventajas de la energía nuclear, que debemos notar son que produce electricidad y que esta no puede ser almacenada. Puede solucionar el movimiento terrestre de personas y cosas por transportación eléctrica, pero no el transporte aéreo. En algunos casos, aumenta la dependencia externa por el equipo y la técnica tan sofisticados, y en algunos casos por el enriquecimiento del combustible. Demanda muy alta inversión con un mínimo de creación de empleos; y que, pocos países en vías de desarrollo podrán alcanzar su costo y sus requerimientos asociados de técnicas, administradores e instituciones.

Uranio y Torio

El Uranio es un elemento que ha puesto a disposición del hombre una vasta fuente energética, en la producción de energía nuclear por fusión. Desde hace cuatro décadas, los minerales de uranio han adquirido una importancia económica y estratégica que crece día a día y que es

vital para el futuro inmediato. Desde 1972 el precio de este elemento se ha incrementado en más del 500%.

La historia de la industria del uranio es relativamente corta comparada con la del carbón o la de los hidrocarburos, sumándole menos de 30 años. El crecimiento espectacular inicial de la industria en los 1950's fue en respuesta a una aparente demanda ilimitada con propósitos de defensa; a ésta, siguió abruptamente un período de rápida declinación. La promesa de una demanda para propósitos de energía nuclear fue muy lenta para materializarse y la industria sufrió por varios años debido a los inventarios saturados y el exceso de capacidad. No fue sino hasta después de la crisis del petróleo de 1973-1974 en que la industria pudo mirar hacia un futuro más tangible y recobrar su momento de progreso que había logrado muy anteriormente.

Durante la diferenciación geológica original de la tierra, los materiales que la constituyen tendieron a segregarse de acuerdo con sus diferentes naturalezas geológicas.

La presencia de concentraciones de uranio están ligadas con los mecanismos o procesos activos de la corteza terrestre. Por su categoría, el uranio es un elemento litófilo, un elemento de la corteza.

En geología del uranio, existe la tesis de que éste se presenta en el mundo de dos maneras diferentes: en formaciones sedimentarias y en rocas ígneas ácidas. El 90% del uranio encontrado hasta hoy, está en formaciones sedimentarias y sólo el 10% en rocas ígneas. México cuenta la mayoría de sus yacimientos en reolitas, que son rocas ígneas, es decir, estamos en el uranio de excepción, y esto se observa con gran optimismo a lo largo de la Sierra Madre Occidental.

Cerca del 60% de los recursos razonablemente asegurados del mundo ocurren en EE. UU., Canadá y África, al sur del Sahara, generalmente en depósitos del tipo de areniscas, conglomerados de guijarros de cuarzo y depósitos relacionados y venas. Es pertinente notar, que cerca del 77% del total calculado en Europa Occidental, está contenido en arenas de aluminio en Suecia. El volumen de los restantes recursos mundiales razonablemente asegurados están en venas y depósitos en Australia.

La producción actual mundial es alrededor de 23,000 toneladas de uranio al año, comparada con el año pico industrial en 1959 en que la producción en total fue de 34,000 toneladas. La industria uranífera hasta 1976, produjo 470,000 toneladas de uranio y más o menos el 68% provino de EE. UU. y Canadá. El volumen de la producción restante, fue de África, al sur del Sahara.

La meta de producción mínima de Uranio en México es la de obtener para fines de 1982, las primeras 250 toneladas de uranio mexicano y garantizar así las recargas que alimentarán los reactores de la Planta Nucleoeléctrica de Laguna Verde, Ver.

RESERVAS URANIFERAS EN MEXICO

		<i>Ton. U₃O₈</i>
Chihuahua	Reservas in-situ	3 991
Nuevo León-Tamaulipas (Reynosa)	" "	2 883
Sonora	" "	1 103
Durango-Coahuila (Torreón)	" "	615
Otras reservas:		
Reservas en Jales-Chihuahua		18
Reservas en Patio Durango-Coahuila (Torreón)		3
	-Chihuahua	4 7
Reservas envasadas-Chihuahua		47
		8 664

El Torio va teniendo un papel cada vez más importante, si bien subordinado al del Uranio.

