

Evaluación Energética y Tecnologías Apropriadas
en el Estado de Coahuila

Florencia Teresa Castro Leal Talamás

T e s i s

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Grado de:

Maestro en Ciencias
en la Especialidad de Planeación Agropecuaria



Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"

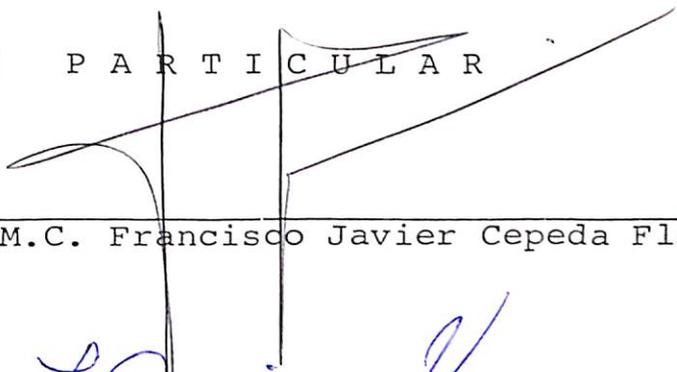
Programa de Graduados
Buenavista, Saltillo, Coahuila
Agosto de 1987

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de

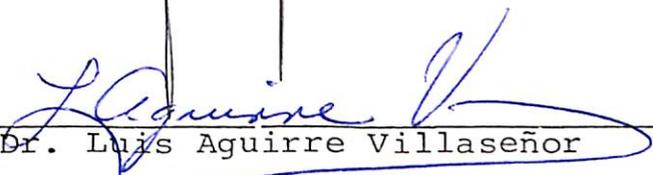
MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD
DE PLANEACION AGROPECUARIA

COMITE PARTICULAR

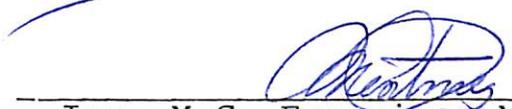
Asesor principal:

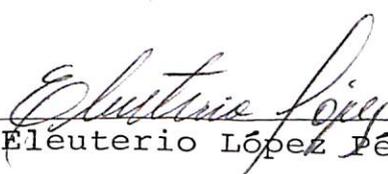

Ing. M.C. Francisco Javier Cepeda Flores

Asesor:


Dr. Luis Aguirre Villaseñor

Asesor:


Ing. M.C. Francisco Martínez Gómez


Dr. Eleuterio López Pérez
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Agosto 1987

Agradezco al Ing. M.C. Francisco Cepeda Flores, al Dr. Luis Aguirre Villaseñor y al Ing. M.C. Francisco Martínez Gómez por el apoyo y asesoría en la elaboración del presente trabajo, al Ing. Alberto Moyeda Dávila por el aliento y confianza profesional, al Centro de Investigación en Química Aplicada por el apoyo bibliográfico, a la Ing. Carmen Leticia Ayala López por la realización del trabajo mecanográfico, al D.G. Carlos Estrada Aburto por su trabajo en ilustraciones, y en especial a mis compañeras y amigas Gloria Irma Aguillón, Cristela Daniel y Adriana Melendez por el apoyo y entusiasmo que siempre me han ofrecido.

Para la Lic. Martha Rodríguez
y la Lic. Ma. Imelda Viesca

INDICE DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| INDICE DE CUADROS | vii |
| INDICE DE FIGURAS | xi |
| INTRODUCCION | 1 |
| BREVE PANORAMA ENERGETICO MUNDIAL | 5 |
| BREVE RESUMEN DE LA SITUACION ENERGETICA NACIONAL | 21 |
| SITUACION ENERGETICA DEL ESTADO DE COAHUILA | 39 |
| - ALGUNOS DATOS SOCIOECONOMICOS DEL ESTADO | 39 |
| - HIDROCARBUROS | 47 |
| - ENERGIA ELECTRICA | 53 |
| - COMBUSTIBLES VEGETALES | 60 |
| CONSUMO ENERGETICO DEL SECTOR RURAL | 65 |
| - MODELO ECONOMICO Y CARACTERIZACION DEL MEDIO RURAL | 65 |
| - PATRON ENERGETICO DEL SECTOR RURAL . . | 76 |
| ENERGIAS ALTERNATIVAS Y TECNOLOGIAS APROPIADAS EN COAHUILA | 99 |
| - ENERGIA SOLAR | 106 |
| - BIOMASA | 117 |
| - ENERGIA EOLICA | 128 |
| - LINEAMIENTOS PARA UN PROGRAMA DE TECNO- LOGIAS APROPIADAS | 132 |
| CONCLUSIONES | 145 |
| RESUMEN | 151 |
| LITERATURA CITADA | 155 |
| APENDICES | 162 |
| - APENDICE A | 163 |
| - APENDICE B | 169 |

| | Pág. |
|------------------------|------|
| - APENDICE C | 173 |
| - APENDICE D | 177 |
| - APENDICE E | 179 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro No. | | Pág. |
|---------------|--|------|
| 1.1. | CARACTERISTICAS DE DIVERSAS REGIONES CONSUMIDORAS DE ENERGIA DEL MUNDO EN 1972. | 8 |
| 1.2. | RESERVAS MUNDIALES (VALORES ESTIMATIVOS) ^a . | 12 |
| 1.3. | DISTRIBUCION DE LAS RESERVAS MUNDIALES DE ENERGIA (1976) EN DISTINTAS REGIONES DEL - MUNDO | 13 |
| 1.4. | PRODUCCION, CONSUMO APARENTE Y CONSUMO PER CAPITA DE ENERGIA PRIMARIA TOTAL MUNDIAL, SEGUN TIPO DE ECONOMIA Y EN MEXICO, 1975 Y 1982 (10 ¹² Kcal) | 14 |
| 1.5. | PRODUCCION, CONSUMO APARENTE Y CONSUMO PER CAPITA DE PETROLEO CRUDO TOTAL MUNDIAL, SE GUN EL TIPO DE ECONOMIA Y EN MEXICO, 1975 Y 1982 (10 ¹² kcal) | 15 |
| 1.6. | PRODUCCION, CONSUMO APARENTE Y CONSUMO PER CAPITA DE GAS NATURAL TOTAL MUNDIAL, SEGUN EL TIPO DE ECONOMIA Y EN MEXICO, 1975 Y - 1982. (10 ¹² kcal) | 16 |
| 2.1. | VARIACIONES PORCENTUALES DE CONSUMO Y PRODUCCION DE ENERGIA EN MEXICO. (1983/1982 Y 1984/1983) | 27 |

| Cuadro No. | | Pág. |
|---------------|---|------|
| 2.2. | RESUMEN DE INDICADORES BASICOS, OFERTA Y CONSUMO DE ENERGIA EN MEXICO. (1982-1985) . . . | 28 |
| 2.3. | CAPACIDAD O POTENCIA ELECTRICA REAL INSTALADA POR TIPO DE PLANTA (MW), A NIVEL NACIONAL, 1981-1984 . . . | 32 |
| 2.4. | GENERACION BRUTA DE ENERGIA ELECTRICA POR TIPO DE PLANTA (10^{12} kcal A NIVEL NACIONAL), - 1984 . . . | 35 |
| 3.1. | PRODUCCION NACIONAL Y ESTATAL DE PETROLEO CRUDO Y GAS NATURAL PARA 1981-1984 . . . | 48 |
| 3.2. | CONSUMO DE HIDROCARBUROS EN COAHUILA (m^3), - 1983-1986 . . . | 49 |
| 3.3. | CONSUMO DE HIDROCARBUROS EN COAHUILA (10^{12} kcal), 1983-1986. . . | 51 |
| 3.4. | CAPACIDAD INSTALADA EN OPERACION DEL SUBSECTOR ELECTRICO POR TIPO DE GENERACION (MW), A NIVEL NACIONAL Y ESTATAL, 1981-1984 . . . | 54 |
| 3.5. | PRODUCCION DE CARBON EN MEXICO* . . . | 55 |
| 3.6. | GENERACION BRUTA DEL SUBSECTOR ELECTRICO POR TIPO DE GENERACION (10^9 kcal), A NIVEL NACIONAL Y ESTATAL 1981-1984. . . | 57 |
| 3.7. | CONSUMO POR TARIFAS PARA EL ESTADO DE COAHUILA (10^9 kcal), 1984 . . . | 58 |
| 3.8. | PRODUCCION Y CONSUMO DE LOS SUBSECTORES: HIDROCARBUROS, ENERGIA ELECTRICA Y COMBUSTIBLES VEGETALES EN EL ESTADO DE COAHUILA, 1984 . . | 63 |
| 4.1. | POBLACION TOTAL, URBANA Y RURAL A NIVEL NACIONAL . . . | 66 |

| Cuadro No. | | Pág. |
|---------------|---|------|
| 4.2. | POBLACION TOTAL, URBANA Y RURAL A NIVEL ES TATAL | 66 |
| 4.3. | POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA (PEA) DEL - SECTOR I (AGRICULTURA, GANADERIA, SILVICUL- TURA, PESCA Y CAZA) A NIVEL NACIONAL. | 68 |
| 4.4. | POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA (PEA) DEL - SECTOR I (AGRICULTURA, GANADERIA, SILVICUL- TURA, PESCA Y CAZA) EN EL ESTADO DE COAHUI- LA | 68 |
| 4.5. | PRODUCTO INTERNO BRUTO TOTAL Y DEL SECTOR I A NIVEL NACIONAL Y ESTATAL (MILLONES DE PE- SOS CORRIENTES) Y PORCENTAJE SECTORIAL | 70 |
| 4.6. | PARTICIPACION DEL SECTOR RURAL EN EL CONSU- MO NACIONAL DE ENERGIA ^a (10 ¹² kcal) Y PORCEN- TAJES | 82 |
| 4.7. | VENTAS ANUALES DE FERTILIZANTES EN COAHUI - LA ^a POR TIPO DE NUTRIENTES Y SU CONTENIDO - ENERGETICO | 85 |
| 4.8. | CONSUMO ENERGETICO DEL SUBSECTOR PRODUCTIVO RURAL DE COAHUILA (10 ⁹ kcal), 1985 | |
| 4.9. | CONSUMO ENERGETICO DEL SUBSECTOR DOMESTICO RURAL DE COAHUILA (10 ⁹ kcal), 1985 | 96 |
| 4.10. | PARTICIPACION DEL SECTOR RURAL EN EL CONSU- MO ESTATAL DE ENERGIA, 1985. | 97 |
| 5.1. | EXISTENCIA GANADERA Y AVICOLA DEL ESTADO DE COAHUILA (EN MILES) Y ESTIMACION DEL ESTIER- COL PRODUCIDO/CABEZA/DIA, EN KG | 127 |

| Cuadro No. | | Pág. |
|---------------|---|------|
| B.1. | CONSUMO DE ENERGIA PRIMARIA POR FUENTES DE ENERGIA (10 ⁹ kcal), TOTAL MUNDIAL SEGUN EL TIPO DE ECONOMIA, PARA LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA Y MEXICO, 1975 Y 1982 . . . | 170 |
| B.2. | CONSUMO DE ENERGIA PRIMARIA POR FUENTES DE ENERGIA, COMO PORCENTAJE DEL TOTAL MUNDIAL Y COMO PORCENTAJE RESPECTIVO SEGUN TIPO DE ECONOMIA PARA LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTEA <u>M</u> ERICA Y MEXICO, 1975 Y 1982. | 171 |
| B.3. | RESERVAS Y PRODUCCION DE HIDROCARBUROS ^a DE MEXICO. (MILLONES DE BARRILES). | 172 |
| B.4. | PRODUCCION DE PETROLEO CRUDO Y GAS NATURAL DE MEXICO (10 ⁹ kcal). | 172 |
| C.1. | UNIDADES DE ENERGIA Y TABLA DE EQUIVALEN - CIAS | 174 |
| C.2. | EQUIVALENCIAS PARA COMBUSTIBLES MEXICANOS . | 175 |
| C.3. | FACTORES DE CONVERSION PARA VOLUMENES | 175 |
| C.4. | PODERES CALORIFICOS Y EQUIVALENCIAS ENERGE <u>T</u> ICAS 1982-1984 (COMBUSTIBLES MEXICANOS) . | 176 |
| E.1. | COSTOS COMPARATIVOS Y PERSPECTIVAS DE TEC- NOLOGIAS ENERGETICAS ALTERNATIVAS POR USO - FINAL | 179 |

INDICE DE FIGURAS

| Figura No. | | Pág. |
|---------------|--|------|
| 1.1. | CONSUMO ESTIMADO DE ENERGIA POR PERSONA Y PROYECCIONES PARA LOS PAISES DESARROLLADOS Y LOS PAISES EN DESARROLLO, 1900-2000. | 6 |
| 1.2. | RELACION ENTRE EL CONSUMO DE ENERGIA POR PERSONA EN VARIOS PAISES Y REGIONES Y EL PROMEDIO MUNDIAL | 7 |
| 2.1. | CONSUMO DE ENERGIA EN MEXICO (1983). | 23 |
| 2.2. | ESTRUCTURA PORCENTUAL DE LA CAPACIDAD O POTENCIA ELECTRICA REAL INSTALADA POR TIPO DE PLANTA A NIVEL NACIONAL, 1984. | 33 |
| 2.3. | ESTRUCTURA PORCENTUAL DE LA CAPACIDAD O POTENCIA TERMoeLECTRICA REAL INSTALADA POR TIPO DE PLANTA A NIVEL NACIONAL, 1984 | 34 |
| 2.4. | ESTRUCTURA PORCENTUAL DE LA GENERACION BRUTA DE ENERGIA ELECTRICA POR TIPO DE PLANTA, A NIVEL NACIONAL, 1984. | 35 |
| 2.5. | ESTRUCTURA PORCENTUAL DE LA GENERACION BRUTA DE ENERGIA TERMoeLECTRICA POR TIPO DE PLANTA A NIVEL NACIONAL, 1984. | 36 |
| 3.1. | DIVISION MUNICIPAL Y POR REGIONES COPLADE DEL ESTADO DE COAHUILA. | 43 |

| Figura No. | | Pág. |
|---------------|---|------|
| 3.2. | SITUACION GEOGRAFICA Y AREAS DE INFLUENCIA DE LAS AGENCIAS DE VENTAS DE PEMEX DE SAL- TILLO, SABINAS, COAH., Y GOMEZ PALACIO, - DURANGO. | 52 |
| 5.1. | PROMEDIO DE RADIACION TOTAL ANUAL DIARIA - EN LANGLEYS/DIA PARA MEXICO | 110 |
| 5.2. | FORMAS DE APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA - SOLAR DIRECTA | 109 |
| 5.3. | CAPTADOR PLANO DE PLACAS. | 112 |
| 5.4. | DESTILADOR SOLAR | 113 |
| 5.5. | SISTEMA REFRIGERADOR/ENFRIADOR SOLAR POR - ABSORCION | 115 |
| 5.6. | ESQUEMA DE UN ARREGLO FOTOVOLTAICO | 118 |
| 5.7. | PARANGUA KUEREKUTZARI | 121 |
| 5.8. | ESQUEMA DE INSTALACION DE GENERACION DE - BIOGAS | 125 |
| 5.9. | POTENCIA MEDIA ANUAL DISPONIBLE DEL VIENTO | 130 |
| A.1. | EXPORTACION DE PETROLEO CRUDO (1983) | 164 |
| A.2. | EVOLUCION DEL PRECIO PROMEDIO DEL CRUDO EX PORTADO POR LA OPEP | 165 |
| A.3. | RESERVAS PROBADAS DE HIDROCARBUROS TOTALES (AL 1° DE ENERO DE 1984) | 166 |
| A.4. | PRODUCCION MUNDIAL DE PETROLEO CRUDO | 167 |
| A.5. | ESTRUCTURA DEL CONSUMO NACIONAL APARENTE - DE ENERGIA EN MEXICO (BILLONES DE KILOCALO RIAS O 10^{12} Kcal), 1982-1984 | 168 |

COMPENDIO

Evaluación Energética y Tecnologías apropiadas
en el Estado de Coahuila

POR

FLORENCIA CASTRO LEAL TALAMAS

MAESTRIA

PLANEACION AGROPECUARIA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. AGOSTO 1987

Ing. M.C. Francisco Javier Cepeda Flores. -Asesor-

Palabras clave: Energéticos, patrón de consumo,
tecnologías apropiadas.

La necesidad de un verdadero esfuerzo de planeación y coordinación para fortalecer la capacidad tecnológica en energéticos se plantea como una actividad urgente a realizar. En este proceso se requiere que se optimice la tarea energética para satisfacer las necesidades locales y que se incorporen los patrones de consumo propios para el aprovechamiento de los recursos renovables.

En este marco general se desenvuelve el presente trabajo, con énfasis en el medio rural del Estado de Coahuila. De este modo los objetivos a cubrir son los siguientes:

- Realizar una evaluación energética en cuanto a producción y consumo por principales fuentes de energéticos para el Estado de Coahuila.

- Análisis del patrón de consumo energético, caracterizándose por uso final para el sector rural del Estado de Coahuila.

- Evaluación de la tecnología existente para recursos energéticos renovables, seleccionando y caracterizando aquella que se ajuste a la línea de tecnologías apropiadas para comunidades rurales.

- Lineamientos generales para un programa de tecnologías apropiadas.

En cuanto al balance energético estatal para 1984, en los hidrocarburos encontramos un déficit de 3889.612×10^9 kcal, que representa un 51.9 por ciento del consumo total; respecto a la energía eléctrica el déficit es menor, de 98.04×10^9 kcal, con un 1.3 por ciento del consumo total. Para los combustibles vegetales la producción fue de 795.30×10^9 kcal, no contándose con estudios forestales respecto a su tasa de explotación.

En el patrón de consumo energético, para 1985 se encontró que el subsector productivo rural, representó el 17.54

por ciento del consumo estatal de energía, y el subsector doméstico rural el 16.18 por ciento, con lo cual el consumo - del sector rural significó el 33.72 por ciento del estatal. Modificando la visión equivocada del 3.1 por ciento para el sector contenida en los balances oficiales. Adicionalmente, estos estudios por uso final, permiten comprender la situa - ción real de la población rural y la estructura de su consu - mo energético.

En relación a las tecnologías apropiadas selecciona - das para desarrollarse en el medio rural del Estado, encon - tramos a la energía solar en su vía térmica, la biomasa en - estufas rurales mejoradas y en fermentación anaeróbica y la energía eólica, para bombas de agua, molinos y microgenera - ción eléctrica. Se consideraron en base a su bajo costo, uti - lización de materiales propios de la región, de fácil diseño, con escasos requerimientos de mantenimiento y con posibilida - des de participación de las habilidades y fuerza de trabajo locales de los miembros de las comunidades.

En los lineamientos generales para un Programa de - tecnologías apropiadas se hacen ciertas consideraciones gene - rales para la puesta en marcha de esta opción con énfasis en el Estado de Coahuila.

ABSTRACT

Energetic appraisal and appropriate technologies
to be used in Coahuilä State, Mexico

BY

FLORENCIA CASTRO LEAL TALAMAS

MASTER OF SCIENCE

AGRICULTURE PLANNING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. AUGUST 1987

Key words: Energetics, consumption pattern,
appropriate technologies.

As an urgent activity a real effort should be carried out in planning and coordinating to improve the technological energetics capability. This process requires an optimization of the energetic task for the satisfaction of local necessities and the incorporation of its own consumption patterns to make use of the renewable resources. As a result of this three main objectives were determined.

- To accomplish an energetic evaluation for the production and the consumption of the main energetic sources and

the consumption of the main energetic sources in the State of Coahuila.

- To analyze the energetic consumption pattern by characterizing the end-use in the Coahuila State rural sector:

- To evaluate the present technology for renewable energetic resources by selecting and characterizing wich one in adequate for the appropriate technologies in rural communities.

- Outlines of a program for appropriate technologies.

In the energetic balance for 1984 we observed that the hydrocarbons had a 3889.612×10^9 kcal deficit, which represents 51.9 per cent of the total consumption; the electric energy had a smaller deficit, 98.04×10^9 kcal, with 1.3 per cent of the total consumption. The vegetable fuel production was 795.30×10^9 kcal, and there are no forest studies for their exploit rate.

For the energetic consumption pattern in 1985, we found that the rural productive subsector represented 17.54 per cent of the energy consumption, and 16.18 per cent from the rural domestic subsector was determined. This represents a 33.72 per cent of the state consumption for the rural sector. In addition the studies of end-used showed a better comprehension of the present conditions in the rural population and in the energetic consumption structure.

The appropriate technologies that were selected to be developed in the State rural sector were, solar energy in its thermic form, the biomass in improved rural stoves, in anaerobic fermentation, and the eolic energy for water pumps, wind-mills and electric microgeneration. They were chosen for their low cost, for the use of regional materials, easy design, united maintenance needs and with some participation possibility such as local hability and work force from the members of the community.

In the outlines of a program for appropriate technologies we made some general considerations to carry into effect this option, emphasizing in Coahuila State, Mexico.

INTRODUCCION

La perspectiva de largo plazo de agotamiento de los combustibles fósiles y el pronóstico de una escasez de su oferta frente a la demanda para la década de los 90's (Ponce, 1980), aunado en el plano nacional a la fuerte dependencia hacia estas fuentes en cuanto a consumo interno de energía primaria y como principal ingreso por exportaciones de mercancías, son fenómenos que vienen a sumarse a los problemas estructurales que padece la economía mexicana en el presente.

México cuenta con una enorme cantidad de recursos naturales que debe utilizar para asegurar el autoabastecimiento de energía y la satisfacción de sus necesidades en este sentido. Sin embargo, hasta ahora y debido al poco conocimiento de este sector, ha prevalecido un tipo de racionalidad en donde el aprovechamiento de los recursos naturales ha sido encaminado a la explotación hasta su agotamiento.

Las dificultades para superar esta situación se centran esencialmente en dos factores: por un lado, la carencia de investigación y de tecnologías propias que

contribuyan a mejorar la situación de atraso científico en el campo de los energéticos; y por otro, la escasez de los recursos financieros, que retroalimenta al factor anterior e impide la difusión de los procesos tecnológicos que hayan podido desarrollarse. Sobre todo, ambos factores obstaculizan el aumento de la disponibilidad interna de las distintas fuentes energéticas ante la demanda insatisfecha (Wionczek, 1982).

La Academia de Investigación Científica (1983), señala al respecto la necesidad urgente de un verdadero esfuerzo de planeación y coordinación para fortalecer la capacidad tecnológica en relación a los energéticos.

En este marco general se desenvuelve el presente trabajo de tesis, reconociendo la importancia crucial de crear una capacidad local para el desarrollo de las fuentes de energía renovables, en contraposición con los modelos impuestos externamente, que imitan y adoptan tecnologías del exterior profundizando la dependencia política y económica hacia los países industrializados.

Para lograr la elevación de la eficiencia global de la utilización de los recursos naturales con énfasis en los energéticos, que incorpore los patrones de consumo propios, y que optimice la tarea energética para satisfacer una necesidad, se requiere el cumplimiento de algunos requisitos indispensables: elaboración de un diagnóstico del grado, naturaleza y calidad de los recursos energéticos existentes,

evaluación de la demanda actual de energía por uso final y por sectores, revisión de las alternativas energéticas ajustándola a los recursos y necesidades nacionales y realización de investigaciones en caso que impliquen la participación local para el diseño y adaptación de soluciones tecnológicas, considerando sus impactos ecológicos, económicos y sociales.

En este último aspecto, la línea de tecnologías apropiadas, marca tres estrategias centrales (Reddy, 1982, citado por UNAM, 1987): La satisfacción de las necesidades básicas, sobre todo, de las regiones más marginadas como lo son las comunidades rurales; la autosuficiencia endógena, mediante la participación social; y la armonía con el ambiente.

Dentro de este marco conceptual que hemos expuesto, el presente trabajo se plantea cubrir los siguientes objetivos:

- Realizar una evaluación energética en cuanto a producción y consumo por principales fuentes de energéticos para el Estado de Coahuila.

Análisis del patrón de consumo energético, caracterizándolo por uso final para el sector rural del Estado de Coahuila.

Evaluación de la tecnología existente para recursos energéticos renovables, seleccionando y caracterizando -

aquella que se ajuste a la línea de tecnologías apropiadas para comunidades rurales.

Lineamientos generales para un programa de tecnologías apropiadas.

I. BREVE PANORAMA ENERGETICO MUNDIAL

En la historia de la civilización ha sido importante el dominio de la energía por el hombre, es decir, su conversión en forma útil. El hombre, a través del tiempo, ha tratado de alcanzar un alto nivel de productividad mediante la utilización de una cantidad de energía muy superior a la capacidad muscular global de los miembros de su comunidad. Ya que la energía humana y animal tienen una capacidad energética limitada, el valor del trabajo de un hombre es insuficiente para conseguir un nivel de vida aceptable, el resultado equivaldría a un estricto nivel de subsistencia (Stout *et al.* 1980).

La energía se requiere en mayor cantidad por tres razones:

- a) La población mundial está creciendo a un ritmo exponencial.
- b) Aumenta constantemente el consumo de energía por persona.
- c) El tipo de tecnología que se utiliza es alta consumidora de energía.

En este sentido, en la Figura 1.1. se observa como ha venido aumentando el consumo de energía por persona, y la tendencia proyectada que presenta hasta el año 2000.

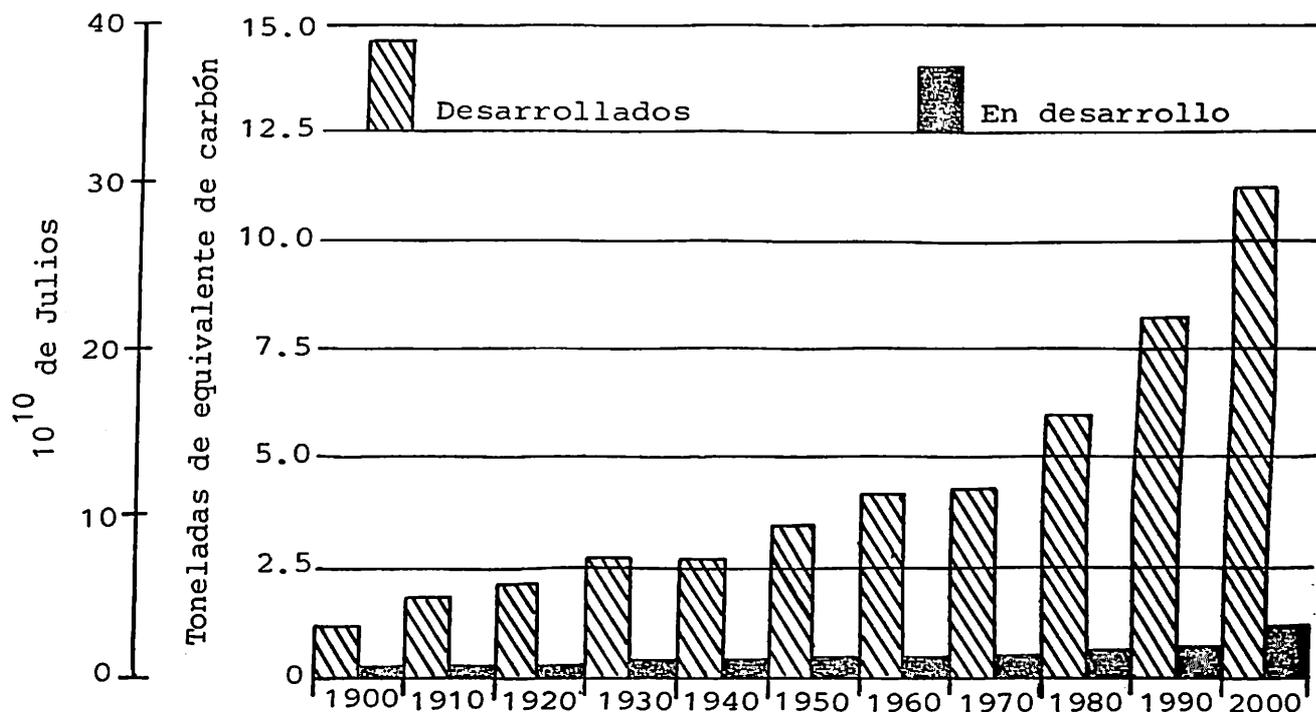
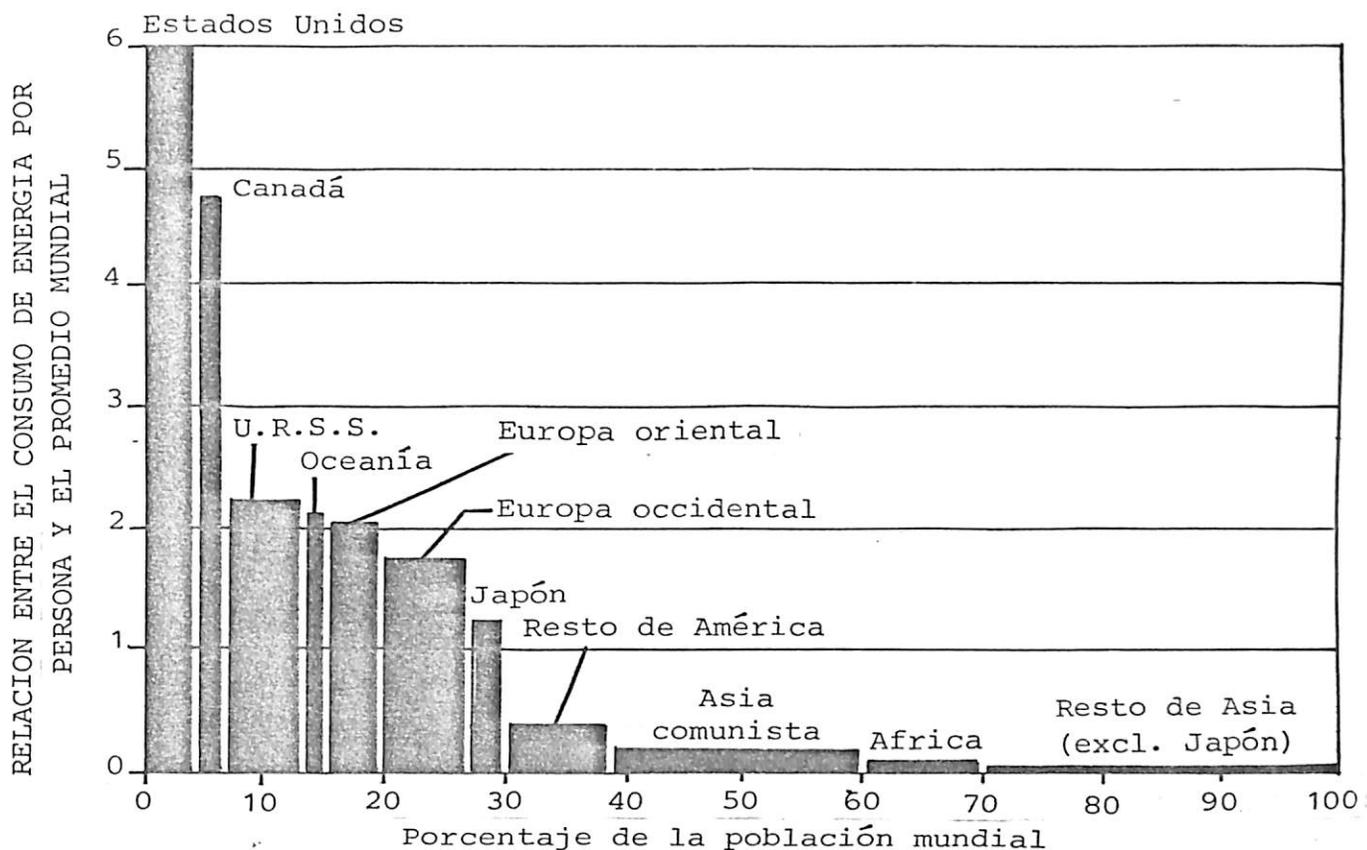


Figura 1.1. Consumo estimado de energía por persona y proyecciones para los países desarrollados y los países en desarrollo 1900-2000. (FAO, 1980).

De acuerdo a las tendencias actuales, la población mundial para 2020 será 10,500 millones de personas de las cuales unos 1,400 millones pertenecerán a países ricos; 85,000 millones a países pobres y el resto a países intermedios. Además, si la disparidad en el consumo de energía se mantiene, en los países ricos el consumo de energía anual por persona será de aproximadamente 371.52×10^6 kcal, mientras que en los países pobres será tan sólo de 9.63×10^6 kcal (Stout *et al.* 1980).

En la Figura 1.2 se muestra la amplia gama de consumo de energía por persona en diversos países en desarrollo y desarrollados. Así con un 6 por ciento de la población mundial, los Estados Unidos de Norteamérica, para 1975, consumían aproximadamente el 35 por ciento de la energía (Stout *et al.*, 1980; Marín, 1982)



- Figura 1.2. Relación entre el consumo de energía por persona en varios países y regiones y el promedio mundial (Stout *et al.*, 1980).

