

Política energética de México

LAURA RANDALL

I. LOS PATRONES DE UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA

Durante la mayor parte de la historia de México, la fuerza humana y animal constituyó la principal fuente de energía tanto para el trabajo como para la transportación de personas y productos, en tanto que la generación del calor se llevaba a cabo utilizando madera y carbón. La transformación de la economía en épocas más recientes condujo a un uso limitado de la energía hidráulica y del carbón. Este uso limitado se explica porque México cuenta con menos ríos adecuados para la generación de energía en relación a la mayor parte de las naciones industrializadas, y los abastecimientos de carbón son de baja calidad y de alto costo. Como resultado, la economía mexicana en el siglo veinte ha dependido en gran parte del petróleo y se espera que en el futuro hará uso de la energía atómica y de otras fuentes de energía no tradicionales.¹

Desde 1938 Petróleos Mexicanos (PEMEX)² se ha encargado del desarrollo petrolero de México. Las compañías que no se vieron afectadas por la nacionalización producían menos del 10% del volumen total de petróleo y fueron adquiridas por el gobierno después de la segunda guerra mundial.

El precedente establecido por PEMEX en lo que se refiere a la intervención del gobierno en asuntos de energía fue seguido por la naciona-

¹ Laura Randall, *A Comparative Economic History of Latin America, 1500-1914*, vol. 1 *México* (Ann Arbor, Michigan: University Microfilms International, 1977).

² Frank R. Branderburg, *The Making of Modern Mexico* (Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1964), pp. 272-273; Nacional Financiera, S.A., *Statistics on the Mexican Economy*, (México, D.F., 1977), p. 52; Wendell Gordon, *The Expropriation of Foreign Owned Property in Mexico* (Washington, D.C.: Consejo Americano de Asuntos Públicos, 1941); William D. Metz, "México, the Premier Oil Discovery in the Western Hemisphere", *Science* (diciembre 8, 1978).

lización del sector eléctrico en 1960 y por la reafirmación, mediante una ley publicada el 26 de enero de 1979, de la propiedad gubernamental del uranio y del derecho exclusivo de la nación a explotarlo y desarrollarlo. El gobierno, por lo tanto, ejerce un control sustancial sobre las fuentes de energía actuales y futuras.

El aumento del grado de control gubernamental sobre la producción de energía ha sido paralelo a la declinación del sector tradicional de la economía. Este sector tradicional depende de la leña, el carbón y abonos de origen animal. En 1940 el consumo de estos productos constituía el 15% del uso de energía, proporción que descendió a 8% en 1950 y a 4% en 1972. En 1960, aproximadamente el 63% de la población utilizaba los combustibles tradicionales; para 1970 esta cifra descendió al 41% lo que sugiere que una gran parte de este grupo utilizaba energía de tipo comercial.³

Dentro del sector comercial, la importancia relativa de las fuentes primarias de energía de México en 1972 pueden describirse en la siguiente forma: 90.6% provenía de hidrocarburos, 5.3% del carbón y 4.1% de recursos hidráulicos.⁴ De 1965 a 1975, los hidrocarburos proporcionaron el 88.3% de la energía comercial, con un crecimiento anual de 6.9%. El carbón proporcionó el 4.8% con un crecimiento de 10.6%. La energía eléctrica proporcionó el 6.8% de la energía comercial con un crecimiento anual de 11.3%. Dentro del grupo de los hidrocarburos el consumo de diesel y de combustible para la aviación aumentó a un ritmo muy superior al promedio mientras que gran parte del carbón fue absorbido por la industria siderúrgica.⁵ La utilización de la energía eléctrica sufrió un fuerte cambio entre 1962 y 1975: la nacionalización de la electricidad fue seguida por un rápido incremento en su uso para fines residenciales, al elevarse su participación en la generación bruta de energía del 16 al 27% en el lapso mencionado. Se alcanzaron tasas de consumo de energía superiores al promedio en los sectores de transporte, gobierno y usos domésticos.⁶

³ Luis E. Gutiérrez Santos, *Algunas hipótesis sobre la demanda de energéticos tradicionales* (México CIDE, agosto, 1975), pp. 11-12.

⁴ Instituto Mexicano del Petróleo, *Energéticos: panorama actual y perspectivas* (México, D.F., 1974), pp. 2, 5.

⁵ Las diferentes fuentes de energía se comparan con una medida básica equivalente a los metros cúbicos de petróleo crudo (MCPCE). La definición que se utiliza en México para MCPCE es bastante especial: es la fuerza energética de un metro cúbico de petróleo medido de acuerdo a los productos obtenidos en la industria mexicana del petróleo de 1960 a 1968. Este cálculo se llevó a cabo convirtiendo a kilocalorías los productos de energía obtenidos de la producción de refinación durante este período y dividiendo esta cifra entre los barriles de crudo procesados durante el mismo período. *Op. cit.*, p. 5, Instituto Mexicano del Petróleo, *Energéticos: Demanda Regional Análisis y Perspectivas* (México, D.F., 1977), Cuadro A.11.

⁶ Nacional Financiera, *op. cit.*, pp. 73-74; Instituto Mexicano del Petróleo, *op. cit.*, p. 426.

Los cambios en el suministro y la utilización de la energía en México no han sido sólo el resultado de las fuerzas libres de mercado sino que han sido fuertemente influidos por las políticas del gobierno. De hecho, el desarrollo de una política en esta materia es quizás el problema más importante al que se enfrenta el país, no sólo porque el suministro suficiente de energía es crucial para el desarrollo económico sino también porque el sector de energéticos se está convirtiendo en una parte muy importante de la economía. Este sector contribuyó con más de 7% de la tasa de crecimiento económico y con el 31.8% de los gastos del gobierno proyectados en 1978.⁷ Por otra parte la política de energéticos se enfrenta a serios problemas internos tales como las recientes pérdidas de operación del sector de energía debidas a bajos precios y altos costos.

Una política de energéticos adecuada es también de gran importancia para los Estados Unidos ya que México, cuyas exportaciones de petróleo crudo se suspendieron de 1968 a 1974, participaba ya con el 5.3% de las importaciones norteamericanas de petróleo hacia finales de 1978 y probablemente aumentará en forma sustancial sus suministros de petróleo, gas natural y energía eléctrica para satisfacer las necesidades energéticas de Estados Unidos y del resto del mundo para mediados de la década de los ochenta.⁸ El promedio diario de producción de México en 1978 se estima que fue de 1 400 000 barriles de petróleo crudo, de los cuales se exportaron entre 300 000 y 400 000 barriles diarios.⁹ Teniendo en cuenta que, según se afirma, el volumen de reservas de energéticos de México es comparable al de Arabia Saudita, es probable que la política mexicana de energía afecte en un futuro próximo la producción mundial de energéticos y las decisiones sobre los precios.¹⁰ El resultado es que la energía se ha convertido en una cuestión demasiado importante para que se deje a cargo del sector productor de energéticos. Por lo contrario, la política se deriva de las metas de desarrollo generales de la nación y se revela en las acciones de muchos organismos gubernamentales. En la práctica esto significa que las decisiones en lo que se refiere a precios, exportación y producción deben ser aprobadas por el presidente; estas decisiones no se dejan al "movimiento libre de las

⁷ Banco Interamericano de Desarrollo, *Economic and Social Progress in Latin America, 1977* (Washington, D.C., 1978), pp. 302-311; *Comercio Exterior de México* (ed. en inglés vol. 24 núm. 2, febrero, 1978), pp. 51-54.

⁸ Departamento de Energía de Estados Unidos, Administración de Información sobre Energéticos. *Energy Data Reports*, julio 28, 1978; Joaquín Córdova F., *et al. La energía nuclear en México* (México, D.F. febrero de 1978) p. 8.

⁹ *Excelsior* (2 de septiembre, 1978), p. 12A.

¹⁰ El presidente López Portillo anunció que las reservas de petróleo alcanzaban los 200 millones de barriles de petróleo y 20 billones de pies cúbicos de gas natural, el primero de septiembre de 1978.

fuerzas de mercado" ni tampoco pueden ser formuladas por alguna secretaría o agencia gubernamental como la Comisión de Energéticos.¹¹

La importancia de las decisiones sobre energéticos está determinada por las reservas mexicanas de energéticos. Aun cuando las estimaciones varían, éstas parecen indicar que existen suficientes reservas para satisfacer los requerimientos de energía hasta el siglo veintiuno siempre y cuando la producción real justifique las estimaciones (véase cuadro 1). A principios de 1979 se estimó que existían aproximadamente 29 mil millones de barriles de reservas probadas de petróleo, 20 millones de pies cúbicos de gas natural, 8 mil millones de toneladas de carbón, 83 millones de kilovatios-hora anuales de energía hidroeléctrica, 10 mil toneladas de uranio, 13 mil millones de kilovatios-hora anuales de energía geotérmica, así como reservas potenciales superiores a estas cantidades. El potencial de energía solar es desconocido.

La importancia de cada fuente de energía para la generación de electricidad se muestra en el cuadro número dos. La capacidad eléctrica instalada en 1977 fue de 11 820.9 MW. De este volumen 60.6% fue termoeléctrica en base a diesel, petróleo, combustible y gas; 38.5% fue hidroeléctrica; 0.6% fue geotérmica y 0.3% fue termoeléctrica en base al carbón.

Sin embargo se espera que la relativa importancia de estas fuentes cambie, reflejando tanto la disponibilidad de los recursos como los costos proyectados por kilovatio-hora para cada fuente de energía. Los defensores de la energía nuclear argumentan que las plantas nucleares de agua pesada tienen una ventaja de costo, comparadas con los hidrocarburos en la generación de energía eléctrica, aunque este argumento ha sido debatido ya que el costo de las plantas de decomisión no se ha incluido. El carbón quizá sea la fuente de energéticos más barata existente en México en tanto que la energía hidroeléctrica y la geotérmica son generalmente baratas cuando pueden obtenerse.

Además de los factores tradicionales que se refieren a la elección de fuentes de energía, muchos mexicanos creen que en los ochenta los Estados Unidos utilizarán medios económicos, políticos y aun militares para forzar a México a vender cantidades de petróleo superiores a las que desea comercializar. Por lo tanto, se mantiene que México debe desarrollar nuevas reservas de fuentes de energía para asegurar su propio abastecimiento y para lograr una cierta medida de flexibilidad.

La diversificación del uso de fuentes de energéticos de México es un indicador de su desarrollo económico. Así, en 1977, la distribución de la utilización de la energía reflejó tanto la estructura económica como la política de precios (esta política se discute más adelante).

Sólo el 0.8% de la energía de la nación se utilizó para fines agrícolas, en tanto que esta actividad contribuyó con el 9.1% del PIB, lo que

¹¹ Secretaría de Patrimonio Nacional, Comisión Nacional de Energéticos, *Propuesta de lineamientos de política energética* (México, 1976).

refleja la limitada mecanización de la agricultura. Sin embargo, tal conclusión está sujeta a ciertas modificaciones si incluimos los productos derivados de los energéticos tales como los fertilizantes químicos. La industria manufacturera, que se ha visto beneficiada por la política de precios del gobierno, absorbió el 25.8% de la energía en tanto que contribuyó con 28.8% del PIB. De 1960 a 1973 el sector industrial aumentó su utilización de energía a una tasa anual de 7.0% mientras que su producción aumentó a una tasa de 8.4%. Dentro de este sector las tasas de crecimiento para los subgrupos pueden tabularse en la siguiente forma, para la utilización de la energía y la producción respectivamente.¹²

	<i>Utilización de la energía</i>	<i>Producción</i>
	<i>Tasas de crecimiento anual</i>	
	<i>Porcentajes</i>	
Productos químicos	16.0	12.2
Alimentos	11.9	5.3
Industria automotriz	10.7	14.6
Construcción	7.4	14.6
Otras manufacturas	7.7	9.1
Otras industrias	7.4	8.1
Bebidas y Tabaco	7.0	7.0
Metales básicos	7.0	6.3

Los transportes requirieron grandes insumos de energía para los cuales existían pocos sustitutos disponibles y se benefició de subsidios a la gasolina: este sector utilizó el 30.4% de la energía y contribuyó, si incluimos las comunicaciones, con el 4.1% del PIB. La generación de electricidad consumió 16.7% de la energía, incluyendo cantidades perdidas en los procesos de conservación y transmisión; la producción de petróleo utilizó el 13.4%, el sector residencial el 8.2% y el 4.7% se atribuyó a usos no energéticos.¹³

Como se esperaba, las regiones del país con mayor crecimiento utilizaron el 56.9% de la energía en 1975, las regiones con tasas bajas de crecimiento consumieron el 16.2% mientras que el resto del país utilizó la energía restante.

¹² Boletín Energéticos (marzo, 1978) 18; Banco Interamericano de Desarrollo, *op. cit.*, Instituto Mexicano del Petróleo, *Energéticos, demanda sectorial, análisis y perspectivas* (México, D.F., 1975), pp. 188 y 193.

¹³ Boletín Energéticos, *loc. cit.*

Por otra parte, las regiones menos desarrolladas tuvieron las tasas de crecimiento mayores en lo que se refiere al uso de energía, lo que refleja la baja base contra la cual se midieron estas tasas de crecimiento; mientras que las regiones con un crecimiento más rápido obtuvieron las tasas más bajas.¹⁴

La proporción respecto al PIB era típica de un país del nivel de ingresos de México y el 1.12 de elasticidad del ingreso de la demanda para el uso de la energía durante esos años fue la misma que el promedio de Latinoamérica en el periodo 1950-1974. Sin embargo, sería erróneo juzgar la eficiencia del uso de la energía en base a estas cifras ya que las proporciones energía/PIB reflejan la geografía, la composición de la producción y el precio de la energía.

El terreno montañoso de México obliga a un consumo mayor de energía que en los países planos más cercanos al nivel del mar. Asimismo, la relación entre la estructura industrial y la utilización de la energía es compleja. Aparentemente la estructura de la industria está relacionada con la composición y los niveles de la utilización de la energía, pero éstos, por su parte, son en gran medida reflejos de la política gubernamental de desarrollo económico en lo que se refiere a los subsidios en el sector de energía y electricidad.

Subsidios para energía y electricidad

La política gubernamental más visible es el precio subsidiado de energía. El subsidio en los productos de petróleo refinado, excluyendo al gas natural, es de 16.8% otros subsidios son del 10% en los productos petroquímicos básicos y 526.5% de los recibos de las ventas mexicanas de gas natural. El total de subsidios asciende a 75 mil millones de pesos que es igual al 45% del producto nacional bruto. Los subsidios varían considerablemente entre los diferentes productos.