Los recursos mundiales de torio razonablemente recuperables se estiman actualmente en 630,000 toneladas; casi 50% de ese total está contenido en la monacita, en los depósitos de minerales pesados en arena de mar en la India.

La mayor parte del resto de los recursos se encuentra en depósitos de arena de mar, principalmente en Australia, Brasil, Malasia y EE.UU.

PLANTAS NUCLEARES EN EL MUNDO.

<i>Condiciones</i> <i>PAISES</i>	<i>En Operación</i>		<i>En Construcción</i>		<i>Ordenados</i>	
	<i>No.</i>	<i>MWe</i>	<i>No.</i>	<i>MWe</i>	<i>No.</i>	<i>MWe</i>
Alemania Fed.	12	8 205	10	9 376	6	8 157
Alemania Dem.	4	1 390	3	1 320	-	-
Argentina	1	335	1	600	-	-
Austria	-	-	1	692	-	-
Bélgica	3	1 650	4	3 800	-	-
Brasil	-	-	2	1 871	1	1 245
Bulgaria	2	880	2	880	-	-
Canadá	10	5 436	10	6 358	4	3 524

<i>Condiciones</i> <i>PAISES</i>	<i>En Operación</i>		<i>En Construcción</i>		<i>Ordenados</i>	
	<i>No.</i>	<i>MWe</i>	<i>No.</i>	<i>MWe</i>	<i>No.</i>	<i>MWe</i>
Checoslovaquia	2	550	3	1 320	-	-
Corea	1	564	4	3 034	-	-
Egipto	-	-	-	-	1	622
España	3	1 073	8	7 332	5	4 917
Estados Unidos	69	50 291	89	99 467	36	40 763
Filipinas	-	-	1	620	1	620
Finlandia	2	1 080	2	1 080	-	-
Francia	14	6 438	29	27 050	8	9 440
Holanda	2	493	-	-	-	-
Hungría	-	-	4	1 760	-	-
India	3	602	5	1 082	-	-
Inglaterra	33	8 080	6	3 700	-	-
Irán	-	-	2	2 400	-	-
Irak	-	-	-	-	1	900
Italia	4	1 387	3	2 004	2	1 904
Japón	20	12 333	9	7 803	1	300
Libia	-	-	-	-	1	300
Luxemburgo	-	-	-	-	1	1 250
MEXICO	-	-	2	1 308	-	-
Pakistán	1	125	-	-	-	-
Polonia	-	-	-	-	2	880
Rumania	-	-	-	-	2	1 040
Rusia	25	11 475	16	13 320	-	-
Sudáfrica	-	-	2	1 844	-	-
Suecia	6	3 700	5	4 650	1	1 060
Suiza	3	1 020	2	1 862	2	1 065
Taiwán	1	604	5	4 320	-	-
Turquía	-	-	-	-	1	440
Yugoslavia	-	-	1	615	-	-
Totales	221	117 711	231	211 468	76	78 427

Principales
Tipos de Reactores

PWR	84	57 084	144	134 926	55	58 630
PWR	54	33 660	51	53 356	14	15 371
GCR	40	8 890	-	-	-	-
PHWR	13	5 940	17	8 667	5	4 124

FUENTE: Nuclear News, Vol. 22, No. 1 agosto de 1979.

Veamos ahora brevemente la conservación de la Energía, sus problemas de contaminación y sus implicaciones en la producción de alimentos.

6. CONSERVACION

La *Conservación*, es para nosotros también una nueva fuente de energía.

La conservación de energía no significa desprenderse de ciertos servicios vitales, sino cortar el desperdicio.

A veces un peso invertido en conservación de energía, deja más energía neta disponible, que un peso gastado en labores de explotación.