Si bien es cierto que la energía se requiere en mayor cantidad, la inestabilidad en los precios de los energéticos, la incertidumbre en los suministros de energía comercial y la perspectiva a largo plazo del agotamiento de las fuentes de energía no renovables, ha llevado a pensar que es esencial lograr una utilización más eficaz de todas las

formas de energía (FAO, 1981), así como comenzar efectivamente el proceso de reconversión energética a fuentes renovables.

En el Cuadro 1.1 se compara el consumo de energía de varios países en 1972.

Cuadro 1.1. Características de diversas regiones consumidoras de energía del mundo en 1972.

| | Población (millones) | Consumo anual de energía (10^{15} kcal) | Porcentaje del consumo en el mundo | Consumo per cápita anual (10^6 kcal) |
|---------|-------------------------|---|--|--|
| EEUU | 205 | 16.34 | 34 | 79.12 |
| CEE | 253 | 7.74 | 16 | 30.10 |
| URSS | 240 | 5.76 | 12 | 24.08 |
| India | 440 | 1.03 | 2.2 | 2.41 |
| México* | 60 | 0.52 | 1.1 | 8.43 |
| Mundo | 3500 | 47.30 | 100.0 | 13.76 |

* Cifras para 1975

Elaborado a partir de (Palz, 1978; SPP, 1985a; y SPP, 1985b)

Como se observa, EEUU y los nueve países de la CEE juntos, representan cerca de la mitad del total de consumo de energía en el mundo cada año. En este estudio se señala que el consumo total de energía para 1968 era función lineal del producto nacional bruto. Así, el incremento del consumo de energía parece estar íntimamente ligado a la renta "per cápita" (PIB) y al nivel de vida (Palz, 1978). Esto significa que por cada peso que se genere en la economía de un país, es necesario invertir una cantidad "x" de energía. En

relación a lo anterior, es factible variar la magnitud del aumento, variando las eficiencias energéticas de los procesos productivos, evitando dispendios de energía (Ponce, 1980).

En la mayoría de los países, principalmente a partir de 1973, se han venido haciendo grandes esfuerzos para reducir las pérdidas de energía y aumentar la eficiencia en su utilización (Palz, 1978). Un índice mediante el cual se puede medir el consumo de energía, se encuentra en la relación:

$$I = \frac{\text{Consumo energético per cápita}}{\text{Producto interno bruto per cápita}}$$

Este índice sirve para conocer la proporción entre el nivel de producción de un país por individuo y el gasto de energía que esto implica; por lo cual puede servir como elemento de juicio para la toma de decisiones respecto al consumo energético planeado.

Para los países desarrollados hacia 1980, este coeficiente era de 1, lo cual quiere decir que por cada unidad de producto, se consumía una unidad energética; mientras que para los países en desarrollo era de 1.4. En México, a lo largo de los últimos 20 años, el consumo energético per cápita ha crecido en promedio 1.3 veces más rápidamente que el producto interno bruto per cápita (Ponce, 1980). Esto es importante en relación al hecho de que, en general, todos los países están tratando de disminuir este factor para poder incrementar los niveles de vida con el menor costo o consumo energético posible (Ponce, 1980). Así, por ejemplo, en el área de la CEE la meta es alcanzar el valor de 0.7 para 1985 (Marín, 1982).

Actualmente, casi toda la energía del mundo deriva de fuentes no renovables (recursos energéticos cuya reposición es lenta o no se reestablecen en absoluto), como son: combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural; y combustibles nucleares: uranio (FAO, 1981)

Las principales fuentes de energía comercial (que se vende por conductos comerciales) mundial en 1978, según datos de las Naciones Unidas (entre paréntesis figuran los porcentajes para 1960) fueron: carbón 32 por ciento (52 por ciento); petróleo, 45 por ciento (32 por ciento); gas natural, 20 por ciento (14 por ciento); energía hidráulica y geotermia, 2 por ciento (2 por ciento); y nuclear 1 por ciento (0 por ciento).

Para México, y adelantándonos con fines comparativos, las fuentes energéticas que satisfacían la demanda en 1977 era: petróleo, y gas natural, 85.5 por ciento; carbón, 5.1 por ciento; hidroelectricidad, 9.1 por ciento; y geotermia, 0.3 por ciento (Ponce, 1980).

En estos términos, y según previsiones sobre la demanda de energía elaboradas por la Comisión Nacional de Energía de los EUA, el consumo de energía para 1970 era de 1.63×10^6 kcal, gasto que provenía en un 96 por ciento de combustibles fósiles no renovables, en este mismo año, el consumo mundial era de 4.65×10^6 kcal, lo cual quiere decir que los EUA solamente consumían el 35.1 por ciento del total mundial de consumo de combustibles fósiles. De acuerdo a las estimaciones, la demanda de energía de los EUA se duplicará en tre 1975 y 2000, mientras que el consumo mundial se duplicará en un lapso menor a los 20 años (Marín, 1982), lo cual implica que de no-

realizarse en este lapso la reconversión energética a fuentes renovables, la demanda de combustibles fósiles sobrepasará a la oferta alrededor del año 2000, enfrentándonos, entre otras cosas, a una escasez mundial de energéticos, así como, y por lo tanto, a costos inevitablemente elevados de ellos.

En cuanto a las fuentes fósiles de energía, es importante señalar que en las condiciones económicas y de funcionamiento de 1973, a una velocidad de extracción anual de 2773×10^{16} kcal, las reservas probadas de petróleo en el mundo que aún permanecían en el subsuelo, quedarían exhaustas en 27 años (Palz, 1978), es decir, que alrededor del año 2000 el petróleo se habrá agotado totalmente. En este sentido, también se han hecho consideraciones sobre oferta y demanda señalando que desde antes se espera un encarecimiento. Los resultados del WAES (Workshop on Alternative Energy Strategies) sobre las predicciones de oferta-demanda de petróleo para los próximos años, observan que la demanda sobrepasará a la oferta en la década de los 90's (Ponce, 1980), lo cual está relacionado con las reservas y su agotamiento.

En el Cuadro 1.2 se presentan las reservas mundiales estimadas de las fuentes de energía más importantes actualmente, debido a su consumo con relación a otras fuentes. Como se puede observar, todas ellas son no renovables a excepción de la fuerza hidráulica. En este sentido, la sumatoria de las reservas totales de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) está calculada en 5.3×10^{19} kcal. Si comparamos esta cifra con el consumo estacionario mundial de

energía por año, que es igual a 1.82×10^{17} kcal (Marín, 1982) la duración en años de las reservas fósiles sería de 291.2. Esta cifra no contradice la que se señaló anteriormente, ya que el plazo de agotamiento de 27 años señalado para el petróleo, se amplía al considerar las reservas de carbón y gas natural.

Lo anterior de ningún modo justifica que se continúe con el patrón de consumo energético actual basado en fuentes no renovables, por el contrario, la experiencia que estamos viviendo para el petróleo nos muestra el desperdicio en maquinaria y equipo, y los problemas que plantea llegar al punto de agotamiento de estas fuentes. Que, por otra parte, conllevan en su utilización la eliminación de residuos contaminantes que se almacenan en el medio ambiente. De esta manera, consideramos que es impostergable el cambio hacia fuentes energéticas renovables, condicionando un patrón energético de consumo más racional y eficiente del que se ha privilegiado.

Cuadro 1.2. Reservas mundiales (valores estimativos)^a.

| | Carbón | Petróleo | Gas natural | Fuerza hidráulica (anual) | Torio/ Uranio |
|------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Reservas | 11×10^{12} Tm | 3×10^{11} Tm | 73×10^{13} m ³ | 41×10^{11} kcal | Valor alto 6×10^6 Tm |
| Equivalencias | 4500 kcal/kg | 10^7 kcal/Tm | 8500 kcal/m ³ | 864 kcal/KWh | Según proceso |
| Reservas en kcal | 4.95×10^{19} | 3×10^{18} | 6.205×10^{17} | 3.5×10^{15} | Según proceso |

^a Este cuadro está realizado con cifras obtenidas de diferentes estimaciones, pero con tendencia a valores por encima de las estimaciones medias actuales (Marín, 1982).

En el Cuadro 1.3 se resume la distribución del carbón, petróleo, gas natural y reservas hidroeléctricas para algunas regiones del mundo, lo cual nos muestra la diferente concentración geográfica de estas reservas.

Así, vemos que las fuentes fundamentales de energía con que cuenta el hombre actualmente son de origen fósil, siendo estos recursos limitados y su distribución muy desigual entre los países. Con respecto al carbón, éste se concentra en un 31 por ciento para los Estados Unidos; el petróleo en 55 por ciento para el Oriente Medio; el gas natural, en 28 por ciento para la URSS y Europa Oriental; y la energía hidráulica, en un 20 por ciento para Africa.

Cuadro 1.3. Distribución de las reservas mundiales de energía (1974) en distintas regiones del mundo.

| | Carbón % del total mundial | Petróleo % del total mundial | Gas natural % del total mundial | Energía hidráulica % del total mundial |
|-------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Africa | 3 | 14 | 9 | 20 |
| Asia (sin China) | 3 | 2 | 2 | 13 |
| Canadá | 1 | 1 | 5 | 5 |
| República Popular China | 14 | 2 | 2 | 13 |
| América Latina | * | 8 | 3 | 16 |
| Oriente Medio | * | 55 | 16 | * |
| Oceanía | 4 | * | 11 | 2 |
| Estados Unidos | 31 | 6 | 12 | 11 |
| URSS y Europa Oriental | 23 | 8 | 28 | 11 |
| Europa Occidental | 21 | 3 | 7 | 7 |

* No llega al 1%
(Palz, 1978).

En cuanto a la producción y consumo de energía primaria que nos sitúa a México en la perspectiva mundial, tenemos los siguientes datos, a reserva de lo que se menciona en la siguiente sección (ver Cuadros 1.4, 1.5 y 1.6).

Cuadro 1.4. Producción, consumo aparente y consumo per cápita de energía primaria total mundial, según tipo de economía y en México, 1975 y 1982 (10^{12} kcal).

| | Producción | | Consumo aparente | | Consumo per cápita (10^9 kcal) | |
|----------------------|------------|----------|------------------|----------|-----------------------------------|-------|
| | 1975 | 1982 | 1975 | 1982 | 1975 | 1982 |
| Total mundial | 55639.78 | 61461.96 | 51185.43 | 57829.46 | | |
| Países desarrollados | 30733.80 | 40662.44 | 42803.09 | 45849.73 | | |
| Países en desarrollo | 20905.98 | 20799.53 | 8382.34 | 11979.73 | | |
| México | 564.50 | 1856.68 | 507.28 | 886.12 | 8.43 | 12.11 |

Elaborado a partir de: (SPP, 1985a).

En ellos podemos observar que el incremento en la producción de energía primaria del país en 1975 a 1982 fue de 230 por ciento, mientras que a nivel mundial fue de 10.5 por ciento de aumento, esto debido al desarrollo de la explotación de hidrocarburos para la exportación, ya que en cuanto al consumo aparente, el incremento fue de 75 por ciento, siendo a nivel mundial del 13 por ciento, con lo cual, por otra parte, el consumo per cápita en México aumentó en 44 por ciento.

Si comparamos estas cifras a nivel mundial, la producción de energía primaria en México pasó de significar el 1 por ciento en 1975 al 3 por ciento en 1982 del total mundial, y en cuanto a consumo aparente, del 1 por ciento a 1.5 por ciento respectivamente.

En 10 kcal la producción de energía primaria pasó de 564.50 a 1856.68 y el consumo nacional aparente pasó de 507.28 a 886.12 (SPP, 1985a).

Cuadro 1.5. Producción, consumo aparente y consumo per cápita de petróleo crudo total mundial, según el tipo de economía y en México, 1975 y 1982 (10^{12} kcal).

| | Producción | | Consumo aparente | | Consumo per cápita (10^9 kcal) | |
|----------------------|------------|----------|------------------|----------|-----------------------------------|------|
| | 1975 | 1982 | 1975 | 1982 | 1975 | 1982 |
| Total mundial | 26458.57 | 26475.06 | 26478.60 | 23783.26 | | |
| Países desarrollados | 10449.77 | 12854.74 | 20662.02 | 19835.04 | | |
| Países en desarrollo | 16008.80 | 13602.32 | 5816.58 | 7548.22 | | |
| México | 368.89 | 1428.70 | 303.18 | 639.99 | 5.04 | 8.65 |

Elaborado a partir de: (SPP, 1985a).

Estas mismas comparaciones para petróleo crudo y gas natural nos muestran que es esencialmente el primero el responsable del incremento de la producción de energía primaria al incrementarse en 287.3 por ciento mientras que el gas natural lo hizo en 143 por ciento entre los años mencionados. El petróleo crudo mexicano, por otra parte, pasa de aportar el 1.4 por ciento al 5.4 por ciento (5.1 por ciento; PEMEX 1984c) del total mundial, mientras que el gas natural pasa del 1.1 por ciento de aporte al 2.3 por ciento. Esto significa para México, en 1983, el cuarto lugar mundial como productor de petróleo, ya que la URSS produce el 23.3 por ciento, Estados Unidos el 16.4 por ciento y Arabia Saudita el 9.6 por ciento; primero, segundo y tercero productores mundiales respectivamente (ver Apéndices A y B).

En cuanto a consumo nacional aparente, en petróleo crudo se observó un incremento de 111 por ciento y de gas natural

un 118 por ciento, con lo cual el consumo per cápita del primero aumentó en 72 por ciento y del segundo 79 por ciento.

Cuadro 1.6. Producción, consumo aparente y consumo per cápita de gas natural total mundial, según tipo de economía en México, 1975 y 1982. (10^{12} kcal).

| | Producción | | Consumo aparente | | Consumo per cápita (10^9 kcal) | |
|----------------------|------------|----------|------------------|----------|-----------------------------------|------|
| | 1975 | 1982 | 1975 | 1982 | 1975 | 1982 |
| Total mundial | 11038.67 | 12965.76 | 10883.82 | 12949.06 | | |
| Países desarrollados | 10025.30 | 11226.70 | 10082.00 | 11463.22 | | |
| Países en desarrollo | 1013.37 | 1739.05 | 801.82 | 1385.84 | | |
| México | 125.03 | 303.44 | 126.57 | 275.36 | 2.10 | 3.76 |

Elaborado a partir de: (SPP, 1985a).

El análisis conjunto de estos porcentajes nos permiten hacer ciertas observaciones. Por un lado, se observa que el incremento en la exportación de energía primaria entre 1975 y 1982 es del 1586 por ciento, con un aumento en este renglón para el petróleo crudo de 1110 por ciento, pasando de ser importadores netos de gas natural a exportadores de este producto con -1.543×10^{12} kcal en 1975 a 28.079×10^{12} kcal en 1982 de balance comercial (SPP, 1985a). Como sabemos, esto significó un importante flujo de recursos a nuestro país debido a las cotizaciones internacionales; sin embargo, los incrementos de consumo nacional aparente y consumo per cápita, son significativos, ya que el índice de consumo energético anual creció en este período 1.3 veces más rápidamente que el producto interno bruto (Ponce, 1980), lo cual significa que no se están aprovechando estos recursos eficientemente, ya que el nivel aceptable de este índice se considera en 0.8 (Marín, 1982).

El derroche, y por lo tanto la ineficiencia en los procesos de transformación y consumo energético que esto conlleva, - obedece a que la oferta interna bruta o consumo nacional aparente en 1982 (ver Cuadro 1.4), el 10.20 por ciento corresponde al consumo del propio sector energético y el 3.02 por ciento significa pérdidas por transportación, distribución y almacenamiento de productos petrolíferos. Adicionalmente tenemos que el 19.51 - por ciento corresponde a consumo inherente a la transformación. De este modo, para consumo final, se cuenta con el 65.40 por ciento del consumo nacional aparente, evidenciándose así las excesivas pérdidas que esto implica (ver Apéndice A).

Adicionalmente, la centralización en cuanto a fuente de energía primaria hacia los hidrocarburos (petróleo crudo y gas natural) se manifiesta desde 1975, pero aún más al conservarse esta tendencia con el 93 por ciento en ese año y el 92 por ciento en 1982. Mientras que a nivel mundial estos porcentajes son del 67 y 64 por ciento respectivamente (ver Apéndice A), lo que significa una reducción del 3 por ciento en la dependencia hacia esa fuente de energía.

En este sentido, habría que considerar que con respecto a otras fuentes de energía, actualmente pueden utilizarse directa o indirectamente para producir la electricidad y

1 Como se observa en el apéndice A, las cifras citadas concuerdan en la sumatoria del 100 por ciento, al considerar la diferencia estadística, que representa el 1.87 por ciento. Lo cual, por otra parte, es bastante criticable del estudio que lo ampara, ya que son 23.081 billones de kilocalorías las que se están considerando así.

la mayoría de ellas también calor: turba, productos residuales, madera, energía brásmica, eólica y solar. Los posibles recursos futuros son: energía solar del espacio ultraterrestre, fusión nuclear, temperatura del mar, olas, corrientes oceánicas, algas y volcanes (Stout, *et al.*, 1980).

Las circunstancias actuales de los recursos energéticos en cuanto a su cantidad, calidad, disponibilidad, distribución en el mundo y estructura de costos y las perspectivas a futuro, ha desencadenado un sinfin de estudios e informes que concluyen en la existencia de una crisis energética mundial (Stout *et al.* 1980) lo cual está íntimamente relacionado con la necesidad de la reconversión energética a fuentes renovables que venimos mencionando.

Esto encierra una gran importancia para la producción de alimentos, ya que aun cuando para 1981 sólo un 3.5 por ciento del consumo global de energía comercial correspondía a la agricultura, la energía es un elemento cada vez más importante para incrementar la producción agrícola, sobre todo, tomando en cuenta que una cuarta parte de la población del tercer mundo está subalimentada (Stout *et al.* 1980, FAO, 1981).

Con referencia a lo anterior, el Programa Nacional de Alimentación 83-88, en su análisis de la situación alimentaria, señala que a nivel mundial 500 millones de personas se encuentran en el límite de sobrevivencia y 1360 millones (27% del total) no alcanzan a satisfacer sus necesidades nutricionales, esto es, padecen hambre. La misma fuente señala

que en nuestro país el 40 por ciento de la población no alcanza a cubrir los requerimientos mínimos necesarios y tan sólo el 18 por ciento ingiere dietas equilibradas.

La energía es indispensable para la producción agrícola ya que su utilización va desde la energía solar para la fotosíntesis, la energía humana y la fuerza de tracción animal. Según estimaciones de la FAO, 1974-1976, la fuerza humana proporcionó el 66 por ciento de dicha energía en países de economías de mercado en desarrollo, los animales de tiro 27 por ciento y los tractores el 7 por ciento; en América Latina los tractores aportaron el 27 por ciento de la energía. Hasta los actuales requerimientos de energía necesarios para la modernización de la agricultura como son: fertilizantes, fuerza mecánica, riego y plaguicidas, todo lo cual contribuye a aumentar los rendimientos de los cultivos y la productividad de la mano de obra (FAO, 1981).

Lo anterior no significa que los países en desarrollo deban aumentar sus rendimientos siguiendo el ejemplo de las naciones industriales, devoradoras de petróleo (Stout *et al.*, 1980). Por el contrario, se debe considerar que debido a los elevados precios de hidrocarburos, la reducción de la disponibilidad de petróleo, la incertidumbre en los suministros de energía comercial y la perspectiva a largo plazo del agotamiento de las fuentes de energía no renovables, es esencial lograr una utilización más eficaz en todas las formas de energía (FAO, 1981), así como reconvertir el patrón de consumo energético a fuentes favorables.

Por lo anteriormente expuesto, se considera que es de fundamental importancia la implantación de líneas directrices a seguir para el desarrollo y consumo de energía. Actualmente es indispensable la planificación a largo plazo para la energía, además de que se debe estudiar el desarrollo de nuevas tecnologías para nuevas fuentes de energía. Se deben establecer metas y objetivos a largo plazo y someterlos a evaluación y revisión permanente, ya que la puesta en marcha de las instalaciones que generan energía secundaria en grandes volúmenes requiere de largos períodos de maduración (Martínez, 1984).

II. BREVE RESUMEN DE LA SITUACION ENERGETICA NACIONAL

En el sector energético en México se observa una centralización en cuanto a fuentes de energía primaria, consumo final de energía y consumo sectorial; así como una serie de ineficiencias en estos campos (Cepeda, 1983).

Esta dependencia hacia los hidrocarburos por el sector energético, tiene un fuerte impacto a nivel de toda la economía, ya que en torno a los ingresos que representa esta fuente de energía y al financiamiento externo, se ha intentado modificar el modelo de desarrollo a partir de la década de los 70's.

En este apartado se pretende analizar y justificar las anteriores afirmaciones, con el fin de contar con un marco nacional de referencia para el análisis regional. Esto adicionalmente a los señalamientos nacionales mencionados en la sección anterior.

Sobre las variables macroeconómicas; para 1984 el sector aportó más del 5 por ciento del PIB y cerca de tres cuartas partes de los ingresos por exportaciones de mercancías (74.8 por ciento), provenientes de petróleo y derivados

en comparación con el año de 1976 en que estos productos significaban aproximadamente un séptimo de los ingresos por exportaciones (15.4 por ciento) (Poder Ejecutivo Federal, 1985).

En cuanto a su participación en el total de los ingresos fiscales de la Federación, lo cual viene a reflejar la llamada petrolización de la economía, se observa un incremento que va de 4.1 por ciento en 1976 a 37.7 por ciento en 1984 (Poder Ejecutivo Federal, 1985).

Esta dependencia de los hidrocarburos también se manifiesta en la satisfacción de los requerimientos energéticos finales del país, ya que para 1983 representaban el 90 por ciento del consumo nacional. Además, si consideramos que más del 65 por ciento de la electricidad se genera a partir de hidrocarburos, la dependencia en lo que se refiere al consumo de energía primaria, es casi total: 95 por ciento (ver Figura 2.1) (PEMEX, 1984a).

Este hecho es aún más significativo en los momentos actuales debido al agotamiento mundial de las reservas de petróleo, que en cifras se señaló en la sección anterior. Especialmente el petróleo que ha sido preferenciado como fuente de energía por razones relacionadas con la disponibilidad, comodidad y polución, frente a otros combustibles fósiles. Sin embargo, como ya mencionamos, el petróleo puede extinguirse totalmente en la actual generación. Esto plantea el empleo de otras fuentes de energía en gran escala en el futuro, cambio que implica un proceso de reconversión energética

gradual a partir del momento presente (Palz, 1978).

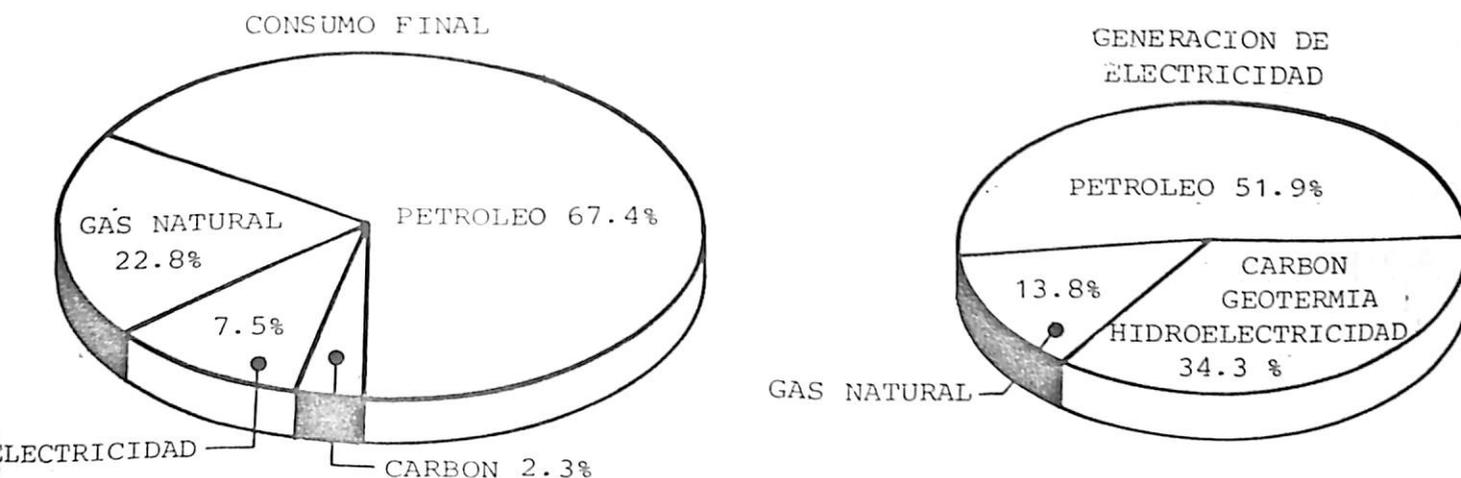


Figura 2.1. Consumo de energía en México (1983). (PEMEX, 1984a)

A continuación mencionamos otros elementos que vienen a reforzar la dependencia hacia los hidrocarburos de la economía mexicana. México se convierte de ser importador neto de petróleo crudo en 1974, con un saldo negativo de 735 mil barriles², en el tercer país exportador del mundo para 1983 (ver Apéndice A). Ya que del total de 19.4 millones de barriles por día que se comerciaban a nivel internacional en 1983, Arabia Saudita exportaba 4.4, Irán 2.1 y México 1.5, constituyéndose en el primero, segundo y tercer país exportador respectivamente.

Debido a este rápido crecimiento de las exportaciones, la capacidad de explotación de hidrocarburos en México Presenta un crecimiento promedio anual de 15.1 por ciento

² En el Anuario Estadístico 1982, de Petróleos Mexicanos, se dan las siguientes cifras en miles de barriles de petróleo crudo para 1974, exportaciones = 5,804; importaciones = 6.557.

entre 1970 y 1983 (Poder Ejecutivo Federal, 1985).

En cuanto a las reservas probadas de hidrocarburos - (petróleo y gas natural), México cuenta para el 31 de diciembre de 1984 con 71.75 miles de millones de barriles (MMB) - (PEMEX, 1984b), lo cual lo coloca en el cuarto lugar a nivel mundial, con un 5.5 por ciento de las reservas totales mundiales (1,309.3 MMB) (PEMEX, 1984c). En comparación con 5.568 MMB que se calculaba en 1970 (Poder Ejecutivo Federal, 1985).

Para complementar las anteriores afirmaciones se pueden consultar los Apéndices A y B.

De esta manera, el sector energético mexicano representará así la principal fuente de divisas del país y uno de los pivotes del financiamiento del desarrollo junto con el endeudamiento externo.

Por otro lado, la modesta ampliación en cuanto a refinación, establece un proceso limitado de sustitución de importación de petrolíferos, al disminuir su participación en el consumo interno de 6.6 por ciento en 1970 a aproximadamente el 2 por ciento en 1983. Esto presenta una contradicción con el lugar a nivel mundial como productor de petróleo crudo, y refleja el desarrollo dependiente como país periférico que enfrascado en el agotamiento del modelo de desarrollo estabilizador, no logra a través de la utilización de esta importante masa de recursos, salir de su inercia histórica.

Adicionalmente a lo anterior, a principios de 1986 - el petróleo crudo mexicano se vendió a \$ 4 dólares por -

barril en comparación con el precio promedio anual de 1985 - de \$25.30 dólares. Esto implica necesariamente, un descenso en el ingreso por exportaciones en donde, de acuerdo al volumen exportado para 1986, cada \$1 dólar de variación significa alrededor de \$ 500 mn de dólares de variación en el ingreso del país (EIU, 1986). Si bien, afortunadamente para la - economía mexicana, esto fue una caída temporal, los precios internacionales no han recuperado un nivel estable. La cotización a principios de 1987 fue en promedio de \$ 15 dólares por barril (Banco Nacional de Comercio Exterior, 1987). En - comparación con \$ 34.45 dólares por barril en promedio durante 1981 (PEMEX, 1984c).

Con respecto al análisis de oferta y demanda de energía, se ha tomado como base el Balance Nacional de Energía - 1982-1984, publicado por la SEMIP. La producción de energía primaria durante 1984 sumó 2,166.5 billones de kilocalorías, de las cuales 91.1 por ciento son hidrocarburos. Con la cantidad producida se mantuvo la autosuficiencia energética primaria, excepto para carbón coquizable del que se importaron 1.7 billones de kilocalorías. Las exportaciones fueron de - 914.2 billones de kilocalorías (saldo del comercio exterior de energía), que representó el 42.2 por ciento de la producción de energía primaria, constituido en 93.7 por ciento por petróleo crudo.

El consumo total de energía para este año fue de - 1215.8 billones de kilocalorías, 65.2 por ciento destinado a consumo final y el restante 34.8 por ciento al consumo del -

Cuadro 2.1. Variaciones porcentuales de consumo y producción de energía en México. (1983/1982 y 1984/1983).

| Clasificación | Variaciones porcentuales | |
|--|--------------------------|-----------|
| | 1983/1982 | 1984/1983 |
| (1) Producción de energía primaria | -3.0 | 0.3 |
| (2) Consumo total de energía | -5.3 | 4.0 |
| (3) Consumo final total de energía | -6.0 | -1.1 |
| (4) Consumo final energético total | -1.7 | -2.2 |
| (5) Consumo final energético por sectores: | | |
| (6) Consumo final agropecuario | -13.6 | -1.3 |
| (7) Consumo final transporte | -10.2 | 3.0 |
| (8) Consumo final industrial* | 6.7 | -9.7 |
| (9) Consumo res. com. y público | 0.4 | 3.4 |

* incluye petroquímica básica

Elaborado a partir de: (SEMIP, 1986).

En términos generales, se puede decir que la tendencia negativa de la mayoría de estas variables obedece a la grave crisis económica entre cuyos indicadores está la baja o estancamiento del PIB a precios constantes.

Para sustentar esta afirmación, se puede observar la tendencia de los indicadores en el Cuadro 2.2.

A pesar de la modesta recuperación observada en 1984 y 1985, la caída de los precios del petróleo desde fines de este último año, y durante 1986, en donde el precio osciló de \$ 4 dólares a principios de año hasta \$ 10 dólares al final del año, trajo consecuencias funestas a la economía. Así, de acuerdo a los análisis de los consultores "Ciemex

Cuadro 2.2. Resumen de indicadores básicos, oferta y consumo de energía en México. (1982-1985)

| | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | Variación | | | Porcentual | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|------------|-------|
| | | | | | 83/82 | 84/83 | 85/84 | 84/82 | 85/82 |
| Oferta Interna Bruta* | | | | | | | | | |
| de energía (kcal x 10 E 12) | 1,234.2 | 1,169.9 | 1,215.8 | — | -5.3 | 4.0 | - | -1.5 | - |
| PIB total | | | | | | | | | |
| (mill. de pesos de 1970) | 903,838.6 | 856,173.6 | 887,647.4 | 911,544.1 | -5.3 | 3.7 | 2.7 | -1.8 | 0.9 |
| Habitantes (millones) | 72.122 | 74.950 | 76.824 | — | 3.92 | 2.5 | - | 6.51 | - |
| Consumo Nacional de energía | | | | | | | | | |
| per cápita (millones de ki- | | | | | | | | | |
| localorías) | 17.112 | 15.597 | 15.826 | — | -8.86 | 1.46 | - | -7.52 | - |

* Incluye leña y bagazo de caña
 Elaborado a partir de: (SPP, 1985d; y SEMIP, 1986)..

Wharton", el índice inflacionario para 1986 se calcula en 110 por ciento, con un decaimiento del Producto Interno Bruto del 3.8 por ciento, la deuda exterior en 110,000 millones de dólares, el desempleo en 12.8 por ciento de la población económicamente activa (aproximadamente 28 millones de personas) y el déficit financiero con un porcentaje de 13.5 puntos (El Porvenir; diciembre, 1986).

Esto no significa que la caída en los precios del petróleo se considere como responsable de lo anterior, ya que esto sería aceptar un análisis simplista. Más bien, estos indicadores deben considerarse como sintomáticos de problemas estructurales de la economía, en donde se presentan severas distorsiones en torno a una grave recesión. Sin embargo, hay que reconocer que debido a la petrolización de la economía que ya señalamos, los altibajos de este sector tienen un fuerte impacto económico, político y social.

Por su parte, en nuestro país, el sector eléctrico se encuentra estructurado en un sistema interconectado nacional, en donde no existe almacenamiento y donde todas las plantas inyectan al sistema mediante la transformación de un energético primario en el momento en que se demanda. En base a esto, y al hecho de que la demanda de energía eléctrica se presenta en forma instantánea y que técnicamente no es factible producirla y almacenarla, se planifica la expansión del Sector Eléctrico, en donde la oferta se conserva siempre superior a la demanda (CFE, 1985).

Consideramos que esto es razonable, pero en 10 kcal la generación bruta total para 1984 fue de 68.376, con unas ventas totales de 56.960 (CFE, 1984), lo cual significa una pérdida de 16.7 por ciento. Para esto hay que considerar que los niveles aceptables de pérdidas por conducción (eléctricas) y por medición o uso ilícito son de 6 por ciento, según información verbal de funcionarios de la CFE.