¹⁴ *Energéticos, demanda regional, análisis y perspectivas, op. cit.*, Cuadros III. 1.1, III. 2.10. Las regiones con un crecimiento más rápido fueron la región número I que incluye Baja California Norte, Sonora, Baja California Sur, Sinaloa y Nayarit; la región número III, que incluye Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas; y la región número VIII que incluye el Distrito Federal y el área metropolitana. Las regiones que tuvieron un crecimiento promedio fueron la región número II, compuesta por Chihuahua y Durango; la región número V compuesta por Jalisco, Colima y Michoacán; región número VI que es Veracruz, y la región número X compuesta por Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Las regiones con un crecimiento menor fueron la región IV que incluye a Zacatecas, Aguascalientes y San Luis Potosí; la número VII que abarca a Guanajuato, Querétaro, México, Morelos, Tlaxcala y Puebla; y la región número IX, que incluye a Guerrero, Oaxaca y a Chiapas.

El patrón de subsidios en los productos petroquímicos es variado, algunos productos se venden por encima y otros por debajo de los precios mundiales. El programa global de subsidios en los hidrocarburos es muy provechoso para aquellos individuos que poseen automóviles, que compran productos modernos, o que poseen industrias. Una excepción notable es el alto subsidio otorgado al kerosene, que se vende a nueve centavos de dólar por galón comparado con 62 centavos que cuesta en Estados Unidos. Este programa de subsidios constituye una carga para aquellos que se ven más afectados por la inflación, es decir, la población más pobre.

Las regiones más afectadas en la caída drástica de salarios reales fueron Yucatán, Guadalajara, Comarca Lagunera, Guerrero, Distrito Federal y Guanajuato. Si PEMEX controlara sus costos, podría empezar por tomar en consideración el agotamiento de los recursos naturales. Si terminara con su programa de subsidios, podría financiar su expansión, en vez de depender de una combinación de préstamos externos y financiamiento interno inflacionario. Todo esto tiene una gran influencia en la distribución del ingreso, la demanda y la demanda derivada de energía.

Hasta hace poco, el sector de energía eléctrica, como el sector petrolero, tenía que "subsidiar a la nación" con cuotas bajas de electricidad, que tenían como propósito fomentar la industrialización y aumentar los niveles de empleo. Las relaciones subyacentes a esta política de precios tan bajos en la electricidad para subsidiar el desarrollo industrial son muy complejas. La electricidad constituye sólo una pequeña proporción de los costos industriales y no es probable que su precio sea crucial en la determinación de los patrones de inversión. Sin embargo, sí influye en la selección de equipo intensivo en capital o en mano de obra. Mientras más bajo sea el precio de la electricidad, mayor es la posibilidad de que se elija un equipo intensivo en capital con alto uso de energía. La demanda de electricidad sería mayor que con una política de precios que cubriera todos los costos y a la vez llevaría a un agotamiento mayor del necesario de las fuentes de combustible no renovables. Además los subsidios en los precios limitan la capacidad del sector de energía eléctrica para financiar su propia expansión. En 1978, se concedieron aumentos en las cuotas con el propósito de colocar a la energía eléctrica sobre una base de autofinanciamiento.

El problema de la estructura de cuotas es complicado debido a la variación regional. Las tarifas de energía eléctrica en cada región son fijadas de acuerdo al tipo de cliente por lo que la tarifa regional promedio refleja la composición de la actividad económica. La creciente brecha entre las tarifas regionales en 1976, combinada con el hecho de que las diferencias entre las tasas de cada región no reflejan las diferencias en los costos promedio de generación, llevaron a la Comisión General de Electricidad (CFE) a reducir la disparidad existente entre las distintas cuotas, de 61% de promedio en 1976 a 43% en 1977. De la misma

manera, si excluimos la tarifa de servicio eléctrico temporal, la diferencia en las cuotas para varios tipos de uso se redujo de 154 a 138% de la tasa promedio.¹⁵ Hasta cierto punto, el patrón regional parece fomentar la descentralización del desarrollo. Los largamente esperados incentivos de desarrollo regional fueron anunciados en marzo de 1979 e incluían un 30% de descuento en los precios de la electricidad, el gas, el petróleo combustible y productos petroquímicos para aquellas industrias que cumplieron con ciertos criterios definidos de desarrollo.

Aquellos que consumen cantidades pequeñas de energía, es decir, para pequeñas industrias o para usos domésticos, han atacado esta estructura de cuotas de acuerdo a la categoría del usuario, pues son ellos los que terminan "subsidiando" la industria en gran escala pagando cuotas más altas. Por otra parte, también terminan por "subsidiar" a la producción agrícola y a los molinos de maíz, lo que da como resultado precios más bajos en los alimentos si se consideran solamente las cuotas. Sin embargo, al examinar el volumen total de las ventas de energía eléctrica, resulta que el mayor "subsidio" lo reciben las 400 compañías más grandes, los proyectos de irrigación, y las casas en las áreas donde el verano es muy caluroso.

Los subsidios a la electricidad se han extendido a industrias poderosas más que a nuevos consumidores potenciales en áreas rurales (la industria en los Estados Unidos afirma que si se cambiase la estructura de las cuotas se incrementaría la demanda de los pequeños usuarios, de tal forma que se compensarían las reducciones en la utilización de las grandes industrias). Recientemente un funcionario de la CFE recomendó la consolidación de las cuotas de acuerdo a tres horarios fijando los precios según la hora en que se utilice la energía, para así poder racionalizar el uso de la electricidad.¹⁶ Las áreas rurales se podrían beneficiar con el desarrollo de la energía no tradicional y las fuentes de electricidad tales como la energía solar, la aplicación de nueva tecnología en el uso de fuerza hidroeléctrica de escala reducida y la utilización de motores de combustión para generar electricidad.

Debido a la ausencia de regulaciones firmes, continuas y efectivas por parte del gobierno, los problemas de contaminación y de planeación para ahorrar energía, no han tenido una gran influencia sobre el nivel y la distribución de su utilización.

¹⁵ La categoría de coeficiente de Spearman es igual a .74. *Boletín Energéticos*, loc. cit., y Carroll L. Wilson, *Energy: Global Prospects 1985-2000. Report of the Workshop on Alternative Energy Strategies* (Nueva York; McGraw Hill Book Co., 1977), p. 277.

¹⁶ Sector Eléctrico Nacional, Comisión Federal de Electricidad, *Resultados de explotación*, México 1975-1976; Sector Eléctrico Nacional, *Información Básica*, 1977 y *Boletín Energéticos*, año 3, núm. 4, abril de 1979.

II. POLÍTICA INTERNA DE ENERGÉTICOS

La política de crecimiento económico de México ha sido formulada de acuerdo a las necesidades internas y a las relaciones de México con el resto del mundo, en especial con Estados Unidos. Las complicadas interacciones del crecimiento industrial, demográfico y de energía, así como el debate sobre su comprensión, en parte subyacen al regateo que se lleva a cabo en lo que se refiere a cuestiones de energéticos. El gobierno ha manipulado el descubrimiento de nuevos depósitos de petróleo para obtener suficientes fondos extranjeros y de esta forma poder anunciar futuros límites de tasas de crecimiento en energía, tanto para preservar los recursos mexicanos para las generaciones futuras como para controlar la inflación y el indeseable surgimiento de importaciones que pueden dispararse debido a la riqueza petrolera de México. Es ya muy conocido en México el hecho de que algunos países, desde la España del siglo XVI hasta los modernos países de Irán y Venezuela, han tenido dificultades en transformar grandes flujos de divisas en bienes productivos. Dentro del contexto de su política de desarrollo, el gobierno federal, por lo menos teóricamente, está tomando las primeras medidas para lograr una política coordinada de energéticos.

Estructura de la toma de decisiones

Finalmente, las decisiones las toma el presidente de la república. Directamente bajo las órdenes del presidente se encuentra la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (SEPAFIN), que fija los precios y funciona como una comisión de consulta. Dentro de SEPAFIN, la Secretaría de Minas y Energía contiene, por su parte, a la Comisión de Energéticos que está compuesta por los directores de SEPAFIN, las Secretarías de Comercio, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, PEMEX, la Comisión Federal de Electricidad, el Instituto Nacional de Energía Nuclear (INEN) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). La Comisión de Energéticos está manejada por un cuerpo ejecutivo y uno técnico. La fuerza de cada una de las secretarías tiene influencia sobre la política de energéticos, la cual es coordinada por la Comisión de Energéticos.

La responsabilidad de SEPAFIN consiste en el análisis de las decisiones sobre la inversión, pero éstas deben negociarse a través de la Secretaría de Programación y Presupuesto. La política de energéticos en México subraya los problemas de diseño aplicado e ingeniería, ya que su solución es esencial para la implementación efectiva de la política de energéticos en una nación en desarrollo. La CFE y PEMEX han establecido institutos técnicos —el Instituto de Investigaciones Eléctricas

(IIE) y el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)— que ayudan a analizar y resolver los problemas relacionados con la electricidad y el petróleo. De la misma manera el INEN está siendo reorganizado y la creación de institutos del carbón y de la energía solar está bajo consideración. El patrón de toma de decisiones está cambiando ya que la Comisión de Energéticos desea formular la política y no sólo coordinarla. Dado que dicha política, ampliamente concebida, afecta los detalles operacionales de toda la economía, la Comisión de Energéticos probablemente no podrá determinar la política de energéticos a menos que se convierta en la agencia de planificación más importante del gobierno mexicano. La política de energéticos con respecto al petróleo afecta también a la petroquímica. El licenciado Arturo del Castillo del IMP, que asesora en lo que se refiere a petróleo y petroquímicos, ha demostrado que ninguna otra nación tiene una política de energéticos, por lo que resulta extraño que se espere que México cuente con una.¹⁷

Las cuestiones básicas concernientes al alcance, criterios, prioridades y técnicas de la política de energéticos se determinan en contraste con estos antecedentes en la toma de decisiones, y reflejan el interés de la administración de José López Portillo en la reforma administrativa, la deuda pública y la limitada habilidad de México para absorber consistentemente nuevos recursos para el desarrollo de proyectos descentralizados y pequeños, capaces de generar empleos. Las dos áreas más amplias en las que se aplican decisiones de políticas de energéticos son las fuentes de energéticos y la demanda de varias fuentes de energía, tanto por parte del sector de energía eléctrica como de otros usuarios.

Consecuencias del embargo de 1973

La toma de decisiones en la política de energía eléctrica se vio gravemente afectada por el embargo de petróleo de 1973 y sus consecuencias, que fueron tan diferentes para México como para otras naciones en desarrollo. El embargo tuvo dos efectos sorprendentes. Por una parte, el incremento de precios, que surgió en un momento en que México estaba aún importando petróleo, dañó la balanza de pagos y contribuyó a la devaluación de 1976 y la subsecuente recesión. Por otro lado, el incremento de precios aumentó el valor de las reservas de petróleo de México, y de esta forma hizo posible la entrada masiva de fondos extranjeros atraídos por la nueva riqueza petrolera. Al mismo tiempo, existían temores de que Estados Unidos sucumbiera a la tentación de presionar a México para obtener petróleo, lo que ha llevado a un esfuerzo para desarrollar

¹⁷ Afirmación del licenciado Arturo del Castillo, Instituto Mexicano del Petróleo, en el Foro Nuclear, julio de 1978.

sustitutos y estrechar relaciones con otros países y de esta forma reforzar la posición negociadora de México ante Estados Unidos. Sin embargo, el incremento internacional en los precios tuvo un impacto limitado en el consumo interno de petróleo, ya que la administración de López Portillo ha subsidiado el precio interno del petróleo y sus derivados. No obstante, es probable que los precios mexicanos de energéticos aumenten finalmente hasta igualar los niveles internacionales. Los efectos probables de futuros aumentos en los precios del petróleo sobre la actividad económica y el costo de los productos no han sido aún totalmente analizados.

El embargo del petróleo llevó a un tipo de relaciones complejas entre México y otras naciones productoras. México no ha ingresado a la OPEP; como resultado no se ha violado el Acta Norteamericana de Comercio de 1974, que excluía a los países de la OPEP de las tarifas preferenciales que dicha acta contenía. México ha ignorado también las sugerencias de Venezuela en lo que se refiere a una alianza de productores. Por otra parte, México ha seguido las políticas de precios de la OPEP y ha anunciado un límite a su producción petrolera después de 1980.

El incremento de los precios en la OPEP también ha permitido a México diversificar sus ventas de petróleo. El petróleo crudo y sus derivados se venden a catorce países y ya se han firmado acuerdos para la refinación del petróleo mexicano con Japón y España. Se están construyendo terminales de petróleo de agua profunda en Pajaritos, en la costa del Golfo y en Salina Cruz en la costa del Pacífico, capaces de acomodar supertanqueros y reducir costos de transportación e incrementar el número de clientes para el petróleo mexicano. No obstante, Estados Unidos es todavía el principal socio comercial de petróleo de México y compra el 90% de sus exportaciones de petróleo. Se están discutiendo acuerdos de intercambio para que el petróleo mexicano sea procesado en refinerías del Caribe y vendido a los Estados Unidos a cambio de petróleo del Medio Oriente, el cual sería entonces refinado y vendido a los clientes europeos de México.¹⁸

Conservación

El embargo de energéticos condujo a tomar sólo medidas limitadas de conservación y reciclamiento, principalmente porque México desea promover un desarrollo económico acelerado y aumentar sus exportaciones.

¹⁸ *El Sol de México* (5 de abril de 1978); *Excelsior* (11 de agosto de 1978 y 13 de agosto de 1978); McNeil Lehrer Report, septiembre 14, 1978; Sevinc Carlson, *México's Oil, Trends and Prospects to 1985* (Washington, DC.: Universidad de Georgetown, mayo de 1978) p. 26.

Se teme que tales medidas eleven los costos de producción y den como resultado una reproducción en la inversión, precios más altos de venta y menores ingresos de exportación. La medida de conservación más ingeniosa fue tomada en 1977 cuando se decidió eliminar el largo descanso para comer para el 80% de los empleados del gobierno en el Distrito Federal, lo que redujo el uso de la transportación a la mitad y ahorró una buena cantidad de energéticos.¹⁹ Por otra parte, el gobierno no está dispuesto a promulgar regulaciones en el sector privado difíciles de hacer cumplir, tales como aquellas que requieren la utilización de sistema de energía más eficiente para llevar a cabo cada tarea.²⁰ En vez de esto, se está utilizando la política de precios para estimular la eficiencia y la frugalidad. La conservación se ha visto desalentada debido a que los precios de los energéticos están por debajo de los niveles internacionales.

Sin embargo, el gobierno está consciente de la necesidad de conservar energéticos. La quema del gas natural que tuvo un valor de 126,000 millones de pesos a precio de exportación entre 1956 y 1976 supuestamente debería de haber llegado a su fin en marzo de 1979,²¹ pero esto no ocurrió debido a que la proporción gas/petróleo resultó mayor a la prevista.