La energía se ahorra, no solamente aplicando medidas para aumentar la eficiencia de los procesos en que ésta interviene, sino también seleccionando mejores objetivos para su utilización.

Debemos, por tanto, tender a utilizar la energía en requerimientos reales de desarrollo, y no gastarla en consumos innecesarios.

Si bien en lo sustancial las medidas de conservación le corresponden más a los países desarrollados, a escala nacional no hay razones por las cuales no se tomen paulatinamente medidas para evitar el desperdicio de la energía.

Esto cobra mayor fuerza cuando se está en un mundo sediento de energéticos y que se quiere actuar responsable y solidariamente.

Los sectores clave para concentrar esfuerzos parecen ser el industrial y el de transporte; aunque no se debe despreciar el ahorro proveniente de los sectores residencial y comercial.

Algunas medidas generales para la conservación de energía, podrían ser:

Mejorar el índice de eficiencia en la producción y conservación de energéticos.

Dar aliento al transporte urbano e interurbano colectivo.

Crear los lugares de trabajo donde el personal viva.

Diseño de bienes con más amplia vida y hechos para reuso y múltiple uso, con lo que se utilizará menos energía y recursos.

Uso de basura y desperdicios como medios para crear energía.

Diseñar un múltiple aprovechamiento del calor y la potencia en las fábricas (cogeneración).

Evaluar sistemáticamente las tecnologías existentes y desarrollar otras nuevas.

Diseñar sistemas norte-sur en el golfo y el pacífico para acarrear por agua bienes y personas, entre los puntos costeros.

Mejorar la calidad de vida de las ciudades grandes. Si éstas son más agradables, la gente no tratará sistemáticamente de escapar de ellas.

7. PRODUCCION DE ALIMENTOS

Los hidrocarburos forman hoy una parte vital en nuestro sistema de alimentación (cadena alimenticia), de ahí la relevancia de su previsible agotamiento.

El crecimiento de la producción agrícola ha estado dependiendo continuamente sobre el progresivo aumento de insumos de combustibles fósiles para maquinaria, fertilizantes y productos agroquímicos, además de la energía gastada hacia "atrás" y hacia "adelante" del campo del cultivo, en procesamientos, almacenaje, refrigeración, transportación y empaque.

Se ha probado que en la agricultura altamente modernizada, nosotros hemos gastado al final del día el doble de energía (calorías) cuando menos, de lo que la pieza de pan obtenida representa.²⁸

Es muy necesario mejorar la eficiencia con que la agricultura convierte los combustibles fósiles en alimento, también investigar más sobre sistemas de una relativa alta producción por unidad de área, que envuelva reciclamiento de desperdicios, fijación de nutrientes, rotaciones y genotipos que rindan adecuadamente con menos que una óptima fertilidad del suelo, para economizar fertilizantes; así como el uso de sistemas integrados de control de plagas, hierbas y enfermedades, para reducir insumos químicos. De esta manera obtendremos el más alto rendimiento natural autosostenible y, por lo tanto, permanente.

8. CONTAMINACION

La contaminación en los países en desarrollo, tiene una prioridad menor que en los países industrializados.

Esto es debido a que el problema no sólo se mide por la intensidad del fenómeno, sino que también y principalmente por su seriedad relativa al compararlo con otros problemas.

Es así que la solución a la contaminación debe ser *complementaria* y no *a costa* de los esfuerzos para acelerar el desarrollo económico y social.

Una manera para reducir la contaminación sería derivada de la disminución de la producción de energía y del consumo de energía. Sin embargo, esto es improbable e inconveniente. Tenemos que desarrollarnos. Ese es nuestro objetivo al que concurren todas nuestras políticas.

²⁸ Reporte de la F.A.O.

9. OFERTA Y DEMANDA EN MEXICO

Una vez habiendo visto las fuentes actuales y potenciales de energía, veamos cuáles son nuestras necesidades en perspectiva, a fin de evaluar contribuciones individuales.