Como vemos, es necesario ponderar este desperdicio y también la ineficiencia de las dos grandes empresas estatales productoras de energía: PEMEX y CFE, que en 1982 consumieron el 42 por ciento de la demanda nacional de energía primaria (Cepeda, 1983). Esto con el fin de elevar los niveles de eficiencia energética, ya que para el caso de la CFE, no se justifica, como ellos pretenden, que la generación bruta total exceda en 20 por ciento a las ventas totales por el hecho de que el costo es inferior al que resultaría para el país por insuficiencias en la oferta de energía eléctrica. Para esto lo recomendable sería más bien ir aumentando los niveles de confiabilidad aceptable.

En este sector se observa un aumento de la capacidad instalada, incorporando a la disponibilidad de energía eléctrica a 20 millones de personas entre 1970 y 1983 (Poder ejecutivo Federal, 1985). El presupuesto para 1986 de la Comisión Federal de Electricidad fue uno de los pocos de entidades gubernamentales que aumentó en mayor proporción que la tasa promedio (73 por ciento), para lo cual se señala que es con el fin de

abastecer la demanda interna. Así, en 1985, 3,381 poblados - fueron integrados al sistema interconectado por primera vez y para fines de 1986 se espera que más de 27,200 poblados - tendrán electricidad por primera vez. En cuanto a la generación de esta rama, en 1985 se obtuvieron 94,700 GWh (81.442 x 10¹² kcal), lo que significa un incremento de 6.5 por ciento con respecto a 1984, con una capacidad total instalada de 19,870 MW (EIU, 1986).

Sin embargo, en las estadísticas por Entidad Federativa publicadas en 1984 por la CFE, encontramos que del total de 115,533 poblaciones a nivel nacional, son 30,330 las que están electrificadas, lo cual sólo significa el 26.3 por ciento. Aún cuando si bien de los 76'848,385 habitantes, se beneficia al 86 por ciento (65'630,792), en México, en 1984, existían 10'758,774 personas (14 por ciento), que carecían de electricidad. Cifra ésta bastante considerable en cuanto a posibilidades productivas, a posibilidades de mejoramiento en su nivel de vida, en educación, etc.

En cuanto a la capacidad o potencia eléctrica real - instalada fue volcada a las plantas termoeléctricas (ver Cuadro 2.3) que crecieron en alrededor de 18 por ciento anual en el período de 1981 a 1984, en comparación con la hidroelectricidad que podemos decir que se mantuvo estancada. Además que es de la capacidad real instalada representaron más del 65 por ciento para 1984 (ver Figura 2.2).

Cuadro 2.3. Capacidad o potencia eléctrica real instalada por tipo de planta (MW), a nivel nacional, 1981-1984.

| | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | Variación porcentual | | | |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------------------|-------|-------|-------|
| | | | | | 82/84 | 83/82 | 84/83 | |
| Hidroeléctrica | 6,550 | 6,550 | 6,532 | 6,532 | 0 | -0.27 | 0 | -0.27 |
| Termoeléctrica | 10,846.4 | 11,839.7 | 12,472 | 12,828.2 | 9.16 | 5.34 | 2.86 | 18.27 |
| Total | 17,396.4 | 18,389.7 | 19,004.0 | 19,360.2 | | | | |

Elaborado a partir de: (SPP, 1985e)

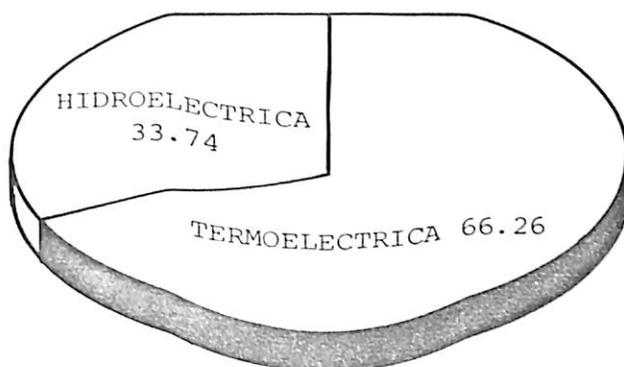


Figura 2.2. Estructura porcentual de la capacidad o potencia eléctrica real instalada por tipo de planta a nivel nacional 1984. Elaborado a partir de: (CFE, 1984)

Por otra parte, de la capacidad real instalada total para 1984, más del 66 por ciento dependía de fuentes de energía no renovables, esto es, de hidrocarburos (petróleo y gas natural). Si esto lo vemos al interior de la capacidad termoeléctrica, se observa que para ese año más del 90 por ciento dependía de hidrocarburos (ver Figura 2.3). Así, la política de diversificación de fuentes de energía de la CFE sólo se ha realizado para la energía geotérmica, con un aporte marginal para 1984 de solamente un 1.06 por ciento de la capacidad real instalada (CFE, 1984).

Adicionalmente, existe una subutilización de la energía hidroeléctrica, ya que sólo se aprovecha el 15 por ciento de este

potencial identificado en el país (González, 1980), citado - por González, 1985).

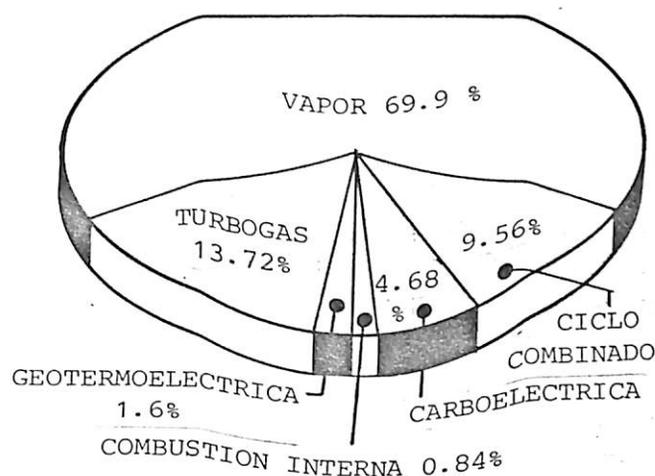


Figura 2.3. Estructura porcentual de la capacidad o potencia termoeléctrica real instalada por tipo de planta a nivel nacional 1984. Elaborado a partir de: (CFE, 1984)

Lo anterior muestra la fuerte dependencia del sector eléctrico con respecto a los hidrocarburos.

Ahora bien, para la generación bruta de energía eléctrica, se observa una dependencia similar con respecto a los hidrocarburos, lógicamente, condicionada por la capacidad real instalada, en donde más del 70 por ciento de esta generación para 1984 es por plantas termoeléctricas (ver Cuadro 2.4,-

Figuras 2.4 y 2.5), de las cuales alrededor del 90 por ciento de su energía eléctrica producida es con hidrocarburos, lo cual significa un 65 por ciento de dependencia de estos recursos para la generación bruta total de energía eléctrica del país.

Cuadro 2.4.. Generación bruta de energía eléctrica por tipo de planta (10^{12} kcal a nivel nacional), 1984.

| Tipo de planta | 10^{12} kcal |
|----------------------|----------------|
| Hidroeléctrica | 20.165 |
| Termoeléctrica | 48.211 |
| - Vapor | 39.854 |
| - Turbogas | 0.808 |
| - Combustión interna | 0.086 |
| - Ciclo combinado | 3.545 |
| - Geotermoeléctrica | 1.225 |
| - Carboeléctrica | 2.694 |
| Total | 68.376 |

Elaborado a partir de: (CFE, 1984).

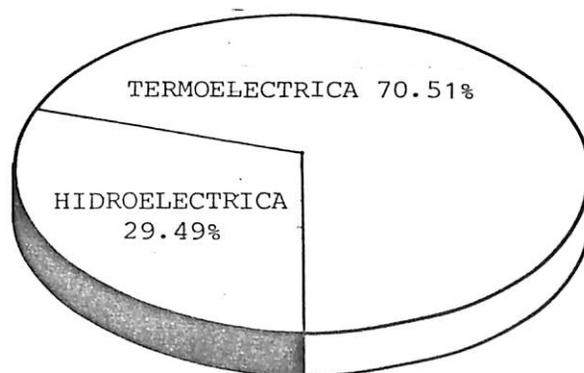


Figura 2.4. Estructura porcentual de la generación bruta de energía eléctrica por tipo de planta, a nivel nacional, 1984. Elaborado a partir de: (CFE, 1984)

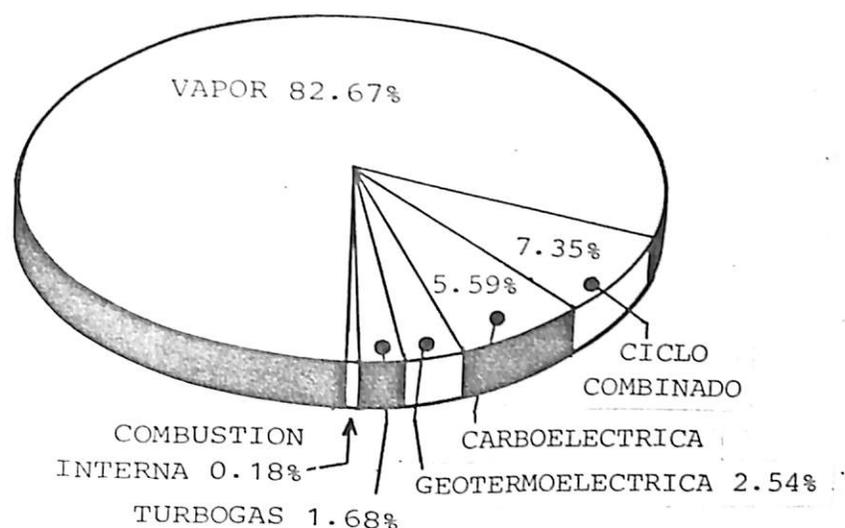


Figura 2.5. Estructura porcentual de la generación bruta de energía termoeléctrica por tipo de planta a nivel nacional, 1984, Elaborado a partir de: (CFE, 1984).

En relación con el carbón, las reservas se estiman poco importantes, para 1980 se calculaban $3,275 \times 10^6$ toneladas *in situ*, localizadas en un 98 por ciento en el Estado de Coahuila (González, 1985). La producción anual de este mineral para 1984 fue de 9.287×10^6 toneladas, extraído en un 100 por ciento del Estado de Coahuila. Una parte de lo cual sirvió para aportar el 0.09 por ciento de la energía primaria (González, 1985). Como se observa, esto es poco significativo, así como el hecho de que alrededor del 4 por ciento de la generación bruta de la energía eléctrica correspondía a plantas carboeléctricas (ver Figura 2.4).

Con respecto al uranio, se estimó en 1980 que las reservas probables son de cerca de 32,000 toneladas de U_3O_8 y las potenciales de 225,000 toneladas. Sin embargo, las reservas probadas corresponden sólo a 1,474 toneladas de U_3O_8 para 1981, lo cual alcanzaría cuando mucho para alimentar a la planta nuclear de Laguna Verde durante su vida útil (González, 1985). Desde este punto de vista, y en base a las posibilidades de desastre y contaminación, sería criticable cualquier proyecto nuclear en México, ya que si no existen las reservas nacionales necesarias, la dependencia que esto conllevaría es evidente.

Es interesante hacer referencia al consumo de leña - en México, ya que para 1981 éste fué de 96×10^{12} kcal (González, 1985), que representa aproximadamente el 5 por ciento de la producción de energía primaria comercial en 1982 (SPP, 1985a). Hay que hacer notar que si bien este porcentaje es significativo, no es considerado en los balances energéticos por su poca incidencia comercial. Esto lleva muchas veces a menospreciar su importancia, pero sobre todo, habría que señalar esto para el caso del consumo doméstico rural, asunto de una sección posterior.

Para concluir este capítulo, señalaremos algunos datos importantes para el año de 1984 (SFMIP, 1986). La oferta total de energía para ese año fue de $2,181.733 \text{ kcal} \times 10^{12}$. Si descontamos la exportación (927.511); la energía no aprovechada por derrames accidentales de petróleo crudo, gas natural enviado a la atmósfera y bagazo de caña (35.611); y la

maquila-intercambio neto (2.763), tendremos que la oferta interna bruta fué de 1,215.848 kcal x 10E12.

De esta oferta interna bruta o consumo nacional aparente, el 34.8 por ciento es consumo del sector energético y el 65.2 por ciento es consumo final total.

El consumo final total en México en 1984 se distribuye por sectores de la siguiente forma:

| | |
|-------------------------------------|-------|
| Industrial | 33.5% |
| Transporte | 31.8% |
| Residencial, comercial y público | 21.0% |
| Agropecuario | 2.8% |
| Consumo no energético | 10.9% |

Es de especial importancia para posteriores secciones, señalar que el porcentaje de consumo del sector agropecuario no contabiliza otro tipo de energéticos como los que provendrían de trabajo humano, trabajo animal, fertilizantes y pesticidas. Esto con respecto al subsector productivo rural, adicionalmente habría que considerar el consumo del subsector doméstico rural, como se señaló para el caso de la leña.

III. SITUACION ENERGETICA DEL ESTADO DE COAHUILA

En este capítulo se presenta el estudio realizado con respecto a la demanda (consumo) y la oferta (producción) de energéticos en el Estado de Coahuila.

Con el fin de conocer la evolución temporal de las fuentes de satisfacción de la demanda y de obtención de la energía, se visitaron diferentes dependencias oficiales. De cuyos datos, y para análisis se utilizan tasas de crecimiento, entrecruzamiento de datos, análisis de tendencias, etc.

Los tres subsectores principales que se analizan son¹:

- Hidrocarburos.
- Energía eléctrica
- Combustibles vegetales

Iniciando con una breve presentación de datos socio-económicos del Estado.

Algunos Datos Socioeconómicos del Estado

El Estado de Coahuila está localizado geográficamente

¹ Para unidades energéticas y factores de conversión, consultar el Apéndice C.

entre los paralelos 24° y 29° de latitud norte y los meridianos 100° y 104° de longitud oeste. Colinda con los Estados de Chihuahua y Durango, por el oeste; en el sur, con Zacatecas, y en el este con Nuevo León. Es uno de los seis Estados fronterizos que forman la frontera de 2200 km de largo con los Estados Unidos de Norteamérica. Su frontera norte es de 800 km, limitada por el Río Bravo (Powers, 1978).

El Estado tiene una superficie territorial total de 149,982 km², con lo cual ocupa el tercer lugar en extensión a nivel nacional, ya que representa el 7.7 por ciento de todo el territorio mexicano (CFE, 1984).

De esta superficie total, el área cultivable es de 451,265 ha (2.97 por ciento de la superficie total), el área ganadera es de 9'434,519 ha (62.2 por ciento de la superficie total), el área forestal es de 502,000 ha (3.3 por ciento de la superficie total), el área cultivada es de 235,850 ha (52.3 por ciento del área cultivable), y el área de agostadero es de 8'370,543 ha (88.7 por ciento del área ganadera) (SARH, 1981).

La población total (PT) estatal estimada para 1984 es de 1'774,128 (Gob. del Edo. de Coahuila, 1983). Para 1980 era de 1'557,265, lo que significa un crecimiento anual promedio de 2.8 por ciento para el período de 1980-1984; de ella el 77.4 por ciento era urbana y el 22.6 por ciento rural (SPP, 1982).

Estos porcentajes de población urbana y rural son 66.3 por ciento y 33.7 por ciento respectivamente a nivel

nacional para 1980 (SPP, 1985b). Lo cual significa que el Estado de Coahuila tiene una proporción urbana (poblaciones de 2500 habitantes) mayor que el promedio nacional, que se debe en parte a las condiciones socioeconómicas del Estado y también por las condiciones climatológicas semidesérticas que hacen más difícil la subsistencia en grupos pequeños.

En relación a los aspectos económicos, el producto interno bruto (PIB) estatal significó el 2.66 por ciento del total nacional para 1980, con una población estatal del 2.33 por ciento del total nacional (SPP, 1985b). De esta manera, la aportación estatal en relación a su población es mayor que el promedio nacional, lo cual se confirma en el PIB per cápita con un índice de 114.2 (PIB per cápita nacional = 100.0), para 1980 (SPP, 1985c).

Ahora bien, con respecto a la población económicamente activa (PEA) del Estado, con respecto a la PT, representa el 31.1 por ciento (SPP, 1982), de la cual el 15.8 por ciento se dedica a la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza.

El factor dependencia (PT/PEA) es de 3.22 para ese año, siendo a nivel nacional de 3.03 (SPP, 1985c). Lo cual nos indica que de cada individuo económicamente activo dependen en promedio 3.22 personas, lo cual es mayor que el promedio nacional de 3.03 personas dependientes. Es interesante notar que a pesar de esto, el índice del PIB per cápita estatal es mayor que el correspondiente nacional.

En los aspectos sociales estatales para 1980, entre paréntesis se señala el porcentaje nacional, las viviendas con tubería

y drenaje son el 54.9 por ciento (51.0 por ciento), las viviendas con energía eléctrica son el 86.5 por ciento (74.8 por ciento), las viviendas con piso de tierra son el 14.5 por ciento (26.4 por ciento), los habitantes por vivienda son 5.5 (5.5) y la tasa de analfabetismo es del 7.9 por ciento (17.0 por ciento) (SPP, 1985c).

Estos indicadores básicos están a nivel muy agregado, sin embargo, nos dan una idea de la situación del Estado en relación al promedio estatal sea en general mayor que el nacional no deja de significar una situación de atraso, ya que, por ejemplo, cerca de 8 de cada 100 personas no saben leer ni escribir, adicionalmente, el 33 por ciento de la población rural del Estado entre 0 y 5 años no consume carne los siete días de la semana, sino sólo huevo y otros alimentos no especificados. La situación sanitaria en 1984 no difiere de manera importante de la descrita en el período 1973-1983, los problemas prioritarios de salud siguen siendo los mismos que hace 10 años sin modificaciones cualitativas importantes. El análisis de las 10 primeras causas de mortalidad muestra que el 80 por ciento de la demanda de consulta se relaciona con un deficiente saneamiento básico (Gov. del Edo. de Coahuila, 1985a).

Ahora bien, para la caracterización regional, el Estado de Coahuila ha sido dividido por el COPLADE (Comisión para la Planeación del desarrollo) en cinco subregiones definidas (ver Figura 3.1), para lo cual, según se señala, los criterios fueron: identidad cultural, localización geográfica y actividades económicas desarrolladas en ellas.

DIVISION POLITICA DEL ESTADO DE COAHUILA

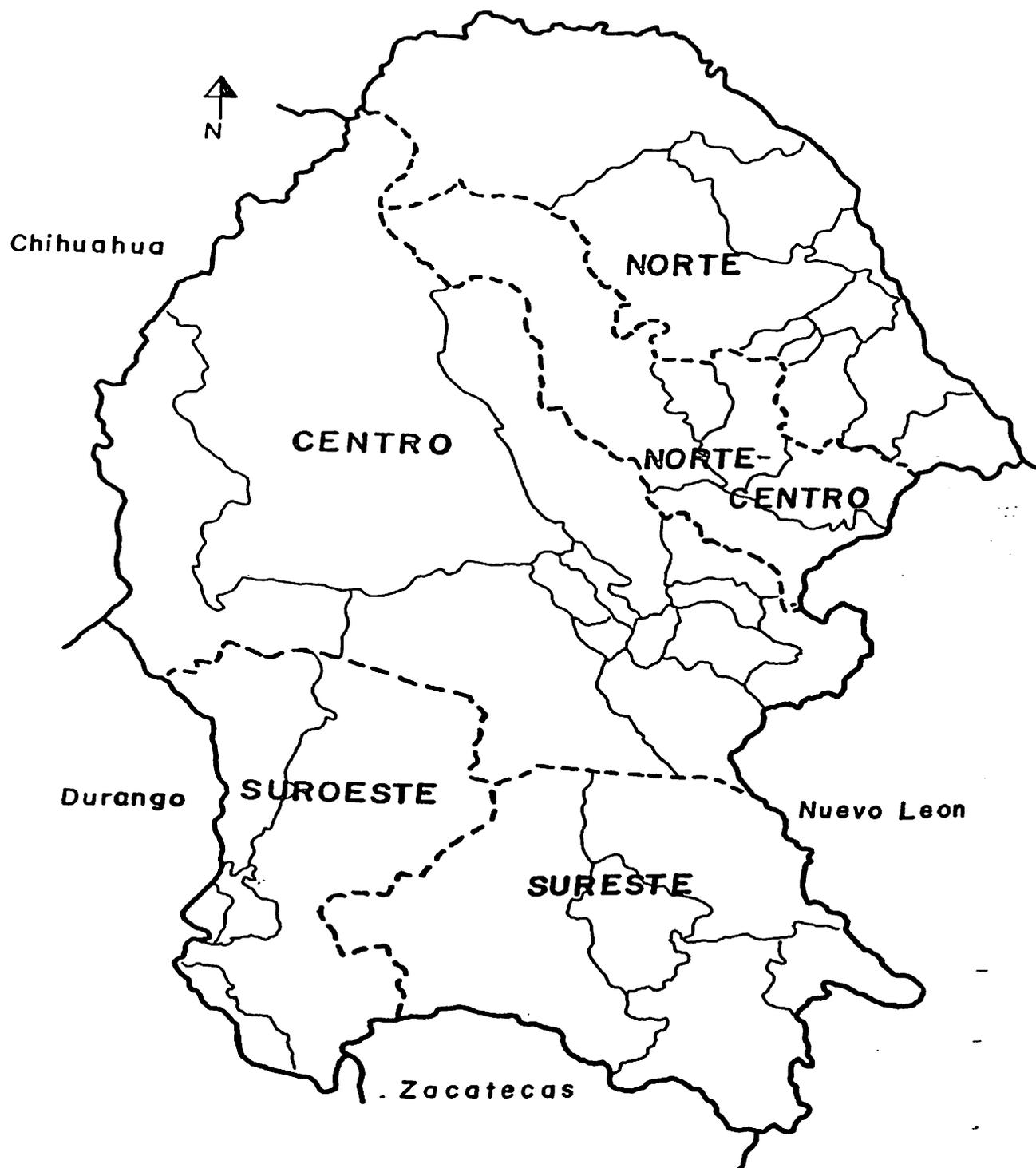


Figura 3.1. División municipal y por regiones COPLADE del Estado de Coahuila. Elaborado a partir de: (SPP, 1982) y (Gob. del Estado de Coahuila, 1983).

Subregión Norte.

Ubicada en la frontera con los Estados Unidos de Norteamérica, comprende diez municipios: Piedras Negras, Acuña, Jiménez, Guerrero, Hidalgo, Zaragoza, Nava, Allende, Morelos y Villa Unión. En total, cuenta con 30,128.23 km² y con una población estimada de 194,540 habitantes para 1984, que nos da una densidad poblacional de 6.45 habitantes/km². Esta población representa el 10.96% de la estatal, con una tasa de crecimiento de 1.97% en el período 1980-1984.

En esta subregión la actividad preponderante es la industria maquiladora, con la fabricación de aparatos eléctricos, accesorios eléctricos y ropa principalmente.

Los centros urbanos más importantes son Piedras Negras y Acuña, con un 68.3% de la PT de la subregión y un 60% como PEA.

Subregión Norte Centro.

Se le denomina también región carbonífera, comprende cinco municipios: Juárez, Muzquiz, Progreso, Sabinas y San Juan de Sabinas. En total, su extensión territorial es de 16,330.9 km², con una densidad poblacional de 8.94 habitantes/km². Su población representa el 8.23% de la PT estatal, con una tasa de crecimiento para el período 1980-1984 de 1.6%.

Para 1984 se estimó que la PEA era de 30.6% en la subregión, dedicándose principalmente a la industria extractiva de carbón coquizable.

Esta subregión es la principal zona carbonífera del país, contando también con yacimientos de gas natural, flou_rita y barita, primordialmente.

Subregión Suroeste.

Se le denomina también Comarca Lagunera, comprende cinco municipios: Francisco I. Madero, Matamoros, San Pedro, Torreón y Viesca. Su extensión territorial es de 19,168 km², con una densidad poblacional de 35.91 habitantes/km². La población estimada para 1984 fué de 688,400 habitantes, que re_presenta el 38.8% de la PT del Estado, con una tasa de creci_miento de 3.6% para el período 1980-1984. Esta subregión, - junto con la sureste, representa el 66.5% de la PT del Esta-do.

Desde el punto de vista agropecuario, la Laguna es - la zona más importante del Estado, concentrando al 29.62% de la población que en él se dedica a esta actividad. En esta - subregión es donde existe la mayor extensión de superficie - de riego en la entidad y donde hay una mayor diversidad agro_pecuaria, además de ser la mayor productora de leche en el - Estado. De los cultivos, destaca el algodón.

En cuanto al desarrollo industrial, éste concentra - al 29.62% de la PEA de la subregión. Torreón cuenta con el - 61.37% de la población de la subregión, con 61.9% como PEA.

Subregión Sureste.

Comprende cinco municipios: Parras, General Cepeda, Ramos Arizpe, Arteaga y Saltillo, encontrándose en este último la capital del Estado. Concentra el 27.76 por ciento de la PT del Estado, con una extensión territorial de 28,250.69 km², lo que significa una densidad poblacional de 17.43 habitantes/km². La tasa de crecimiento estimada para la subregión en el período 1980-1984 fue de 3.6 por ciento.

A partir de 1980 se presenta en la zona conurbada - Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga, la expansión industrial, - esencialmente de la industria automotriz, con el estableci - miento del corredor industrial Saltillo-Ramos Arizpe.

En Saltillo predomina la industria metal-mecánica, - manufacturera y la actividad comercial. Concentra el 80.47% de la población de la subregión, contando además con una extensa población estudiantil y un amplio sector educacional.

El 12.58% de la PEA de la subregión se dedica a la - producción agropecuaria y frutícola que se lleva a cabo prin - cipalmente en Arteaga, Saltillo y Parras. En este último des - taca también la industria textil.

Subregión Centro.

Comprende 13 municipios: Abasolo, Escobedo, Candela, Castaños, Cuatrociénegas, Frontera, Lamadrid, Monclova, Nada - dores, Sacramento, San Buenaventura, Ocampo y Sierra Mojada. Su extensión territorial es de 57,700.13 km², con una -

densidad poblacional de 4.37 habitantes/km². Concentra el 14.2% de la PT del Estado, con una tasa de crecimiento estimada para el período 1980-1984, del 2.8%.

Esta subregión, en su mayor parte, es desértica (Ocampo, Sierra Mojada y parte oeste de Cuatrociénegas). La concentración poblacional se encuentra principalmente en Monclova, Castaños, parte este de Cuatrociénegas, Frontera y San Buenaventura, donde la densidad poblacional aumenta a 11.2 habitantes/ km².

La PEA de la subregión representa el 30.55% de su población total, en donde la siderurgia es la principal actividad económica de esta zona. En ella se encuentra el eje industrial Monclova-Frontera-Castaños y la planta de acero Altos Hornos de México, S.A.

En general, para todo el Estado, y por razones climatológicas, la escasez de agua es un problema que confrontan todos sus habitantes. En este sentido, en la región lagunera y en Saltillo se presentan ya serias limitaciones por la sobreexplotación de los mantos acuíferos.

Hidrocarburos

En este rubro la producción es muy limitada, como se observa en el Cuadro 2.1. En donde el crudo de 1981 a 1984 presenta una reducción de 39 a 29 en el número de pozos. Para 1983 la producción fue de 2,000 barriles de crudo (3.034 x 10⁹ kcal), no significativo del total nacional que

para ese año fue de $1,492.999 \times 10^9$ kcal.

En cuanto al gas natural, la producción sufre una disminución de más del 50%, pasando de 2.3% a 0.8% del total nacional de 1981 a 1984 (ver Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Producción nacional y estatal de petróleo crudo y gas natural para 1981-1984.

| Año | | Número de pozos | Petróleo crudo ^a (10 ⁶ kcal) | % | Gas natural (10 ⁶ kcal) | % |
|------|----------|-----------------|--|-------|------------------------------------|-------|
| 1981 | México | 4621 | 1 284 288.28 | 100.0 | 399.28 | 100.0 |
| | Coahuila | 39 | ---- | -- | 9.30 | 2.3 |
| 1982 | México | 4350 | 1 525 927.49 | 100.0 | 417.53 | 100.0 |
| | Coahuila | 36 | ---- | -- | 5.92 | 1.4 |
| 1983 | México | 4349 | 1 489 067.18 | 100.0 | 398.57 | 100.0 |
| | Coahuila | 26 | 3.035 | n.s. | 3.44 | 0.9 |
| 1984 | México | n.d. | 1 492 998.89 | 100.0 | 369.98 | 100.0 |
| | Coahuila | 29 | n.d. | n.d. | 2.92 | 0.8 |

a: incluye crudo y condensado

n.d.: no disponible

n.s.: no significativo

Elaborado a partir de: (SPP, 1985c) y (PEMEX, 1984b)

La aportación a la producción de gas natural corresponde geográficamente al Golfo de Sabinas, en donde la exploración se ha concentrado en el área Monclova-Lampazos. Aquí se ha logrado el descubrimiento de cuatro yacimientos da gas, correspondientes a los campos de: Buena Suerte, Monclova, - Ulúa y Lampazos, que, como se observa en las cifras citadas, no han sido explotados, ya que según datos de la Comisión Estatal de Energéticos, para el año de 1981 se debían estar - produciendo 900 millones de pies cúbicos diarios -

(equivalentes a 100,000 barriles de combustoleo ó 159.3×10^9 kcal). (Gov. del Edo. de Coahuila, 1979).

Con los datos del Cuadro 3.1, tenemos que la producción total de hidrocarburos (petróleo crudo y gas natural) - en el Estado, suma un total de 6.4782×10^6 kcal para 1983.

Ahora bien, en cuanto al consumo de hidrocarburos en Coahuila, se tienen los datos del Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Consumo de hidrocarburos en Coahuila (m^3), 1983-1986.

| Producto | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Gasolina nova | 191,480.3 | 187,892.6 | 183,550.5 | 179,571.8 |
| Gasolina extra | 1,535.9 | 1,717.8 | 2,566.1 | 5,365.1 |
| Gasavión ^a | 140.0 | 100.0 | 34.0 | 0.0 |
| Diáfano | 21,568.1 | 23,092.7 | 26,298.8 | 28,630.8 |
| Diesel | 132,927.5 | 124,912.1 | 128,059.8 | 179,593.8 |
| Lubricantes ^b | 9,073.0 | 7,276.5 | 6,676.1 | 8,065.1 |
| Otros productos ^c | 169.0 | 206.0 | 262.0 | 281.0 |

a: incluye de 80 y de 100-130 octanos. Únicamente Agencia Saltillo.

b: incluye aceites industriales, automotrices, hidráulicos, etc.

c: incluye citrolina, gas nafta, gasolina incolora, gas solvente y turbosina. Únicamente Agencia Saltillo.

(Agencias de ventas de PEMEX de Saltillo y Sabinas, Coahuila).

Estos resultados se obtuvieron de los comparativos - de ventas de Saltillo y Sabinas, que comprenden la mayor parte del Estado de Coahuila. También se consultó la Agencia de ventas de Gómez Palacio, Durango, ya que ésta surte a las ciudades de Torreón, San Pedro y Paila, pero debido a que los datos se tienen de manera agregada para toda la región centro-

norte del país, se consideró que no era pertinente incluir los. Esto se tomó así porque la región mencionada comprende además a todo el Estado de Durango, parte de Zacatecas y aún la ciudad de Jiménez, Chihuahua (ver Figura 3.2.)

En cuanto al gas natural, no fue posible obtener información sobre su consumo, ya que su abastecimiento es por medio del sistema de gasoductos denominado "Ductos Norte" - que nace en Reynosa y termina en Chihuahua, con sus respectivas estaciones de compresión. La oferta de gas de esta región se ve también fortalecida a través del gasoducto Cactus San Fernando, que distribuye el gas del sureste.

De esta manera, la principal problemática a que nos enfrentamos es que la información que proporciona PEMEX es - agregada a nivel regional y no estatal.

Por lo anterior, con respecto al consumo de hidrocarburos, nos basamos en el Cuadro 3.3 para un análisis de tendencias. En él se expresan los equivalentes térmicos en kilocalorías de los datos del Cuadro 3.2.

Con respecto a la gasolina nova, hubo un decaimiento en el consumo de un 2.12 por ciento promedio anual para el período de 1983-1986. Para la gasolina extra hubo un crecimiento anual promedio de 56.77 por ciento.

En cuanto al gasavión, se observa la tendencia a eliminar la venta del combustible debido a que, a partir de la apertura a la red nacional del aeropuerto de Saltillo, este producto se maneja directamente a través de él.