La construcción de un gasoducto para transportar el gas que se produce asociado al petróleo, permite la total utilización del gas de esta fuente y el cierre de pozos que producen gas pero no petróleo. La investigación en la industria del carbón ha sido dirigida al uso de los productos derivados de la producción de energía, tales como la ceniza.²² La industria geotérmica está buscando un método para utilizar el fluido geotérmico y producir con éste fertilizante de potasio para consumo interno y para exportación.²³ El desarrollo de la energía solar hará posible la mejor utilización de los recursos existentes. La generación atómica de energía eléctrica no permite aún el reciclaje; el enriquecimiento del uranio produce el plutonio, el cual debe regresarse a aquellos que proveyeron los servicios de enriquecimiento.

La conservación ha sido tomada en cuenta en las decisiones del gobierno sobre los usos y la producción de energía. Para reducir los problemas de cambios de energía de una parte a otra del sistema eléctrico, México gastó recientemente 500 millones de pesos para unificar los ciclajes (a 60 ciclos, 110 voltios) y estableció multas por la instalación

¹⁹ Federal Reserve Bank of Atlanta, *Caribbean Economic Survey*, vol. 4, núm. 5, septiembre/octubre de 1978, p. 15.

²⁰ Juan Eibenschutz, entrevista, Julio, 1978.

²¹ *Comparecencia del señor ingeniero Jorge Díaz Serrano; Director General de Petróleos Mexicanos, ante el H. Congreso de la Unión* (México, D.F., octubre de 1977).

²² *Boletín IIE*, No. 2 (junio de 1977) 4.

²³ *Boletín IIE*, vol. 1, núm. 3 (julio, 1977), 4, 11; *Boletín Energéticos* (octubre 1977) 14.

de generadores eléctricos para uso privado.²⁴ PEMEX descubrió recientemente que algunas bombas podrían funcionar con turbinas de vapor en lugar de los motores eléctricos, y planea diseñar e instalar equipo de vapor.²⁵ El hecho de que la tracción eléctrica es dos veces más eficiente que la tracción de diesel-eléctrica, ha dado como resultado que se dé una gran importancia a la primera.²⁶ Por otra parte, el IIE logró localizar las fuentes de mayor pérdida en el sistema eléctrico, tales como las averías de transformadores de distribución, que habían ocasionado una pérdida de 436 millones de pesos en inversión de equipos y 119 millones de pesos anuales para producir la energía que era desperdiciada durante las averías. Se han llevado a cabo varios proyectos para ayudar al diseño, la manufactura y control de calidad de los transformadores.²⁷ Los trolebuses son otro ejemplo, ya que se perdía 10% de energía en forma de calor con un costo de cinco millones de pesos en el Distrito Federal solamente. El IIE está desarrollando un nuevo sistema de control de velocidad para evitar estas pérdidas.²⁸ En general, se puede esperar que se mejore la eficiencia en el uso de la energía y se promueva su conservación gracias a la constante atención del gobierno en el diseño y el control de calidad.

Petróleo y petroquímica

En lo que se refiere a recursos petroleros y productos petroquímicos internos de energía y su desarrollo, México conservará y desarrollará sus recursos tradicionales y explorará nuevos métodos de producción de energía a corto plazo. A largo plazo, cuando el horizonte cambie de 1984 al siglo XXI, una vez que las reservas conocidas de gas y petróleo estén virtualmente agotadas, se puede esperar que México se abastezca de otras fuentes de energía. En ambos períodos sin embargo, la fuente de energía más importante será el petróleo.

El aspecto más destacado de la política de energéticos de México, por lo tanto, es el desarrollo de las industrias petrolera y petroquímica. El petróleo crudo constituyó el 65% de la energía primaria del país en 1977,²⁹ abasteció de insumos a la industria petroquímica, contribuyó

²⁴ Juan Eibenschutz, Entrevista (julio, 1978); *Excelsior* (25 julio, 1978).

²⁵ Eibenschutz, *ibid.*

²⁶ C. González Ochoa y E. Bianchi, "Tracción Eléctrica en México", *Boletín IIE*, núm. 1 (mayo, 1977), 9-11.

²⁷ *Boletín IIE*, núm. 1 (mayo, 1977), 6-7; *Boletín IIE*, vol. 1, núm. 6 (octubre, 1977); vol. 2, núm. 2, (febrero de 1978); vol. 2, núm. 3, (9 de marzo, 1978) 7-11.

²⁸ *Boletín IIE*, vol. 1, núm. 5 (septiembre, 1977) 5, y *Boletín IIE*, núm. 5 (mayo, 1978), 1, 25-25.

²⁹ *Energéticos, Boletín Informativo del Sector Energético*, año 2, núm. 3 (marzo, 1978), 17.

con el 22.4% de los bienes exportados y con el 8.7% del ingreso de divisas.³⁰ El petróleo y los productos petroquímicos constituyeron el 6.7% del PIB, el 22% de su tasa de crecimiento y el 22.5% de los gastos sectoriales federales proyectados para 1978.³¹ Durante el primer semestre de 1978 se gastó una suma de 126,188 millones de pesos en energía y el gasto total del gobierno fue de 913,114 millones de pesos³² (la demanda de hidrocarburos, carbón y electricidad para el periodo de 1965 a 1985 se muestra en el cuadro 3).

Sin embargo, el tamaño de las industrias petrolera y petroquímica no muestra totalmente su importancia histórica. El crecimiento de la industria petrolera ha sido necesario para proveer la energía eléctrica requerida por el desarrollo industrial, para asfaltar las carreteras y producir fertilizantes para la expansión de la agricultura. Cuando el crecimiento petrolero ha sido rápido, las exportaciones previstas de petróleo han permitido a México mantener el tipo de cambio y obtener tasas de interés favorables en los mercados internacionales.

Cuando el crecimiento de la industria petrolera ha sido lento, como ocurrió a finales de los sesenta y en los setenta, las importaciones del petróleo contribuyeron al déficit de la balanza de pagos de México y la subsecuente devaluación. Por lo tanto, la política de energéticos mexicana, como afecta al petróleo, tiene un impacto sobre un número mayor de asuntos que el solo abastecimiento de energía eléctrica y motriz. Es necesario tomar en cuenta el monto de las reservas de petróleo, los beneficios de las diferentes formas de desarrollo petrolero y las implicaciones de este desarrollo para las finanzas de la nación, el nivel de empleo y las relaciones internacionales.

El incremento espectacular de las reservas de petróleo de México está basado en los depósitos gigantescos localizados en el área de Reforma en Chipas y Tabasco y en el Golfo de México. Aun cuando ya en 1973 geólogos americanos habían rumorado su existencia, no se anunció oficialmente sino hasta 1976 cuando tomó posesión el presidente López Portillo. El verdadero tamaño de las reservas es hasta cierto punto especulativo, ya que PEMEX ha estado demasiado ocupado sacando petróleo durante los primeros años como para tener tiempo de llevar a cabo el trabajo estadístico necesario para estimar el perfil de cada depósito de petróleo y establecer las reservas estimadas. No obstante, tanto las estimaciones mexicanas como las extranjeras han llevado a las reservas hasta 16 mil millones de barriles de petróleo crudo y gas líquido (los cálculos están basados en los pozos que están ya produciendo e incluyen la posibilidad de una recuperación secundaria y terciaria) hacia

³⁰ Banco de México, *Informe Anual*, 1977.

³¹ Banco Interamericano de Desarrollo, *op. cit.*, pp. 302-311; *Comercio Exterior de México* (Ing.), febrero, 1978, vol. 24, núm. 2, pp. 51-54; *Excélsior* (febrero 7, 1978).

³² *Excélsior* (2 de septiembre, 1978), p. 10A.

finales de 1977. En enero de 1979, el presidente López Portillo anunció reservas probadas de 40 mil millones de barriles, reservas probables de 44.6 mil millones y reservas potenciales (incluyendo las reservas probadas y probables) de 200 mil millones de barriles de petróleo y 20 billones de pies cúbicos de gas, las que, si son comprobadas, pueden igualar a los yacimientos de Arabia Saudita.³³

Se dice que las reservas de petróleo son fundamentales para la confianza en el futuro de México. Consecuentemente, la producción de petróleo es considerada como una de las características más importantes de los planes actuales de desarrollo de México. Uno de los problemas más apremiantes a los que se enfrentan México y PEMEX es qué cantidad de petróleo se debe producir. Según Jorge Díaz Serrano, director general de PEMEX, los criterios básicos a seguir para el desarrollo petrolero son los siguientes: "1] satisfacer la demanda nacional inmediata, a mediano plazo y futuro; 2] uso racional y desarrollo integral de todos los hidrocarburos; y 3] exportación de excedentes, esta última con el fin de financiar un precio accesible para el consumo interno y obtener los recursos necesarios para el desarrollo general de la nación, único camino y base sólida para la independencia económica y para la prosperidad nacional."³⁴ La importancia relativa que se le debe dar a cada uno de estos criterios no fue mencionada. Estos criterios son más amplios que el criterio técnico de que la producción de petróleo debe ser mayor a una décima parte de las reservas, lo cual es recomendable para optimizar la recuperación secundaria y terciaria.³⁵

Jorge Díaz Serrano recientemente afirmó que una vez que la producción del petróleo crudo alcance 2.25 millones de barriles al día, se mantendrá a ese nivel.³⁶ Esta decisión de producción puede haber sido forzada por el hecho de que, según se afirma, la producción de gas en Reforma es muy alta, quizá más que la que puede utilizarse o exportarse con un rápido crecimiento de la producción de petróleo.³⁷ No obstante, la deuda externa de México estimada entre 34 y 40 mil millones de dólares sugiere que una rápida elevación de la producción será la meta durante los próximos años. Por lo tanto la tarea de PEMEX será "generar divisas y contribuir al desarrollo nacional".³⁸ Se ha anticipado

³³ *Ibid.*, p. 10A, 13A. Jorge Díaz Serrano señala que las reservas de Arabia Saudita pueden aumentar; que el Medio Oriente cuenta con las mayores reservas conocidas. Mc.Neil-Lehrer Report, septiembre 14, 1978. Carlson, *op. cit.*, p. 3.

³⁴ "La política de Petróleos Mexicanos", *El Economista Mexicano*, vol. XII, núm. 2 (marzo-abril, 1978), 13.

³⁵ Wilson, *op. cit.*, p. 116. Si los cálculos de reservas probadas de septiembre son correctos, el promedio de reserva/producción es de 39.2/1 y descenderá a 22.5/1.

³⁶ *Excélsior* (agosto 15, 1978). Ver también *Excélsior* (septiembre 2, 1978).

³⁷ Carlson, *op. cit.*, p. 12. Las estimaciones de gas para 1982 son de 8-10 c.f.d.; de los cuales ella calcula que 4 mil millones serán utilizados en México, 2 mil millones serán exportados y habrá 2 mil millones de excedente.

³⁸ Declaración de José López Portillo, *Excélsior* (julio 30, 1978); Estimaciones de deuda por Arturo Bonilla Sánchez, *Excélsior* (julio 7, 1979).

que las ganancias por la exportación de petróleo serán mayores a 46 mil millones de pesos en 1978 y continuarán aumentando de ahí en adelante; además, PEMEX contribuirá con 20 mil millones de pesos para reducir la deuda externa para 1982. Sin embargo, hasta que la deuda externa no disminuya, es probable que el petróleo se produzca para la exportación aun cuando el costo sobrepase lo que obtiene de mercados extranjeros, una política que, se dice, PEMEX siguió a principios de los sesenta. Una vez que se haya reducido sustancialmente la deuda externa, el gobierno debe sostener una baja tasa de producción y conservar el petróleo para los mexicanos. Sin embargo, el cambio de gobierno cada seis años no permite que se lleve a cabo una planeación a largo plazo.³⁹ Recientemente se anunció que México reconsideraría su nivel de producción de petróleo una vez que se alcance la producción de 2.25 millones de barriles diarios.

Finanzas y subsidios

En teoría, las decisiones respecto de qué cantidad de petróleo debe extraerse deben reflejar las tasas de producción técnicamente óptimas, el costo de producción de petróleo, la tasa de rendimiento en la producción de petróleo, la tasa de rendimiento que puede obtenerse de inversiones en actividades diferentes al petróleo y los beneficios indirectos y costos a la nación resultantes de la producción de petróleo. También se deben tomar en cuenta, además de la deuda externa y el abastecimiento mundial de petróleo, varios factores relacionados con la producción y las condiciones alrededor de su explotación.

Rendición de cuentas del petróleo

De éstos, el renglón menos seguro es el costo de producción del petróleo. Dado que México posee petróleo y no tiene que comprarlo a un abastecedor, PEMEX no resta el costo del petróleo, en términos de recursos naturales, de su ganancia antes del pago de impuestos de 10,027 millones de pesos para obtener una ganancia neta.⁴⁰ Si PEMEX tuviera

³⁹ La declaración más reciente sobre esto la hizo Jorge Díaz Serrano, Mc.Neil Lehrer Report, septiembre 14, 1978.

⁴⁰ Esto simplifica demasiado el problema. Ya que el gas y el petróleo se encuentran frecuentemente juntos, no siempre es claro qué proporción de gastos de perforación se le debe asignar a cada uno. Del mismo modo tampoco es siempre claro qué proporción de costos se debe asignar a cada producto en las plantas de refinería y petroquímicos.

que comprar todo el petróleo crudo que procesa, los 293.1 millones de barriles de crudo que produjo en 1976 tendrían un costo de 63,500 millones de pesos, lo que implica una pérdida de 53,473 millones de pesos.

Para propósitos de comparación, una refinería típica de Estados Unidos en la Costa del Este compró sólo el 30% de su petróleo crudo. Para PEMEX, el gasto en efectivo comparable (no valor de recurso) hubiera sido de 19,000 millones de pesos y la pérdida de 8,973 millones de pesos. Otra forma de considerar este problema es utilizando el margen de ganancia bruta entre el precio del petróleo crudo y el del producto refinado. El crudo tiene un costo aproximado al 75% del precio que los mayoristas/intermediarios pagan por los productos refinados. Si aplicamos esta cifra a los 46,469 millones de pesos de ingresos de venta de PEMEX, obtendríamos 34,851 millones de pesos como costo del crudo, con una pérdida de 24,824 millones de pesos.⁴¹

El problema de las pérdidas no acaba con el problema de los costos imputados de recursos. En 1976 PEMEX utilizó 9,661 millones de pesos de sus utilidades, consideradas antes del pago de impuestos, para pagar impuestos sobre la renta; tenía un programa de inversión de 24,085 millones de pesos que no pudo ser cubierto por sus propios recursos, por lo que el déficit financiero fue de 9,290 millones de pesos. Diferentes cálculos de pérdidas oscilan entre .63 y 3.74% del producto interno bruto. (En ese año la caída del PIB, antes de tomar en cuenta la pérdida de PEMEX fue de 2.91%).