El consumo anual de energía en México es de 437 millones de barriles de petróleo equivalentes anuales,²⁹ energía que proviene de las diferentes fuentes primarias en la siguiente proporción: 5.1 por ciento del carbón, 65.6 por ciento del petróleo, 19.9 por ciento del gas natural, 9.1 por ciento de la hidroelectricidad y 1.3 por ciento de la geotermia. Se tiene, por tanto, que el 87.5 por ciento de toda la energía consumida en el país proviene de los hidrocarburos.

Es adecuado suponer que el consumo energético crecerá anualmente con una tasa de 7.5 por ciento. En las condiciones supuestas, el consumo global de energía en el año 2000 será de 2,360 millones de barriles anuales de petróleo equivalente, es decir, 5.3 veces más que en 1977.

Se estima^{30, 31, 32, 33} que el potencial hidroeléctrico de México está entre 22 y 25 GW, que podría generar unos 83,000 GWH anuales. Esto significa que para el año 2000 podría quintuplicarse la energía hidroeléctrica que actualmente se obtiene. Sin embargo, esa energía representará solamente un 6.8 por ciento de la demanda.

El carbón, que se ha utilizado casi exclusivamente en la industria siderúrgica y minerometalúrgica, recibirá en los próximos años un fuerte impulso para utilizarlo ampliamente en la generación carboeléctrica. Se estima que de los actuales 30 MW se pasará a una cantidad entre 9 y 10 GW a fin de siglo.^{34, 35} Esta energía carboeléctrica, sumada a la energía del carbón que se estará consumiendo en las industrias siderúrgicas y minerometalúrgicas, representará el 18 por ciento de la demanda total de energía. Conviene señalar que las actuales reservas de carbón son 3,000 millones de toneladas aproximadamente.

²⁹ Energéticos (Boletín de la Comisión de Energéticos) Año 2, No. 2 (febrero, 1978).

³⁰ Análisis de las Opciones Energéticas de México. J. Viqueira. L., UAM, México (abril, 1977).

³¹ Conferencia: El Programa de Desarrollo Eléctrico. CFE, México, 13 de agosto de 1977.

³² Energéticos (Boletín de la Comisión de Energéticos). Año 1, No. 2 (octubre, 1977).

³³ Situación y Perspectivas de los Energéticos en México. Antonio Ponce M.; El Economista Mexicano, Vol. 12, No. 2, p. 36 (marzo-abril, 1978).

^{34, 35} *Idem.*

Con la tecnología actual es sumamente difícil estimar el potencial geotérmico económicamente aprovechable. Sin embargo, se considera factible^{36, 37, 38} que para fines de siglo se puedan instalar entre 4 y 5.5 GW basados en este energético.

Haciendo un balance para el año 2000, tenemos que entre la hidroelectricidad, el carbón y la geotermia, se cubrirá un 28.2 por ciento de la demanda, y el restante, el 71.8 por ciento o sea unos 1,700 millones de barriles anuales de petróleo, deberá cubrirse con hidrocarburos.

Si se dejase que los hidrocarburos cubrieran esa parte de la demanda, resultaría que durante los años que restan del siglo se consumirían 21,500 millones de barriles, sin tomar en cuenta la cantidad que se vaya a exportar. Si la tasa de aumento de la demanda energética se mantuviese en 7.5 por ciento anual, después del año 2000 bastarían otros 20 años para haber consumido 134,000 millones de barriles. O sea: de aquí al año 2020 se necesitaría una cantidad de hidrocarburos que representa casi un 75 por ciento de la cifra de 200,000 millones de barriles que se ha mencionado como reserva potencial, sin considerar las exportaciones, que acortan lógicamente los plazos.

10. CONSIDERACIONES FINALES

Hemos visto que las posibilidades de elección entre fuentes de energía van progresiva, casi infinitamente, extendiéndose.