Cuadro 3.3. Consumo de hidrocarburos en Coahuila (10^9 kcal), 1983-1986.

| Producto | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Gasolina nova ^a | 1,560.564 | 1,531.325 | 1,495.937 | 1,463.510 |
| Gasolina extra ^a | 13.580 | 15.189 | 22.689 | 47.438 |
| Gasavión ^b | 1.238 | 0.884 | 0.301 | 0.0 |
| Diáfano ^b | 190.705 | 204.186 | 232.534 | 253.154 |
| Diesel ^c | 1,228.782 | 1,154.687 | 1,183.785 | 1,160.165 |
| Lubricantes ^c | 83.871 | 67.264 | 61.714 | 74.554 |
| Otros productos ^a | 1.377 | 1.679 | 2.135 | 2.290 |
| Total | 3,736.441 | 3,889.614 | 3,664.663 | 4,296.095 |

a Equivalente térmico: 8.150×10^6 kcal/m³ (SEMIP, 1986)

b Equivalente térmico: 8.842×10^6 kcal/m³ (SEMIP, 1986)

c Equivalente térmico: 9.244×10^6 kcal/m³ (SEMIP, 1986)

El diáfano tuvo un crecimiento anual promedio de 9.94 Por ciento. Para el diesel la tasa anual promedio fue de -1.84 por ciento. Los lubricantes decayeron en 2.41 por ciento. En cuanto al rubro otros productos, el crecimiento fue de 18.78 por ciento.

Para el total de hidrocarburos citado, el crecimiento anual promedio fue de 5.19 por ciento para el período 1983- - 1986.

Como se puede observar, hay una estructura porcentual diferenciada para los productos citados. Es interesante notar que la gasolina extra, en comparación con el diesel y la gasolina nova, tiene un crecimiento constante y muy elevado, lo -

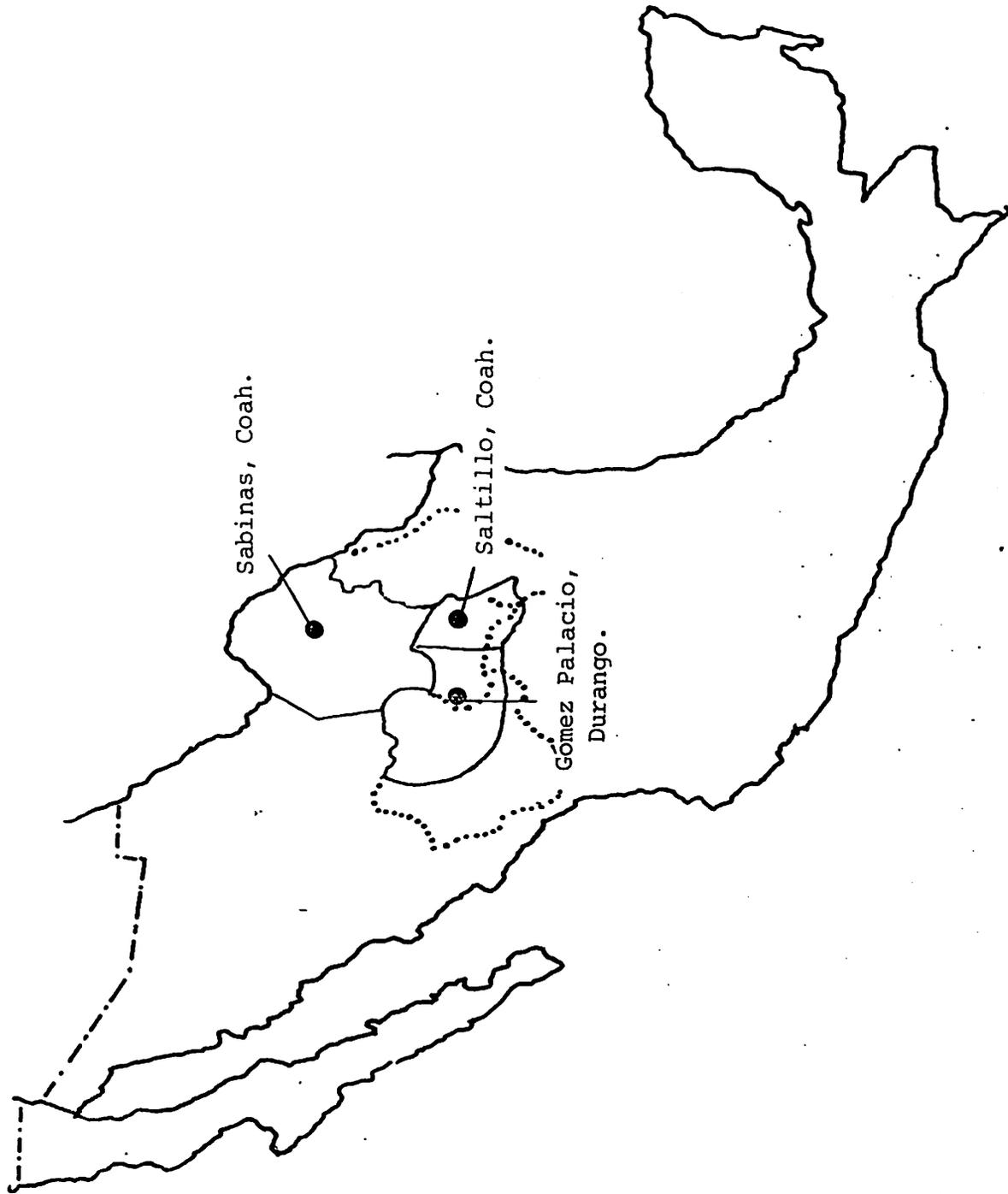


Figura 3.2. Situación geográfica y áreas de influencia de las agencias de ventas de PEMEX de Saltillo, Sabinas, Coah., y Gómez Palacio, Durango.
(Información proporcionada por la agencia de ventas de PEMEX, Saltillo, Coah.)

cual consideramos tiene que ver con los procesos de concentración de la riqueza que se observan durante los períodos de crisis como el actual.

Por otro lado, aún cuando no se puede generalizar debido a la problemática expuesta en cuanto a la recopilación de datos, sí podemos señalar que estos porcentajes anualizados tienen altas desviaciones, lo cual es común en los desequilibrios económicos actuales.

Energía Eléctrica

En este subsector energético la capacidad instalada en operación en el Estado, representó, para 1981 y 1982, alrededor del 3 por ciento del total nacional para 1983 se incrementó esta cifra al 4.4 por ciento debido al incremento de 6 por ciento de capacidad instalada carboeléctrica por el incremento en una unidad de 300 MW (megawatts) en la central de este tipo. En 1984 la participación en el total nacional disminuyó a 4 por ciento de lo cual las causas regionales es la disminución del 32 por ciento en la capacidad instalada de turbogas (ver Cuadro 3.4).

Por otra parte, se concluyó la tercera unidad de la carboeléctrica de Río Escondido, cuya capacidad es de 300 MW y que aún no ha sido puesta en operación. Se inició la cuarta unidad con igual capacidad con lo cual se tendrá una capacidad de aporte en total de 600 MW más (Marín, 1982).

Actualmente, se encuentra en construcción la Planta Carbón II, con una capacidad de 700 MW, así como la primera

Cuadro 3.4. Capacidad instalada en operación del subsector eléctrico por tipo de generación (MW), a nivel nacional y estatal, 1981-1984.

| | Total Hidroeléctrica | T e r m o e l é c t r i c a | | | | | | |
|----------|----------------------|-----------------------------|-------|--------------------|-----------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | | Subtotal | Vapor | Combustión interna | Turbo-gas | Ciclo combinado | Geotermo eléctrica | Carbo eléctrica |
| 1981 | | | | | | | | |
| México | 17,396 | 10,846 | 7,486 | 118 | 1,539 | 1,223 | 180 | 300 |
| Coahuila | 541 | 541 | -- | - | 241 | -- | - | 300 |
| 1982 | | | | | | | | |
| México | 18,390 | 11,840 | 8,325 | 101 | 1,686 | 1,223 | 205 | 300 |
| Coahuila | 542 | 542 | -- | 1 | 241 | -- | - | 300 |
| 1983 | | | | | | | | |
| México | 19,004 | 12,472 | 8,655 | 91 | 1,698 | 1,223 | 205 | 600 |
| Coahuila | 842 | 842 | -- | 1 | 241 | -- | - | 600 |
| 1984 | | | | | | | | |
| México | 19,360 | 12,828 | 8,929 | 107 | 1,760 | 1,227 | 205 | 600 |
| Coahuila | 766 | 766 | -- | 1 | 165 | -- | - | 600 |

Elaborado a partir de: (SPP, 1985c) y (CFE, 1984).

y segunda unidades de la planta hidroeléctrica de la Presa de la Amistad, con capacidad de 66 MW en total (Gov. del Edo. de Coahuila, 1985b).

De esta manera, la capacidad instalada del Estado se incrementa en 1366 MW, lo cual significará, cuando se ponga en operación, un incremento de cerca del 200 por ciento. Con esto, el aporte eléctrico estatal sería de alrededor de 11 por ciento del total nacional.

Por otra parte, para la alimentación de las plantas carbólicas del Estado se cuenta con los recursos minerales suficientes, ya que la producción de carbón del país se sitúa en 100 por ciento en el Estado de Coahuila (ver Cuadro 3.5). Aún cuando, como ya se señaló en una sección anterior, las reservas son poco importantes, para 1980 se calculaban en $3,275 \times 10^6$ toneladas de carbón *in situ* (unos $15,675 \times 10^2$ barriles de P.C.E., o sea, $14,302.52 \times 10^{12}$ kcal), localizadas en un 98 por ciento en el Estado de Coahuila. Estas sirven para alimentar las plantas señaladas en su vida útil, así como a la planta de acero de Altos Hornos de México, S.A. (González, 1985).

Cuadro 3.5. Producción de carbón en México*

| Año | miles de Tm | 10^9 kcal |
|------|-------------|-------------|
| 1975 | 5,193 | 22.679 |
| 1978 | 6,756 | 29.505 |
| 1979 | 7,357 | 32.129 |
| 1980 | 7,010 | 30.614 |
| 1981 | 8,086.5 | 35.315 |
| 1982 | 7,618.9 | 33.273 |
| 1983 | 8,999.5 | 39,302 |
| 1984 | 9,398.9 | 42.905 |

* El 100 por ciento al Estado de Coahuila.

Elaborado a partir de: (SPP, 1985a) y (SPP, 1985c)

En la generación bruta del subsector se observa un incremento total estatal con respecto al total nacional. Así, en 1981 - la generación estatal representaba el 1 por ciento de la nacional; en 1982, el 2.6 por ciento; en 1983, el 3.5 por ciento; y en 1984, el 4 por ciento. Esto debido al incremento de la generación carboeléctrica, pasando de significar el 5 por ciento de aportación estatal en 1981 al 99 por ciento en 1984, con incrementos del 3773 por ciento para el primer período, 90 por ciento y 29 por ciento respectivamente para los siguientes. Mientras que el turbogas sufre una disminución absoluta entre 1981 y 1984 de alrededor del 96 por ciento. Los datos exactos en kilocalorías se presentan en el Cuadro 3.6.

Es importante notar que de la energía carboeléctrica nacional generada, el Estado aporta el 100 por ciento, ya que sólo él se tiene en este tipo de generación. Adicionalmente en el Estado se cuenta con plantas de turbogas para la generación eléctrica, pero con una tendencia drástica a su disminución, como ya se señaló.

Lo anterior con respecto a la oferta estatal de energía eléctrica, ahora con respecto a la demanda. Las ventas de este energético para 1984 fueron de 2.811×10^{12} kcal (3,286 - GWh) que representan alrededor del 5 por ciento del total nacional ($66,233$ GWh ó 56.960×10^{12} kcal).

Esto opera mediante la interconexión de dos grandes sistemas: el Torreón-Chihuahua y el Falcón-Monterrey-Nava, que abastece a la entidad mediante la División Norte. Esta división cubre al municipio de Parras y los de la Comarca -

3.3. Cuadro 3.6. Generación bruta del subsector eléctrico por tipo de generación (10⁹ kcal) a nivel nacional y estatal 1981-1984.

| Año | Total | Hidroeléctrica | T e r m o e l é c t r i c a | | | | | | | |
|------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|-----------------|----------------------|
| | | | Subtotal | Vapor | Combustión interna | Turbogas | Ciclo combinado | Geotermo eléctrica | Carbo eléctrica | |
| 1981 | México Coahuila | 58 375.94 535.78 | 21 023.56 -- | 37 352.98 537.78 | 30 553.22 -- | 215.86 -- | 2 753.72 507.40 | 2 972.16 -- | 829.04 -- | 28.38 28.38 |
| 1982 | México Coahuila | 62 973.50 1 604.76 | 19 546.94 -- | 43 426.56 1 604.76 | 34 421.50 -- | 160.82 0.86 | 2 096.68 504.82 | 4 533.92 -- | 1 114.56 -- | 1 099.08 1 099.08 |
| 1983 | México Coahuila | 64 354.66 2 261.80 | 17 701.38 -- | 46 653.28 2 261.80 | 38 546.06 -- | 92.88 0.86 | 1 084.46 176.30 | 3 681.66 -- | 1 163.58 -- | 2 084.64 2 084.64 |
| 1984 | México Coahuila | 68 376.02 2 712.44 | 20 165.28 -- | 48 210.74 2 712.44 | 39 854.12 -- | 86 -- | 807.54 18.92 | 3 544.92 -- | 1 224.64 -- | 2 693.52 2 693.52 |

Elaborado a partir de: (CFE, 1984) y (SPP, 1985c)

Lagunera, además de la División Golfo Norte, que cubre el resto del Estado (Gov. del Edo. de Coahuila, 1983).

El consumo por tarifas para Coahuila en 1984 se presenta en el Cuadro 3.7.

Cuadro 3.7. Consumo por tarifas para el Estado de Coahuila
(10^9 kcal), 1984.

| Tarifa | Concepto | Ventas |
|--------|--|---------|
| 1 | Doméstico | 70.52 |
| 1A | Doméstico con clima muy cálido | 344.00 |
| 2 | General hasta 25 KW de demanda | 128.14 |
| 3 | General para más de 25 KW de demanda | 8.60 |
| 4 | Molinos de nixtamal y tortillerías | 4.30 |
| 5 | Alumbrado público | 43.86 |
| 6 | Bombeo de aguas potables o negras | 18.92 |
| 7 | Temporal | ** |
| 8 | General en alta tensión | 725.84 |
| 9 | Riego agrícola | 407.64 |
| 10 | Alta tensión para reventa | -- |
| 11 | Alta tensión para explotación y beneficio de minerales | -- |
| 12 | General para 5000 KW o más a 66 KV o superiores | 1058.66 |
| | Total | 2810.48 |

** Cantidad menor a la unidad
(CFE, 1984)

Del consumo por tarifas para 1984 se pueden hacer ciertas observaciones. El consumo de electricidad por el sector doméstico (tarifas 1 y 1A) fue de 414.52×10^9 kcal (14.75 por ciento del total). El consumo del sector industrial y consumo fue $1,925.54 \times 10^9$ kcal, esto es 68.51 por ciento del total,

considerando las tarifas 2, 3, 4, 7, 8 y 12.

Para el servicio público (tarifas 5 y 6) el consumo fue $62,78 \times 10^9$ kcal (2.23 por ciento del total). En cuanto al consumo de electricidad para el riego agrícola, este fue de 407.64×10^9 kcal, que significa el 14.50 por ciento del total.

Queremos señalar que de las estadísticas por entidad federativa, publicadas por la CFE en 1984, se desprende una incongruencia en los datos presentados. Por una parte se señala que el 96 por ciento de los habitantes del Estado son beneficiarios del servicio eléctrico, de los cuales, en el área urbana, están el 98.04 por ciento y en la rural el 82.25 por ciento. Sin embargo, en cuanto a las poblaciones beneficiadas, del total estatal de 2,109 la energía eléctrica se ofrece en 756, lo cual significa el 36 por ciento. Por lo cual el 64 por ciento de las localidades no están electrificadas, con un 4 por ciento de la población total del Estado. Así, al señalar que se tienen pendientes 71,061 habitantes en 1,353 localidades, esto daría un promedio de 53 habitantes por localidad, que es excesivamente bajo.

En estas condiciones, consideramos que estos datos deberán tomarse con las observaciones señaladas, lo cual, por otra parte, y en base a que el 64 por ciento de las localidades no están electrificadas, ofrece un amplio margen para la utilización de energías alternativas, ya que muchas veces estos poblados quedan sin electrificar debido a la dispersión, a que no existen redes de distribución cercanas y/o a que el número de habitantes no justifica la inversión.

En cuanto al balance de este subsector, se evidencía un déficit en la oferta estatal de 98.04×10^9 kcal (114 GWh) para 1984. Ya que la oferta es de $2,712.44 \times 10^9$ kcal (3,514 GWh), mientras que la demanda alcanza $2,810.48 \times 10^9$ kcal (3,268 GWh).

Combustibles vegetales

La importancia de este energético es generalmente menospreciada en los balances de energía, ya que no se maneja a través de los conductos comerciales.

Sin embargo, en América Latina los recursos forestales proporcionan para leña, incluyendo carbón de leña, el 34 por ciento del consumo total de energía (Molina, 1985).

Esto, además de señalar su importancia, significa una fuerte presión al consumo y explotación del bosque natural, la cual es generalmente irracional. En estas circunstancias, y de continuar como hasta ahora, en los próximos 20 años tendrán que encontrarse nuevas fuentes de combustible para cubrir un déficit anual mundial de leña de alrededor de 1,150 millones de metros cúbicos, equivalentes a 230 millones de toneladas de petróleo. A este respecto, el problema fundamental se manifiesta en el hecho de que cerca de 1,000 millones de personas son afectadas por la escasez de este combustible (Molina, 1985).

Así mismo, la deforestación por recolección de leña en los países del tercer mundo, según datos del Banco Mundial

se estima en 10 a 15 millones de hectáreas cada año (Molina, 1985). Esto sin duda afecta a la agricultura por el empobrecimiento de los suelos y plantea la urgencia de programas integrales de conservación y uso eficiente de energéticos, así como la diversificación de las fuentes de energía.

En el Estado de Coahuila, y de acuerdo al X Censo General de Población y Vivienda de 1980, son 26,530 las viviendas particulares que utilizan leña como combustible para cocinar, que representan el 9.4 por ciento del total estatal. Los habitantes de estas viviendas son 155,626, que significan el 10 por ciento del total estatal.

De acuerdo al promedio de consumo de leña por persona por día, de 3.5 kg (Guzmán *et al.*, 1985), anualmente esta población consume 1.988×10^8 kg de madera, cuyo equivalente térmico es de 7.953×10^{11} kcal.

A este respecto es necesario hacer notar que en Coahuila, para 1980, el 22.6 por ciento de la población era rural, la cual en su mayoría consume leña para cocinar, presentándose algunos casos de uso mixto de leña y gas, de acuerdo a la accesibilidad y costo de este último combustible.

Lo anterior como consideración para el cálculo del consumo anual de leña, que por otra parte, requeriría comprobación muestral del promedio por persona por día.

2 Un kilogramo de madera = 4,000 kcal
(Guzmán *et al.*, 1985).

En relación a este muestreo, se visitó el Programa Forestal de la SARH, el cual cuenta con una encuesta por aplicar (ver Apéndice D).

A este respecto, consideramos que en el cuestionario no es factible preguntar el consumo de leña por día en m^3 , ya que la recolección es en cargas que duran varios días. Lo más conveniente es hacer el muestreo pesando la carga y preguntar cuántos días les dura.

El programa mencionado cuenta con un proyecto de estufas rurales que ofrecen un ahorro de aproximadamente 50 por ciento de leña. La extensión actual es de 193 ejidos, con 550 estufas construidas a partir de un fondo de 20 moldes. Esto en la subregión sureste-COPLADE o Distrito 013.

Actualmente se está iniciando un proyecto interinstitucional (SARH; CONAZA; La Forestal, F.C.L.; y la UAAAN) para difundir el uso de estufas rurales a todo el Estado.

Para concluir el capítulo se presentan los datos agregados de producción y consumo de los tres subsectores analizados (ver Cuadro 3.8). Para lo cual habrán de tomarse en cuenta las consideraciones mencionadas en cuanto a la recopilación de datos.

Al respecto podemos señalar que el Estado de Coahuila es un importador neto de hidrocarburos, ya que las reservas con que cuenta y su explotación son muy limitadas. Esto significa que existe un gasto por el pago de estos energéticos

para cubrir las necesidades del Estado, lo cual consideramos podría disminuirse enormemente si se utilizaran en forma más racional y eficiente todos los recursos renovables que existen en él y si se comenzara el proceso de reconversión energética para la aplicación de energías alternativas. En relación a esto se amplía la información en el capítulo respectivo.

Cuadro 3.8. Producción y consumo de los subsectores: hidrocarburos, energía eléctrica y combustibles vegetales en el Estado de Coahuila, 1984.

| Subsector | Producción (10 ⁹ kcal) | Consumo (10 ⁹ kcal) | Balance (10 ⁹ kcal) |
|------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Hidrocarburos | 0.00292 | 3889.614 | -3889.612 |
| Energía eléctrica | 2712.44 | 2810.48 | - 98.04 |
| Combustibles vegetales | * | 795.30 | n.d. |

* Esto dependería de la tasa de reposición y de recuperación de las diferentes zonas del Estado que aportan el combustible.

n.d. no disponible.

Elaboración propia a partir de los datos citados en este capítulo.

Para la energía eléctrica, como ya se señaló, la construcción de nuevas plantas elevará de 766 a 2066 MW la capacidad instalada. Esto contribuirá de manera importante, no sólo a eliminar el déficit del subsector sino que el Estado se convertirá en un exportador neto de energía eléctrica cuando se pongan en operación estas plantas. Sin embargo, el incremento que se logrará será en un 95.2 por ciento mediante plantas carboeléctricas y sólo en un 4.8 por ciento mediante

hidroelectricidad. Lo anterior nos muestra que no existen acciones tendientes a la diversificación de fuentes de energía por la CFE para el Estado. Así, para 1984 de hecho el 100 por ciento de la generación bruta es mediante recursos no renovables (carbón y gas natural) y en cuanto se pongan en operación las plantas mencionadas éste porcentaje sólo disminuirá al 96.8 por ciento.

En el subsector combustibles vegetales habría que conocer la tasa de reposición y recuperación de las diferentes zonas del Estado que aportan el combustible, para poder hacer el balance del subsector. Sin embargo, sabemos que existen ya extensas áreas que rodean a las comunidades en que el recurso forestal ha sufrido una fuerte presión poblacional, por lo cual cada vez es mayor la distancia que se requiere recorrer para obtener la carga de leña. Esto se ve además influenciado por el costo creciente de los hidrocarburos y la disminución del ingreso real de la población, que presiona al consumo de este combustible en base a que el costo que significa su adquisición es únicamente el del trabajo de recolección.

IV. CONSUMO ENERGETICO DEL SECTOR RURAL

Modelo Económico y Caracterización del Medio Rural

En principio, es importante hacer ciertas consideraciones en torno al sector rural mexicano, con el fin de identificar el actual patrón de consumo energético del sector. A este respecto, el modelo de desarrollo adoptado desde los cuarentas a la fecha, en que predominó el crecimiento industrial a costa del sector agrícola, viene a crear una serie de condiciones que influyen directa o indirectamente sobre el consumo energético sectorial.

Las deficiencias estructurales que se vinieron gestando se manifiestan más agudamente en la crisis actual, tanto para la agricultura como en un sentido más amplio para el sector rural.

Uno de los fenómenos observados durante el período señalado es el proceso de urbanización. Esto se comprueba a nivel nacional y estatal en la tendencia de los porcentajes entre población urbana y rural. De lo cual es manifiesto el decaimiento constante de esta última (ver Cuadros 4.1 y 4.2). Y por lo tanto, disminuye la proporción de la población dedicada a actividades del sector primario.

Cuadro 4.1. Población total, urbana y rural a nivel nacional

| | Total | Urbana | Rural |
|------|------------|------------|------------|
| 1960 | 34 923 129 | 17 705 118 | 17 218 011 |
| % | 100 | 50.7 | 49.3 |
| 1970 | 48 225 238 | 28 308 556 | 19 916 682 |
| % | 100 | 58.7 | 41.3 |
| 1980 | 66 846 833 | 44 299 729 | 22 547 104 |
| % | 100 | 66.3 | 33.7 |

(SPP, 1985b)

Cuadro 4.2. Población total, urbana y rural a nivel estatal

| | Total | Urbana | Rural |
|------|-----------|-----------|---------|
| 1930 | 436 425 | 227 276 | 209 149 |
| % | 100 | 52.08 | 47.92 |
| 1940 | 550 717 | 278 711 | 272 006 |
| % | 100 | 50.61 | 49.39 |
| 1950 | 720 619 | 413 978 | 306 641 |
| % | 100 | 57.45 | 42.55 |
| 1960 | 907 734 | 605 841 | 301 893 |
| % | 100 | 66.74 | 33.26 |
| 1970 | 1 114 956 | 811 094 | 303 862 |
| % | 100 | 72.75 | 27.25 |
| 1980 | 1 557 265 | 1 204 971 | 352 294 |
| % | 100 | 77.38 | 22.62 |
| 1985 | 1 875 403 | 1 468 441 | 406 962 |
| % | 100 | 78.30 | 21.70 |

Elaborado a partir de:(SPP, 1982); (SECOFIN, 1971); (SECOFIN, 1963)
y(Gob. del Edo. de Coahuila, 1985b).

Esta situación se presenta influida fuertemente por - los procesos de industrialización y de migración campo-ciudad. Así como por las condiciones de producción y la política del Estado hacia el campo (UAAAN, 1986), en donde, entre otros elementos, encontramos lo siguiente:

- Escasez de recursos técnicos, crediticios y de infraestructura, mientras se subsidia la acumulación capitalista.

- Aplicación de una contrareforma agraria que frene el reparto de tierras.

- Apertura a la inversión extranjera en la agricultura.

- Desacumulación de riqueza en el sector primario, con la consecuente imposibilidad de mejorar las formas de producción por la transferencia de valor de este sector al resto de la economía.

- Sustitución de cultivos tradicionales por cultivos de exportación y ganaderización del sector dentro de la política de "ventajas comparativas".

En estas circunstancias, la población económicamente activa (PEA) del sector I (agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza), que viene a sostener en términos alimenticios, en primera instancia al resto de la población, observa una disminución drástica en los últimos 20 años (ver Cuadros 4.3 y 4.4).

Ahora bien, si observamos el ingreso del sector, la situación de miseria se muestra evidente. Así, de la PEA sectorial en 1981 a nivel nacional el 10 por ciento percibía un salario mínimo de subsistencia y considerando que el 80 por ciento de los predios se encuentran entre una y diez

Cuadro 4.3. Población económicamente activa (PEA) del sector I (agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza) a nivel nacional.

| | PEA total | PEA sectorial | % |
|------|--------------|------------------|------|
| 1950 | 8 272 093 | 4 823 901 | 58.3 |
| 1960 | 11 253 297 | 6 084 126 | 54.1 |
| 1970 | 12 955 057 | 5 103 519 | 39.4 |
| 1980 | 22 066 084 | 5 699 971 | 25.8 |

Elaborado a partir de: (SPP, 1985g).

Cuadro 4.4. Población económicamente activa (PEA) del sector I (agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza) en el Estado de Coahuila.

| | PEA total | PEA sectorial | % |
|------|--------------|------------------|-------|
| 1960 | 388 138 | 129 037 | 44.78 |
| 1970 | 289 389 | 85 760 | 29.63 |
| 1980 | 483 898 | 76 343 | 15.78 |

Elaborado a partir de: (SPP, 1982); (SECOFIN, 1971); y (SECOFIN, 1963).

hectáreas, la condición de más de 5 millones de trabajadores se convierte en infrasobrevivencia. Pero a ellos habrán de agregarse 2.5 millones de trabajadores que migran hacia los Estados Unidos de Norteamérica siguiendo el ciclo de cultivos y cuyas condiciones de vida son generalmente inciertas (Molina, 1985).

En este sentido, y considerando un promedio de cinco miembros por familia, en nuestro país 37.5 millones de personas subsisten en condiciones de atraso tales que chocan

evidentemente con la distribución del ingreso actual y que implican bajos niveles de alimentación, salud, vivienda, educación etc.

Así, la adopción de este modelo de desarrollo de crecimiento urbano-industrial, basado en la sustitución fácil de importaciones subordinó al campo a un proceso de constante --descapitalización, sostenido por una política gubernamental --concentradora y centralizadora de la riqueza en zonas urbanas y grupos privilegiados.

Este constante deterioro en el campo ha provocado una crisis generalizada del sector, cuyos efectos principiaron a manifestarse en la década de los sesentas, esencialmente por una baja en el ritmo de crecimiento de la producción agropecuaria.

A este respecto, en el Cuadro 4.5 se observa la tendencia a la disminución de la participación del sector agropecuario en el PIB para los años de 1960, 1970, 1975 y 1980 a nivel nacional y estatal.

A nivel nacional, la participación del sector I ha disminuido de 19.2 por ciento del PIB nacional en 1950 (Molina, 1985) hasta representar sólo 8.35 por ciento en 1980. A nivel estatal, esta disminución va de 17.85 por ciento en 1960, a 6.12 por ciento en 1980. De por sí, esta disminución no significaría problemas para la economía, si estuviera basada en un crecimiento más acelerado del sector industrial, acompañado de crecimiento del sector agropecuario, pero sabemos que --

esto no es así.

Cuadro 4.5. Producto interno bruto total y del sector I a nivel nacional y estatal (millones de pesos corrientes) y porcentaje sectorial.

| Año | | PIB total | PIB sectorial | % |
|------|----------|--------------|------------------|-------|
| 1960 | México | 159 703.0 | 23 638.0 | 14.80 |
| | Coahuila | 4 763.0 | 850.2 | 17.85 |
| 1970 | México | 444 271.4 | 54 123.2 | 12.18 |
| | Coahuila | 12 373.1 | 1 199.3 | 9.69 |
| 1975 | México | 1 100 049.8 | 123 153.0 | 11.20 |
| | Coahuila | 31 848.8 | 3 213.3 | 10.09 |
| 1980 | México | 4 276 490.4 | 357 131.1 | 8.35 |
| | Coahuila | 113 750.0 | 6 966.7 | 6.12 |

Elaborado a partir de: (SARH, 1981); (SPP, 1985b); y (SPP, 1985f).

La problemática en México se presenta por la disminución en términos absolutos de la participación del sector I en la economía y los consecuentes desequilibrios que este provocó (UAAAN, 1986).

- Importaciones crecientes de granos básicos y baja en las exportaciones agropecuarias.

- Disminución en términos absolutos del ingreso rural y por tanto, escaso crecimiento como mercado interno para los productos industriales.

- Crecimiento del subempleo y desempleo rural
- Escasa reinversión de utilidades y polarización del tipo de producción (agricultura empresarial y agricultura campesina), con diferencias claras en su racionalidad, tecnología, apoyo, producción y nivel de vida.
- Constante extracción de recursos y de riqueza con sobreexplotación y deterioro de los recursos naturales.
- Distorsión de la producción para satisfacer la demanda efectiva de los grupos privilegiados.
- "Imposición de modelos tecnológicos que profundizan la dependencia externa y atentan contra la posibilidad de un desarrollo científico-técnico propio" (UAAAN, 1986).

En cuanto a la forma de producción en el sector rural, como ya se señaló, encontramos dos grandes grupos. Uno, agricultura empresarial, caracterizada por las grandes unidades de producción, generalmente de riego, buen temporal o regiones ganaderas, que concentra recursos técnicos, crediticios y de infraestructura, con una alta composición orgánica de capital. Además de estar orientado a la exportación y a satisfacer la demanda de los grupos de altos ingresos. Frente a otro, agricultura campesina, caracterizado por la sobreexplotación del trabajo, con uso intensivo de mano de obra. Orientado a satisfacer el autoconsumo y el mercado local, y en general, con características inversas a las señaladas para el primer grupo.

Entre ambos se manifiestan diferencias productivas y sociales muy marcadas, que han ido agrandándose en el período a que hacemos referencia. En un proceso de abandono de la agricultura de subsistencia temporalera con tendencia a la preponderancia de la agricultura empresarial.

Esta polarización de la producción agropecuaria plantea dos diferentes tipos de racionalidad, definiendo dos polos de desarrollo considerados dentro de la teoría de la dependencia como manifestaciones del dualismo estructural característico de los países subdesarrollados.

Lo anterior se señala con el fin de anotar que este tipo de análisis tan extendido actualmente debe tomarse bajo las consideraciones particulares y regionales específicas como la manifestación más inmediata, pero si bien no totalizadora de la realidad social y económica a que nos enfrentamos en el marco de una crisis global del sistema (Cueva, 1979).

En estos términos muy generales, se puede decir que el polo agrícola tradicional se encuentra en subsunción al modo de producción capitalista, lo cual se ha afianzado en los últimos 15 años. Esto ha traído graves consecuencias entre las cuales, y debido a la política de "ventajas comparativas", ha sido convertir al país en un importador neto de alimentos, con la consecuente pérdida de autosuficiencia alimentaria (Guzmán *et al.* 1985).

Adicionalmente a las causas ya señaladas para la situación actual del campo mexicano, están: la persistencia de

problemas en la tenencia de la tierra; el relativo congelamiento de los precios de garantía que volvió inatractivos a ciertos cultivos; la existencia de unidades productivas minifundistas de muy baja productividad; y el deficiente sistema de abasto y comercialización especialmente en las zonas de temporal y marginadas (Molina, 1985).