Las pérdidas surgen de dos problemas fundamentales: altos costos de operación y bajo precio de las ventas internas. Alguna indicación de los altos costos de operación puede deducirse de algunos hechos. Los costos de operación de campo por barril fueron de 64.8 pesos en 1976. Esta cifra debe ser comparada con el precio actual en la fuente en la vertiente Norte de Alaska que es de 136.62 pesos por barril, de los cuales 9.20 pesos son costos de operación de campo, 5.05 pesos son costos financieros de campo y 19.55 pesos son para amortización y agotamiento del recurso por un total de 33.01 pesos. Los costos mayores de PEMEX no se pueden atribuir a las diferencias existentes en la profundidad de los pozos perforados en la Vertiente Norte de Alaska y México. Se dice que PEMEX tiene exceso de personal y que su cuenta de salarios y de préstamos fue de aproximadamente 119,482 pesos por trabajador

⁴¹ Los datos financieros de Pemex fueron tomados del trabajo titulado: "El sector petrolero mexicano 1970-1977, Estadísticas Básicas", de Adrián Lajous Vargas y Víctor Villa, *Foro Internacional* 72, Cuadro 2 (El primer yacimiento de petróleo comercialmente recuperable fue descubierto en Chiapas-Tabasco en 1972). Proporción de las compras de crudo por parte de refinerías de Estados Unidos de John M. Blair, *The Control of Oil*, pp. 300-301. Margen de ganancias brutas por la Administración Federal de Energéticos, Oficina de Programas Regulatorios, *Preliminary Report: Preliminary Findings and Views Concerning the Exemption of Motor Gasoline from the Mandatory Petroleum Allocation and Price Regulations*, agosto de 1977, p. 44.

en 1976, lo cual es muy alto para los niveles mexicanos. Se dice que un empleado paga a los líderes sindicales entre 70 y 80 mil pesos para obtener un trabajo fijo en PEMEX.⁴² Se llevan a cabo acuerdos para que trabajadores competentes ocupen los puestos clave, pero las imposiciones por parte del sindicato constituyen un grave problema y esto ocasionó que en 1977 el gobierno restringiera el crecimiento del empleo a 4.8%. Al mismo tiempo una reducción en horas extras de trabajo redujo la nómina de salarios en 255 millones de pesos. Otra medida que se tomó para resolver este problema fue la organización de representantes de la administración y de los trabajadores en comités de productividad. Los nuevos centros de entrenamiento costarán 180 millones de pesos, comparados con 80 millones de pesos que se gastaron en viviendas para los trabajadores.⁴³ Otro problema es que PEMEX firmó un contrato con el sindicato de acuerdo con el cual está obligado a asignar el 40% de los trabajos al sindicato para que éste los acepte o subcontrate con terceros.⁴⁴

Quizá las pérdidas de PEMEX hayan surgido también de una determinación de extraer petróleo a pesar de los costos crecientes. En el último año de la administración del presidente Luis Echeverría Álvarez, las inversiones de PEMEX fueron 45% más altas que las autorizadas, lo que hizo surgir dudas sobre la capacidad del gobierno para controlar a la empresa paraestatal.

La falta de habilidad de PEMEX para financiar su propia expansión es un problema de importancia nacional. Su deuda al finalizar 1977 alcanzó la cifra de 2,935 millones de dólares, 12.7% de la deuda externa pública de México que fue de 23,088 millones.⁴⁵ Actualmente el crecimiento de PEMEX requiere una combinación de préstamos externos, creación de fondos especiales y transferencia de fondos de otras fuentes. Esto ha llevado a fuertes tendencias inflacionarias y al debilitamiento del desarrollo a corto plazo de otros sectores de la economía.⁴⁶

Todo esto quizá contribuyó a la reciente decisión del gobierno de financiar una expansión adicional de Petróleos Mexicanos utilizando fuentes financieras mexicanas y limitando la tasa de crecimiento del sector petrolero. En 1977 por ejemplo, 175 millones del financiamiento de PEMEX fueron absorbidos por el Banco de México.⁴⁷ Parece probable que esto haya resultado tan inflacionario como el anterior reque-

⁴² Heberto Castillo, entrevista, julio, 1978.

⁴³ Pemex, *Informe* (marzo 18, 1978) pp. 27-28; Pemex, *Memoria* (1978).

⁴⁴ Miguel Arocha Parra, "Cuatro Puntos: Cómo Sanear a Pemex", *Excélsior* (agosto 5, 1978).

⁴⁵ Adrián Lajous Vargas y Víctor Villa, *op. cit.*

⁴⁶ La tasa de inflación es de 15%. *Excélsior* (septiembre 2, 1978). La escasez de abastecimientos en algunos sectores y el 30% de la capacidad ociosa en la industria son compatibles como una hipótesis de desplazamiento. *Excélsior* (16 de julio, 1978); (26 de julio, 1978).

⁴⁷ Pemex, *Memoria de Labores*, 1977.

rimiento de que el Banco de México comprara las obligaciones del banco de desarrollo gubernamental (Nacional Financiera, o NAFINSA). Ya que la inflación es un impuesto notablemente regresivo, y el ingreso real de los ciudadanos más pobres del país ha estado disminuyendo, la pregunta que requiere una pronta respuesta es si existe o no un sistema de financiamiento no regresivo que no tenga implicaciones negativas para la posición externa de México.

Tal sistema existe evidentemente y ahora opera a lo largo de dos líneas. En primer lugar, la deuda de PEMEX desde 1978 se localiza en fuentes no bancarias de crédito. El segundo aspecto se relaciona con un cambio en su política de precios.

Subsidios

Los subsidios en las ventas nacionales se otorgan cargando precios menores a los del mercado, generalmente con precios más bajos para la industria que para el consumo doméstico. La composición de los subsidios es como sigue:

	<i>(Miles de pesos)</i>
Petróleo y productos refinados	6.900,311
Gas natural	14.215,582
Petroquímicos	940,413

El subsidio total alcanza una cifra aproximada de 22 mil millones de pesos.

Comentaristas tan divergentes como el ingeniero Juan Eibenschutz y Heberto Castillo argumentan por precios iguales a los niveles internacionales; en marzo, el gobierno anunció que los precios de los energéticos gradualmente se acercarán a estos niveles pero que no los igualarán. Castillo subraya que la presente estructura de precios favorece a los ricos y a las transnacionales y lleva a la descapitalización del sector de energéticos. Eibenschutz subraya la necesidad de precios que lleven a una distribución eficiente y conservación de los recursos, y que cubran los costos de operación, intereses de la deuda y un margen para financiar el programa de expansión.⁴⁸

⁴⁸ Entrevista, Heberto Castillo, julio, 1978; Juan Eibenschutz, julio, 1978; Secretaría de Patrimonio Nacional, Comisión de Energéticos, *Propuesta de lineamientos de política energética* (México, 1976).

Efectos del rápido crecimiento de la producción

Aun si fuera posible colocar a PEMEX en una base rentable, habría preguntas acerca de si un crecimiento rápido de la industria petrolera es la mejor estrategia para el desarrollo económico de México. Frecuentemente surgen dudas sobre las implicaciones que tendrá el crecimiento petrolero en el desarrollo regional y en la creación de empleo. También existe preocupación respecto a los usos a que se destine el petróleo mexicano.

El petróleo es una de las industrias de capital más intensivo en la economía moderna. Gran parte del desarrollo de los campos petrolíferos es transitoria. Por lo tanto existen serias dudas sobre la posibilidad de transferir la experiencia necesaria para trabajar en el área del petróleo a otras actividades, y de sostener el nivel de empleo en una región petrolera una vez que haya sido terminada la fase básica de construcción. A este respecto, el desarrollo petrolero se asemeja a cualquier otro patrón de un "pueblo minero en auge". El dinero se destina a bares y tiendas de abarrotes, las escuelas son escasas y la inflación desenfrenada. Actualmente persisten quejas sobre la ausencia de un desarrollo social adecuado en Chiapas y Tabasco, mientras que aumenta la contaminación de las zonas pesqueras por los desperdicios de PEMEX.⁴⁹ Se dice que la empresa se ha retrasado en los pagos de las tierras que ha expropiado, pero al mismo tiempo se la considera una fuente de riqueza que puede utilizarse para resolver los problemas regionales.

Sin embargo, el gobernador de Tabasco, Estado rico en petróleo, fracasó en su intento de cobrar un impuesto a PEMEX por el desarrollo de su Estado. El presidente López Portillo declaró subsecuentemente que el desarrollo social de las regiones petroleras de México es responsabilidad del gobierno federal.⁵⁰ Este desarrollo debe lograrse, aparentemente, con un 30 % de descuento en energía y materias primas que se utilizan para la industrialización de Tabasco, como parte del decreto gubernamental para estimular el desarrollo de la zona sureste del Golfo.⁵¹

Estas consideraciones, aunadas a la creciente capacidad de refinación en todo el mundo,⁵² han contribuido a tomar la reciente decisión de PEMEX de no aumentar la tasa de producción después de 1980, y

⁴⁹ Marco Antonio Michel y Leopoldo Allub, "Petróleo y cambio social en el sureste de México", *Foro Internacional* 72, vol. VIII (abril-junio, 1978), núm. 4; *Excelsior* (agosto 28, 1978).

⁵⁰ *Excelsior* (julio 12, 23, 30 de 1978); (agosto 1, 1978).

⁵¹ *Excelsior* (septiembre 3, 1978).

⁵² John H. Lichtblau, "OPEC as Export Refiners", preparado para la *OPEC Review* (septiembre, 1978).

vender crudo * para que se refine en el extranjero en lugar de insistir en vender productos refinados o petroquímicos.⁵³ Otras consideraciones acerca de la mejor forma de desarrollar la industria del petróleo son las relativas a los usos que se le debe dar al petróleo y el costo para desarrollar sustitutos de éste. Según Heberto Castillo, un crítico del gobierno, "la política debe satisfacer las necesidades internas de desarrollo con todas las fuentes de energía [...] debemos examinar todos los aspectos de desarrollo económico de México y no debemos de considerar al petróleo como divisas para obtener productos extranjeros o dinero. En este sentido el petróleo es como la tierra, y no debemos vender el país ni considerarlo un combustible. Quemarlo es el peor uso que se le puede dar. La sociedad se ha desarrollado por la revolución industrial gracias al combustible mineral, pero durante todos estos años su uso como tal ha destruido el medio ambiente".⁵⁴

Algunos mexicanos piensan que debido a que el petróleo refinado y los petroquímicos tienen valor mayor que el petróleo crudo, y debido a que el petróleo es un productor de electricidad muy caro, México debería desarrollar su propia industria petroquímica. Existen actualmente planes para casi duplicar, para 1985, la utilización del petróleo y del gas en la producción de alimentos balanceados. Actualmente se usa para este fin el 4% de la producción y esos planes incluyen utilizar otras materias primas en la generación de electricidad.⁵⁵ Aun cuando la inversión en petroquímicos ha sido subsidiada mediante precios artificialmente bajos de gas y petróleo y un tratamiento fiscal preferencial que permite utilidades que serían menores en una economía de libre mercado, la inversión en otros sectores podría ser más ventajosa valorada a precios mundiales.

Servicios y bienes extranjeros

La política petrolera de contratación de técnicos extranjeros ha sido atacada, a pesar de que estos técnicos pueden ser necesarios para algunas tareas especializadas como el desarrollo petrolero mar adentro y la prevención de desastres en perforación. Para reducir dependencias de este tipo, el Instituto Mexicano del Petróleo ha negociado acuerdos bilate-

* En el tercer trimestre de 1978, PEMEX redujo 15 a 20 centavos de dólar por barril el precio de exportación del crudo del Istmo de 34 grados de densidad.

⁵³ *Petroleum Intelligence Weekly* (julio 17, 1978).

⁵⁴ Heberto Castillo, entrevista, julio, 1978.

⁵⁵ Arturo del Castillo, *Desarrollo y perspectivas de la industria petroquímica mexicana* (Instituto Mexicano del Petróleo, 1977), p. 486. Y Lajous Vargas y Villa, *op. cit.*; *Excelsior* (agosto 15, 1978).

rales con compañías extranjeras.⁵⁶ De la misma manera PEMEX ha firmado un acuerdo con la Ortloff Internacional, según el cual ésta proporcionará tecnología, diseños de construcción completos y todo el equipo para dos nuevas plantas creogénicas, mientras que Japón proporcionará tecnología y capital a cambio de petróleo.⁵⁷

Existen áreas en donde la dependencia respecto a proveedores extranjeros probablemente se reduzca; la de bienes de capital para la industria petrolera, y la petroquímica. * México produjo el 85.5% de su propio consumo aparente en 1975 y planea continuar refinando por lo menos la mitad de su propia producción de petróleo.⁵⁸ La producción de petroquímicos básicos está reservada a PEMEX, que participará como socio minoritario en una asociación tripartita, y anticipa que exportará el 16% de sus productos refinados y el 17% de sus petroquímicos básicos para 1982.

Gas

La política mexicana de gas natural le sigue en importancia a la política petrolera. El 1º de septiembre de 1978 el presidente López Portillo dijo: "Teniendo excedentes podemos venderlos o guardarlos, pero nunca mal venderlos, que sería lo mismo que quemarlos". El gas natural abasteció el 20% de la energía primaria de México en 1977.⁵⁹ Las propuestas de venta de cantidades relativamente pequeñas de gas fueron el centro de atención de las relaciones en materia de energéticos entre México y Estados Unidos en el período 1977-1978, a pesar de la gran riqueza petrolera de México.

La política de gas toma en cuenta las calidades existentes, la capacidad para transportarlo dentro de México y a otras naciones y las implicaciones de la política de precios. Dicha política está en parte sujeta a la política petrolera, ya que el 57.4% del gas natural de México está asociado con el petróleo y el resto se obtiene de pozos "secos". El gas se produce necesariamente al extraer el petróleo al cual está asociado y México tiene una capacidad reducida para almacenarlo, licuarlo o rein-

⁵⁶ *El Sol de México* (marzo 71, 1978).

⁵⁷ *Excelsior* (agosto 5, 1978).

* No obstante, la industria petrolera está creciendo tan rápidamente que PEMEX quizá tenga que importar 75% de su maquinaria. Por esta razón se propusieron acuerdos latinoamericanos conjuntos de desarrollo petrolero y petroquímico, con la esperanza de que surja una industria autosuficiente en bienes de capital en este sector (*Excelsior*, 4 de enero de 1979, pp. 1, 15 y editorial).

⁵⁸ Del Castillo, *op. cit.*, p. 21, y Carlson, *op. cit.*, p. 24.