Podríamos calificar a la crisis actual como una crisis de petróleo, no una crisis de energía, por sus alternativas de sustitución.

De aquí a finales de siglo el petróleo se reemplazará sustancialmente por mayor búsqueda de petróleo. Al mismo tiempo la exploración de sustitutos agotables, junto con la experimentación y perfeccionamiento de nuevas energías irán compitiendo, cabeza con cabeza, por nuevos y crecientes recursos.

Sin embargo, la pintura energética está muy clara: las energías en las que podemos confiar efectivamente sólo contribuyen a nuestras necesidades con una muy pequeña proporción. Mientras que el uso de aquéllas que nos pueden dar amplias sumas de energía, o están aún rodeadas de ciertos riesgos, o de obstáculos técnicos formidables.

Ante la disyuntiva de elección, hemos llegado al tiempo de hacer la pregunta crucial y central. *¿Puede el mundo, y México en particular, satisfacer su demanda futura de energía sin la energía nuclear, con todos los defectos que ésta necesite perfeccionar?*

La respuesta dada en 1980 es no.

Es así que tenemos que considerar que sobre la controversia nuclear algunos dicen que su seguridad no ha sido aún probada, mientras otros dicen que su daño no ha sido aún probado. Ambos grupos tienen razón.

La panorámica se complica más por ciertos factores y su interrelación entre sí. Es imposible predecir cuáles serán los adelantos de la técnica, lo que nos impide ver beneficios y costos de mejoramientos e innovaciones. La energía tiene que disponerse por adelantado y para ello existen tiempos largos de gestación y creación de condiciones específicas para la realización de proyectos.

Además, si bien en mucho la resolución de la problemática está en manos de las ciencias naturales, el campo de su decisión final caerá dentro de las ciencias sociales, que no pueden ser exactas.

Por lo que antes de decidir, antes de planear, mucho antes de ejecutar, tenemos que definir primero *las condiciones bajo las cuales mayor crecimiento económico es deseable*. A veces parece que no hemos en mucho aprendido bien la lección de todos los tiempos: el cambio técnico no es sustituto del cambio político. Es por eso que es falso que con la fusión, como se arguye constantemente, habrá energía y afluencia ¡para todos. ¿Por qué la había de haber entonces, si en la época del petróleo abundante y barato no lo hubo?

Además, hay imprecisión y carencia de información sobre reservas, con antagónicas interpretaciones, optimistas y pesimistas y respectivos pronósticos, basados los más de ellos en alteraciones económicas y políticas.