Desde el punto de vista de la calidad de la tierra, - si bien México, para 1970, alcanzó un promedio muy cercano a la media internacional de tierras cultivables o de labor de riego y temporal (15.5 por ciento y 80.2 por ciento, respectivamente), existen fuertes diferencias entre ellas relacionadas con la polarización de la producción antes mencionada. Un 70-80 por ciento de los productores del campo se ubican en zonas de temporal con escasa o nula capitalización y técnicas productivas poco eficientes que, sin embargo, mantienen a un alto porcentaje de la población del país (Molina, 1985)

Lo anterior no significa que la pobreza deje de existir en las zonas de riego, pero es mucho más notable y generalizada para el temporal.

A este respecto, y refiriéndonos al Estado de Coahuila, debido a sus características climatológica, encontramos que de una superficie de labor de 455,847.1 ha (3.0 por ciento de la superficie estatal), para 1970, el 56.1 por ciento es de temporal y el 43.9 por ciento es de riego (Coll-Hurtado, 1982). Esto, en general, debido a que en condiciones desérticas, la tierra cultivable de temporal se reduce

drásticamente. Para 1980, de una superficie de labor de 451,265.4 ha (2.98 por ciento de la superficie estatal), menor que la de 1970, el 58.4 por ciento es de riego y el 41.6 por ciento es de temporal. La superficie cosechada fue de 162 469 ha (36 por ciento de la superficie de labor) de la cual el 95.54 por ciento se obtuvo de riego y sólo el 4.46 por ciento de temporal (SARH, 1981).

Son éstas las condiciones que en el Estado hacen aún más difícil y raquítica la situación socioeconómica de los productores, que en el atraso tecnológico, sin acceso a recursos crediticios, se ven obligados a la sobreexplotación del trabajo, cuyos frutos en la mayoría de las ocasiones, sólo les permite un nivel de infrasubsistencia y que en el mejor de los casos, complementan con la cría de ganado menor, cabras y borregos, en las áreas de agostadero semidesértico, y gallinas y cerdos en explotaciones de traspatio.

En cuanto a la tenencia de la tierra, para 1970 el Estado de Coahuila, de la superficie de labor de temporal, el 30.0 por ciento correspondía a propiedad mayor de 5 ha, el 0.2 por ciento a propiedad menor o igual a 5 ha, y el 69.6 por ciento a tenencia ejidal. Mientras que para la superficie de labor de riego, los porcentajes son 42.5 por ciento, 0.3 por ciento y 57.5 por ciento, respectivamente (Coll-Hurtado, 1982). Como se puede observar, hay un incremento sustancial de la propiedad privada mayor de 5 ha en el riego con respecto al temporal en detrimento de la tenencia ejidal.

Estas cifras se vuelven más significativas al compararlas con el número de propietarios y la superficie media por propietario en cada tipo de tenencia. Así, para 1970, en el Estado, con un total de 6,019 propietarios de predios privados mayores de 5 hectáreas, se tenía una superficie media de 1,205.43 ha por propietario; con un total de 3,236 propietarios de predios privados menores o iguales a 5 hectáreas se tenía una superficie media de sólo 0.48 ha por propietario; y con un total de 55,649 ejidatarios se tenía una superficie media de 92.36 ha por ejidatario (Coll-Hurtado, 1982).

Como se puede observar, el propietario de predio privado mayor de 5 ha, tiene alrededor de 13 veces más superficie media que el ejidatario y alrededor de 2500 veces más que el propietario de predio privado menor o igual a 5 ha.

En este sentido, habría que considerar además, que generalmente el número de personas que dependen económicamente del propietario en el caso de los predios menores o iguales a 5 ha y de los ejidos, es mucho mayor que para los predios mayores de 5 ha. Asimismo, de los primeros se obtiene la fuerza de trabajo como jornaleros para los segundos, consolidándose una extracción de plusvalía al interior del propio sector que privilegia a la agricultura empresarial. De esta manera, se presenta un proceso de sobreexplotación y recomposición del trabajo en el campo.

En términos generales y en relación a lo anterior, se observan los siguientes fenómenos para los ejidos y predios

menores o iguales a 5 ha (Molina, 1985).

- Emigración o venta de la fuerza de trabajo en su parcela rentada o en otra.

- Asimilación por la gran empresa agrícola como jornaleros o bien dedicados a los requerimientos de ella como productores.

- Combinación de las formas anteriores, perdiendo condiciones de reproducción de la fuerza de trabajo y soportando la presión del Estado y del capital comercial y bancario.

- Siembra de estupefacientes, de lo cual reciben un alto salario o participan del valor propio de la cosecha.

- Así, vemos que las condiciones medias de producción del País en general y del Estado en particular, sumen en el atraso y en condiciones de vida infrahumana a la mayoría de la población rural, en donde las excepciones en la producción significan ganancias extraordinarias. Como es el caso de los agricultores de tipo empresarial.

Patrón Energético del Sector Rural

Los aspectos citados reflejan la situación crítica que la heterogeneidad de la estructura agrícola y agraria imprimen a los aspectos del desarrollo rural.

En este sentido es que abordaremos las características básicas del patrón de consumo energético del sector rural a nivel estatal que, según Szekely (1983) "es el conjunto de hábitos y costumbres expresados en algunas actividades

cotidianas de sus miembros, que implican o requieren la obtención, transformación y uso de distintos recursos energéticos en la localidad".

En base a los señalamientos generales para el sector agropecuario, y en relación al aprovechamiento de la energía, es importante señalar que, el papel de la energía en las comunidades rurales debe considerarse como un factor de desarrollo de éstas. Un mejor uso de todos los recursos del campo, a partir del estudio particular del tipo de fuente utilizada y de la eficiencia en su consumo en términos energéticos, permitirá promover actividades productivas potenciales, y mejorar el empleo renovable de los recursos en las actividades cotidianas.

Desde el punto de vista de la producción de alimentos, se ha privilegiado la explotación de tipo empresarial que implica un uso intensivo de energéticos comerciales, tomando como ejemplo los aumentos impresionantes de rendimientos por hectárea en los países desarrollados y su tipo de racionalidad mercantil. Esto, además de implicar la pérdida de autosuficiencia alimentaria, ha propiciado la fijación menos eficiente de la energía solar en los procesos productivos.

En el contexto de una escasez relativa de recursos para el sector rural, tanto económicos como naturales, en especial en las regiones semiáridas como el Estado de Coahuila, es indispensable lograr un equilibrio del patrón energético. En estos términos, uno de los aspectos prioritarios para el

sector agropecuario se desprende de la combinación del uso - renovable y eficaz de los recursos del sector rural y la obtención de la autosuficiencia alimentaria (Guzmán, 1985).

Ahora bien, para entrar al análisis del patrón energético en Coahuila, haremos algunos señalamientos con respecto al consumo energético del sector agropecuario a nivel nacional y al tipo de versión utilizada en los balances energéticos para contar con un marco de referencia que lo sustente y ubique.

Como señala Guzmán (1985) y de acuerdo a observaciones propias, en los balances energéticos y documentos publicados por las dependencias oficiales que tratan el tema de los energéticos como: SEMIP, PEMEX y CFE, al referirse al "sector agropecuario" citan únicamente el consumo de las actividades productivas. Esto implica una concepción en que no sólo se excluye a toda la energía que se consume por canales no comerciales, sino que además, impide conocer la situación real del patrón de consumo energético del medio rural y las características propias de su población.

Así, para el consumo final energético del sector agropecuario, SEMIP (1986) señala que para 1984 éste representó el 3.1 por ciento del total nacional. Al desglosarlo por tipo de energético, se tiene que el 61.3 por ciento corresponde al diesel; el 19.2 por ciento a kerosinas; el 18.0 por ciento a electricidad; el 1.4 por ciento a gas licuado y el 0.1 por ciento a combustóleo, con un total de 22.2×10^{12} kcal.

Lo anterior, si bien comprueba la fuerte dependencia hacia los hidrocarburos en el consumo de energía comercial - para las actividades productivas del campo, ya que además, - para 1983 más del 65 por ciento de la electricidad se genera a partir de hidrocarburos (PEMEX, 1984a), subvalúa el consumo de energía del sector. Así mismo, encubre fenómenos tales como el uso intensivo o extensivo de la energía, la tecnificación y/o mecanización de áreas productivas, la transición de energéticos, el uso eficiente o ineficiente de ellos, etc. (Guzmán, 1985).

Si a esta contabilidad se incorpora la energía no comercial y el consumo doméstico del medio rural, se observa - un aumento considerable del consumo final con respecto al total nacional. Así, de significar alrededor del 3 por ciento, se incrementa, según señala Guzmán (1985), al 20.6 por ciento para 1970, y al 10.3 por ciento para 1980.

La diferencia en el tipo de visión en que se incluye la energía no comercial y el consumo doméstico como un subsector en el estudio del medio rural, significa la posibilidad de un análisis global de su patrón de consumo energético y la posibilidad de detectar en estudios de caso para comunidades la problemática y potencialidad de cambio en beneficio de las condiciones de vida de sus miembros.

Así no sólo se trata de diferencias porcentuales o de precisión en la medición, sino que la evaluación energética sirva como un diagnóstico de la situación real de la pobla -

ción rural. Esto, con el fin de que tanto las decisiones gubernamentales como las acciones concretas en relación a la energía, proporcionen no sólo un uso más racional y más eficiente de ésta, sino también que se contemplen aspectos tales como:

- Un desarrollo equilibrado y equitativo de los diferentes sectores de la economía.

- Elevación de la calidad de vida de la población rural, que como sabemos y hemos señalado, se ha descuidado en favor de sectores privilegiados.

- La implementación de un modelo económico que implique una mayor distribución del ingreso, aspecto en el que se observan fuertes diferencias.

- El mejoramiento de la utilización energética por unidad de producto, en relación a la cantidad total de energía primaria suministrada.

- - Una ampliación del escenario de fuentes de energía con predominio de las renovables y que tienda a la conservación de los recursos naturales.

- Diseño de políticas que inicien la reconversión energética en el marco del agotamiento de las reservas no renovables y anticipándose a los problemas de satisfacción de la demanda que se contemplan a mediano plazo.

Partiendo de los señalamientos anteriores, y dentro de la concepción y estructura propuestas para analizar el -

patrón energético rural del Estado, se consideran dos subsectores. Esta división se realiza para separar los ámbitos productivo y doméstico, en donde es distinto el objetivo en el uso de la energía.

Subsector Productivo Rural

En este rubro trataremos la energía comercial y no comercial consumida en el Estado para las actividades productivas agropecuarias. De acuerdo con Guzmán (1985), esta energía se ha demandado en proporciones crecientes, así, para 1970 representó 10.0 por ciento del total utilizado en zonas rurales y 15.7 por ciento en 1982 (ver Cuadro 4.6).

Para el análisis se consideran, por una parte, a los energéticos comerciales (hidrocarburos, energía eléctrica y fertilizantes químicos), por otra, al trabajo humano y la tracción animal, y por último, la energía hidroiónica. Esto permite evaluar el consumo total de energía para las labores productivas y detectar los rubros en donde es necesario aumentar la disponibilidad y/o la eficacia de su utilización.

La estimación de los niveles de consumo de cada uno de ellos, y su participación relativa es indirecta y aproximada debido a las limitaciones que ya señalamos; en cuanto a nivel de agregación, tanto divisional como nacional y regional de la información existente. Para contar con la información requerida, serían necesarios estudios de caso y muestreos por comunidades a nivel estatal.

Cuadro 4.6. Participación del sector rural en el consumo nacional de energía (10¹² kcal y porcentaje).

| | 1970 | | 1980 | | 1982 | |
|---|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| | 10 ¹² kcal | % | 10 ¹² kcal | % | 10 ¹² kcal | % |
| 1. Consumo del sector rural | | | | | | |
| Subsector productivo | 11.34 | 10.0 | 16.67 | 14.0 | 19.09 | 15.7 |
| Subsector doméstico | <u>103.46</u> | <u>90.0</u> | <u>102.94</u> | <u>86.0</u> | <u>103.0</u> | <u>84.3</u> |
| Total rural | 114.80 | 100.0 | 119.61 | 100.0 | 122.08 | 100.0 |
| 2. Consumo nacional de energía comercial ^a | 441.78 | 79.4 | 1023.95 | 89.5 | 1056.18 | 89.7 |
| 3. Total (1 + 2) | 556.58 | 100.0 | 1143.60 | 100.0 | 1178.26 | 100.0 |

a: corresponde a la oferta interna bruta de energía más el rubro: energía no aprovechada descontándose el consumo de combustibles del "sector agropecuario" según los balances de energía.

(Guzmán, 1985).

i) Energéticos comerciales. En esta división se incluyen los rubros: hidrocarburos, energía eléctrica y fertilizantes químicos, ya que consideramos que son los principales energéticos que se manejan por canales comerciales para la producción agropecuaria.

Para los hidrocarburos en el sector agropecuario, se observa que el 61.3 por ciento corresponde al diesel para 1984 a nivel nacional, para 1983 era el 59.23 por ciento y para 1982 era el 57.1 por ciento (SEMIP, 1986). Esto se debe al gasto de tractores y máquinas agrícolas, los cuales se han incrementado desde los setentas. Así, de 91,534 unidades en 1970, se pasa a 164,000 en 1980 (Guzmán, 1985).

De los datos disponibles para determinar el consumo estatal de hidrocarburos en el medio rural, encontramos que, para 1983, fue de 115.830×10^9 kcal y para 1984, 120.888×10^9 kcal. Estas cifras se obtienen de considerar que el 3.1 por ciento del consumo final energético correspondió al sector agropecuario para los años mencionados y del Cuadro 3.3 del capítulo correspondiente. A pesar de las limitaciones ya señaladas para la obtención de los datos, esto sirve como uno de los elementos del análisis global del medio rural.

En cuanto a la energía eléctrica, que desempeña un importante papel en el riego agrícola, se está considerando la tarifa nueva que corresponde precisamente al riego agrícola. Tenemos que, para 1984, se vendieron 474 GWh (407.640×10^9 kcal) (CFE, 1984). Ahora bien, si consideramos que el consumo

reportado de energía eléctrica del sector primario es esencialmente para riego agrícola, entonces, para 1985, será de 510.586 GWh (439.104×10^9 kcal), (Gov. del Edo. de Coahuila, 1985b).

Los fertilizantes químicos son otra fuente importante de energía comercial dedicada a la agricultura. Su producción nacional se duplicó entre 1970 y 1980, alcanzando 4.9 millones de toneladas para este último año (Guzmán, 1985). De lo cual, según Guzmán (1985), el 25 por ciento en promedio se destina a los cultivos de riego. Para este insumo, el cálculo parte de la estimación de la energía empleada en su producción y posteriormente su incorporación en los consumos energéticos totales. De lo cual Guzmán (1985) señala que representan cerca del 38.0 por ciento del perfil energético del subsector productivo en 1974. Esto se debe a su empleada cada vez más extendido, en el actual patrón de aumento de la producción agrícola, a través de la elevación de los rendimientos de los cultivos. Para el Estado de Coahuila, en el Cuadro 4.7 se tienen las toneladas de fertilizantes vendidos de 1981 a 1985, separados por fuente de nutriente en: nitrogenados, fosfatados y potásicos. Considerando que para su fabricación, envasado, transporte, distribución y aplicación, la densidad energética de cada uno de ellos está dada de la siguiente manera: por cada kilogramo de nutriente nitrogenado se requieren 2 kg de combustible fósil, por cada kilogramo de nutriente fosfatado, se requiere 0.33 kg de combustible fósil; y por cada kilogramo de nutriente potásico, se requieren 0.21 kg de combustible fósil (Stout *et al.*, 1980). En base a

ésto, se calcula la energía consumida total para cada uno de los años mencionados y se multiplica por el equivalente térmico del petróleo crudo, que, según Marín (1982) es de 10^7 - kcal/ton.

Cuadro 4.7. Ventas anuales de fertilizantes en Coahuila^a por tipo de nutriente y su contenido energético.

| Año | Unidades | N | P | K | Total |
|------|-------------|-----------|----------|----------|-----------|
| 1981 | ton | 43 225.96 | 3 699.75 | 993.63 | 47 919.34 |
| | 10^9 kcal | 864.52 | 12.21 | 2.09 | 878.81 |
| 1982 | ton | 55 407.26 | 3 190.94 | 1 750.81 | 60 349.01 |
| | 10^9 kcal | 1 108.15 | 10.53 | 3.68 | 1 122.35 |
| 1983 | ton | 36 548.16 | 7 955.77 | 1 043.25 | 45 547.18 |
| | 10^9 kcal | 730.96 | 26.25 | 2.19 | 759.41 |
| 1984 | ton | 38 914.03 | 8 180.99 | 1 822.10 | 48 887.12 |
| | 10^9 kcal | 778.28 | 26.90 | 3.83 | 809.01 |
| 1985 | ton | 48 778.45 | 7 937.71 | 1 434.00 | 58 150.16 |
| | 10^9 kcal | 975.57 | 26.19 | 3.01 | 1 004.77 |

a: El cálculo total para el Estado de Coahuila consideró el 53 por ciento de la Comarca Lagunera.

Elaborado a partir de: (FERTIMEX, 1985).

Así, vemos que los fertilizantes suponen un gasto energético muy alto en el consumo de energía comercial del sector agropecuario, que para el año de 1985, sumaban 1004.77 x 10^9 kcal.

Bajo esta consideración, y dada su utilización para aumentar los rendimientos agrícolas con la tecnología existente, es indispensable evaluar su forma y tasa de utilización por cultivo para emplearlo más eficientemente.

De los datos anteriores, el consumo total de energéticos comerciales para 1985 es de 1564.762×10^9 kcal, que incluye hidrocarburos, energía eléctrica y fertilizantes químicos.

ii) Trabajo humano y tracción animal. En las zonas rurales de los países como México, según Stout *et al.* (1980), la energía proporcionada por la mano de obra y la tracción animal, aportan entre un quinto y un décimo de la que tiene su origen en fuentes comerciales. De ahí la importancia de este rubro en la determinación del consumo energético total del subsector. Adicionalmente, sabemos que en el campo mexicano existe un predominio de la agricultura de subsistencia o campesina, que ya analizamos al inicio del capítulo, por lo cual, el arado tirado por animales o empujado por el mismo campesino, constituye un rasgo característico del trabajo campesino.

En cuanto a la aportación energética del trabajo humano, para el Estado de Coahuila se consideró que se consumen 340×10^4 kcal/año por persona en faenas agrícolas, riego y aplicación de fertilizantes, según Stout *et al.* (1980). Lo cual señala la misma fuente se determinó de una investigación sobre utilización de energía por año de países en desarrollo, de la cual tomamos el dato para México de la aldea de Arango. Así, si multiplicamos este dato por la PEA sectorial de 1980, que es 76,343 personas, obtenemos que la energía aportada por el trabajo humano en Coahuila para ese año fue de 259.566×10^9 kcal. Como vemos al comparar con el consumo energético de fertilizantes, su contribución es relativamente baja, debido a la reducida eficiencia de transformación de la energía

a la reducida eficiencia de transformación de la energía ingerida en la energía útil (Guzmán, 1985).

En cuanto a la tracción animal, según Guzmán (1985) - que se concentra casi en su totalidad en las zonas de temporal (98 por ciento), representó cerca del 8 por ciento de la energía usada en la producción agropecuaria de 1970. En base a lo anterior, calculamos que para el Estado de Coahuila, el trabajo que proporciona la tracción animal aporta 158.372×10^9 kcal para 1985.

De esta manera, la aportación total de este rubro es de 417.938×10^9 kcal para 1985. De lo cual podemos decir que a pesar del desplazamiento progresivo del trabajo humano y de la tracción animal por los energéticos comerciales, en México ambos se encuentran todavía muy extendidos para los cultivos básicos y, en general, para la agricultura de subsistencia.

iii) Energía hidroiónica y energía radiante o electromagnética, proveniente del sol. En este rubro encontramos la energía del suelo y la energía que se capta del sol por medio de la fotosíntesis. Consideramos que ambas deben tomarse en cuenta para determinar el consumo energético total del subsector productivo, debido a que contribuyen de manera importante en el producto obtenido.

La energía hidroiónica se define como la cantidad de energía cinética de los iones de macroelementos disueltos en el agua de un suelo agrícola por hectárea en la capa fértil

o arable. En este sentido, el Fis. Méndez, del Departamento de Agrofísica de la UAAAN, ha desarrollado la investigación para el método de determinación que incluye la medición de: la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio en kg/ha o en ppm, del pH del suelo; de la densidad real del suelo; y de la velocidad de infiltración.

La energía radiante se obtiene mediante su evaluación a través de actinógrafos en cal/cm²/seg (Méndez, 1987) con lo cual se conocerá la energía solar fijada por kg de producto.

Desafortunadamente no se cuenta con estos estudios a nivel estatal, que por requerir ser objeto de estudio de investigaciones particulares, planteamos como temas a desarrollar. Así mismo, la determinación de la energía aportada por las semillas y los plaguicidas o pesticidas, de lo cual no se reportan estudios en la literatura revisada.

En el Cuadro 4.8 resumimos el consumo de energía del subsector productivo rural para 1985, del cual podemos observar que el total es de $1,982.965 \times 10^9$ kcal. Esta cifra sobrepasa el 3.1 por ciento que como porcentaje a nivel nacional del consumo final de productos energéticos, señala SEMIP (1986) para 1984. Lo anterior se comprueba al aplicar esta tasa al consumo total de energía estimada para el Estado de Coahuila (ver Cuadro 3.8) que es de $7,495.394 \times 10^9$ kcal, así, el consumo energético del sector agropecuario para 1984 sería de 232.357×10^9 kcal, considerando a la energía eléctrica y a

los combustibles vegetales.

Cuadro 4.8. Consumo energético del subsector productivo rural de Coahuila (10^9 kcal), 1985.

| Rubro | Consumo |
|------------------------------|-----------|
| Energéticos comerciales: | |
| - Hidrocarburos ^a | 120.888 |
| - Energía eléctrica | 439.104 |
| - Fertilizantes químicos | 1 004.770 |
| Subtotal | 1 564.762 |
| Trabajo humano ^b | 259.566 |
| Tracción animal | 158.637 |
| Total | 1 982.965 |

a: dato para 1984

b: dato para 1980

Elaborado a partir de los datos citados en este capítulo

En cuanto a los porcentajes de participación y los consumos energéticos corregidos, se presentan las cifras al final del capítulo, analizando a este subsector y al subsector doméstico en relación con el medio rural y el consumo energético estatal estimado.

Subsector doméstico rural

En las actividades de este subsector, se concentra gran parte de la energía aparente requerida en las zonas rurales. Su importancia, como ya se señaló, es generalmente menospreciada, ya que se mide únicamente aquella que se maneja por conductos comerciales. Pero según Guzmán (1985), representa el 9.0 por ciento del consumo energético total nacional para 1980, tomando en cuenta las consideraciones

señaladas.

Es por lo tanto indispensable el estudio de la situación energética del subsector para contar con un adecuado diagnóstico, el cual sirva para emprender medidas que beneficien en el Estado a cerca de 500 000 personas que habitan en el medio rural. Considerando que es en él especialmente en donde los mínimos de bienestar están lejos de lo deseado, además de que para la energía utilizada presentan un bajo nivel per cápita.

Con respecto a las fuentes de información, la inexistencia del Censo Agropecuario de 1980, así como de un Balance Energético Estatal, complica la estimación del consumo por fuentes. Sin embargo, en base al esquema propuesto por Guzmán (1985) y a los datos contenidos en el X Censo General de Población y Vivienda, y en Informes de Gobierno Estatales, logramos estimar el consumo de cada uno de los rubros del subsector, lo cual presentamos en seguida.

Los principales energéticos que consume el subsector son: la leña y residuos orgánicos, petróleo diáfano, gas licuado y electricidad. Estos se complementan de manera importante con trabajo humano y animal, como sería para el acarreo de agua y productos; pero una estimación en este sentido aún no es posible en base a los conocimientos que se tienen al respecto.

1) Cocción y calentamiento de agua. En este rubro, la leña es el principal energético, aún cuando en algunas

comunidades se utilizan simultánea o alternativamente el petróleo diáfano y el gas licuado, dependiendo de su accesibilidad. A este respecto, Guzmán (1985) señala que ambos combustibles aumentaron su participación en el consumo energético para este uso, pasando de 0.3 por ciento, en 1970; a 2.3 por ciento, en 1980.

Así, con respecto a la leña, y tomando como base el esquema de Guzmán (1985), se realizó la siguiente estimación para 1985:

$$\begin{aligned}
 & (\text{Población rural que consume leña}) * 3.5 \text{ kg per cápita/día} \\
 & \quad * 365 \text{ días} * 4000 \text{ kcal/kg} = \\
 & (83.09\% \text{ de } 406,962^1) * 3.5 * 365 * 4000 = \\
 & 338,144.73 * 3.5 * 365 * 4000 = 1,727.92 \times 10^9 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

De lo cual podemos decir que este energético se recolectó en forma directa por los campesinos y generalmente no pasa por el mercado. La importancia de esta determinación se comprende cuando se observa que a nivel nacional, la leña representó seis veces la producción total maderable de 1970 y tres veces la de 1980 (Guzmán, 1985).

Para el caso del Estado de Coahuila, si comparamos esta cifra con el balance presentado en el Cuadro 3.8, observamos que el consumo de leña en el subsector doméstico del medio rural para 1985 representa cerca de la mitad del consumo total estatal de hidrocarburos de 1984, lo cual corresponde

¹ Gob. del Edo. de Coahuila, 1985b.

con los niveles estimados a nivel nacional y demuestra - que, además de su importancia relativa debido a los bajos ni - veles de eficiencia de los fogones utilizados (4 - 7 por - ciento), debe considerarse dentro de los balances energéti - cos en función del monto de kcal que representa.

En este energético, así como para todos los rubros - que mencionaremos, es importante hacer hincapié en la necesi - dad de hacer determinaciones directas, ya que la influencia de factores como el contenido energético del combustible, - porcentaje de humedad y condiciones de los dispositivos usa - dos en su consumo, influyen fuertemente en los niveles del - gasto energético.

Ahora bien, debido a la simultaneidad o alternancia - en el uso de otros combustibles para este rubro, se conside - rarán también al gas licuado y al petróleo diáfano.

Según señala Guzmán (1985), el petróleo diáfano no es un combustible de transición de la leña al gas, sino más bien es un indicador del agotamiento de los recursos forestales. Para estimar su consumo dentro del subsector doméstico del - medio rural, se realizó lo siguiente:

$$\begin{aligned} & (\text{Población rural que consume petróleo diáfano}) * 0.14 \text{ kg per} \\ & \text{cápita/día} * 365 \text{ días} * 12,248 \text{ kcal/kg} = \\ & (9.85\% \text{ de } 406,962) * 0.14 * 365 * 12,248 = \\ & 40,085.76 * 0.14 * 365 * 12,248 = 25.09 \times 10^9 \text{ kcal} \end{aligned}$$

Así, el consumo de petróleo diáfano para 1985 es de - 25.09 x 10⁹ kcal para la cocción y calentamiento de agua.

En cuanto al gas licuado consumido para el mismo uso en 1985, tenemos la siguiente estimación:

$$\begin{aligned} & (\text{población rural que consume gas}) * 0.14 \text{ kg per cápita/día} * \\ & 365 \text{ días} * 12,248 \text{ kcal/kg} = \\ & (6.56\% \text{ de } 406,962) * 0.14 * 365 * 12,248 = \\ & 26,696.71 * 0.14 * 365 * 12,248 = 16.71 \times 10^9 \text{ kcal} \end{aligned}$$

De esta manera, el consumo de gas licuado queda en 16.71×10^7 kcal. El cual es utilizado en el medio rural donde el sistema de distribución y accesibilidad por parte de los integrantes de la comunidad debido al precio de venta lo permite. En esto último, algunas de las condicionantes se relacionan con el grado de regularidad del ingreso campesino.

ii) Iluminación. Los principales energéticos usados para este rubro son la electricidad y el petróleo diáfano. Además, generalmente el diáfano se utiliza como sustituto de la energía eléctrica, cuando no existe acceso a ella.

Para la energía eléctrica existen fuertes discrepancias a nivel nacional entre la población rural beneficiada reportada por la CFE y los resultados censales. Esto se debe posiblemente a las diferencias en la contabilidad utilizada. Así, la CFE contabiliza como beneficiados a todos los habitantes de una localidad, cuando la línea de suministro ha llegado a ella, lo cual es contradictorio por los datos censales (Guzmán, 1985).

En base a lo anterior, decidimos desechar la cifra de 82.25 por ciento de beneficiados en localidades menores a -

2,500 habitantes reportada por la CFE (1984), y utilizar el porcentaje de 33.8 por ciento sugerido por Guzmán (1985), indicando la consideración de que estamos aplicando esta proporción nacional a nivel estatal. La estimación respectiva se presenta a continuación:

$$\begin{aligned} & (\text{población rural que se ilumina con electricidad}) * 120 \text{ W} * \\ & 4 \text{ horas} * 365 \text{ días} * 0.86 \text{ kcal/W} = \\ & (33.8\% \text{ de } 406,962) * 120 * 4 * 365 * 0.86 = \\ & 137,553.16 * 120 * 4 * 365 * 0.86 = 20.73 * 10^9 \text{ kcal} \end{aligned}$$

Así, el consumo de electricidad para el subsector doméstico rural del Estado de Coahuila es de 20.73×10^9 kcal, que representa el cinco por ciento de todo el consumo doméstico estatal (tarifas 1 y 1A) que es de 414.52×10^9 kcal, como se señaló en el capítulo anterior, calculado a partir de CFE (1984).

Ahora, en cuanto al petróleo diáfano, combustible que se concentra para la iluminación en las regiones más marginadas y que se utiliza por su bajo costo, se realizó la siguiente estimación:

$$\begin{aligned} & (\text{Población rural que se ilumina con petróleo diáfano}) * 16 \text{ l/} \\ & \text{per cápita/año} * 9,221 \text{ kcal/l} = \\ & (66.2\% \text{ de } 406,962) * 16 * 9,221 = \\ & 269,408.84 * 16 * 9,221 = 38.75 * 10^9 \text{ kcal.} \end{aligned}$$

Esta cifra es casi el doble de la consumida para la electricidad, ya que se está considerando que un porcentaje mayor de la población rural consume diáfano en relación

con la energía eléctrica. Además de esto, los dispositivos - utilizados, generalmente de fabricación rústica, son de baja eficiencia energética.

iii) Calefacción. Para complementar la determina -- ción del consumo energético del subsector doméstico rural, - sería necesario determinar este rubro, ya que en el Estado - de Coahuila y debido a sus características climatológicas so -- bre todo de los meses de diciembre, enero y febrero, repre -- senta un nivel significativo. Sin embargo, se carece de in -- formación al respecto, aún cuando presuponemos que debe em -- plearse la leña preferentemente, lo cual, por otra parte, sa -- bemos que es causa de intoxicaciones y muerte por asfixia.

iv) Acarreo de agua y productos. Así mismo, también este rubro adquiere importancia en el medio rural debido a -- la carencia común de agua entubada; al acarreo de leña, y -- alimentos para la familia y los animales de traspatio.

Guzmán (1985) señala que para estas actividades se em -- plea únicamente trabajo humano y trabajo animal, de lo cual -- se ocupan hasta 180 días al año de trabajo animal. Para hacer una determinación del consumo energético estatal de este ru -- bro, consideramos que se requieren muestras y estudios del -- caso. Por lo cual, y debido a que no se cuenta con ellos, no es posible hacer una estimación al respecto.

En el Cuadro 4.9 resumimos el consumo de energía del subsector doméstico rural para 1985, del cual podemos obser--

var que el total es de $1,830.20 \times 10^9$ kcal. Al comparar esta cifra con el total del subsector productivo rural ($1,982.965 \times 10^9$ kcal), vemos que pueden considerarse equiparables, lo cual demuestra la importancia del consumo de energía del subsector doméstico y la necesidad de incluirlo en la contabilidad energética.

Cuadro 4.9. Consumo energético del subsector doméstico rural de Coahuila (10^9 kcal), 1985.

| Rubro | Leña | Petróleo diáfano | Gas licuado | Electricidad | Total |
|--------------------------------------|----------|---------------------|----------------|--------------|----------|
| Cocción y calentamiento - de agua | 1,727.92 | 25.09 | 16.71 | - | 1,769.72 |
| Iluminación | | 39.75 | | 20.73 | 60.48 |
| Total | 1,727.92 | 64.84 | 16.71 | 20.73 | 1,830.20 |

Elaboración propia a partir de los datos citados en este capítulo

Por último, y para concluir el capítulo, presentamos los datos de ambos subsectores, con el fin de corregir el consumo total de energía para el Estado de Coahuila y así poder determinar la participación energética del sector rural. (ver Cuadro 4.10).