⁵⁹ *Boletín Energéticos* (marzo 1978), p. 17.

yectarlo en el subsuelo. El gas seco, sin embargo, no tiene que producirse si no es necesario. La pregunta acerca de qué cantidad de gas debe producirse y de qué fuente tiene varias respuestas según el uso que se le piense dar, ya sea doméstico o para exportación, y considerando si se puede transportar fácilmente de una a otra parte del país.

El norte y el noroeste poseen gas seco con un contenido bajo de azufre por lo que requiere poco procesamiento. Aun cuando el gas seco es más fácil de vender, muchos de los campos del norte son pequeños y exigen gastos de perforación y de acumulación más elevados que los campos del sur; sin embargo, estos últimos requieren mayores gastos de procesamiento. Hasta hace poco el gas era quemado debido a que no existían otras opciones. PEMEX deseaba terminar con las pérdidas derivadas de ello, argumentando en forma convincente, que la licuefacción del gas para exportación a la mayor parte de los mercados sería menos provechosa que la exportación del gas a los Estados Unidos. Petróleos Mexicanos creía que podía obtener 2.60 por 1,000 pies cúbicos de gas* y que a este precio la exportación de gas a los Estados Unidos dejaría una ganancia de 43,700 millones de pesos anuales en un plazo de dos años.

El costo de un gasoducto necesario para la exportación (23,000 millones de pesos) y los gastos relacionados con éste (19,550 millones de pesos) se recuperarían rápidamente.⁶⁰ Estados Unidos, sin embargo, trataba de limitar los aumentos en los precios del gas como parte de sus proposiciones al programa de energéticos, por lo que se les negó a las compañías americanas el permiso para adquirir el gas mexicano. Subsecuentemente, los trabajos para conectar el gasoducto a los Estados Unidos fueron suspendidos.

Otras alternativas que se tomaron en cuenta además de la venta de gas a los Estados Unidos, fueron la licuefacción y la producción de amoníaco.⁶¹ El problema de esta última opción es que si todo el gas que se hubiera vendido a Estados Unidos fuera convertido en amoníaco, la cantidad resultante sería mayor a la mitad del consumo mundial. Esta cantidad no podría ser absorbida o producida al costo del gas natural de \$2.60.

Otra alternativa que se sugirió recientemente y que ya está siendo instrumentada en los mercados mexicanos es la de utilizar el gas natural como sustituto del petróleo; esto se ha llevado a cabo conectando las

* Un precio igual a \$13.00 por barril para la cantidad equivalente de energía de calor de petróleo combustible núm. 2 en Nueva York. Este precio se elevaría paralelamente con un valor del petróleo combustible núm. 2.

⁶⁰ *Comparecencia...*, pp. 3-18. El presidente José López Portillo afirmó que el costo real del gasoducto era menor que el que se estimó en el Informe Presidencial; no aparecieron cifras en el *Excelsior* (septiembre 2, 1978).

⁶¹ *Loc. cit.*

áreas del sur, centrales y del norte de México con un gasoducto, lo que permite cerrar los campos secos y transportar el "gas asociado" después de su procesamiento al resto de la República. Como resultado, una mayor parte del petróleo puede utilizarse para la industria petroquímica. Además la contaminación, que es un derivado de la producción de energía, se reduce. El resultado de esta estrategia fue que la quema de gas se redujo a menos del 10% de la producción de gas a mediados de 1978, pero, no ha sido eliminada, como se esperaba, al mes de marzo de 1979.

Aunque no existen datos confiables sobre la demanda de gas natural, parece ser que la demanda industrial tanto en Monterrey como en México absorbería el gas si hubiese una red de distribución adecuada. La decisión de consumir gas o petróleo hasta cierto punto la debe tomar el sector de energéticos. Dentro de éste, PEMEX y la Comisión Federal de Electricidad utilizan más de la mitad del gas natural de México y pueden cambiar sus fuentes de abastecimiento en la mayor parte de los casos. La decisión sobre la fuente de combustible a utilizar en el país se basa en el hecho de que es más redituable exportar gas que petróleo combustible si los precios son mayores de \$2.20 por 1,000 pies cúbicos a los precios actuales para petróleo combustible núms. 5 ó 6 en Nueva York. El presidente López Portillo subrayó la flexibilidad en la toma de decisiones en su informe de septiembre de 1978 diciendo que "la utilización de todo el gas del sudeste está prácticamente asegurada".⁶²

En los próximos años es probable que se le dé mayor atención a las anomalías existentes en la política de precios a nivel internacional y nacional. Los precios europeos para el petróleo combustible núm. 2 son 38% mayores que los de Nueva York y los precios del gas son similares.⁶³ Ya que es posible vender petróleo combustible a Europa, se puede exportar una mayor cantidad que la que se usa domésticamente, utilizando gas en lugar de petróleo dentro de la nación.⁶⁴ Se dice que los precios nacionales de gas natural varían sorprendentemente de acuerdo a los usuarios: el costo del gas para uso industrial es cinco veces menor que

⁶² *Excelsior* (septiembre 2, 1978) p. 32A.

⁶³ Precio del petróleo en Holanda, julio 1977; precio del petróleo en Estados Unidos del Departamento de Energéticos de Estados Unidos, Administración sobre Información de Energéticos, *Internacional Petroleum annual* (marzo, 1978), pp. 29,38. Agosto, 1977, precio del gas de Estados Unidos del Departamento de Estados Unidos de Energéticos, *Monthly Energy Review: enero-noviembre 1977*. Precio del gas natural en Holanda, *International Crude Oil and Product Prices* (Parra Ramos y Parra).

⁶⁴ Las especulaciones actuales incluyen la posibilidad de enviar el crudo mexicano a refinerías del Caribe que actualmente están manejando el petróleo del Medio Oriente en base de intercambio, especialmente si las tasas extranjeras empiezan a causar que la refinación europea del crudo mexicano sea competitiva con la refinación europea del crudo del Medio Oriente.

el de uso doméstico.⁶⁵ Aun cuando los costos de distribución son mayores para un gran número de hogares que para áreas industriales, el diferencial es mayor que el que generalmente está asociado con los costos de distribución. Existe un conflicto de metas entre el deseo de establecer precios que reflejen los costos de distribución y aquellos que también reflejan la necesidad de conservar recursos escasos. Un tercer conflicto en las metas es el deseo de utilizar los precios para promover la descentralización industrial. SEPAFIN cobrará diferentes cuotas de gas en diferentes regiones de acuerdo con el plan nacional de desarrollo.

Se cree que México puede absorber completamente su producción de gas. Por otro lado, el alto costo de distribución del gas natural a áreas lejanas sugiere que esto quizá no sea económico para regiones poco pobladas; en estos lugares el desarrollo de bio gas para producir calor y energía está en su primera fase de prueba.

Hidroelectricidad

Las reservas hidroeléctricas de México se estiman en 83 000 millones de kilovatios hora por año. Aproximadamente 60 000 millones habrán sido ya utilizados para el año 2000, lo cual tendrá un costo entre 150 y 200 mil millones de pesos.⁶⁶

Las plantas hidroeléctricas abastecieron el 38.5% de la capacidad eléctrica de México en 1977, porcentaje que se reducirá a 35% en 1986 y 27% en el año 2000, a menos que se lleve a cabo un programa masivo de energía nuclear, en cuyo caso el porcentaje de hidroelectricidad será solamente de 12% (véase cuadro 2). La CFE se ha orientado hacia el desarrollo de grandes plantas hidroeléctricas y ha prestado poca atención al desarrollo de plantas hidroeléctricas secundarias rentables, pero éstas deben considerarse más atentamente ya que la energía hidroeléctrica es barata y renovable. Las reducciones en los costos de transmisión deberían también fomentar el desarrollo de plantas secundarias.

Actualmente el 40% del potencial hidroeléctrico se localiza en el sur, en el complejo de Grijalva-Usumacinta y 34% en las áreas del Balsas y del Papaloapan. Algunos de los proyectos afectarán a Guatemala y por ello requerirán de un acuerdo internacional.⁶⁷ Dentro del plan de desarrollo eléctrico de México a diez años, se incluyen cinco importantes proyectos eléctricos: Chicoasén, Peñitas, Caracol, Aguamilpa y la expansión de Malpaso y la Angostura. De estos proyectos el más importante es la presa de 1 500 MW de Chicoasén, la cual cuenta con una

⁶⁵ Heberto Castillo, entrevista, julio, 1978.

⁶⁶ Ver cuadros 1 y 2.

⁶⁷ *Boletín Energéticos* (marzo, 1978).

planta subterránea. Los equipos para este proyecto, parcialmente acabado, han sido adquiridos en Francia, Japón, Suiza y México, y todos los diseños de ingeniería los ha llevado a cabo México.⁶⁸ A pesar de que se ha entrenado a muchos especialistas, existe una escasez de mecánicos en Chicoasén. Como en el caso de otras hidroeléctricas, Chicoasén tendrá importancia en la generación de electricidad durante los periodos de mayor demanda. Debido a que el desarrollo futuro de la energía hidroeléctrica necesariamente se trasladará a plantas más pequeñas una vez que las más grandes hayan agotado sus posibilidades, quizá se considere el diseño potencial y óptimo de plantas hidráulicas de cinco a veinte megawatts, con un costo aproximado del 1.5% del presupuesto de investigación y desarrollo del sector de energéticos (véase cuadro 4).⁶⁹

Carbón

El carbón puede ser considerado como un nuevo recurso respecto a la generación de energía eléctrica.⁷⁰ Se estima que el consumo actual de carbón es de seis a siete millones de toneladas anuales, de las cuales cerca del 98% se utilizan en las industrias siderúrgica y minerometalúrgica.⁷¹ El 2% restante se utiliza en la generación de 37.5 MW de electricidad en la Planta "Venustiano Carranza" de Nava, Coahuila. Las plantas eléctricas que funcionan a base de carbón producirán 630 MW para el año de 1983,* y consumirán aproximadamente 1 800 000 toneladas de carbón, lo que es igual a por lo menos 15% de la producción de carbón proyectada.⁷² El área de producción de carbón ha tenido poca prioridad debido a la contaminación que produce y a su alto costo en relación con la energía nuclear. Al mismo tiempo, el IIE ha sugerido que ya que existe una experiencia relativamente limitada en las plantas termoeléctricas de carbón, las investigaciones en México se han dirigido especialmente a la resolución de problemas a los que ya se han enfren-

⁶⁸ *Boletín IIE*, vol. 1, núm. (agosto 1977), p. 3.

⁶⁹ *Op. cit.*, p. 4.

⁷⁰ Juan Eibenschutz, entrevista, julio, 1978.

⁷¹ Pablo Mulas, "Fuentes Alternativas", *El Economista Mexicano* (marzo-abril, 1978), 20.

* Se ha anunciado un préstamo de 158 millones de dólares por parte del Banco Interamericano de Desarrollo para el proyecto de las minas de carbón de Río Escondido (Coahuila). La inversión total será de 309.4 millones de dólares. El carbón que se produzca abastecerá una planta termoeléctrica de 1200 MW. (*Excelsior*, 11 de diciembre de 1978).

⁷² *Boletín Energético* (marzo 1978), Instituto Mexicano de Petróleo, *Energéticos, Demanda Sectorial, Análisis y Perspectivas*.

tado países con mayor experiencia.⁷³ Por ejemplo, existen problemas tales como la caracterización del carbón, las especificaciones de las calderas, la producción y manejo del carbón y la separación, usos y almacenamiento de las cenizas. Algunos laboratorios del IIE diseñan instalaciones, en tanto que la investigación se ha centrado en las plantas termoeléctricas. La falta de trabajadores eficientes es un problema. La producción de carbón por trabajador mexicano es aproximadamente una décima parte de la de un trabajador promedio. Por otra parte existen pocos ingenieros capacitados para trabajar en las plantas termoeléctricas de carbón. Por ello, una parte significativa de la investigación y el presupuesto de desarrollo para el carbón se ha dedicado a la capacitación así como la exploración, la reducción de efectos contaminantes y la reducción de costos. Todos estos proyectos son esenciales si México se tiene que abastecer todo el carbón necesario para la producción de acero y de energía eléctrica.

Energía geotérmica

La energía geotérmica es muy conveniente para la generación de electricidad ya que, en circunstancias ideales, tiene un costo de dos terceras partes de la producción de energía con combustibles nucleares o hidrocarburos. La energía geotérmica es económica a una escala de 3 MW y puede desarrollarse en un plazo tan pequeño como serían tres años, lo que hace posible evitar la inversión en capacidad energética excesiva.⁷⁴ Las fuentes geotérmicas proporcionaron 75 MWe (0.6%) de la capacidad instalada en 1977, y se espera que alcance el 1.2% en 1986 y 6.6% en el año 2000. El crecimiento será lento debido a que el desarrollo de los campos geotérmicos en México se lleva de diez a quince años. Los cálculos de las reservas van de 40 000 a 100 000 millones de kilovatio-hora anuales. Probablemente se descubra que las reservas son mayores al incrementarse el conocimiento del subsuelo de México.

La única planta geotérmica en operación es la de Cerro Prieto, a 30 kilómetros de Mexicali, Baja California Norte. La capacidad de generación de esta planta aumentará a 400 MWe para 1986.⁷⁵ Quizás se confirme que existe vapor suficiente para generar un millón de kilovatios en los nuevos pozos de prueba. Se debe subrayar que Cerro Prieto es solamente una de las 130 estructuras geotérmicas que han sido identi-

⁷³ *Boletín IIE*, núm. 2 (junio, 1977), 4.

⁷⁴ Howard Green, "Geothermal Electricity: A Promising as well as Problematic Basin Energy Alternative", *Caribbean Basin Economic Survey*, vol. 4, núm. 5 (septiembre-octubre, 1978).

⁷⁵ *Boletín Energéticos* (marzo, 1978); *Boletín IIE*, vol. 1, núm. 3 (julio, 1977), 1.

ficadas.⁷⁶ La información del Skylab permitirá a México localizar nuevos campos geotérmicos.⁷⁷

El desarrollo geotérmico trae consigo varios problemas y beneficios. Por una parte, la contaminación del medio ambiente y el hundimiento del suelo requieren una acción inmediata. Por otra, además de producir energía, el fluido geotérmico contiene sales que pueden ser útiles para la industria de fertilizantes. México importa 150 millones de pesos al año de potasio; lo que se obtiene del fluido geotérmico podría reemplazar estas importaciones y dejaría algún excedente para exportación.⁷⁸

Según el informe del Taller de Recursos Alternativos, "México padece una escasez crónica de especialistas en la exploración de fuentes y recursos energéticos distintos de los hidrocarburos", por lo que el desarrollo geotérmico dependerá hasta cierto punto de la ayuda tecnológica y de los técnicos extranjeros.⁷⁹ Los cálculos de las reservas geotérmicas son de 9 200 MW en las áreas conocidas, y 9 000 en áreas que requieren mayor exploración.⁸⁰ La localización de fuentes de energía geotérmica, en relación con la red de transmisión de México, hace necesario ya sea la construcción de nuevas líneas de transmisión o un acuerdo de intercambio de energía entre México y Estados Unidos. La compleja necesidad del desarrollo de energía geotérmica explica la reducida proporción de cerca del 2% que la geotérmica tiene en los planes de desarrollo y en el presupuesto de investigación y desarrollo del sector de energéticos.