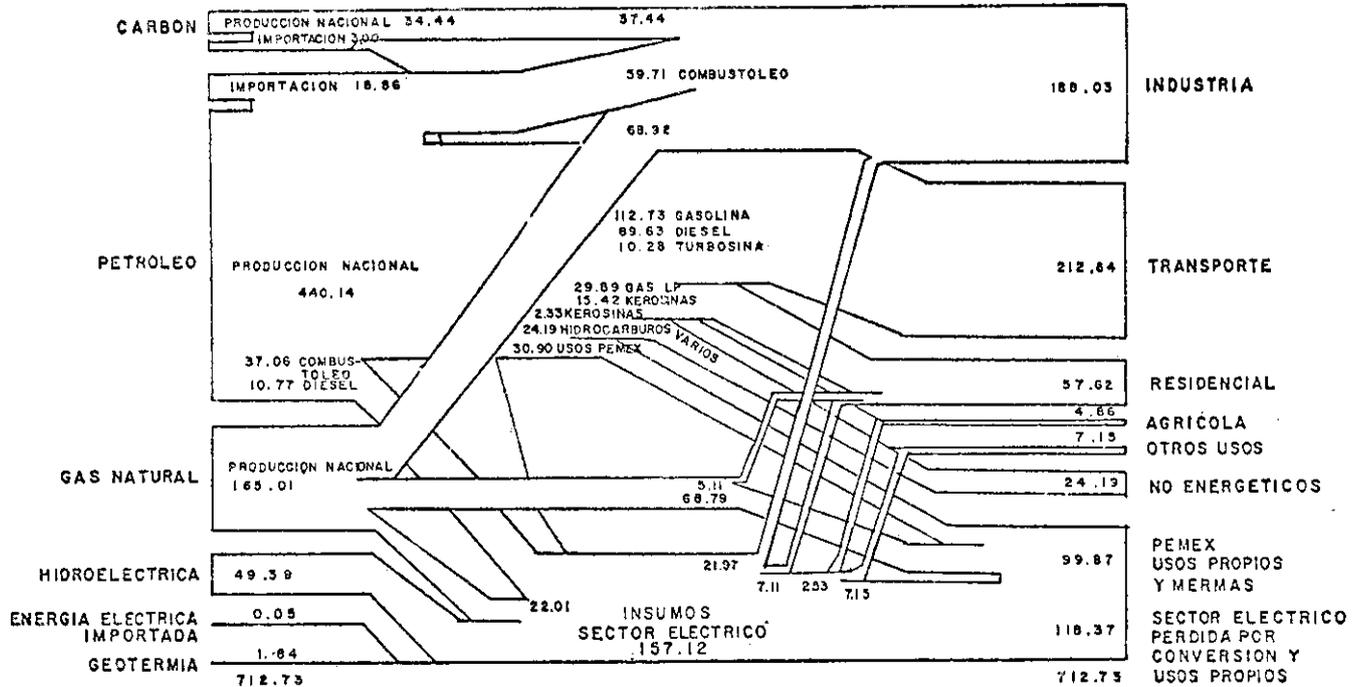
El peso mayor de la argumentación es que lo que está en juego no es paralizar simplemente una actividad económica, sino la economía toda, por lo que necesitamos minimizar el riesgo de nuestra decisión en cuanto a consistencia y oportunidad.

Pensamos que lo más recomendable es lograr una base ancha de fuentes de combustibles, orientados según industria específica, región específica o aplicación específica.

Construida sobre la dispersión de 90,000 comunidades rurales y la sobreconcentración de la ciudad de México, el abastecimiento de energía es de alguna manera como la carpintería. Hay una herramienta apropiada para cada trabajo, y un buen carpintero tiene una diversidad de herramientas, no solamente un martillo.

Nuestra elección no es entre energía "dura" y energía "suave". Nuestra elección es entre qué energías suaves y duras nos convienen más desde un punto de vista económico, político y ecológico. La física

BALANCE ENERGETICO 1978



Cifras en Kcal x 10¹²
 DATOS PRELIMINARES

no puede vencer a la biología o viceversa. No imaginamos una lucha cuerpo a cuerpo más irracional.

Nuestra elección es crear una combinación estable, pero no estática. Tomando en cuenta que debemos planear junto a la naturaleza y no en su contra, junto a los adelantos tecnológicos, y no a sus espaldas.

Tratando de integrar balanceadamente como un sistema los sectores rural-agropecuario y urbano-industrial.

Es darle prioridad al desarrollo de fuentes convencionales como la hidroelectricidad, cuyo aprovechamiento se vio dejado atrás por los bajos precios relativos de los hidrocarburos.

Es explorar seriamente las posibilidades de la biomasa y de su combinación con elementos como el carbón, que reduciría a la mitad los efectos ambientales nocivos de este último.

Es crear alrededor de la Energía Nuclear una serie de soportes energéticos que nos vayan alargando el camino, y no cerrándolo con el muro de la decisión previamente tomada.

Es tomar medidas de conservación, no para producir menos, sino para desperdiciar menos y poder entonces producir más.

Nuestra elección no va del fuego al átomo, ni del petróleo al fuego.

Nuestra elección es restirar nuestras posibilidades suaves de nuevas energías hasta su máximo rendimiento autosostenido, y llenar el espacio sobrante, pero sólo el espacio restante con Energía Nuclear.