De esta manera, la participación del sector rural para 1985 significa el 33.72 por ciento del consumo estatal corregido de energía, lo cual modifica la visión equivocada prevaleciente de 31.1 por ciento, que menosprecia la importancia del sector rural en términos energéticos.

Cuadro 4.10. Participación del sector rural en el consumo estatal de energía, 1985.

| | 10 ⁹ kcal | % del total |
|--|----------------------|-------------|
| Consumo del sector rural | | |
| - Subsector productivo | 1 982.965 | 17.18 |
| - Subsector doméstico | 1 830.200 | 16.18 |
| Subtotal | 3 813.165 | 33.72 |
| Consumo estatal estimado de energía ^a | 7 495.394 | 66.28 |
| Total | 11 309.559 | 100.00 |

a: Para su determinación, ver el Cuadro 2.8.

Elaboración propia a partir de los datos citados en este capítulo.

Por otra parte, y como ya se mencionó, con estas determinaciones no sólo se pretende una precisión en la medición sino que más bien se trata de conocer la estructura del consumo energético del medio rural. Así, además de permitirnos comprender la situación real de la población rural, nos da a conocer, sobre todo en estudios de caso y muestreos, la eficiencia y racionalidad en el uso de los recursos consumidos y la detección de los recursos potenciales.

Con esto afirmamos que sólo en base a diagnósticos realizados a partir de objetivos definidos en función del mejoramiento del nivel de vida de los habitantes del medio rural, podrán elaborarse medidas de política, programas y proyectos que puedan incidir de manera efectiva en la realidad socioeconómica de cualquier región.

Es en este sentido, que consideramos la necesidad de llevar a cabo la reconversión energética, como una de las acciones que en el marco de un agotamiento de las reservas de recursos petrolíferos, además de plantearse como necesariamente inmediata, significaría un aprovechamiento más eficiente y racional de los recursos del campo.

V. ENERGIAS ALTERNATIVAS Y TECNOLOGIAS APROPIADAS
EN COHAUILA

En los países subdesarrollados como México, se ha -
llegado a considerar que existe una sola vía hacia la moder-
nización tecnológica, la cual ha implicado privilegiar una -
alta composición orgánica del capital en sociedades con mano
de obra abundante (UNAM, 1987).

Esto ha mostrado el desconocimiento de las caracte -
rísticas socioeconómicas y de las necesidades propias del -
país. Así como la instrumentación de modelos de desarrollo a
ultranza que han significado desequilibrios intersectoriales
graves, de lo cual la crisis ya crónica del sector agrope -
cuario es una de las muestras más evidentes.

En la crisis global de la estructura económica de Mé -
xico ya se han presentado manifestaciones y fenómenos patéti -
cos entre los que se encuentran:

- La dependencia creciente hacia el endeudamiento -
externo, lo cual ya ha venido a afectar la soberanía y auto-
determinación del país, aun en cuanto a niveles de crecimie
to.

- La polarización del ingreso que sume en la miseria a la mayoría de la población, considerando la intensidad y la extensión cada vez mayores de la desnutrición.

- La presencia de un sector rural atrasado y anquilosado, para el cual se mantienen aún las políticas gubernamentales que privilegiaron el desarrollo industrial a costa del sector agrícola.

- La imposición de modelos tecnológicos que implican niveles de dependencia y de importación crecientes, que además, frenan la posibilidad de un desarrollo científico-tecnológico propio.

- La llamada "petrolización de la economía", que significó una fuerte dependencia hacia los hidrocarburos al convertirse en motor del desarrollo y en principal fuente de energía interna. Lo cual paralelamente, ha significado un deterioro ambiental.

En concordancia con lo que hemos venido mencionando en otros capítulos, reiteramos que esto no podrá superarse mientras que no conozcamos en sus múltiples manifestaciones y relaciones los fenómenos de la realidad a que nos enfrentamos y abordemos, de acuerdo a las necesidades propias, la problemática del desarrollo.

En este sentido, y en el plano energético, se hacen indispensables los estudios e investigaciones de campo así como el impulso de opciones tecnológicas, tanto en diversidad de fuentes de energía como en su adaptación a los recursos y necesidades

particulares de las diversas regiones, de manera que este sector contribuya a revertir las tendencias en cuanto a dependencia y centralización de fuentes de energía.

Ahora bien, específicamente en el medio rural, encontramos que en el plano tecnológico, Reddy (1982), citado por UNAM (1987), señala a la línea de "tecnologías apropiadas" como una de las nuevas formas de abordar el problema en el sector rural, desde un punto de vista integral.

Citamos los objetivos que se pretenden en esta línea porque consideramos que se ajustan al marco global en el que se viene desarrollando este trabajo:

1) La satisfacción de las necesidades humanas básicas (empezando por los más necesitados) a fin de reducir las desigualdades entre países y a su interior.

2) La autosuficiencia endógena, mediante la participación social.

3) La armonía con el ambiente. Centrando en el hombre la búsqueda de soluciones tecnológicas en equilibrio con su medio y sus semejantes.

4) El trabajo creativo que permite el desarrollo de todas las capacidades humanas.

Dentro de esta corriente se plantea como indispensable, el conocimiento y caracterización de las necesidades de la población, de lo cual, a nivel agregado para el Estado de Coahuila, presentamos en el cuarto capítulo, y la

participación local en el diseño y adaptación de soluciones tecnológicas, en donde se requeriría el trabajo por comunidades, apoyado en estudios de caso.

En estos términos, en el caso de los energéticos, la alternativa significa la búsqueda de caminos propios aprovechando el avance tecnológico pero de acuerdo con las características socioeconómicas de las diferentes comunidades. Un proceso de este tipo, comprende de manera general los siguientes pasos: (Reddy, 1980, citado por Masera, 1986):

- Determinación del patrón de consumo energético.
- Traslado del consumo de energía a una serie de necesidades arregladas según su prioridad.
- Evaluación de los recursos renovables locales que permitan satisfacer estas necesidades.
- Consideración de las distintas tecnologías por medio de las cuales se pueden resolver estas necesidades con los recursos disponibles.
- Selección de la mejor opción para cada necesidad.
- Arreglo de las necesidades en un sistema integrado.

Así, vemos que si lo que se pretende es llevar a cabo este proceso y mantenerlo en el largo plazo, uno de los requerimientos que se plantea es el uso de los recursos.

renovables en el panorama energético, así como la participación de la comunidad con sus habilidades locales para buscar nuevas alternativas tecnológicas.

Es en este sentido que analizamos, a lo largo del presente capítulo, las posibilidades de energías alternativas y de tecnologías apropiadas aplicables al Estado, para el aprovechamiento de los recursos naturales renovables. Lo cual consideramos que podrá servir como marco y panorama general para el reconocimiento de las potencialidades que esta línea de desarrollo energético plantea para las comunidades del medio rural en Coahuila.

A este respecto, y antes de entrar en materia, quisiera resumir brevemente lo que el Grupo de Energética del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias UNAM, ha venido desarrollando en la comunidad rural de Cheranatzicurin, Michoacán. En ella se ha pretendido la promoción de la autosuficiencia rural de energía, así como el aprovechamiento más eficiente de los recursos y el desarrollo de tecnologías apropiadas (UNAM, 1987).

Este proyecto, Cheranatzicurin, se originó en el contexto del reconocimiento para los aspectos energéticos, de una situación claramente diferente, entre las ciudades y el sector rural, así como la inexistencia de información sobre los problemas y características del consumo energético de este último.

De este modo, y ante la necesidad de llevar a cabo investigaciones empíricas en cuanto al patrón energético y a la problemática tecnológica del sector, se llevó a cabo un análisis energético denominado "estrategias energéticas orientadas a usos finales de la energía", en el cual se pretende optimizar la tarea energética que se requiere en una comunidad particular para satisfacer una determinada necesidad, en contraposición con la línea tradicional que enfatiza la maximización del efecto útil para una tecnología específica.

Desde el punto de vista científico, esta metodología se conoce como análisis exergético o de eficiencias de segunda ley de la termodinámica, mediante el cual es posible lograr un proceso de optimización que incorpore restricciones reales en la conversión de energía en trabajo. Sin embargo, lo más relevante en esta investigación ha sido la participación de los habitantes de la comunidad en todo el proceso y en la adaptación de tecnologías apropiadas. En este último aspecto, se desarrollaron tres áreas: Aperos mejorados para la tracción animal; estufas mejoradas de leña y; dispositivos para captación y almacenamiento de agua de lluvia.

El enfoque energético y social del proyecto permite que las necesidades energéticas de la población se integren y satisfagan con la adaptación de opciones de tecnologías apropiadas desarrolladas por la interacción de los habitantes de la comunidad y el grupo de investigadores.

Desde nuestro punto de vista, esta línea energética conlleva claras ventajas para el desarrollo autogestionario en el medio rural, con lo cual podrían lograrse fuertes avances no sólo en la autosuficiencia y uso eficaz y racional de los energéticos, sino también en el propio desarrollo socioeconómico de las comunidades.

Considerando lo anterior, reconocemos que para avanzar en este sentido, requieren cubrir ciertas etapas, que ya mencionamos al citar a Reddy (1980) citado por Masera (1986). Así, nos planteamos en este capítulo la presentación de un panorama general en cuanto a potencialidad de los recursos energéticos renovables en el Estado de Coahuila, y de tecnologías apropiadas de posible aplicación en el medio rural.

Al respecto, nos referiremos a la energía solar, biomasa y energía eólica. En lo cual eliminamos la presentación de opciones tales como la energía geotérmica, la energía hidráulica y la energía nuclear, debido a que implican, por una parte, centralización en cuanto al proceso de obtención de la energía y por otra, modelos tecnológicos avanzados que no se adaptan a lo que hemos venido mencionando para las comunidades rurales.

Esto no significa de ninguna manera que no deban ser consideradas dentro del desarrollo de fuentes alternativas de energía, a excepción de la nuclear, a la que ya hemos hecho referencia y explicado las razones de tipo técnico y

socioeconómico motivo de su eliminación.

Nuestra propuesta se refiere a un proceso en el cual, por etapas, se cubriría en el corto y mediano plazo con base en la organización social del proceso de trabajo y la satisfacción de necesidades esenciales podrá considerarse esas otras alternativas y aún la energía brásmica, volcánica, de tormentas eléctricas y energía solar del espacio ultraterrestre (Stout *et al.*, 1980). Por otro lado, eliminamos la opción de los micro-sistemas hidroeléctricos, por las condiciones climáticas semidesérticas, obviamente presentes en el Estado de Coahuila, en donde no se cuenta con recursos de uso potencial en ese sentido.

Energía Solar

En esta fuente energética, como en el resto que mencionaremos, el interés ha venido en aumento a partir del incremento de los precios de los combustibles fósiles y del agotamiento de estos recursos. Pero también por ser fuentes renovables que no producen contaminantes y que son factibles de aprovecharse mediante técnicas de autoconstrucción y materiales comunes.

A corto y mediano plazo la competitividad de la energía solar como fuente alternativa, si bien a nivel general depende de los avances tecnológicos, a nivel de las comunidades rurales también depende de la accesibilidad y costo de

oportunidad de otras opciones tanto tradicionales como renovables.

Con respecto a los avances tecnológicos en investigación de materiales, es de especial importancia señalar los últimos avances en cuanto a los super conductores, tanto para la conducción como el almacenamiento de energía.

A continuación presentamos algunos de los aspectos de interés para el sector energético, señalados por Martínez (1987).

El descubrimiento de estos materiales super conductores (que conducen la electricidad sin resistencia) a temperaturas superiores al punto de ebullición del nitrógeno líquido (77 grados Kelvin o 196 grados centígrados bajo cero), viene a marcar el comienzo de una revolución tecnológica.

Entre estos materiales, el más estudiado es aquel cuya estructura molecular está compuesta por un átomo de itrio, dos de bario, tres de cobre y siete de oxígeno, la cual es una composición muy simple. Esto permite, como una de sus principales ventajas, que cualquier país del Tercer Mundo pueda elaborarlos. De hecho, ya se han realizado en el Instituto de Materiales y el Instituto de Física de la UNAM, así como en el Departamento de Física de la Universidad de Puebla.

Ahora bien, desde el punto de vista energético, su potencial de aplicación se relaciona con la elaboración de

anillos superconductores que almacenan grandes cantidades de electricidad a muy alta eficiencia, algo similar a una cisterna de energía eléctrica.

Como ya hemos señalado, para las energías alternativas, los problemas de almacenamiento son uno de los principales motivos de su falta de competitividad. Con este tipo de sistemas para energía eléctrica, el aprovechamiento óptimo de las fuentes renovables se hace posible. Especialmente en el caso de las comunidades rurales, el horizonte de posibilidades se amplía considerablemente. Así, la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, puede ser almacenada y, posteriormente, utilizada según las necesidades, sin perder eficiencia en su utilización.

En cuanto a la conducción, todavía hay serias limitaciones, ya que la corriente eléctrica que puede fluir es reducida (cien mil amperios por cm^2), lo deseable es que se incrementara cuando menos 100 veces. Aún así, estas dificultades son superables.

Para la energía solar, en especial, se pueden utilizar sistemas de captación, como celdas solares, combinados con la cisterna para aprovechar la energía cuando sea necesario. Esto también es posible para las energías alternativas en general, como señala Martínez (1987).

Por otro lado, a continuación pasaremos a dar algunas características de esta fuente energética, dentro del tema que nos hemos propuesto desarrollar para los recursos energéticos renovables, así como sus posibilidades de

aprovechamiento en el medio rural.

En cuanto a la radiación solar, es importante considerar que la que se recibe efectivamente en un lugar, depende de varios factores: a) latitud, b) estación del año, c) hora del día, d) clima local, y e) orientación de la superficie que recibe la radiación (Castellanos y Escobedo, 1980).

En el Estado de Coahuila, la radiación promedio durante el año está entre los 400 y 450 langley/día ($4.652 - 5.234 \text{ KW/m}^2/\text{día}$) (ver Figura 5.1). Lo cual se considera un nivel alto, tomando en cuenta, además, la baja nubosidad promedio de la región.

Para el aprovechamiento de la energía solar directa existen tres formas principales que se presentan en la Figura 5.2.

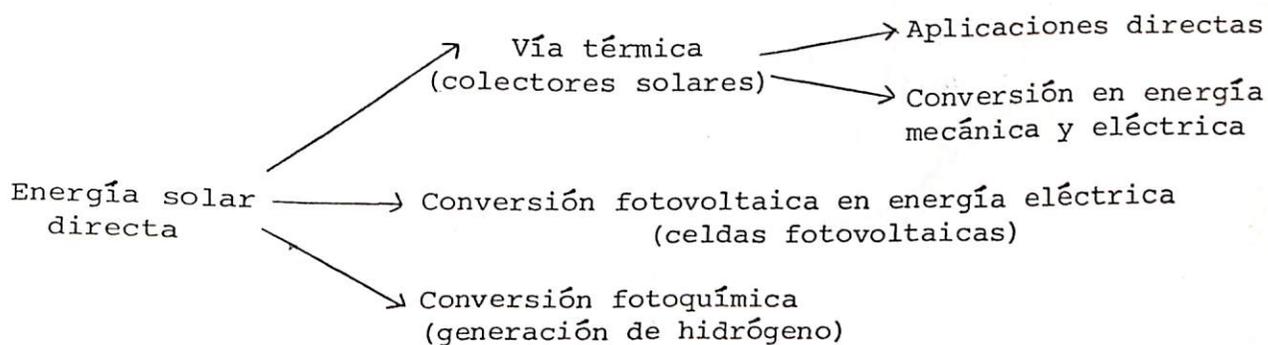


Figura 5.2. Formas de aprovechamiento de la energía solar directa. (Castellanos y Escobedo, 1980).

De acuerdo con esta clasificación, analizaremos esencialmente la vía térmica, ya que es la que correspondería por sus aplicaciones al medio rural, de acuerdo con lo que hemos venido mencionando en un horizonte de corto y mediano plazo. A largo plazo, podrían considerarse las restantes, que -

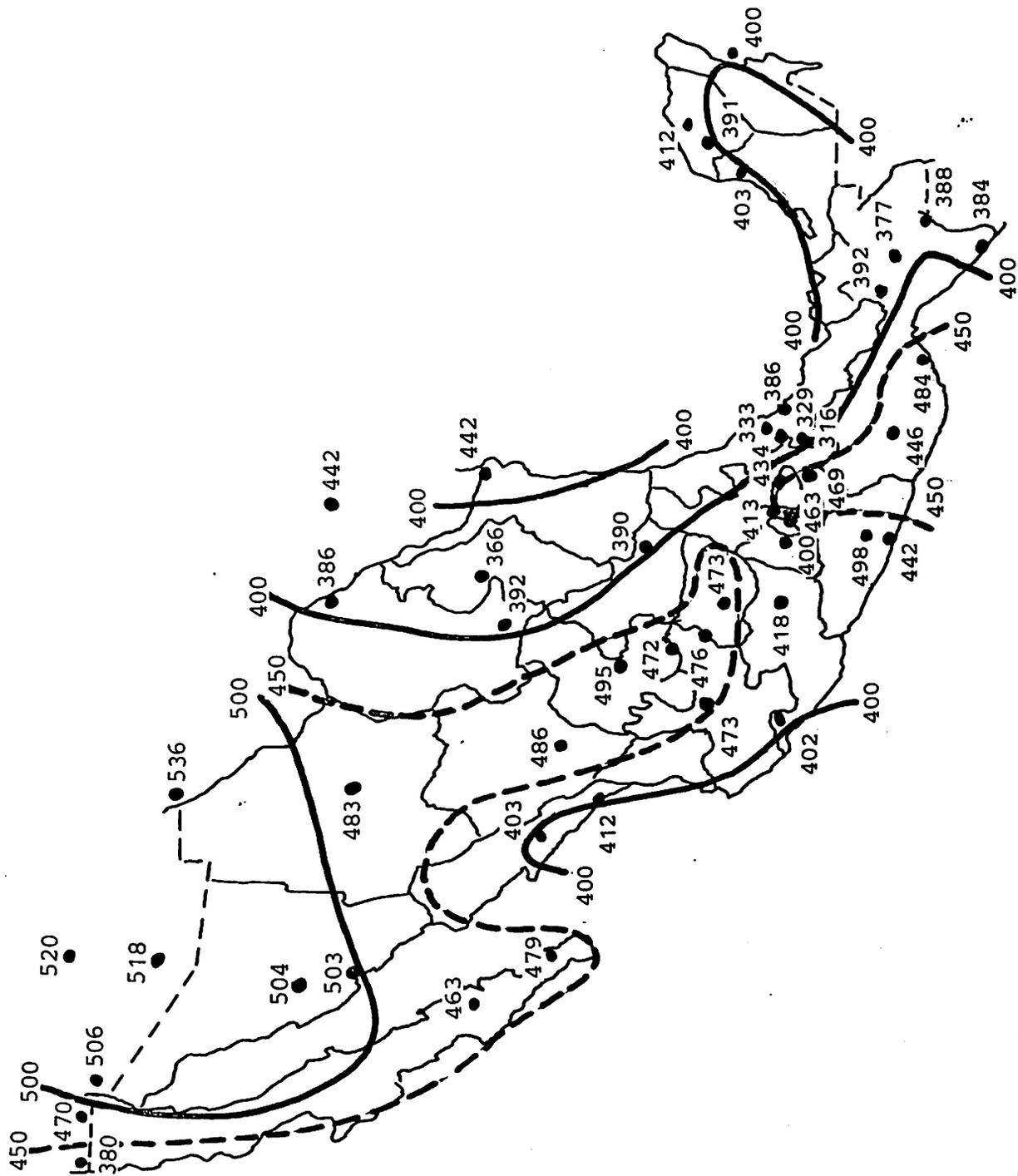


Figura 5.1. Promedio de radiación total anual diaria en Langleys/día para México (Campos-López, 1983).

requieren de dispositivos manufacturados y de una mayor sensibilización de la comunidad para un aprovechamiento eficaz.

A este respecto las aplicaciones directas son muy variadas, entre las cuales encontramos: calentadores y destiladores de agua, secadores, refrigeradores y sistemas de climatización de viviendas (Castellanos y Escobedo, 1980).

i) Calentadores de agua. Consisten básicamente en un colector plano (dispositivo que intercepta, absorbe y transfiere la energía solar a un fluido circulante: agua, aire, mezclas refrigerantes, etc.), conectado a un tanque de almacenamiento, en este caso, de agua. Este tipo de sistema pasivo opera sin necesitar otra fuente de energía, el agua circula por convección natural (ver Figura 5.3).

El sistema se diseña usualmente para mantener el agua aproximadamente a 40°C, lo cual permite ahorros hasta de un 60 por ciento de combustible cuando se utilizan combinados con calentadores convencionales de gas (Castellanos y Escobedo, 1980).

Adicionalmente, consideramos que esto significa un amplio potencial para su empleo en el desarrollo agroindustrial, ya que se estima que en México el 40 por ciento del consumo industrial de energía se emplea para calentar agua y aire a temperaturas inferiores a los 200°C (Castellanos y Escobedo, 1980).

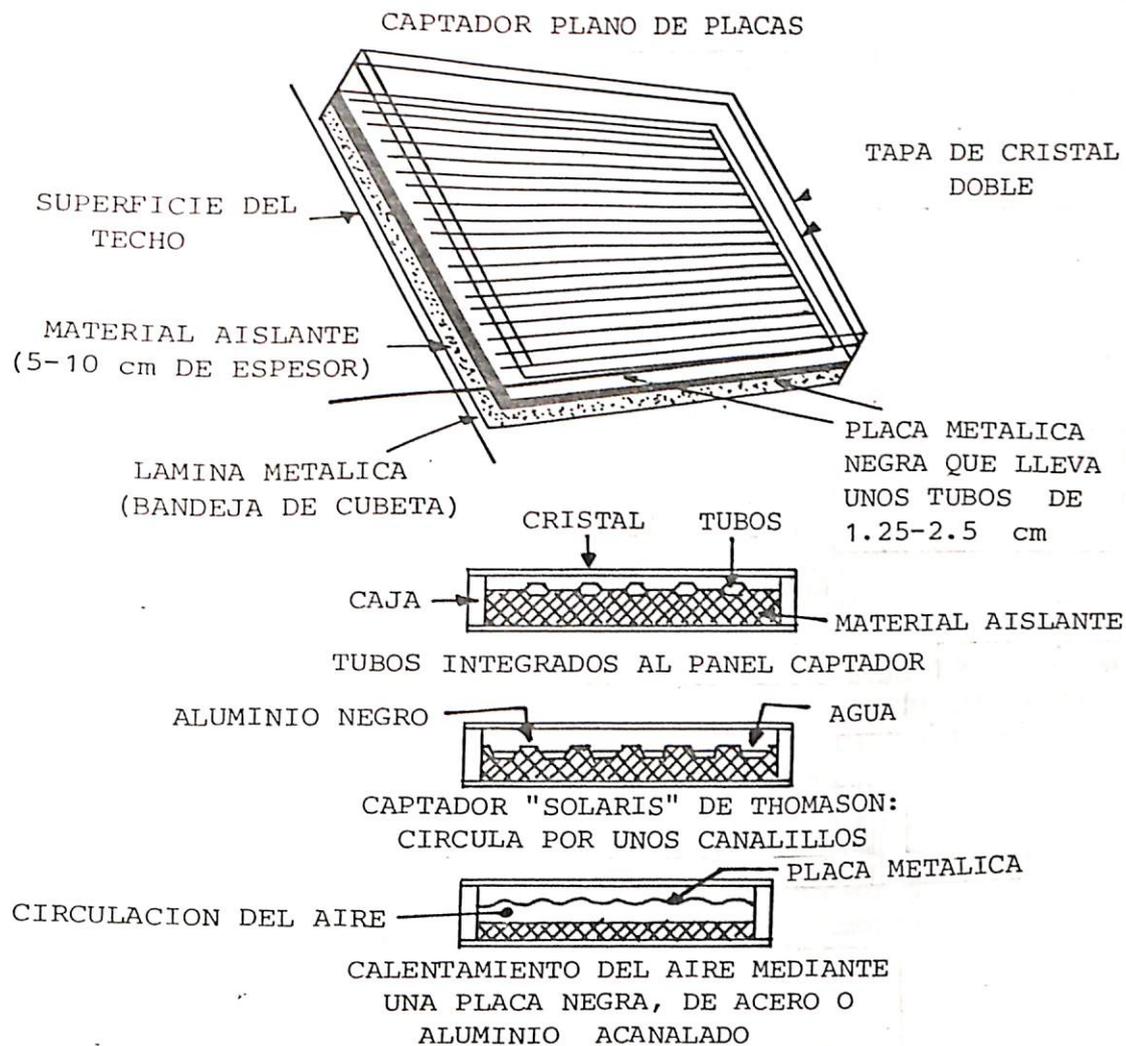


Figura 5.3. Captador plano de placas. (FAO, 1980).

ii) Destiladores solares. Los diseños utilizados - aprovechan el efecto de invernadero y su aplicación significaría la disponibilidad de agua desalinizada para consumo humano en las regiones semidesérticas como el Estado de Coahuila.

El destilador solar es un recipiente cubierto de vidrio o plástico en declive y con canales en su extremo inferior. Para calentar el agua se pinta de negro el fondo que funciona como colector solar (ver Figura 5.4).

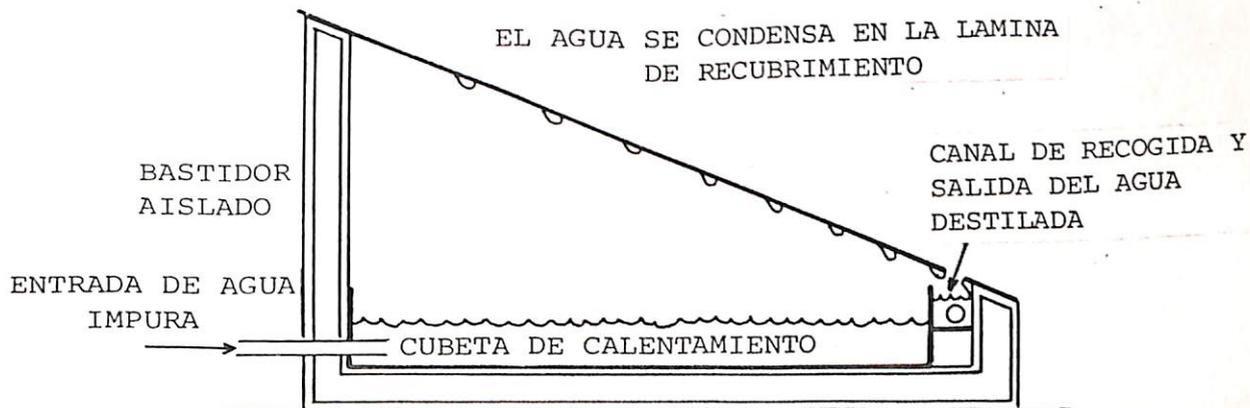


Figura 5.4. Destilador solar. (Brinkworth, 1981).

En estos dispositivos, los rendimientos son muy similares, aunque es importante el sellado para evitar pérdidas de vapor. Entre sus principales ventajas se encuentran la sencillez en su construcción, operación y mantenimiento.

iii) Secadores solares. Esta es una de las aplicaciones más antiguas de la energía solar directa y consideramos la importancia de su difusión, ya que en México se pierden entre un 10 y un 20 por ciento de los productos agrícolas y pesqueros debido a una excesiva humedad después de su cosecha o captura (González, 1985).

Para realizar el secado se eleva la temperatura del aire entre 10 y 15°C para disminuir la humedad relativa a menos de la mitad respecto al medio ambiente. Esto puede hacerse mediante la exposición directa de los productos a la radiación solar (por medio de una película transparente) ó circulando aire precalentado ya sea con sistemas pasivos (convección natural) o sistemas activos (ventiladores). Estos equipos son de fácil construcción y bajo costo, con los cuales se obtiene buena eficiencia y las temperaturas necesarias para el secado.

iv) Refrigeradores solares. En México otro de los graves problemas es que más del 50 por ciento de las frutas, verduras y otros productos perecederos se pierden por falta de refrigeración o almacenamiento adecuado (González, 1985).

A este respecto, una de las principales ventajas de estos dispositivos se relaciona con la coincidencia de las necesidades máximas de energía con las mejores condiciones de insolación. Los sistemas más utilizados son el de compresión y el de absorción. Este último es el que se adapta a los lineamientos que venimos manejando, ya que es más barato,

sencillo y eficiente que la generación de energía mecánica o eléctrica con equipos solares.

Un equipo muy simple de funcionamiento y que no requiere de fuentes adicionales de energía, se basa en la propiedad del agua para absorber grandes volúmenes de amoniaco a baja temperatura y restituirlo por acción del calor, en donde los colectores solares son la fuente de energía. Sin embargo, es obvio que en estos sistemas de refrigeración solar el problema básico se deriva de su operación periódica, a menos de que cuenten con sistemas de almacenamiento (ver Figura 5.5).

1. LAMINA DE VIDRIO DE 3 mm.
2. ARMAZON DEL COLECTOR.
3. AISLAMIENTO DE VIDRIO Y LANA.
4. FUENTE ALTA Y BAJA.
5. LINEA DE RETORNO.
6. RECTIFICADOR
7. CONDENSADOR - EVAPORADOR

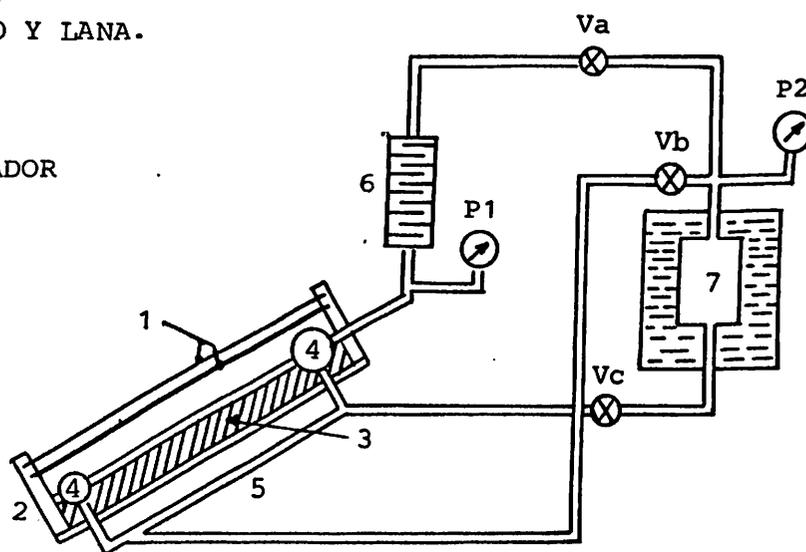


Figura 5.5. Sistema refrigerador/enfriador solar por absorción (González, 1985).

v) Climatización solar de viviendas. En las regiones semidesérticas como el Estado de Coahuila, es factible el aprovechamiento del calentamiento de fluidos para subir o bajar la temperatura ambiente, con lo cual las condiciones de vida y productividad de los habitantes se verían incrementadas de manera importante.

Los sistemas que se utilizan pueden ser pasivos o activos. En los primeros, los más simples van desde considerar la forma y orientación de la construcción, tamaño y localización de las ventanas y el empleo de algunos materiales de construcción, con un diseño cuidadoso en función de las condiciones locales de insolación, microclima, volumen de construcción, características mecánicas y térmicas de los materiales. Hasta requerimientos importantes de material almacenador y ganancia directa de radiación solar a través de vidrios, según señalan Castellanos y Escobedo (1980).

En los sistemas activos el transporte y distribución del calor es mediante la circulación forzada del fluido, con lo que se requiere el consumo de otros energéticos y el uso de colectores más eficientes.

También se puede emplear el ciclo de absorción que se mencionó para la refrigeración solar o combinar el sistema de absorción y la calefacción activa para aprovechar los colectores solares todo el año.

vi) Celdas fotovoltaicas. En cuanto a la conversión fotovoltaica de energía solar en energía eléctrica sólo

mencionaremos que es aquel procedimiento mediante el cual es posible convertir directamente la energía solar en energía eléctrica, sin una etapa térmica intermedia. Esta conversión fotovoltaica se basa en las propiedades de algunos sólidos (conocidos como semiconductores, por ejemplo: monocristales puros de silicio) que permiten la generación de una carga eléctrica capaz de producir trabajo útil al exponerse a la luz solar. Los semiconductores son los componentes básicos de las celdas fotovoltaicas (ver Figura 5.6).

Sin embargo, esta opción tecnológica queda en segundo término frente a la búsqueda de tecnologías apropiadas en interacción con la comunidad, ya que esto significaría la imposición de modelos tecnológicos ajenos, en donde sabemos que muchas veces son abandonados a pesar del escaso requerimiento de mantenimiento. A este respecto también son importantes los procesos de almacenamiento, de los que ya se hizo referencia al mencionar los adelantos en la superconductividad, que pueden convertir su uso a una mayor operatividad.