Energía nuclear

El aspecto más controvertido de la política mexicana de energéticos es el desarrollo de plantas eléctricas nucleares. Aquí existen dos preguntas relevantes: ¿cuál debe ser la contribución de la energía nuclear dentro del sistema global de energéticos? y ¿cómo debe organizarse el desarrollo de la energía nuclear?

La primera planta nuclear de México, Laguna Verde, se está construyendo actualmente. Incluye dos unidades de 650 MWe, subestaciones y líneas de transmisión necesarias para conectarlas a la red de distribución, lo que permitirá que Laguna Verde abastezca las áreas comprendidas entre Tampico y Monterrey.⁸¹ El plan a diez años de desarrollo energético de México recomienda que la energía nuclear propor-

⁷⁶ *Op. cit.*, p. 5.

⁷⁷ *Op. cit.*, p. 11.

⁷⁸ *Op. cit.*, p. 4, 11; Boletín Energéticos (octubre, 1977), 14.

⁷⁹ Wilson, *op. cit.*, p. 253.

⁸⁰ *Boletín IIE*, vol. 1, núm. 3 (julio, 1977), 13.

⁸¹ *Boletín IIE*, vol. 1, núm. 7 (noviembre, 1977).

cione el 5.4% de la electricidad del país en el año 1986 (véase cuadro 2). Las declaraciones recientes del secretario de Relaciones Exteriores, Santiago Roel, sugieren que habrá 20 reactores para el año 2000. Los partidarios de la energía nuclear recomiendan que el abastecimiento de electricidad de las plantas nucleares sea del 77% en vez del 26% para el año 2000.* La capacidad de México para llevar a cabo un programa de energía nuclear importante ha sido cuestionada debido a los grandes costos de inversión y las dificultades que surgen en la creación de una nueva industria.⁸² La construcción de Laguna Verde ha estado plagada de retrasos, causados en parte por la cancelación de un contrato extranjero. No obstante, ya que Laguna Verde es la primera planta nuclear en México, la experiencia de trabajo así como el control de calidad son muy importantes y se han contratado compañías extranjeras para que se encarguen de algunos aspectos técnicos del proyecto de construcción.⁸³

Quizá la problemática más importante de Laguna Verde está centrada en el INEN, que es el organismo responsable para obtener licencias de construcción y operación de la planta, y que actúa como juez supremo de los aspectos del trabajo relacionados con la seguridad. Al mismo tiempo recibe ayuda, así como servicios de inspección, de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA).

La planta de Laguna Verde utilizará un reactor de agua ligera (RAL), que fue diseñado por Estados Unidos y es el tipo de reactor que más se utiliza en el mundo.⁸⁴ A pesar de que México cuenta con reservas de uranio, el necesario para las primeras cargas de ambos reactores fue adquirido en Francia. El enriquecimiento de uranio lo llevará a cabo la Agencia de Desarrollo e investigación de Energía de Estados Unidos. La fabricación del combustible estará a cargo de la General Electric, que es también el fabricante del reactor. La dependencia de Laguna Verde respecto a proveedores extranjeros ha provocado un intenso debate sobre si el grado de participación nacional no es más importante que el tamaño mismo de la industria nuclear. La limitada participación actual de México en la industria de la energía nuclear se atribuye a la falta de apoyo gubernamental. Por otra parte, México no cuenta con la tecnología necesaria para enriquecer el uranio y no puede afrontar el gasto de 6 700 millones de dólares que implicaría dicho enriquecimiento y el desarrollo eléctrico relacionado con éste. Se ha afirmado que la separación centrífuga requerirá 10% de la electricidad que se utiliza para

* Según *Energía Eléctrica* (1977), p. 94, el capital invertido en la energía nuclear alcanzaría la cifra de 171 millones de dólares para 1980.

⁸² Spurgeon M. Keeney, *et al*, *Nuclear Power Issues and Choices* (Cambridge Mass.: Ballinger Publishing Co., 1977), p. 87; *Boletín IIE*, vol. 1, núm. 7 (noviembre, 1977), 18; Arnulfo Morales Amado, entrevista, julio, 1978.

⁸³ *Boletín IIE*, vol. 1, núm. 7 (noviembre, 1977).

⁸⁴ Keeney, *op. cit.*, pp. 393-394.

técnicas de difusión corriente, por lo que el enriquecimiento puede llegar a ser posible con el tiempo.

Tanto la adquisición del reactor como la forma de abastecimiento de la planta de Laguna Verde son temas muy controvertidos. Una alternativa para el RAL sería un reactor de agua pesada (RAP) que utiliza uranio natural y agua pesada: "La ventaja principal del RAP sobre el RAL surge del hecho de que el agua pesada es más efectiva que el agua ligera como moderador para permitir el uso de uranio natural no enriquecido como combustible. El RAP que está comercialmente disponible es de diseño canadiense y se conoce como CANDU".⁸⁵ Los nacionalistas se verían satisfechos debido a que el reactor de agua pesada permitiría que todo el ciclo de fabricación de combustible se llevara a cabo en México, aun cuando existen pocas fuentes de agua pesada.

Tanto el RAL como el RAP serán necesarios para el desarrollo de la energía eléctrica nuclear de México. Muchos observadores argumentan que es necesaria una ampliación inmediata del programa nuclear de México para que los mexicanos puedan desarrollar su tecnología y participar en el diseño, la construcción, la verificación y la operación de las plantas eléctricas nucleares necesarias.⁸⁶ Actualmente se puede ya fabricar en México el 25% de las partes necesarias para una planta nuclear, pero existen problemas relacionados con la calidad. Los fabricantes mexicanos necesitarán ayuda si su participación en la industria nuclear ha de alcanzar el nivel de 85%, lo que significaría un gasto interno estimado en 15 249 millones de pesos para cada planta.⁸⁷

Ya que el problema de una industria nuclear mexicana independiente va desde la invención de nueva tecnología y educación de científicos hasta el suministro de servicios de ingeniería, la cuestión es mucho más compleja de lo que parece a primera vista. Expresada en su forma más simple es si México debe o no reinventar la rueda, o quizá proporcionar un sustituto. La educación, la investigación y la invención son las actividades que requieren de un mayor capital intensivo, especialmente si se trata de física atómica, y México cuenta con muy poco capital. En este aspecto, es interesante subrayar que, aunque Arturo Warman, director del Centro de Investigación y Desarrollo Rural, sugiere que las condiciones de México están más cercanas a las de China que a las de Estados Unidos, y que México debería de estudiar el modelo chino de soluciones⁸⁸ el vicepremier Tengh Hsio-Ping afirma que apearse "a la política de independencia y autoconfianza [...] no significa cerrarle la puer-

⁸⁵ *Op. cit.*, p. 395.

⁸⁶ Entrevista con el ingeniero Guillermo Garibay, coordinador ejecutivo del proyecto, El proyecto nucleoelectrico de Laguna Verde, Ver., Boletín IIE, vol. 1, núm. 7 (noviembre, 1977).

⁸⁷ Arnulfo Morales Amado, *La Energía Nuclear* (México, D.F., 1978), p. 44.

⁸⁸ *Ciencia y Desarrollo* (julio-agosto, 1978), núm. 21, p. 93.

ta al mundo, así como la autoconfianza tampoco significa la oposición ciega a todo lo que sea extranjero".⁸⁹ *

Debido a la dificultad de obtener suficiente personal capacitado y tomando en cuenta la experiencia obtenida de la primera planta, que puede aplicarse a las subsecuentes, sería realista proyectar la construcción de 20 reactores del tamaño de Laguna Verde. Según el doctor Arnulfo Morales Amado, del Instituto de Investigaciones y Desarrollo Nuclear (IIDN) el presupuesto propuesto para los próximos seis años es de 20 mil millones de pesos.⁹⁰ Esta es una cantidad extremadamente pequeña. Las estimaciones del costo de un nuevo edificio para la Ciudad Universitaria de Nueva York fueron de aproximadamente 1 900 y 2 300 millones de pesos, mientras que un laboratorio para el reactor de TOKAMAK tiene un costo de 133.4 millones de pesos.⁹¹ Sin embargo, estas cifras para la industria atómica son congruentes con los pequeños gastos de investigación y desarrollo de México y con el presupuesto de educación que últimamente ha aumentado al nivel promedio de las naciones en desarrollo. Al evaluar este presupuesto para el IIDN, se debe de tener muy en cuenta la importante afirmación del doctor Morales Amado de que no debe crearse desempleo de científicos. Sin embargo, puede preguntarse qué pasaría si algunos enfermaran o no se presentarían a trabajar. La mayoría de los trabajos avanzados requieren cierta superabundancia, ya que es difícil manejar una empresa eficiente sin contar con refacciones o con gente de reemplazo. Por esta razón es posible que el presupuesto sea muy pequeño o que la utilización de extranjeros sea necesaria. Este último punto puede resolverse de dos formas, pero ninguna de ellas se ha discutido lo suficiente en público.

La primera posibilidad es la creación de un Mercado Común Latinoamericano para la industria de la energía atómica. Quizá puedan surgir economías de escala debido a esta eventualidad, pero algunos científicos dudan que ésta sea una buena estrategia para México debido al hecho de que Argentina y Brasil están más avanzados actualmente en el desarrollo científico y tecnológico de este campo. La segunda posibilidad es la utilización de técnicos con experiencia nuclear de los Estados Unidos u otros países. Es muy interesante que los dos países que más frecuentemente se mencionan como colaboradores de México en el desarrollo de la industria nuclear son la India por su reactor RAP, y Canadá, debido a que está dispuesta a vender a México su tecnología poco después de que México les compre un reactor CANDU.⁹²

* El presidente López Portillo afirma que México no aspira a la autosuficiencia científica y tecnológica, pero sí busca la autodeterminación y que se emplearán otros latinoamericanos si no se cuenta con suficientes mexicanos.

⁸⁹ *Science*, vol. 201 (agosto 11, 1978), 61; *Excelsior* (octubre 20, 1976).

⁹⁰ Entrevista, julio, 1978.

⁹¹ *New York Times*, julio 30, 1978; *Electrical World* (octubre, 1977).

⁹² Arnulfo Morales Amado, entrevista; también vea *La Energía Nuclear*, pp. 44-45.

El 21 de noviembre de 1978 México y España firmaron un tratado conjunto de desarrollo en el que se incluyen programas, estudios y equipo nuclear. España también otorgará a la CFE de México una línea de crédito que se utilizará en energía nuclear. Asimismo, el 11 de diciembre se firmó un acuerdo a diez años con Francia por medio del cual, desde principios de 1980, Francia comprará 100 000 barriles diarios de petróleo y pagará con bienes de capital y tecnología. Este acuerdo también ofrece tecnología para el enriquecimiento de uranio para Laguna Verde. Estos acuerdos hacen suponer que México seguirá probablemente el ejemplo de Venezuela de intercambiar petróleo por tecnología, investigación y capacidad de desarrollo en el campo de los energéticos.

No obstante, si la mayoría de los reactores son del tipo de agua ligera, entonces la cuestión del enriquecimiento del uranio será de gran importancia, así como extremadamente delicada. Aun cuando ya se ha anunciado la posibilidad de establecer acuerdos con naciones del bloque comunista, con Gran Bretaña y Francia para el enriquecimiento del uranio y su tecnología, el único acuerdo que ha sido firmado es con Estados Unidos.⁹³ El problema con este último es que los desperdicios del uranio enriquecido pueden utilizarse para fabricar una bomba atómica. Estados Unidos, preocupado por lo que puede suceder con el uranio enriquecido ha insistido que se le permita inspeccionar las plantas mexicanas como condición para proporcionar servicios de enriquecimiento de uranio. México desea someterse únicamente a los grupos de inspección de la OIEA. Finalmente se llegó a un acuerdo cuando un grupo de inspección internacional, que incluía a un norteamericano, fue enviado a México en agosto de 1978. No obstante, la posición de Estados Unidos ha sido considerada como una violación a la soberanía mexicana, por lo que probablemente se busquen otras fuentes de enriquecimiento de uranio cuando sea posible.⁹⁴

La futura organización de la industria nuclear ha sido objeto de un controvertido debate que se ha centrado en el artículo 27 de la Ley Reglamentaria Constitucional en Materia Nuclear. Este debate fue publicado en el Diario Oficial el 26 de enero de 1979. La Constitución establece que "no se otorgarán concesiones ni se autorizarán contratos o se sustituirán aquellos que en su caso hayan sido autorizados, en el manejo del petróleo, hidrocarburos líquidos o gaseosos o minerales radioactivos, y la nación se ocupará de la explotación de estos productos de acuerdo a los términos que la ley regulatoria respectiva indique. La generación, transmisión, transformación, distribución y abastecimiento de energía eléctrica que tiene como objeto el servicio público están reservados exclusivamente a la nación. No se otorgarán concesiones a individuos, y la nación hará uso de los bienes y recursos naturales que sean

⁹³ *Excelsior* (julio 30, 1978; noviembre 22, 1978; diciembre 12, 1978).

⁹⁴ Audiencia Pública (marzo 30, 1978) turno 34, página 1; *El Universal* (marzo 17, 1978).

necesarios para este fin. Asimismo, la nación hará uso de los combustibles nucleares para la generación de energía nuclear y regulará su aplicación para otros fines. El uso de la energía nuclear sólo puede tener metas pacíficas”.

La ley establece la exclusividad de la nación en la exploración y la explotación de sus materiales radiactivos, así como las exportaciones reguladas de uranio,⁹⁵ y explícitamente prohíbe las concesiones o contratos, aun cuando el desarrollo de la industria nuclear requiere de un gran capital y de tecnología, situación análoga a la que llevó al gobierno a abrir sus puertas o contratos en el caso de la industria del petróleo, y a sugerir que a falta de científicos mexicanos disponibles pueden emplearse científicos de otros países de Latinoamérica.⁹⁶ De manera sorprendente, el debate pasó por alto el hecho de que México podía adoptar una ley similar a la Ley Orgánica Venezolana de 1975 respecto al petróleo, cuyo artículo 5 establece que el gobierno venezolano, después de un voto especial en el Congreso puede firmar contratos con empresas privadas durante periodos limitados y bajo el control total del Estado.