B I B L I O G R A F I A

- Academia Mexicana de Ciencias y Tecnología Nucleares y Colegio Nacional de Economistas, 1975. Foro Nuclear Nacional. Memoria. México.
- Blair, J. M., 1977. *The Control of Oil*, The MacMillan Press. London.
- Banco Mundial, 1978-79. Informe Anual.
- Banco Mundial, 1971. *Energía Eléctrica*. Documento de Trabajo sobre el Sector.
- Burton, J., 1974. *Aproximadamente un poco más de una tonelada de roca tiene que ser tratada para producir un barril de petróleo*. Blackie and Son Limited. Inglaterra.
- Bershtein, Henry. 1976. *Underdevelopment and Development*. Penguin.
- Clark, Wilson. 1975. *Energy for Survival*. Anchor Press/Doubleday. Garden City, New York.
- Córdova, Joaquín y otros. 1978. *La Energía Nuclear en México*. México.
- Commission of the European Communities, 1971. *The European Community's Environmental Policy*. Luxemburgo.
- Dasmann F. Raymond. 1974. *Ecological Principles for Economic Development*. Inglaterra.

- Denman, R. Dr., 1972. *Human Environment*. Apuntes de Clase. University of Cambridge, Cambridge, Inglaterra.
- Dryden I.G.C. 1975. *The Efficient Use of Energy*, I.P.C. Inglaterra.
- Energéticos. 1977-1980. *Boletín Informativo del Sector Energético*. SEPAFIN.
- Foley, Gerald. 1976. *The Energy Question*. Pelican, Inglaterra.
- Graef, Carlos, Dr. 1979. *Conferencia*. México.
- Gilbert, A. 1974. *Latin American Development: A Geographical Perspective*. Penguin Books. London.
- Holister, Geoffrey. 1976. *The Environment*. Inglaterra.
- Hubbert M. King. 1971. *The Energy Resources of the Earth*. Scientific American.
- Hayes, Denis. 1976. *Energy: The Case for Conservation*. Worldwatch Paper 4. EE. UU.
- Makhijani, Arjun. 1976. *Energy Policy for the Rural Third World*, International Institute for Environment and Development.
- Makhijani, Arjun. 1975. *Energy and Agriculture in the Third World*. Ballinger. Cambridge. Mass.
- M.I.T. *Energy Global Prospects 1985-2000*. Mc. Graw Hill. U.S.A.
- Musgrove, P. J. and Wilson, A. D. 1970. *Power Without Pollution*. New Scientist, 45. Inglaterra.
- Naciones Unidas. 1964. *Novedades Relativas a las Nuevas Fuentes de Energía*.
- National Academy of Sciences. 1976. *Energy for Development: Renewable Resources and Alternative Technologies for Developing Countries*. Washington, D.C.
- O.E.C.D. 1977. *Energy Production and Environment*. París.
- O.E.C.D. 1976. *Land Use Policies and Agriculture*. París.
- O.E.C.D. 1975. *Energy R and D*.
- Ophuls William. 1977. *Ecology and the Politics of Scarcity*. Inglaterra.
- Payer, Cheryl. 1974. *The Debt Trap: The IMF and the Third World*. Penguin Books. London.
- Riddell, R. B. 1977. *Resources and Ecosystems, Discussion Paper*. Universidad de Cambridge, Inglaterra.
- Simmons, I. G. 1974. *The Ecology of Natural Resources*.
- Simmons, L. Andrew. 1975. *Energy Resources*. Pergamon Prccs. London.
- Smith, Peter J. 1975. *The Politics of Physical Resources*, Penguin.
- S.P.P. 1977. *Manual de Estadísticas Básicas*. Sector Agropecuario y Forestal.
- Tillman A. David. 1978. *Wood as an Energy Resource*. EE. UU.
- Viqueira, L. J. Abril, 1977. *Análisis de las Opciones Energéticas de México*. UNAM, México.