Biomasa

Como biomasa se considera a aquellos materiales vegetales o animales convertibles en energía. En cuanto a la energía contenida en los primeros, es aquella que se almacena mediante la transformación de energía solar en energía química mediante la fotosíntesis, al transformar sustancias inorgánicas, agua y bióxido de carbono en carbohidratos orgánicos, que constituyen los tejidos vegetales. Los materiales animales de esta

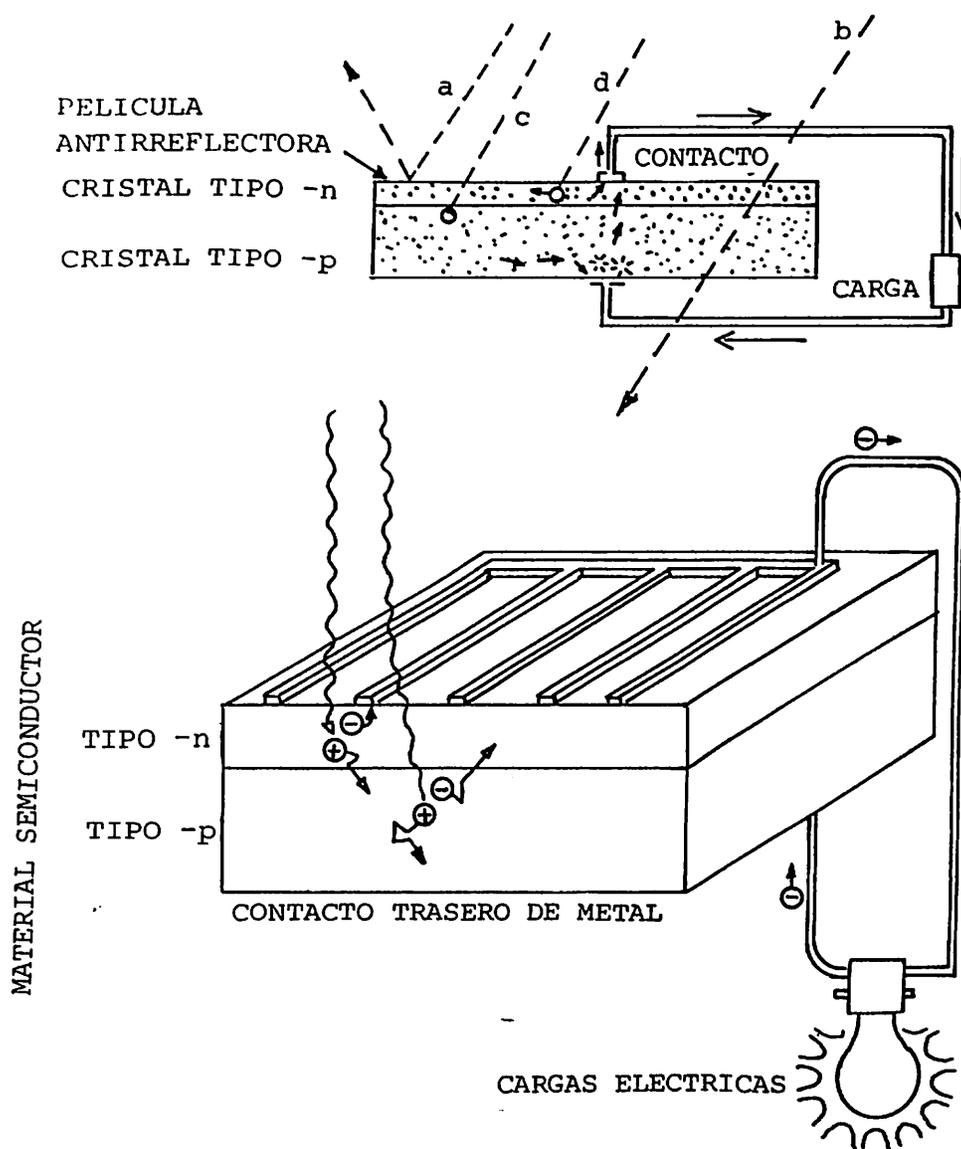


Figura 5.6. Esquema de un arreglo fotovoltaico (Castellanos y Escobedo, 1980).

clasificación serían los desechos orgánicos.

En términos de satisfacción de las necesidades energéticas, la biomasa representa entre un 6 y un 13 por ciento del total mundial (González, 1985). Para el Estado de Coahuila, y en cuanto a la leña, este combustible satisfacía el 15.3 por ciento del consumo estatal de energía del sector rural para 1985, como se mencionó en el capítulo anterior.

Sin embargo, es importante hacer notar que del consumo energético del subsector doméstico rural, la leña representó el 94.4 por ciento del total para 1985 a nivel estatal, como se desprende de las estimaciones presentadas (ver Cuadro 3.9). Esto indica que en el medio rural la biomasa es la principal fuente de energía para consumo doméstico.

i) Estufas rurales. En el subsector doméstico rural y en general, en el medio rural, el gasto de leña se realiza principalmente en cocción de alimentos y calentamiento de agua. Las modalidades utilizadas son altamente ineficientes en la quema de leña, ya que los dispositivos son de bajo rendimiento, lo cual incrementa su demanda y presiona sobre los recursos forestales.

En especial, el fogón de tres piedras tiene una eficiencia del 4 al 7 por ciento (Guzmán, 1985), lo cual representa un consumo de 9 kg al día por familia (UNAM, 1987). Así vemos que esto implica un intenso trabajo de recolección, sobre todo, en los lugares más depredados, en que la población consume cualquier tipo de madera, esquilmos agrícolas y

estiércol. Por otro lado, generalmente se observa la consecuente extinción de las especies preferidas como combustible que, en ocasiones, tienen que ser buscadas hasta distancias de 10 km de las localidades (Guzmán, 1985).

Con este tipo de fogones, los humos de la combustión se encierran en la vivienda generando enfermedades oculares y respiratorias, principalmente en las mujeres y niños.

Ante esta problemática, han sido diseñadas diversas estufas con una mayor eficiencia y que están complementadas con una chimenea.

Aquí presentamos el modelo diseñado y utilizado en el proyecto Chernatzicurin (UNAM, 1987), que es del tipo "Lo renas guatemaltecas", a las cuales les llamaron parengúa kue rekutzari (nombre purépecha de la nueva estufa).

El material de construcción es barro y arena, con el cual se prepara la mezcla. Posteriormente se arma el molde sobre la superficie en que se asentará la estufa, el cual es un pretil al que se le introduce el conductor del fuego y tres o cuatro moldes redondos que corresponderán a las horni llas y al tiro de la chimenea (ver Figura 5.7).

Con este diseño se hizo un estudio comparativo del consumo de leña del fogón de tres piedras y de la nueva estufa. El promedio de consumo per cápita con el fogón de tres piedras es de 1.59 kg y el de parangua kuerekutzari de 1.05 kg, lo que muestra un ahorro global de por lo menos 35 por ciento -

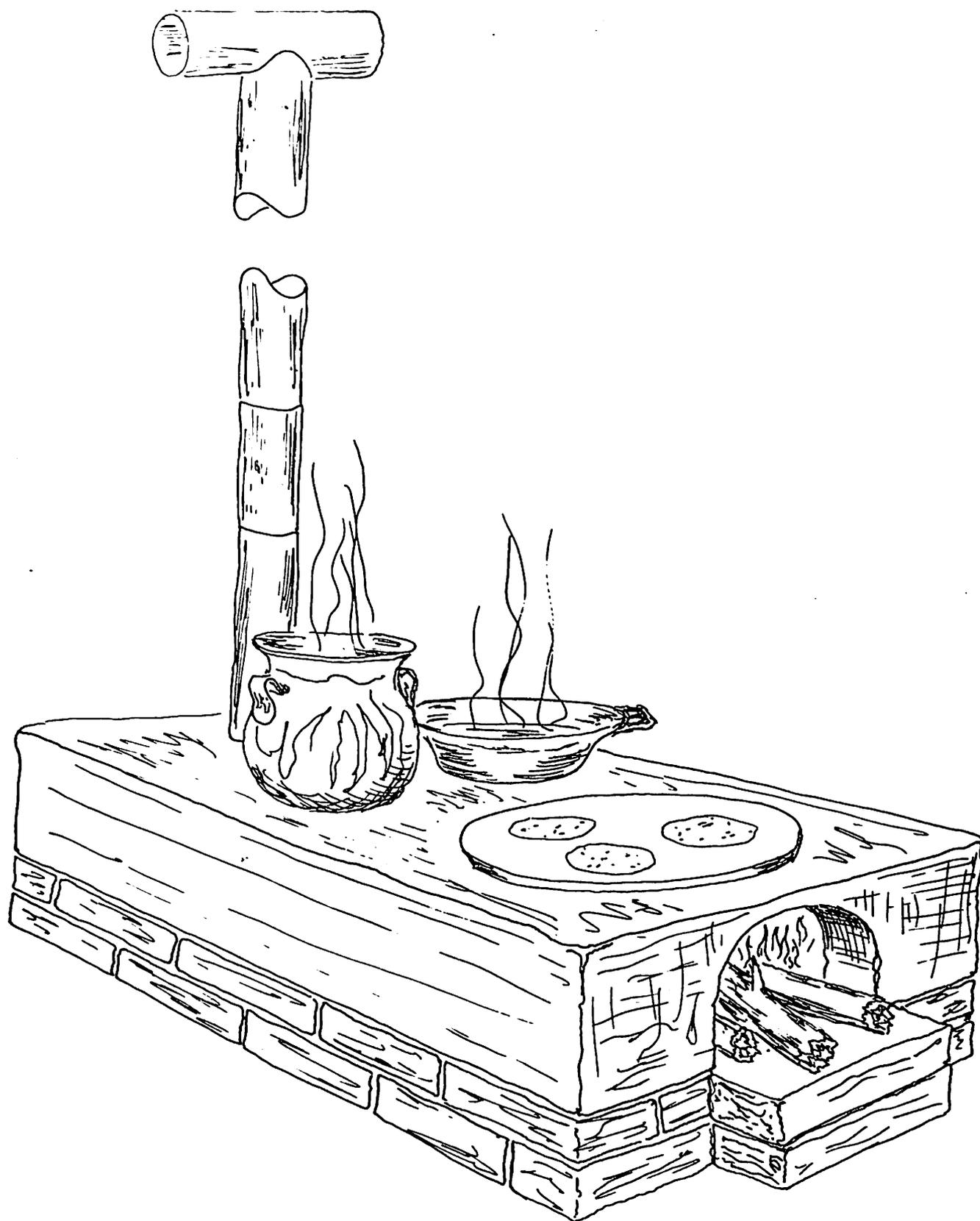


Figura 5.7. Parangua kuerekutzari

(UNAM, 1987)

(UNAM, 1987).

Esto definitivamente muestra que al respecto lo único que se requiere es un adecuado proceso de difusión para agilizar su construcción, ya que los costos de construcción son mínimos.

Al respecto, el Programa Forestal de la Delegación - Estatal de la SARH, cuenta con un proyecto de estufas rurales, el cual con 20 moldes ha construido 550 estufas en el distrito de desarrollo rural 013, o subregión sureste COPLADE.

Actualmente también se ha comenzado a promoverlas en los ejidos ixtleros de Coahuila, en un proyecto interinstitucional (SARH, CONAZA, La Forestal, F.C.L., y la UAAAN).

Por otra parte y para continuar con el tema de la biomasa, hay que destacar que este tipo de energía comprende aspectos mucho más amplios que la utilización de la leña como combustible. Uno de ellos se refiere a la captación de energía solar, incluyendo el mejoramiento de la eficiencia de captación en la relación planta-suelo-clima, lo cual señalamos únicamente sin profundizar, por constituir un tema propio de otro tipo de estudios.

Otro de los aspectos de la biomasa, se relaciona con diversos procesos que pueden emplearse para la conversión de la energía captada, transformándola en compuestos ricos en energía. Esto es, en moléculas ricas en carbono y/o

hidrógeno y pobres en oxígeno y nitrógeno, empleándolas posteriormente como combustibles. De esta manera se obtienen diferentes hidrocarburos a partir de leña, esquilmos agrícolas estiércol, etc. (Castellanos y Escobedo, 1980).

Entre las ventajas de la utilización de este tipo de energía, encontramos la facilidad de almacenamiento y la posibilidad de lograr una producción continua de energía. Asimismo, la mayoría de los hidrocarburos obtenidos pueden emplearse en los equipos que utilizan combustibles fósiles sin necesidad de modificaciones importantes.

En el contexto que nos hemos marcado, como tecnologías apropiadas, es importante también señalar que la biomasa es adaptable a las limitaciones socioeconómicas que prevalecen en el medio rural. De esta manera, consideraremos la fermentación anaeróbica debido a su bajo costo, pequeña escala, a los requerimientos de tecnología sencilla y por poder usar casi toda clase de desechos orgánicos.

Al respecto consideramos pertinente señalar que debido a las características propias del Estado de Coahuila, no estamos considerando a la producción de etanol como combustible en la línea de tecnologías apropiadas a desarrollarse. - Esto se relaciona con la necesidad de controlar con cultivos ricos en azúcar o almidón, que son principalmente caña de - azúcar y sorgo dulce con los mejores rendimientos de etanol por hectárea. Así como, maíz y otros cereales, yuca y remolacha azucarera (FAO, 1981) (Araujo *et al.*, 1980).

Como se desprende de lo anterior, y debido a las prioridades alimenticias de la región, aquellos cultivos que entren en la clasificación antes mencionada serán utilizados preferentemente para este fin. Lo cual no significa que en otras regiones, especialmente las tropicales y aquéllas con altos rendimientos totales, no se considere como viable.

ii) Fermentación anaeróbica. En la descomposición anaeróbica de la biomasa, se produce una mezcla de gases conocida como biogas, y un residuo. El biogas es el que se emplea como combustible y el residuo puede utilizarse como abono (Castellanos y Escobedo, 1980).

Este proceso se lleva a cabo en un tanque o pozo, conocido como digestor, donde ocurre propiamente la fermentación, conectado a un contenedor que almacena el biogas.

Los diseños son variados, en donde las dos partes mencionadas (el digestor y el almacenador) pueden estar juntos o separados, de alimentación única o semicontinua (diaria), contruidos de diversos materiales, etc. (González, 1985).

A partir de González (1985) se obtuvo la Figura 5.8, en donde se muestra la instalación de un digestor cargado por gravedad y con un tanque de almacenamiento flotante, separado del digestor.

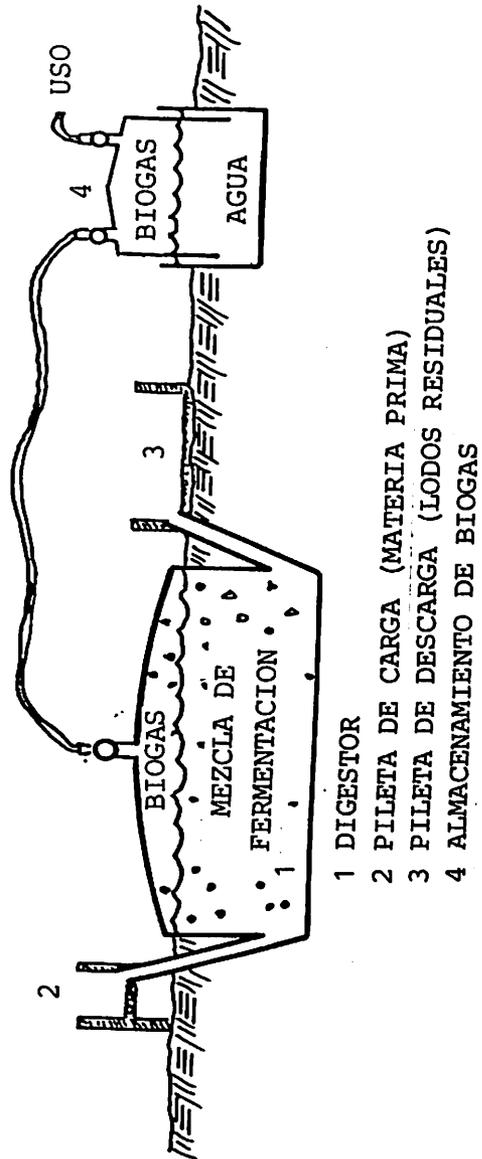


Figura 5.8. Esquema de instalación de generación de biogas
(González, 1985).

El mismo autor señala que una planta de biogas de carga diaria tipo hindú, de 4 m³ de volumen, puede producir 3 m³ de biogas por día a partir del desecho producido diariamente por tres vacas y 75 litros de agua caliente, que puede ser jabonosa y calentada en un colector solar simple. Esta cantidad de biogas es generalmente suficiente para cocinar los alimentos de una familia de cinco o seis miembros.

Este tipo de digestores son muy utilizados actualmente en pequeñas unidades familiares en China, India, y otros países asiáticos. En China ya son 2'000,000 de estos dispositivos y en la India 700,000, en donde, además, han mejorado las condiciones higiénicas al encerrar los desechos e impedir la proliferación de insectos (González, 1985).

No obstante, para este tipo de proceso, es importante considerar la temperatura del digestor, la cual es fundamental para determinar la producción de biogas. El rango óptimo de rendimiento está entre los 30° y los 55°C (Castellanos y Escobedo, 1980), lo cual puede obtenerse, construyendo el digestor enterrado y utilizando, como ya se mencionó, colectores solares simples para calentar el agua de alimentación.

Es importante mencionar por otro lado, que casi todos los desechos orgánicos naturales pueden emplearse como materia prima, así, en el caso del Estado de Coahuila, podrían considerarse los esquilmos agrícolas, los desechos del tallado de lechuguilla y de la obtención de cera de candelilla, -

los desechos animales de la población ganadera (bovinos, porcinos, ovinos y caprinos) y avícola.

A continuación presentamos, en el Cuadro 5.1, estas poblaciones a nivel estatal y una estimación de los kilogramos de estiércol por cabeza por día, de acuerdo con los datos presentados por González (1985).

Cuadro 5.1. Existencia ganadera y avícola del Estado de Coahuila (en miles) y estimación del estiércol producido/cabeza/día, en kg.

| Tipo de población | 1981 | 1982 | 1983 | Estiércol/ cabeza/día |
|-------------------|----------|----------|----------|--------------------------|
| Bovino | 796.329 | 815.892 | 833.021 | 41.70 |
| Porcino | 170.882 | 181.248 | 189.257 | 8.00 |
| Ovino | 364.153 | 367.126 | 343.405 | 2.00 |
| Caprino | 983.086 | 1019.278 | 979.046 | 1.80 |
| Avícola | 4771.497 | 4856.290 | 4870.199 | 0.11 |

Elaborado a partir de : (SPP, 1985c); y (González, 1985).

A este respecto, y en relación a la escala más conveniente de los digestores, es necesario considerar que son sólo una parte de las familias campesinas las que poseen el ganado suficiente para alimentar el sistema. Para resolver este problema es posible instalar digestores comunales manejados por varias familias organizadas, para distribuirse los beneficios de este sistema.

Es probable también que requieran algunas modificaciones en cuanto al sistema de manejo del ganado para tener una estabulación parcial, de manera que sea posible la recolección

de desecho.

Energía Eólica

La energía del viento ha sido utilizada por siglos, como fuente importante de energía mecánica (para transporte marítimo, bombeo de agua y molienda de granos) y también, a fines del siglo pasado, para generar energía eléctrica. Sin embargo, fue desplazada por los sistemas de tipo centralizado, y actualmente se limita a aerobombas mecánicas (Castellanos y Escobedo, 1980).

La energía eólica se produce por el calentamiento diferencial de la atmósfera por la radiación solar y de las irregularidades de la superficie terrestre. Esto provoca diferencias de presión, acumulando energía potencial que es liberada como energía cinética en el viento. Aún cuando de la energía solar sólo una fracción se convierte en energía cinética, en algunas regiones se observa una mayor concentración de flujo medio que puede llegar a ser igual o superior al flujo medio de energía solar (González, 1980).

Para extraer la energía del viento, se utilizan sistemas aerodinámicos conversores, que transforman la energía cinética mencionada en energía mecánica de rotación. Así mismo, este tipo de energía obtenida puede convertirse en energía eléctrica a través de un generador.

En cuanto a la potencia de un sistema eólico, Castellanos y Escobedo (1980) mencionan que es proporcional al

cubo de su velocidad con lo cual pequeñas variaciones de velocidad en el viento tienen efectos importantes.

Es por esto que se requiere seleccionar el sitio más apropiado para instalarlo, determinando los recursos eóli-cos particulares de cada zona a través de estudios específicos. Para el Estado de Coahuila y a partir del mapa eólico que se presenta en la Figura 5.9, observamos que la poten-cia del viento disponible promedio anual está entre 100 y 150 W/m lo cual equivale a una velocidad del viento entre 3.395 y 5.092 m/seg. Como vemos, esta estimación es general para todo el Estado, en casos de aplicación concreta se deberán tomar en cuenta las microregiones eólicas, que pueden estar por encima de los valores citados.

Aún así, y a pesar de que las velocidades sean bajas, ya que usualmente el mínimo considerado de utilidad prácti-ca es de 15 km/h ó 4.167 m/seg (Castellanos y Escobedo, - 1980), en la investigación de González (1985) se señala que en algunas instituciones mexicanas ya se tienen proyectos - disponibles a corto plazo para velocidades promedio de - 5 m/seg. Con estos aerogeneradores de 2 KW de potencia nominal, operados durante un mínimo de 30 días por año, se pro-ducirían 1440 KWh/año. Si consideramos una demanda media - anual de 425 KWh/familia/año en el medio rural, entonces un solo aerogenerador de este tipo, satisfaría los requerimientos de energía eléctrica de tres familias.

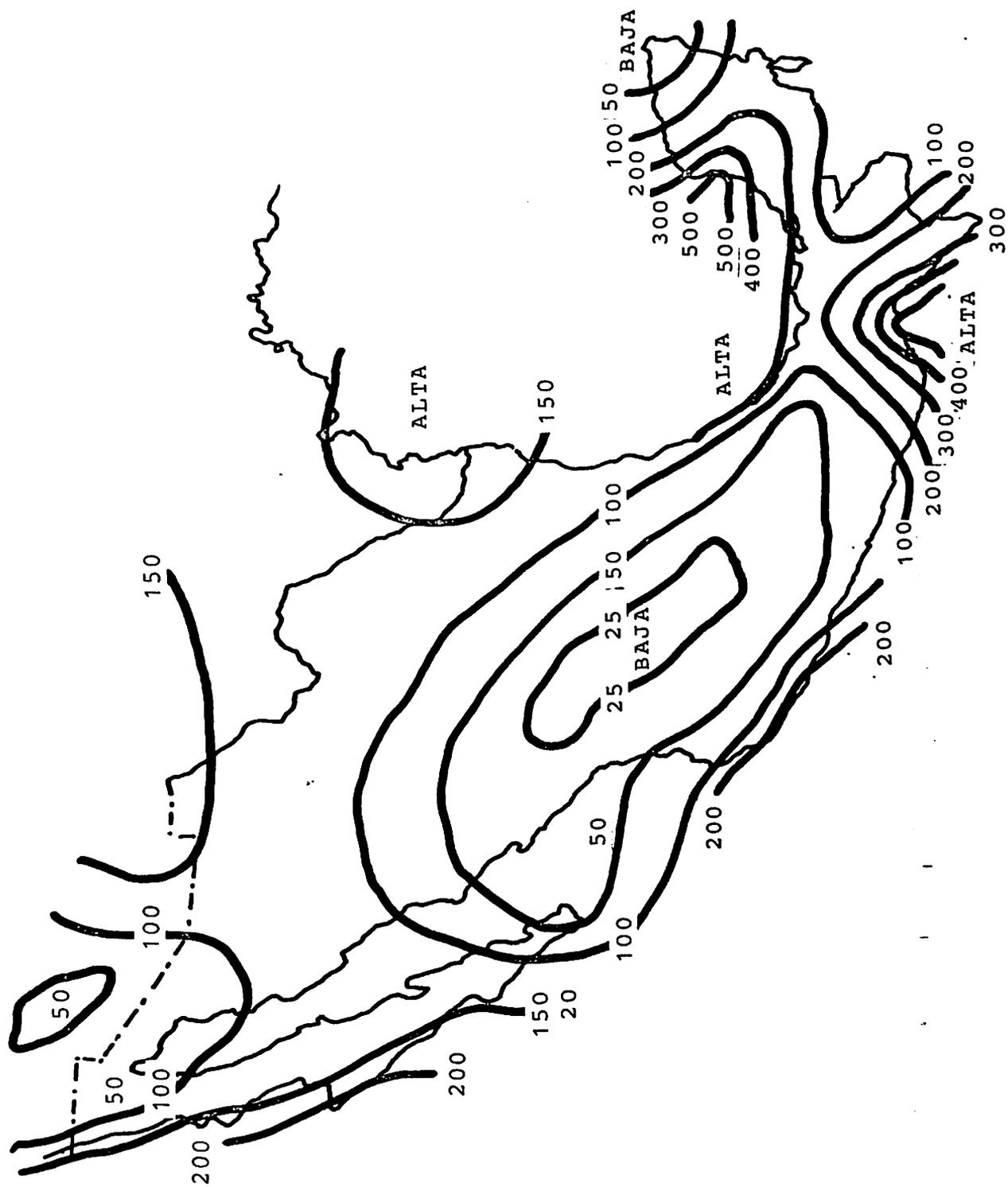


Figura 5.9. Potencia media anual disponible del viento, en W/m^2 para México.
(González 1985).

Otra de las circunstancias a considerar en la elección de un aerorotor, es que no toda la potencia del viento es aprovechable, Castellanos y Escobedo (1980) señalan un nivel máximo teórico de 59.3 por ciento. En este sentido, es que los diferentes diseños están adecuados para funcionar en un determinado rango de velocidades con la máxima eficiencia dependiendo, para el caso también de su variabilidad y dirección (vientos dominantes, turbulencias, etc.).

En cuanto a sus aplicaciones en el medio rural, las de mayor accesibilidad se refieren a la generación de energía mecánica para bombas de agua y molinos y para la microgeneración eléctrica tanto para uso doméstico como para irrigación.

Como ya hemos mencionado en el apartado de la energía solar, está en proceso de obtención un nuevo tipo de superconductores que podría resolver enormemente los problemas de almacenamiento y transmisión de energía de recursos variables en cuanto a la continuidad de su flujo y a su lugar de obtención.

Por último, señalaremos que en el Apéndice E se pueden consultar algunos elementos compartivos para tecnologías apropiadas por uso final en general, además de las seleccionadas en el presente capítulo para el Estado de Coahuila. Lo anterior se refiere a costos comparativos, grado de desarrollo, consideraciones sociales y ambientales, y perspectivas en cuanto a su aplicación.

Estas observaciones pueden servir como elementos de juicio en el desarrollo de tecnologías apropiadas para el me dio rural, en donde, como podemos observar, las opciones son muy diversas y los costos, en la mayoría de los casos, son - considerablemente bajos, sobre todo, si además tomamos en - cuenta el uso de materiales propios de la región y mano de - obra de los habitantes de la comunidad.

Lineamientos para un Programa de Tecnologías Apropriadas

A partir del diagnóstico que hemos presentado, así co mo de los señalamientos en cuanto a energías alternativas y tecnologías apropiadas como una nueva línea para abordar el problema de la energía, desde un punto de vista integral para el medio rural, consideramos que es pertinente presentar ciertas consideraciones en cuanto a su puesta en marcha.

Actualmente nos encontramos en un período que desde - el punto de vista de los energéticos se le conoce como "crisis de los energéticos" que comenzó en 1973 cuando los paí - ses de la OPEP elevaron por primera vez el precio del petró - leo en el mercado mundial (Styrikovich, 1984).

Esto ha significado una gran preocupación por el estu dio de la oferta y demanda de energía, lo cual es importante, entre otras razones, para los países en desarrollo como Méxi - co, ya que si bien en conjunto representan el 20 por ciento del consumo mundial, para fines de siglo representarán un -

tercio y para 2025 a 2030 serán la mitad (Styrikovich, 1984).

El mundo ha entrado en esta etapa a la transición del uso de combustibles fósiles a otros recursos energéticos renovables y no renovables. Así, es esencial contar con balances de energía, políticas de conservación de energéticos, estudios de energías renovables, diagnósticos sobre las necesidades particulares de las diferentes regiones, etc.

La planificación de la energía en el mediano y largo plazo se manifiesta como una necesidad impostergable. En este contexto se cuenta ya con evidencias reconocidas a nivel mundial, como son: la dificultad de encontrar un sustituto químico del petróleo; los peligrosos residuos y actividad de las plantas nucleares; los problemas de salud y de medio ambiente, así como costos externos y de transporte asociados al uso del carbón; la necesidad de nuevas tecnologías para nuevas fuentes; la lenta implantación de nuevos procesos de energía, etc:

Ante esto se plantea no sólo acelerar la eficiencia de la energía, sino también poner en juego las fuentes renovables de la energía con rapidez (Stobaugh y Yergin, 1984).

Sin embargo, las opciones y alternativas para llevar a cabo este proceso son muy diversas e implica importantes decisiones a nivel nacional en cuanto a soberanía, autodeterminación, autogestión y centralización del uso de energéticos.

Desde nuestro punto de vista, existen ciertos criterios generales que deben tomarse en cuenta para una política energética en México:

- La independencia del extranjero, tanto en tipo de fuente como en tecnología de aprovechamiento.
- Perspectiva de disponibilidad a largo plazo a un precio aceptable.
- Mínimos problemas de salud y de medio ambiente relacionados con la contaminación.
- Maximización del empleo, tomando en cuenta su abundancia y baja calificación.
- Promoción de fuentes energéticas no centralizadas, ya que la centralización conduce a la concentración de la industria y de la población en las ciudades.
- Elección de tecnologías disponibles y accesibles económicamente.
- Diversificación de fuentes con énfasis en los recursos renovables.
- Contribución del sector rural a través de su potencial agroenergético.

A este respecto, y desde el punto de vista oficial, es el Programa Nacional de Energéticos 1984-1988 el que trata la cuestión de la transición energética y del desarrollo tecnológico. Entre sus objetivos plantea: "Alcanzar un

balance energético racional, como condición para una transi
ción energética ordenada y para la preservación de recursos no
renovables, se requiere diversificar las fuentes y reducir la -
participación de los hidrocarburos en la oferta de energía" y
"Fortalecer la autodeterminación y el avance tecnológico".

Al hacer referencia a la estrategia para el cumpli -
miento de los objetivos, se señalan tres factores clave: el
contexto internacional, un diagnóstico nacional y, el esce-
nario de tendencia. Como eje central de la estructura del -
programa se tienen las orientaciones estratégicas de producu
tividad, el ahorro de energía y la diversificación.

A pesar de que consideramos que estos grandes linea-
mientos de estrategia están ubicados, encontramos que a lo
largo del Programa se mantiene una visión centralista de la
toma de decisiones que no da lugar a la autogestión ni al -
desarrollo regional. Así mismo, no considera las necesidades
e iniciativa particulares de tipo sectorial y local como paru
te del proceso de transición. Esto implica, desde la concepu
ción general del Programa, una negación de la acción de tipo
federalista que legalmente se tiene.

En cuanto a la diversificación, se habla de inversiones
y operación de centrales de energía, lo cual conlleva un conu
trol monopólico de las fuentes, en oposición a una diversifiu
cación descentralizada que es más deseable.

El Programa define dos etapas de la estrategia. En la
primera (1984-1988) se busca la consolidación de los logros

del sector y se sientan las bases para su cambio estructural. En la segunda (1988-2000) se intensifican y completan las acciones de ahorro, productividad y diversificación, y se da un mayor impulso al cambio tecnológico relacionado con la producción, distribución y uso de la energía, dejando así sentadas las bases para una transición energética ordenada.

Lo anterior definitivamente significa dejar los cambios para la segunda etapa y no considerar la implantación lenta que requieren los nuevos procesos de energía.

Con relación al sector rural, de particular interés para el tema que presentamos, éste aparece marginalmente cuando se señala como segunda etapa de estrategia del primer objetivo a que hicimos referencia, mencionando que se extienda el uso de fuentes no convencionales en el medio rural.

A nivel de los lineamientos de acción, la energetización rural es el último apartado y se considera en función de que, de no realizarse, frenará el avance de los objetivos de diversos proyectos de desarrollo rural. Este planteamiento demuestra la necesidad de una revisión seria de la situación en que sobrevive la población rural de México que para 1980 ascendía a 22'547,104 habitantes, esto es, el 33.7 por ciento de la PT (SPP, 1985b). Así como también el reconocimiento de la importancia de la energía como insumo para incrementar la oferta agropecuaria y el nivel de vida rural.

A lo largo del apartado mencionado, se observa un grave desconocimiento de los problemas que vienen repitiéndose por décadas en el medior rural y que han provocado su situación de crisis crónica. La cual, por otra parte, es uno de los elementos fundamentales explicativos de la crisis económico-estructural presente.