El debate sobre la regulación de la industria nuclear fue tan intenso, que por primera vez en la historia moderna de México se pospuso para la siguiente sesión la aceptación de una ley propuesta por el Ejecutivo, en lugar de ser aceptada inmediatamente.⁹⁷ En la ley adoptada en enero, el gobierno responsabilizó a SEPAFIN de la política nuclear y creó una Comisión Nacional de Energía Atómica, que coordinará las actividades de las recientemente creadas URAMEX e INEN, y administrará las diferentes disposiciones de la ley. URAMEX, la compañía mexicana de uranio, explorará, minará y procesará los materiales radioactivos y desarrollará las varias etapas del ciclo de combustible nuclear, excepto el combustible consumido, el cual será utilizado por la CFE para la producción de energía eléctrica; el Instituto de Investigación y Desarrollo Nuclear (INEN) planeará y llevará a cabo la investigación y el desarrollo de la ciencia y la tecnología nuclear, y proveerá usos pacíficos de la energía nuclear relacionados con el desarrollo nacional; la Comisión Nacional de Seguridad revisará, evaluará y autorizará las bases para el diseño, construcción, operación, modificación y documentación para las plantas y las instalaciones nucleares, estableciendo y llevando a cabo el sistema nacional de responsabilidad y control de materiales nucleares, y tendrá responsabilidades similares dentro de la industria nuclear.

La separación de la Comisión Nacional de Seguridad del resto de la industria nuclear está generalmente aceptada: “el juez y el acusado no pueden ser la misma persona”. No obstante, la división del INEN en dos grupos, a pesar de estar bajo la misma organización, la Comisión

⁹⁵ *Excelsior* (noviembre 17, 1978).

⁹⁶ *Ciencia y Desarrollo* (noviembre-diciembre, 1978).

⁹⁷ *Audiencia Pública* (marzo 14, 1978), turno 15, página 2.

Nacional de Energía Atómica, fue criticada debido a que las funciones fueron separadas y se dividió la investigación de las aplicaciones prácticas, lo que podría dificultar la comunicación entre los científicos de ambos grupos.⁹⁸

Las frecuentes rupturas que han ocurrido en los laboratorios de corporaciones gigantes, comparadas con las ocurridas en los laboratorios de investigación, fueron citadas como razones para mantener a URAMEX y al INEN como un solo grupo. No está claro si la innovación refleja la organización dentro de la cual esta innovación ha ocurrido, o las elevadas sumas disponibles para la inversión en las corporaciones gigantes, comparadas con los pequeños presupuestos concedidos a los laboratorios de investigación de las universidades, agobiados por su déficit. Como resultado, existen opiniones diversas en México en lo que se refiere a los méritos respectivos de la investigación pura y la investigación aplicada para el desarrollo nuclear-eléctrico.

Se destacan también otros problemas respecto del futuro de la industria de energía nuclear. Uno de ellos radica en que la importancia de la industria nuclear forzaría al gobierno a no considerarla como objeto de huelgas, tal como sucede en la industria de la defensa, asunto con implicaciones que muchos encuentran difíciles de discutir. La solución norteamericana de un pacto antihuelgas con los sindicatos de la industria nuclear, que deja a dicha industria fuera de la jurisdicción militar, puede ser un modelo útil para la industria nuclear mexicana.

El problema de cómo proveer el desarrollo futuro de las actividades que tienen aún que ser inventadas, se soluciona requiriendo que el INEN estimule la investigación y el desarrollo nuclear en las universidades y los institutos de educación avanzada, coordinando estas actividades con sus propios programas, y capacitando personal en el gobierno federal y en sus agencias dedicadas a la energía nuclear y a sus diferentes aplicaciones. El INEN debe también fomentar el intercambio nacional e internacional para favorecer la investigación y mantener relaciones con la Comisión Internacional de Energía Atómica y otros grupos. Puesto que México debe desarrollar su propia industria nuclear, existe un cierto número de proyectos que están siendo considerados y que son importantes. Estos proyectos incluyen un reactor cero-potencial,* la capacitación de científicos para el sector nuclear, la investigación y plantas experimentales para la energía atómica teórica así como aplicada. De estos proyectos, el más interesante es la construcción de una máquina (TOKAMAK) para concentrar plasma, la clave para el dominio futuro de la fusión de energía.⁹⁹

Una notable innovación de la Ley de Febrero es la estipulación res-

⁹⁸ *Loc. cit.*

* Zero-potential reactor.

⁹⁹ Cf. *La Energía Nuclear*, pp. 78-80.

pecto a que la exportación de materiales o minerales radioactivos no será aprobada hasta que no se apruebe un plan de desarrollo de energía nuclear; este plan debe determinar la cantidad anual necesaria para el país durante un período no menor de 15 años. La autorización para la exportación no será concedida si afecta las reservas probadas de estos materiales necesarios para la nación. Si se otorga ésta no excederá el 5% de las necesidades del país.

Energía solar

La energía solar incluye la energía que se obtiene directamente de la luz solar e indirectamente de la biomasa, el biogás o el viento. Aun cuando la utilización de energía solar es muy costosa para la ciudad de México, cuyo cielo nublado hace que la instalación de aparatos resulte inútil, es de gran importancia para muchas áreas rurales que, por estar muy alejadas de la red principal de distribución de energía, hacen que ésta sea incosteable. En el campo, la mayor parte de los recursos tradicionales de energía son de tipo solar, la cual abasteció por lo menos de 4% de la energía de México al 42% de la población en 1970.¹⁰⁰

Una gran parte del territorio mexicano está formado por desiertos, por lo que recibe una considerable cantidad de radiación solar que podría ser convertida en electricidad y alimentar a la red nacional de energía. A pesar de esta ventaja, la energía solar no ha sido incluida en el plan de desarrollo a diez años de México. Las predicciones del descenso de los costos en la tecnología solar son muy variadas, pero se espera que la alternativa de energía solar sea comercialmente competitiva alrededor de los años 2000 y 2030. México planea introducir tecnología para la producción de energía solar como ya se ha desarrollado en otros países, pero aparentemente no ha aceptado aún las sugerencias de desarrollar un instituto de energía solar que tenga gran importancia como el INEN, basado en la misma escala.¹⁰¹

No existen planes para la electrificación rural masiva, ya sea por medio de fuentes solares o fuentes convencionales. El ingeniero Eibenschutz afirmó lo siguiente: "No considero al sol como una fuente de energía que pueda ser utilizada masivamente, ni en México ni en ninguna parte del mundo en este momento [...] Una cosa es electrificar algunos pueblos con métodos solares avanzados de acuerdo a un plan de desarrollo tecnológico, y otra cosa muy distinta proponer un plan para instalar plantas solares en cada comunidad aislada que cuente con 200

¹⁰⁰ Gutiérrez Santos, *op. cit.*; la energía animal está incluida en las fuentes tradicionales.

¹⁰¹ Entrevista con el doctor Mulás, julio, 1978.

habitantes. El volumen de recursos necesarios está fuera del alcance del país, aun cuando nos hagamos ricos gracias al petróleo".¹⁰²

No todos los observadores están de acuerdo con este punto de vista. Por ejemplo, los directores adjuntos del Programa de Energía Solar del Instituto Politécnico Nacional (IPN) afirman que "a pesar del costo actual de los generadores fotovoltaicos en nuestro país, existen diferentes aplicaciones económicamente factibles en las comunidades, tales como la tele-escuela, radio-teléfono rural y, en los próximos años, bombas de agua, así como otros usos que requieren de una fuente de energía autónoma fácil de mantener como es el caso de los sistemas que operan en lugares remotos... Para abastecer de energía, aparatos electrónicos tales como la televisión educacional y el radio-teléfono se necesitan áreas muy pequeñas de una extensión aproximada de un metro cuadrado."¹⁰³

Algunos estudios recientes han objetado la noción de que la energía eléctrica nuclear es necesariamente más barata que la energía solar, pero los cálculos mexicanos colocan la energía eléctrica nuclear a la mitad del costo de la opción menos costosa de energía solar, tales como sistemas hidroeléctricos en pequeña escala y medios para cocinar o alumbrar por medio de biogás. Las opciones restantes de energía solar tienen un costo mayor que la electricidad que se envía a través de la red nacional de electricidad, mientras que la refrigeración solar cuesta menos que la refrigeración a base de diésel.¹⁰⁴ Algunas técnicas solares son competitivas con la energía del diésel o lo serán dentro de pocos años.

Una de las razones por las cuales las estimaciones mexicanas sobre los costos de la energía solar son muy elevados, es el hecho de que no se incluye la conservación como parte del costo total. Desde el punto de vista del ingeniero Eibenschutz, esto se debe a que las medidas de conservación frecuentemente se relacionan con problemas de conservación de calor durante el invierno, problema que es aún más grave en Estados Unidos que en México, y también porque sería muy difícil acatar las medidas de conservación en México.¹⁰⁵ No obstante, la opción de energía solar puede resultar menos costosa de lo que la estiman los mexicanos, pero no tanto como se calcula en Estados Unidos incluyendo los gastos de conservación. Finalmente México parece ser capaz de fabricar su propio equipo para producir energía solar.

Actualmente la mayor atención se ha centrado en proyectos solares de sistemas integrados de energía para comunidades rurales. Existen 80 000 comunidades que aún no han sido electrificadas.¹⁰⁶ Estos pueblos están esparcidos en todo México. El mayor interés se ha centrado

¹⁰² *Boletín IIE*, vol. 2, núm. 6 (junio, 1978), 3.

¹⁰³ *Ibid.*, 405.

¹⁰⁴ Norman L. Brown y James W. Howe, "Solar Energy for Village Development", *Science* (febrero 10, 1978), p. 653.

¹⁰⁵ Entrevista, julio, 1978.

¹⁰⁶ *Boletín IIE*, núm. 2 (junio, 1977), 12; y doctor Mulás, entrevista, julio, 1978.

en aquellos que tienen entre 200 y 500 habitantes. La condición de cada uno de estos pueblos varía según sus recursos naturales, los cuales pueden aprovecharse para producir biogás, energía solar, energía de viento y microsistemas hidráulicos como parte de un desarrollo integrado del pueblo. Durante el pasado año y medio el IIE ha trabajado en el desarrollo de un proceso y un sistema, y actualmente se encuentra en la segunda fase que consiste en seleccionar tres o cuatro comunidades con diferentes características para utilizarlas como proyectos piloto.¹⁰⁷ Al mismo tiempo, la Organización de las Naciones Unidas está llevando a cabo negociaciones para establecer un centro rural de energía, el cual estaría localizado en Vallecitos, Guerrero.¹⁰⁸ El gobierno cuenta con un proyecto de energía solar para habitaciones, conjunto con Alemania, el cual tendrá un costo aproximado de 380 millones de pesos.¹⁰⁹

En los proyectos rurales del IIE sólo se utilizan las técnicas sencillas, tales como placas colectoras planas, agua o viento. No se proponen sistemas fotovoltaicos debido a su alto costo. El sistema integrado debe contar con un digestor de biogás y agua para procesos de lavado. Un problema que no se presenta con otros sistemas es la dificultad para concentrar ganado vacuno en un solo lugar a fin de recolectar sus desperdicios, que después de procesados constituyen un fertilizante mejor que el estiércol y también producen metano para la producción de biogás. El biogás puede utilizarse en motores de combustión interna, bombas de agua o generadores eléctricos. Una ventaja de utilizar biogás es que sustituye al carbón y reduce la tasa de deforestación. El metano es asimismo menos contaminante que la leña o el carbón. Para utilizar el biogás se escogió un motor Volkswagen debido a su fácil mantenimiento; este motor se adaptó para que utilizara biogás en vez de gasolina.

Un estudio sociológico y antropológico se llevará a cabo en el pueblo-prueba antes y después de la introducción del sistema integrado. La comunidad se verá implicada en la planeación para reducir la resistencia al cambio y para observar cómo puede utilizarse la energía para crear empleos adicionales basados, quizás, en el establecimiento de una agroindustria que movilice los recursos locales. Los habitantes tomarán parte en la construcción de su propio equipo para que aprendan también a mantenerlo.

La energía procedente del viento no constituye una parte importante de este programa debido a que no está distribuida en forma equitativa en México, pero tiene cierto potencial para bombear agua en los ranchos ganaderos. Apenas empiezan a aparecer nuevas medidas relacionadas con este tipo de energía, tales como la arquitectura pasiva; * se espera

¹⁰⁷ Doctor Mulás, entrevista, julio, 1978.

¹⁰⁸ Doctor Usmani, entrevista, marzo, 1978.

¹⁰⁹ *Excelsior* (16 agosto, 1978).

* Colocación de edificios para aprovechar el sol.

que sea de gran importancia en Monterrey, en donde el clima es muy variable.

La importancia de la política de energía solar puede evaluarse, hasta cierto punto, por el hecho de que actualmente sólo se gastan 200 000 dólares en proyectos de energía rural y no existen planes de capacitación masiva para especialistas en este tipo de energía. Existe en México una falta característica de empleos en el área de energía solar.¹¹⁰ En comparación, Estados Unidos gasta aproximadamente 400 000 000 de dólares anuales en este campo, y cuenta con cerca de 10 000 profesionales especializados. De los estudios de energía solar en Estados Unidos una cuarta parte de ellos están dedicados al desarrollo de celdillas fotovoltaicas de bajo costo. En diciembre de 1978 se propuso una investigación conjunta sobre energía solar, entre Estados Unidos y México, la cual se está considerando actualmente.¹¹¹

La asignación de prioridades no es necesariamente el resultado de la ventaja comparativa entre México y Estados Unidos en lo que se refiere a fuentes de energía no tradicionales y ciencias. Por el contrario, refleja la fe en el abundante petróleo mexicano y en la energía nuclear. Brasil, por el contrario, no cuenta con reservas suficientes de petróleo, pero sí con un programa de energía nuclear más avanzado que el de México y con un programa más importante en lo que se refiere a fuentes de energía no convencionales. Este programa incluye la investigación de los desechos vegetales y de las cosechas que pueden utilizarse en motores movidos por alcohol así como el diseño de motores de automóviles que funcionan sólo con alcohol.

III. POLÍTICA INTERNACIONAL DE ENERGÉTICOS

Durante la mayor parte de su historia reciente, México ha sido un exportador neto de petróleo crudo e importador de algunos productos refinados. De 1968 a 1974 las importaciones de petróleo crudo fueron necesarias debido a que la demanda excedió la oferta, pero los recientes descubrimientos de petróleo han restaurado la posición de México como un exportador de crudo y las exportaciones de electricidad a California se están discutiendo actualmente. México también es capaz de exportar gas natural. El tema más importante en lo que se refiere a fuentes de energía extranjeras para México es la tecnología. El caso del enriquecimiento de uranio es más conocido que el abastecimiento de materias primas. Actualmente México no puede costear el enriquecimiento de uranio y depende de Estados Unidos para este servicio. Existen también otras fuentes potenciales de enriquecimiento, sin embargo, si México utiliza un RAP con uranio natural, no es probable que existan muchas

¹¹⁰ Doctor Mulás, entrevista, julio, 1978.

¹¹¹ *Excelsior* (diciembre 9, 1978) 19B.

fuentes de abastecimiento de agua pesada, y este tipo de agua no se produce aún en cantidad suficiente en México para el funcionamiento de plantas nucleares eléctricas.

Asimismo, se están utilizando tecnología y equipo extranjero en la industria petrolera, especialmente en plantas situadas en el mar y en plantas criogénicas. Las tentativas actuales para limitar la dependencia de una sola fuente extranjera han conducido a un acuerdo con Japón para intercambiar petróleo por tecnología y equipo, aun cuando existan algunas protestas en pro de la utilización de abastecedores mexicanos. Ya existen tentativas para cambiar el modelo de educación y de esta forma subrayar la innovación y la adaptación de la tecnología extranjera, y no sólo depender de su uso. Probablemente México siga el ejemplo de Estados Unidos y Venezuela de intercambiar petróleo por inversión para la investigación y el desarrollo de tecnología de energía, parte de la cual se localizará en México, en vez de intercambiar petróleo por tecnología ya "incluida" en el equipo.

Por lo que se refiere a las relaciones externas multilaterales, México no es miembro de la OPEP y no se unirá formalmente a ella en acuerdos bilaterales de productores. Sin embargo sí seguirá la política de precios fijada por dicha organización. México ha patrocinado y firmado el Tratado de la No Proliferación Nuclear. Las relaciones externas bilaterales se determinan por el hecho de que la Constitución establece que las fuentes de energía, así como su producción, son virtualmente un monopolio del gobierno; consecuentemente, la inversión extranjera está prohibida. Los extranjeros proveen tecnología, financiamiento y servicios. Actúan también como concesionarios, especialmente en las áreas en las que México tiene poca experiencia. En estos casos la compañía extranjera frecuentemente capacita a trabajadores para el nuevo procedimiento. Recientemente, en respuesta a los ataques nacionalistas causados por la contratación de extranjeros, ha habido algún indicio de preferencia por los latinoamericanos en relación a otros técnicos, en los casos en que no se cuenta con suficientes mexicanos especializados.

IV. ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

La industrialización y el uso de la energía surgieron al mismo tiempo y el resultado inevitable es la contaminación. Más del 50% de la producción industrial de México está concentrada en la ciudad de México, cuya posición geográfica hace aún más graves los efectos de la contaminación. El gobierno, por lo tanto, es partidario de la descentralización para resolver el problema de la contaminación atmosférica. Además, el uso de equipo de anticontaminación es en algunos casos obligatorio y en otros fomentado por medio de técnicas fiscales.¹¹²

¹¹² Lucio Cabrera Acevedo, "Demographic and Legal Aspects of Pollution in México", en Carrillo Prieto, *op. cit.*, p. 306.

Las recientes medidas que se han tomado para limitar la contaminación del medio ambiente surgieron en base a la enmienda del artículo 73 de la Constitución, que otorga al Consejo de Salud la jurisdicción en materia de medio ambiente y somete las leyes referentes al medio ambiente a la revisión del Congreso. La Ley Federal para la prevención y el Control de la Contaminación Ambiental, que entró en vigor el 23 de marzo de 1971, define a los contaminantes como sustancias que alteran el medio ambiente e incluye el humo, polvo, cenizas, bacterias, desperdicios, residuos, y todo tipo de energía, tales como el calor y la radioactividad; también incluye a los contaminantes derivados de la energía, como es el ruido. Las regulaciones publicadas el 17 de septiembre de 1971, establecen niveles para la emanación de humo y polvo, y dan una atención especial a las refinerías, plantas termoeléctricas, ferrocarriles y vehículos automotrices, así como incineradores de desperdicios, plantas de fertilizantes y plantas de concreto y asfalto. Los vehículos de motor causan el 70% de la contaminación atmosférica en la ciudad de México.¹¹³ El gobierno ha centrado sus medidas de anticontaminación en los vehículos automotrices y escogió autobuses movidos por diésel en lugar de gasolina para reducir la contaminación; pero no se ha dado suficiente atención al mantenimiento, por lo que estos autobuses contribuyen también a la contaminación.¹¹⁴

Una de las muchas consideraciones que se hacen al decidir la localización de una planta generadora de energía se refiere a los efectos posibles de una actividad dada en los niveles de contaminación. Por ejemplo, se argumentó que la localización de las instalaciones para el refinamiento de petróleo o para petroquímicas en Tula debería de ser suprimida porque el viento de Tula causaría que el *smog* llegara hasta la ciudad de México. Además, la localización de las plantas hidroeléctricas en Tula y de centros turísticos en Jalisco, Quintana Roo y Baja California están siendo estudiados debido a sus impactos ecológicos.¹¹⁵

La Comisión Nacional de Energéticos aún no ha recomendado medidas específicas para reducir la contaminación relacionada con los energéticos.¹¹⁶ No obstante, se ha anunciado ya un cierto número de medidas para reducir la contaminación del aire resultante de las operaciones de PEMEX. El plan para el período 1977-1982 que se basa en la medición de los contaminantes del aire y el agua y la evaluación y control de sistemas, exige un control creciente de los quemadores para reducir la emanación de humo de las refinerías. Asimismo, se están formulando otros estudios referentes a la contaminación causada por la industria

¹¹³ *Ibid.*, p. 307.

¹¹⁴ *Excélsior* (26 de noviembre, 1978), p. 19A.

¹¹⁵ Mario Alberto Chávez González, *op. cit.*, p. 298.

¹¹⁶ Lucio Cabrera Acevedo, "Legal Protection of the Environment in México", *California Western International Law Journal*, vol. 8, núm. 1 (invierno de 1978), 34.

petroquímica.¹¹⁷ No obstante, las consideraciones sobre contaminación quedan en segundo término cuando se toman las decisiones para un mayor crecimiento. El presupuesto de 1979 de PEMEX prevé que esta empresa tendrá que pagar las multas requeridas, pero se llegó a la decisión más importante concerniente a la contaminación por razones muy diferentes. Esta fue la decisión de cambiar de petróleo a gas para la generación de electricidad, lo que reducirá la contaminación ambiental, pero esta decisión fue tomada porque el gas no se podía exportar.

La única forma efectiva para reducir la contaminación sería incrementar el precio de la energía, medida que ya ha sido tomada en el sector eléctrico, pero no en el petrolero ni en la industria petroquímica. Finalmente, se estima que los aparatos utilizados para reducir la contaminación atmosférica causada por plantas de combustible fósil incrementarán los costos de la electricidad entre 4.2 y 8.5%.¹¹⁸

PEMEX ha anunciado diferentes estrategias para limitar la contaminación del agua. Habrá un mayor control en la descarga de agua contaminada, especialmente la contaminada con grasa y petróleo. Asimismo, se ha entrenado personal especializado para controlar las fugas de las presas que contienen desperdicios. Tanto el agua de lastre de los barcos, como el agua con desperdicios resultantes de las operaciones de refinación, será tratada. Se están estudiando planes para resolver problemas similares en la industria petroquímica. Por otra parte, hay frecuentes protestas sobre la contaminación de pesquerías debido a los desperdicios de PEMEX.¹¹⁹

Por lo que se refiere a la contaminación causada por la energía eléctrica, el costo para reducir dicha contaminación en el agua de las plantas de combustible fósil incrementaría los costos de la electricidad en 1.9%, y el aumento que esto causaría en las plantas nucleares sería del 2.7%.¹²⁰

Las plantas nucleares de Laguna Verde no están todavía operando, por lo que la discusión sobre los contaminantes atómicos se ha centrado en los efectos potenciales. La mayor dificultad que se tiene para hacer comparaciones válidas entre la energía nuclear y otras fuentes de energía, respecto a las consecuencias en materia de salud, es la insuficiente experiencia en el uso, de la primera, lo que imposibilita evaluar sus efectos a largo plazo. Una reciente estimación establece que bajo condiciones normales de operación los riesgos totales para la salud ocasionados por plantas nucleares son de 0.6 a 1.0 muertes por reactor al año, menos que el promedio de .04 a 25 muertes causadas por una planta a base de car-

¹¹⁷ Jorge Díaz Serrano, *Memoria* (1978).

¹¹⁸ David L. Scott, *Pollution in the Electric Power Industry; Its Control and Costs* (Massachusetts, Lexington Books, 1973), pp. 74-77.

¹¹⁹ *Excelsior* (28 de agosto, 1978); véase también Marco Antonio Michel y Leopoldo Allub, "Petróleo y cambio social en el sureste de México", *Foro Internacional*, 72, vol. VIII (abril-junio, 1978).

¹²⁰ Scott, *op. cit.*

bón de 1000 MWe.¹²¹ Otro cálculo reciente cita 120 muertes por giga watt hora (GWH) en una planta a base de carbón y .47 en plantas nucleares. Se dice que tanto la contaminación térmica como otro tipo de contaminación no genética, son menos dañinas que la causada por fusiones no nucleares y otras fuentes de energía. Las peores suposiciones sobre los accidentes nucleares conducen a cálculos que serían comparables a los accidentes causados durante tiempos de paz, tales como los huracanes o los terremotos, que no han amenazado la supervivencia de las sociedades.

El factor más importante para la estimación de las consecuencias de un accidente nuclear es la localización de la planta. Afortunadamente Laguna Verde está alejada de la ciudad de México, por lo que las consecuencias de un posible accidente disminuyen. No obstante, si México decide utilizar reactores reproductores en el futuro, se deberá enfrentar al hecho de que los riesgos de reprocesamiento del combustible consumido son mayores que los de las operaciones de una planta actual, y también al hecho de que existe una importante duda sobre la efectividad del almacenamiento y la eliminación del combustible reprocesado. Además, el daño genético permanente causado por el bajo nivel de radiación que existe durante las operaciones de rutina de una planta nuclear, es un riesgo continuo asociado con cualquier sistema nuclear-eléctrico. Las instalaciones subterráneas para controlar la radiactividad causarían un aumento del 1.0% en los costos de la electricidad. En el futuro, el desarrollo de la energía fusionada superará el problema de la eliminación de desperdicios radiactivos pero puede contribuir a agravar el efecto de retención de calor. En general, parece ser que en México el tema de la independencia nacional es más importante que el de la salud pública.

PEMEX afirma que las tierras localizadas en las áreas de perforación petrolera deben ser restauradas a su estado natural o a un estado más favorable para poder ser utilizadas más adelante. Se está siguiendo una política similar con respecto a la construcción del gasoducto. Si el 90% de todo el alambrado eléctrico para la transmisión de energía se colocara bajo tierra, el costo de la electricidad aumentaría en un 3.2%.

Para una nación en desarrollo, el aspecto más importante entre la energía y la calidad de vida es la disponibilidad de energía para su población total. La escasez de combustible natural y la falta de electricidad fomenta la migración rural urbana y todos sus problemas derivados. Por lo tanto, se debe dar prioridad al abastecimiento de energía a las áreas rurales y a las vecindades pobres.

En segundo término está la relación entre la energía y el empleo; en algunos casos la disponibilidad de la energía fomenta tanto la inversión como el empleo. Sin embargo, en lo que se refiere a los servicios domésticos, los aparatos eléctricos frecuentemente reemplazan a las sirvientas

¹²¹ Keeney, *op. cit.*, pp. 195, 211, 213, 230, 239-240.

sin crear oportunidades de trabajo comparables en la industria de aparatos eléctricos. Asimismo, cierto tipo de mecanización agrícola disminuye la demanda de trabajo al mismo tiempo que hace posible el cultivo de grandes extensiones de tierra. En ausencia de un mecanismo para transferir la creciente producción a aquellos que están desempleados o subempleados, el abastecimiento de energía disminuye la calidad de vida de algunas personas al mismo tiempo que mejora la de otras.

El gobierno ha estado intentando crear empleos y dar ayuda a las pequeñas empresas. Al mismo tiempo, la política demográfica tiene como meta reducir la tasa de crecimiento de la población hasta que se pueda proporcionar una calidad de vida razonable para todos los habitantes. Existe un creciente movimiento para preservar el medio ambiente, el cual hace posible el acatamiento estricto de las leyes mexicanas en este aspecto e intenta evitar una intensa perturbación ambiental similar a la causada por una industrialización de tipo japonés.

V. PERSPECTIVAS FUTURAS

México ha proclamado una política de crecimiento económico subrayando la descentralización, la ayuda a las pequeñas empresas, la creación de empleos, la limitación del crecimiento demográfico y el control de la contaminación. Ya que los detalles de los planes por medio de los cuales se piensa alcanzar estas metas no están disponibles, es difícil evaluar las prioridades de los objetivos o las posibilidades de que se alcancen. Existen indicios de un creciente interés en métodos suaves de energía (energía solar, por ejemplo), pero los esfuerzos son modestos, especialmente si consideramos la facilidad con que se puede obtener capital actualmente. El reciente aumento en los costos de la energía nuclear-eléctrica y las dificultades para obtener una producción eficiente del carbón hacen que el desarrollo de sistemas alternados de energía sean más urgentes de lo que indican las prioridades gubernamentales.

El problema en la próxima década depende de la cantidad existente de petróleo y del tiempo que se pueda mantener la confianza de los inversionistas. Si las reservas probadas son de hecho tan grandes como se calcula y no se añaden nuevas reservas probadas a los totales actuales, entonces México cuenta con reservas de petróleo para 45 años de acuerdo a los niveles de producción para 1980. Esto garantiza una cantidad suficiente de petróleo para las necesidades de México además de las exportaciones. La entrada masiva de capital, basada en estas estimaciones, está ayudando a terminar con la depresión económica mexicana y a asegurar la existencia de capital suficiente disponible para el crecimiento económico. Los cuellos de botella continuarán existiendo en lo que se refiere a personal capacitado, a la adaptación de la tecnología existente en zonas semitropicales y a la innovación tecnológica. Las metas más importantes, como son la autosuficiencia en la agricultura y la descentralización en la administración pública, así como el crecimiento económico dependen de factores diferentes a la abundancia de energéticos, tal como

una política demográfica exitosa. El descubrimiento reciente de la riqueza de México hace posible, pero no asegura, un nivel adecuado y equitativo del crecimiento económico. Si la estrategia a diez años tiene éxito, entonces México tendrá una mayor capacidad para obtener su propio crecimiento económico, aun cuando los excedentes de energéticos para la exportación y la inversión extranjera desaparezcan al mismo tiempo.

Traducción de Martha Rivero.