Así, solo se menciona superficialmente el aprovechamiento más eficiente de las fuentes tradicionales, como la leña para el grave problema de deforestación, sin definir programas de acción concreta; en cuanto a la tecnología, se menciona el apoyo de la capacidad tecnológica nacional a los proyectos de desarrollo rural sin hacer referencia a la indispensable interacción con la comunidad para la innovación tecnológica en el campo; nuevamente observamos el intento de la imposición de modelos a través de paquetes tecnológicos y demostraciones del uso de fuentes alternas de energía; se menciona, por otro lado, el respecto a la autonomía municipal y estatal, más sin embargo, no se toma en cuenta la posibilidad de iniciativas locales y de autogestión regional.

Al hacer este análisis, de lo cual conviene señalar que no se realizó a nivel estatal porque no se cuenta con un Programa Estatal de Energéticos, nos percatamos que no existe una definición oficial que se adecúe a la línea de tecnologías apropiadas que hemos propuesto en el presente capítulo para recursos renovables. Por lo tanto, es necesario efectuar algunas recomendaciones con respecto a la clase de programas que se necesita, cómo podría ser financiado

y que posibles resultados tendría.

A continuación pretendemos presentar algunos lineamientos al respecto, bajo la consideración de que este tema puede ser motivo de una investigación más profunda, sobre todo, cuando se cuenta con la decisión de instrumentar el programa.

En primer término, es esencial la etapa del diagnóstico, que requerirá de estudios de caso para la obtención de datos precisos. Estudios que también servirán para desarrollar paralelamente tecnologías apropiadas por comunidades. En donde el diagnóstico que presentamos a nivel estatal en este trabajo servirá como plataforma para contar con un marco de referencia en la recopilación, organización y análisis de los datos.

Para realizar esta investigación por casos se requiere de un equipo multidisciplinario de investigadores. El cual deberá estar ubicado dentro de una estructura orgánica que deslinde responsabilidades y que conjunte esfuerzos y recursos de dependencias oficiales, tanto a nivel federal, como estatal, especialmente aquéllas que se relacionan con el medio rural; organizaciones campesinas; universidades; centros de investigación, etc.

El programa agroenergético a desarrollar sería un Programa Nacional de Energéticos Renovables y Desarrollo de Tecnologías Apropriadas en el medio rural con una organización divisional a nivel regional que comprenda áreas

agroecológicas y socioeconómicas similares.

En el caso particular de la UAAAN, la participación - podría darse a través de los maestros investigadores y alumnos de la Maestría en Planeación Agropecuaria, con el apoyo - de la Subdirección de Desarrollo, y con los maestros investigadores del Departamento de Agrofísica, departamento en donde, de hecho, se está realizando un Diagnóstico Energético Estatal, como parte de un proyecto nacional de la SEMIP, y que - cuenta también con investigación en el tema de energéticos.

Este equipo propuesto de investigadores, a través del programa referido, realizaría los estudios por casos, pudiendo detectar, en interacción con los habitantes de cada comunidad, las necesidades más urgentes de cada núcleo de población y comenzar a implementar dispositivos de tecnologías apropiadas, aprovechando la mano de obra y habilidades locales, así como los materiales propios de la región.

En este sentido, las tecnología apropiadas que se desarrollen deberán estar en correspondencia con las condiciones económicas del país y de cada unidad productiva, considerando que lo fundamental es la autogestión y el desarrollo comunitario de los habitantes del medio rural.

Es importante resaltar que esta línea de tecnologías apropiadas, no significa que se desarrollen tecnologías anti-económicas y de baja calidad, sino más bien, utilizar la creatividad e innovación en el sector rural, adecuándose a su propia estructura de costos (Waissbluth, 1986).

De llevarse a cabo este programa nacional, permitiría aportar soluciones concretas, aplicables a las condiciones reales de México. Ello significaría la obtención de resultados específicos con aplicaciones prácticas, lo cual, - actualmente, y en especial para las universidades, es una - responsabilidad para con la sociedad que la sostiene.

Ahora bien, en una segunda etapa y ya contando con estas opciones concretas de tecnologías apropiadas, se puede buscar una difusión y apoyo federales más amplios, incluso a nivel internacional para su consolidación interinstitucional. Para ello específicamente, se podrían establecer - convenios con diversas instituciones, entre las cuales están: CONACYT, UNAM, IMIS, CIQA, FAO, Colegio de México, Centro de Ecodesarrollo, BID, etc.

Es pertinente señalar que en este programa que planteamos, son de fundamental importancia los esfuerzos multidisciplinarios, que significan un nuevo esquema de trabajo al que no estamos acostumbrados, pero que se impone en la actualidad como una necesidad de la investigación y de la enseñanza.

Con respecto a la labor de las universidades, citamos a Pierre Crabbe (1987) quien señala que hay tres puntos clave que son: la organización, la diversidad y la colaboración. Esto permitiría la existencia de científicos más productivos y de proyectos multidisciplinarios. El esfuerzo - combinado de un trabajo en equipo de científicos, técnicos, industriales y autoridades políticas, aprovecharía el -

potencial que existe tanto de los investigadores como en general de los recursos del país.

Así mismo, y por otro lado, es fundamental reconocer la necesidad de la autodeterminación tecnológica. Al respecto, Waissbluth (1986) señala que el desarrollo tecnológico y científico se requiere por varias razones. Entre ellas están la necesidad de autonomía para competir internacionalmente con seriedad; la definición del estilo de desarrollo que queremos con una base técnica propias, que tome en cuenta las características económicas, sociales y culturales de cada región; y, la afirmación de la soberanía financiera, alimenticia y tecnológica ante una situación internacional conflictiva.

Retomando las ideas vertidas, podemos afirmar que el programa que planteamos contiene estas características y sobre todo, desde nuestro punto de vista, permite dejar atrás las generalidades que comunmente se presentan al proponer soluciones a problemas complejos y multidisciplinarios como los del sector rural.

Lo anterior no significa que el programa propuesto se considere conclusivo, por el contrario, plantea diversas opciones y alternativas que pretenden llevar a aplicaciones y resultados concretos y útiles en el desarrollo rural. Considerando que no se puede esperar la iniciativa y el financiamiento de tipo centralizados, ni el cumplimiento de todos los requisitos para comenzar el desarrollo tecnológicos y la transición energética hacia fuentes

renovables en el medio rural.

A grandes rasgos, podemos concluir que este programa está contenido dentro de un nuevo modelo agroenergético para poder cumplir oportuna y eficientemente la reconversión o transición energética en el campo, así como asegurar una oferta estable de energía, aspecto que conlleva implícito a la soberanía nacional.

Para esto, y complementando de Araujo et al., (1980), existen ciertos principios generales que deberán tomarse en cuenta:

- Diversificación de fuentes energéticas buscando la autosuficiencia regional.
- Promoción de la organización de las comunidades rurales para actuar como agentes de cambio autogestores.
- Investigación, adaptación y perfeccionamiento tecnológico en la línea de tecnologías apropiadas.
- Dirección y solución concreta de las necesidades energéticas más urgentes.
- Conciliación de los diversos horizontes regionales (nacional, estatal, local) y temporales (corto, mediano y largo plazo).
- Promoción de la autodeterminación comunitaria frente al sistema interinstitucional público y privado, para actuar en los mercados agrícolas, de insumos, de productos y -

de energéticos.

Bajo estos lineamientos, y a partir de lo que hemos venido mencionando, el Programa Nacional de Energéticos Renovables y Desarrollo de Tecnologías Apropriadas en el medio rural propuesto deberá contener las siguientes áreas:

I. Diagnóstico de la situación energética rural a -
partir de estudios de caso que evalúen: oferta y demanda -
energéticas, flujos energéticos por uso final, patrón de con-
sumo energético, recursos renovables locales, y necesidades
prioritarias. En donde, como hemos mencionado, el diagnósti-
co estatal está elaborado en el presente trabajo, serviría a
nivel regional como marco de referencia en cuanto a recopila
ción, organización y análisis de los datos.

II. Evaluación de opciones tecnológicas y difusión -
de la utilización de energéticos renovables locales con el -
fin de desarrollar tecnologías apropiadas que se ajusten a -
la situación energética rural. Para cuyo caso las alternati-
vas tecnológicas planteadas a nivel estatal en esta tesis -
ofrecen un primer paso en cuanto a su aplicación regional.

III. Promoción de la reorientación de los programas
gubernamentales en el área agroenergética tanto en los diver
sos horizontes regionales como temporales a través de pro -
puestas debidamente sustentadas a nivel conceptual, analíti-
co y práctico. Esta última área implica que el programa pro-
puesto deberá influir de manera decisiva y decidido en todos
aquellos otros programas que inciden de una u otra forma en

el medio rural, con el fin de que exista una coherencia instrumental en las acciones a realizar.

Por último y como se desprende de lo antes expuesto, necesariamente el programa que proponemos implica una temporalidad de mediano plazo. Sin embargo, consideramos que a corto plazo existen las condiciones para la formación de un Comité Coordinador del Programa a nivel regional, en donde el Estado de Coahuila fungiría como estado piloto. Así, en una primera fase, proponemos la creación de un Centro de Producción de Tecnologías Apropriadas a mediana escala con los diseños ya existentes, por ejemplo: calentadores, destiladores, digestores, estufas rurales, etc., que podrían implementarse en el medio rural como parte de los Programas de Desarrollo tanto oficiales como universitarios.

CONCLUSIONES

A nivel mundial sabemos que el número de habitantes aumenta aceleradamente, lo cual, en términos absolutos, significa un incremento de la demanda energética agregada. Esto es así, a pesar de las medidas que se vienen tomando para disminuir la relación consumo energético per cápita/producto interno bruto per cápita.

Esto significa para México la necesidad de tomar en cuenta los diagnósticos en esta materia, para que, con base en predicciones y estimaciones, se determinen diferentes escenarios de satisfacción de la demanda interna y de ingreso de divisas por exportaciones de acuerdo a los objetivos y metas nacionales.

Lo anterior es fundamental tomando en cuenta la fuerte centralización y dependencia que se tiene hacia los hidrocarburos como fuente de energía primaria y como principal ingreso por exportaciones de mercancías.

Sin embargo, en los diagnósticos oficiales, encontramos un tipo de visión en la cual sólo se contabiliza la energía que se vende por canales comerciales, lo cual menosprecia

la importancia de rubros tales como los combustibles vegetales e impide conocer la situación que prevalece en cada uno de los sectores por uso final.

En el Estado de Coahuila, y a partir de la evaluación energética realizada, podemos observar que existe un déficit enorme de hidrocarburos, ya que la producción no es significativa. Al respecto, lo fundamental es hacer hincapié en que el consumo estatal de las dos fuentes esenciales de satisfacción de la demanda (hidrocarburos y energía eléctrica), depende en más del cincuenta por ciento de energía no generada en la propia región. Además de que el resto se caracteriza por ser de tipo centralizado.

A este respecto, consideramos que la existencia de esta situación, si bien explicable, no se justifica, tomando en cuenta el enorme potencial de recursos energéticos renovables y no renovables con que cuenta el Estado. Esto significa que existen amplias posibilidades para llevar a cabo una reconversión energética en la región.

Ahora bien, en cuanto al estudio sectorial del medio rural en Coahuila, y a partir de su caracterización socioeconómica, surgen evidencias en cuanto a su desequilibrio intra e intersectorial y a sus diferencias estructurales que se muestran ya crónicas.

En cuanto a las características del uso de la energía por el sector rural de Coahuila, observamos que el patrón de consumo energético en relación al consumo total de energía -

para 1985, arroja las siguientes evidencias:

El sector rural significa más de la tercera parte - del consumo estatal de energía, lo cual modifica la visión - equivocada prevalenciente de un 3.1 por ciento de participa- ción del sector en el consumo energético total.

Sin embargo, lo esencial a este respecto no es la - precisión en la medición, sino más bien el conocimiento de - la estructura del consumo energético del medio rural para - comprender la situación real de la población rural en este - sentido.

Para lo cual es necesario llevar estos análisis a ni - vel de estudios de caso determinando la eficiencia y raciona - lidad en el uso de los recursos consumidos y la detección de los recursos potenciales en función de las necesidades más - urgentes de los habitantes de las comunidades rurales y del mejoramiento de sus condiciones de vida.

La marginalidad y aislamiento de estos centros de po - blación, así como el reconocimiento de la necesidad de una - reconversión energética hacia los recursos renovables, apun - ta hacia el uso de sistemas descentralizados que optimicen - la tarea energética requerida para la satisfacción de la ne - cesidad.

En este proceso de reconversión energética rural, la participación de los habitantes de la comunidad en interac - ción con el grupo de investigadores es indispensable, como -

se desprende de los lineamientos para un programa de tecnologías apropiadas.

Los estudios realizados con este enfoque pretenderán por lo tanto, la adaptación de tecnologías apropiadas de acuerdo a la solución de problemas específicos de cada comunidad, y la promoción del uso de los recursos renovables propios de cada región.

En términos generales, en el Estado de Coahuila estos recursos son la energía solar, la biomasa y la energía eólica, para las cuales existen grandes posibilidades de aprovechamiento. Al respecto, las tecnologías apropiadas a desarrollarse se consideran en base a su bajo costo, utilización de materiales propios de la región, de fácil diseño y con escasos requerimientos de mantenimiento, las cuales van desde la adaptación de estufas mejoradas, hasta sistemas de desalinización y calentamiento de agua con energía solar.

De esta manera, toda política energética deberá considerar como primera condición el conocimiento de esta realidad rural en sus múltiples facetas, con el fin de armonizar diversos objetivos. Que van desde la preocupación por el ahorro de energía que se manifiesta en el Plan Nacional de Energéticos 1984-1988, hasta la concepción e instrumentación de otras encaminadas a la satisfacción de las necesidades energéticas de los sectores marginados, como es el rural, el uso eficiente y conservación de los recursos naturales en general y de los energéticos en particular. Lo anterior

enmarcado necesariamente por la elevación del nivel de vida de la población, en términos de: alimentación, salud, vivienda y educación, incorporando elementos socio-culturales propios de los diferentes grupos sociales.

Los criterios generales que deben tomarse en cuenta desde nuestro punto de vista para una política energética en México, son:

- La independencia del extranjero, tanto en tipo de fuente como en tecnología de aprovechamiento.
- Perspectiva de disponibilidad a largo plazo a un precio aceptable.
- Mínimos problemas de salud y de medio ambiente relacionados con la contaminación.
- Maximización del empleo, tomando en cuenta su abundancia y baja calificación.
- Promoción de fuentes energéticas no centralizadas ya que la centralización conduce a la concentración de la industria y de la población en las ciudades.
- Elección de tecnologías disponibles y accesibles económicamente.
- Diversificación de fuentes con énfasis en los recursos renovables.
- Contribución del sector rural a través de su potencial agro-energético.

RESUMEN

Es de crucial importancia, la necesidad de crear una capacidad local para el desarrollo de las fuentes de energía renovables, en contraposición a los modelos externos que profundizan la dependencia hacia los países industrializados.

Lo anterior requiere de un verdadero esfuerzo de planeación y coordinación. En este proceso, es necesaria la incorporación de los patrones de consumo propios, que optimicen la tarea energética para satisfacer las necesidades más urgentes.

Sin embargo, para lograr lo anterior, se requieren cumplir algunos requisitos, como la elaboración de diagnósticos energéticos, revisión de las alternativas energéticas, etc.

Así, el presente trabajo se planteó cubrir los siguientes objetivos:

- Realizar una evaluación energética en cuanto a producción y consumo por principales fuentes de energéticos para el Estado de Coahuila.

- Analizar el patrón de consumo energético, caracterizándolo por uso final para el sector rural del Estado de Coahuila.

- Evaluar la tecnología existente para recursos renovables, seleccionando y caracterizando aquélla que se ajuste a la línea de tecnologías apropiadas para comunidades rurales.

- Lineamientos generales para un programa de tecnologías apropiadas.

Para el cumplimiento de los objetivos señalados, se realizó la recopilación de información a partir de fuentes secundarias esencialmente, y algunas entrevistas con funcionarios de dependencias oficiales regionales.

De las fuentes secundarias consultadas se obtuvieron las estadísticas publicadas por los organismos federales y estatales. En lo cual nos enfrentamos con serias limitaciones debido al nivel de agregación de estas cifras. Sin embargo, para el manejo de información, se tomaron en cuenta otras investigaciones realizadas a nivel nacional, como las del Colegio de México y la UNAM.

En cuanto al balance energético estatal, para 1984 - en los hidrocarburos encontramos un déficit de 3889.612×10^9 kcal, que representa un 51.9 por ciento del consumo total; - respecto a la energía eléctrica el déficit es menor, de 98.04×10^9 kcal, con un 1.3 por ciento del consumo total. Para - los combustibles vegetales, la producción fue de 795.30×10^9 kcal, no contándose con estudios forestales respecto a su -

tasa de explotación.

En el patrón de consumo energético, para 1985, se encontró que el subsector productivo rural, representó el 17.54 por ciento del consumo estatal de energía, y el subsector doméstico rural el 16.18 por ciento, con lo cual el consumo - del sector rural significó el 33.72 por ciento del estatal. Modificando la visión equivocada del 3.1 por ciento para el : sector contenida en los balances oficiales. Adicionalmente, estos estudios por uso final, permiten comprender la situa - ción real de la población rural y la estructura de su consu - mo energético.

En relación a las tecnologías apropiadas selecciona - das para desarrollarse en el medio rural del Estado, encon - tramos a la energía solar en su vía térmica, la biomasa en - estufas rurales mejoradas y en fermentación anaeróbica y la energía eólica, para bombas de agua, molinos y microgenera - ción eléctrica. Se consideraron en base a su bajo costo, utilización de materiales propios de la región, de fácil diseño, con escasos requerimientos de mantenimiento y con posibilidadades de participación de las habilidades y fuerza de trabajo locales de los miembros de las comunidades.

Estos resultados significan la necesidad de realizar diagnósticos precisos, por uso final y por sectores, para determinar los diferentes escenarios de satisfacción de la de - manda interna y del ingreso de divisas por exportaciones de energéticos.

En el Estado de Coahuila es fundamental observar que a pesar de la gran cantidad de recursos energéticos renovables, más del 50 por ciento de la energía consumida es importada, considerando el consumo de combustibles vegetales. Además de que el resto se caracteriza por ser de tipo centralizado.

En relación al patrón de consumo energético rural del Estado, y en base a los lineamientos generales para un programa de tecnologías apropiadas, afirmamos que es indispensable realizar estudios de caso por comunidades. Con lo cual se plantea hacer uso de sistemas descentralizados para la satisfacción de necesidades concretas, adaptando tecnologías apropiadas con la participación de los habitantes de las comunidades.

De esta manera, toda política energética deberá considerar como primera condición el conocimiento de la realidad rural en sus múltiples facetas con el fin de armonizar diversos objetivos. La cual estará enmarcada necesariamente por la elevación del nivel de vida de la población y la incorporación de elementos socioculturales propios de cada grupo social.

LITERATURA CITADA

- Araujo, J.E.G., J.A. Aguirre, R. Bazán y A. Veras. 1980. Perspectivas agroenergéticas de América Latina. Desarrollo rural en las Américas XII(3):181-198. México.
- Academia de la Investigación Científica. 1983. Los energéticos. Programa de Desarrollo Científico (Conclusiones y Propuesta). Comité de Energéticos Informe I. México. 15 p.
- Banco Nacional de Comercio Exterior, S.N. 1987. Recuento Latinoamericano. Sección Latinoamericana. Comercio Exterior. 37(2):138. México.
- Brinkworth, B.J. 1981. Energía solar para el hombre. H. Blume Ediciones. Madrid, España pp. 18-21, 103, 237-238.
- Campos-López, E. and R.J. Anderson. 1983. Natural Resources and Development in Arid Regions. Westview Special Studies. In: Natural Resources and Energy Management. Westview Press. Boulder, Colorado. USA. p. 237.
- Castellanos, A. y M. Escobedo. 1980. La energía solar en México. Situación actual y perspectivas. Centro de Ecode-sarrollo. México. 101 p.
- Cepeda Flores, F.J., J. Cervantes Servín, M.A. Martínez Negrete, O. Maserá Cerutti y O. Miramontes Vidal. 1983. La ciencia y la tecnología de los recursos energéticos renovables en México. Mimeo. 81 p.

- Coll-Hurtado, A. 1982. ¿Es México un país agrícola?. Un análisis geográfico. Siglo XXI Editores. México. pp. 154-156, 158.
- Comisión Económica para América Latina (CEPAL). 1975. América Latina y los problemas actuales de energía. F.C.E. México. pp. 401-423.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). 1984. Estadísticas - por Entidad Federativa. México. pp. 1-8, 13.
-
- _____ . 1985. Desarrollo del mercado eléctrico 1980-1984. Subdirección de construcción. Gerencia de Estudios. México. pp. 7-39.
- Crabbé, P. 1987. Un programa para las universidades. Ciencia y Desarrollo. CONACYT. 73:55-68. México.
- Cueva, A. (compilador). 1979. Problemas y perspectivas de la teoría de la dependencia. Teoría social y procesos políticos de América Latina. Ed. Edicol. pp. 15-39.
- Economist Intelligence Unit, The. (EIU). 1986. Quarterly economic review of Mexico. No. 1:2, 9-10. United Kingdom.
- Fertilizantes Mexicanos, S.A. (FERTIMEX). 1985. Reporte de ventas anuales de fertilizantes. Gerencia Regional Centro Norte. Mimeo. México 5 p.
- Gobierno del Estado de Coahuila. 1979. Coahuila Industrial. Dirección General de Planeación y Desarrollo. México. - pp. 3-4.
-
- _____ . 1979. El gas natural del Golfo de Sabinas en el Estado de Coahuila. Comisión Estatal de energéticos. Dirección General de Educación Pública del Estado. México. pp. 6, 15, 53, 60-66.
-
- _____ . 1983. Plan de Desarrollo del Estado de Coahuila. 1983-1987. México. pp. 18-31, 49-53, 76-107.

- Gobierno del Estado de Coahuila. 1985a. Programa Estatal de Desarrollo Rural Integral 1985-1988. México.
- _____. 1985b. Anexo Estadístico. -
Cuarto Informe de Gobierno, José de las Fuentes Rodríguez. México.
- González, E.E. 1985. Evaluación y alternativas energéticas - en el Estado de Tabasco. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.g. 108 p.
- Guzmán, O.M. 1982. Energía y sector agrícola de subsistencia. En: Wionczek, M.S. (coordinador). Energía en México. Ensayos sobre el pasado y el presente. El Colegio de México. México, k.--. pp. 105-142.
- _____, A. Yúñez-Naude y M.S. Wionczek. 1985. Uso eficiente y conservación de la energía en México. Diagnóstico y perspectivas. El Colegio de México. México, D.F. pp. 29-80, 311-378.
- Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE). 1983. Evaluación de requerimientos y recursos energéticos en México a nivel rural. Estudio de casos. División de Fuentes de energía. Departamento Fuentes no convencionales de energía. Mimeo. México. 29 p.
- Marín, F. 1982. Energía. Proyecto MT62 Alhambra. Madrid, España. 44 p.
- Martínez, M. 1984. Planeación para la utilización de la energía solar. Información Científica y Tecnológica. CONA - CYT. 6(92):30-31. México.
- Martínez, G.L. 1987. México debe sumarse a la renovación tecnológica de los superconductores. Excelsior. Sección Metropolitana. México, D.F. 29 de mayo. pp. 1,3.
- Martínez N, M.A. (coordinador). 1984. End-use oriented energy strategies for Mexico. Mimeo. México. 100 p.

- Masera C., O.R. 1986. Estudio de las necesidades energéticas en comunidades rurales: el método energético. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. 122 p.
- Méndez B., J.A. 1987. Estimador de energía radiohidroiónica con aplicación agrícola. Universidad Autónoma Agraria - Antonio Narro, Departamento de Agrofísica. Saltillo, México. 76 p. Mimeo.
- Molina, I. 1985. Crisis energética y crisis productiva en México. El caso del sector agropecuario. Iztapalapa. Universidad Autónoma Metropolitana. 6(12-13):223-243. México, D.F.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO). 1981. La energía en la agricultura. Información esencial de la FAO. Roma, Italia. 10 p.
- Palz, W. 1978. Electricidad solar. Estudio económico de la energía solar. Ed. Blume. UNESCO. Barcelona, España. pp. 15-45, 36-38, 219-220.
- Petróleos Mexicanos (PEMEX). 1984a. Evolución y perspectivas del mercado nacional de hidrocarburos. México. 22 p.
- _____. 1984b. Anuario estadístico. México. pp. 3-29.
- _____. 1984c. Evolución y perspectivas del mercado mundial de hidrocarburos. México. 20 p.
- _____. 1985. Memoria de labores. México. pp. 66-67, 70-71.
- Poder Ejecutivo Federal. 1984. Programa Nacional de Alimentación 1983-1988. pp. 29-45. México.
- _____. 1985. Programa Nacional de Energéticos. 1984-1988. México, D.F. 161 p.

- Polo E., M. 1979. Energéticos y desarrollo tecnológico. Editorial Limusa. México, D.F. pp. 19-20.
- Ponce, A. 1980. La energía en México. Ciencia y Desarrollo. CONACYT. 31:108-116. México, D.F.
- Porvenir, El. 1986. Indexará México su economía. Fracasarán metas en 87: Wharton. Monterrey, N.L., 9 de diciembre. México, p. 1.
- Powers, J.R. 1978. Resource, use and development in arid lands a case study of the goat in Coahuila, México. Tesis Ph.D. University of California, Los Angeles, USA. pp. 93-136.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1981. Diagnóstico del sector agropecuario y forestal. Jefatura del programa de planeación. Representación General en el Estado de Coahuila. México. pp. 27-33.
- Secretaría de Energía, minas e industria paraestatal. (SEMIP). 1986, Balance Nacional. Energía 1982-1984. México. p. 62.
- Secretaría de Industria y Comercio (SECOFIN). 1963. VIII Censo General de Población y Vivienda, 1960. Estado de Coahuila Dirección General de Estadística. México. p. 73.
-
- . 1971. IX Censo General de Población y Vivienda, 1970. Estado de Coahuila. Dirección General de Estadística. México. p. 7.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1982. X Censo General de Población y Vivienda, 1980. Estado de Coahuila. INEGI. I(5):2, II(5):23. México.
-
- . 1985a. Comparaciones Internacionales. México en el mundo. INEGI. México. pp. 209-214, 219, 220-224, 230-233, 252, 253.

Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1985b. Estadísticas históricas de México. INEGI. México. I:337 - 423, 445-490, II:698.

..... . 1985c. Anuario de Estadísticas Estatales. INEGI. México. p. 161 - 166, 230-232, 283-299.

..... . 1985d. Estimación preliminar. Sistema de cuentas nacionales de México. México. pp. 3, 21.

..... . 1985e. Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. INEGI. México, pp. 142, 498-501.

..... . 1985f. Estructura económica regional. Sistema de cuentas nacionales. INEGI. México. pp. 9-29.

..... . 1985g. Agenda estadística 1985. INEGI. México. pp. 59, 103, 159.

Stoubaugh, R. y D. Yergin. 1984. Energía del futuro. Informe del Proyecto de Energía de la Harvard Business Scholl. CECSA. México. pp. 291-307.

Stout, B.A., C.A. Myers, H. Hurand y L.W. Faidley. 1980. Energía para la agricultura mundial. FAO. Roma, Italia, 303 p.

Styrikovish, M.A. y J.V. Sinyak. 1984. Posibilidades y limitaciones en la utilización de fuentes renovables de energía. Comercio Exterior. 34(5):371-385. México.

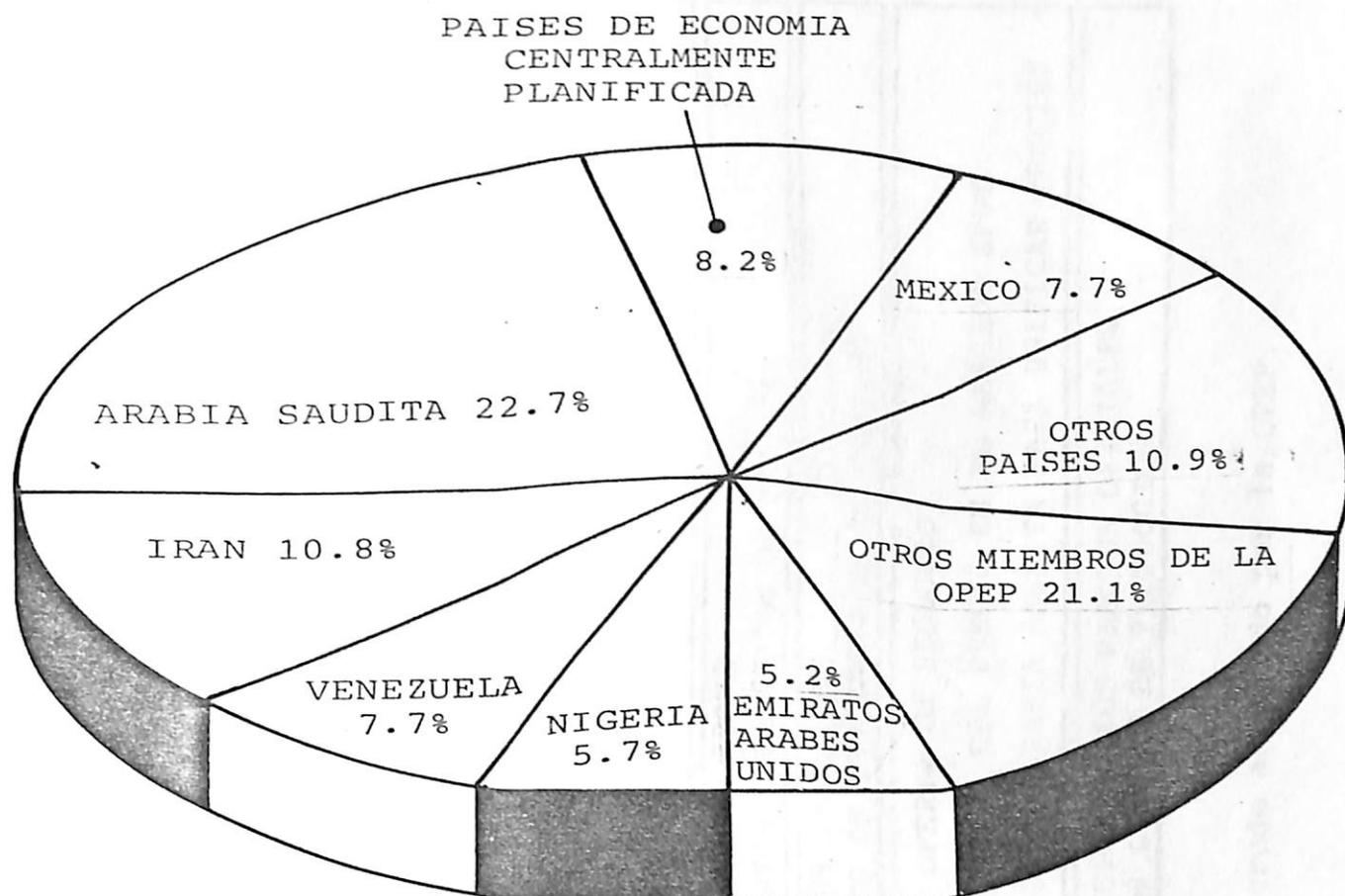
Szekely, M. (coordinador). 1983. Establecimiento de elementos básicos de método para la investigación. Metodología elaborada para el IIE-CECODES en el proyecto "Patrón de consumo de energía en comunidades rurales". Mimeo. México. 74 p.

- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). 1986. Marco general de referencia. Plan de desarrollo UAAAN. Primera parte. Dirección de planeación y evaluación. - Saltillo, México. pp. 26-80.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 1987. El patrón de consumo energético y posibilidades de adaptación de tecnologías apropiadas en la comunidad rural de Cheranatzicurin, Michoacán. Reporte de actividades de enero a diciembre de 1986. Grupo de energética. Departamento de física de la Facultad de Ciencias. México, D.F. 141 p.
- United Nations Committee for Natural Resources and Searching in Energetics (UNCNRSE). 1981. Synthesis of technical - panel reports. A/CONF.100/PC/42. U.S.A. pp. 27-35.
- Waissbluth, M. 1986. Hacia una metodología de planeación del desarrollo tecnológico y productivo. IV Curso sobre política científica y tecnológica. Centro para la Innovación Tecnológica. UNAM. México, D.F. 40 p.
- Wionczek, M.S. (coordinador). 1982. Capacidad tecnológica interna y sector energético en los países en desarrollo. El Colegio de México. México, D.F. 135 p.

A P E N D I C E S .

A P E N D I C E A

COMPARACIONES INTERNACIONALES
MÉXICO EN EL MUNDO Y
ESTRUCTURA DEL CONSUMO
DE ENERGÍA EN MÉXICO



| | |
|------------------------|-----|
| ARABIA SAUDITA | 4.4 |
| IRAN | 2.1 |
| MEXICO | 1.5 |
| VENEZUELA | 1.5 |
| NIGERIA | 1.1 |
| EMIRATOS ARABES UNIDOS | 1.0 |
| LIBIA | 1.0 |

TOTAL = 19.4 MILLONES DE BARRILES POR DIA

Figura A.1. Exportación de petróleo crudo (1983) (PEMEX, 1984c)

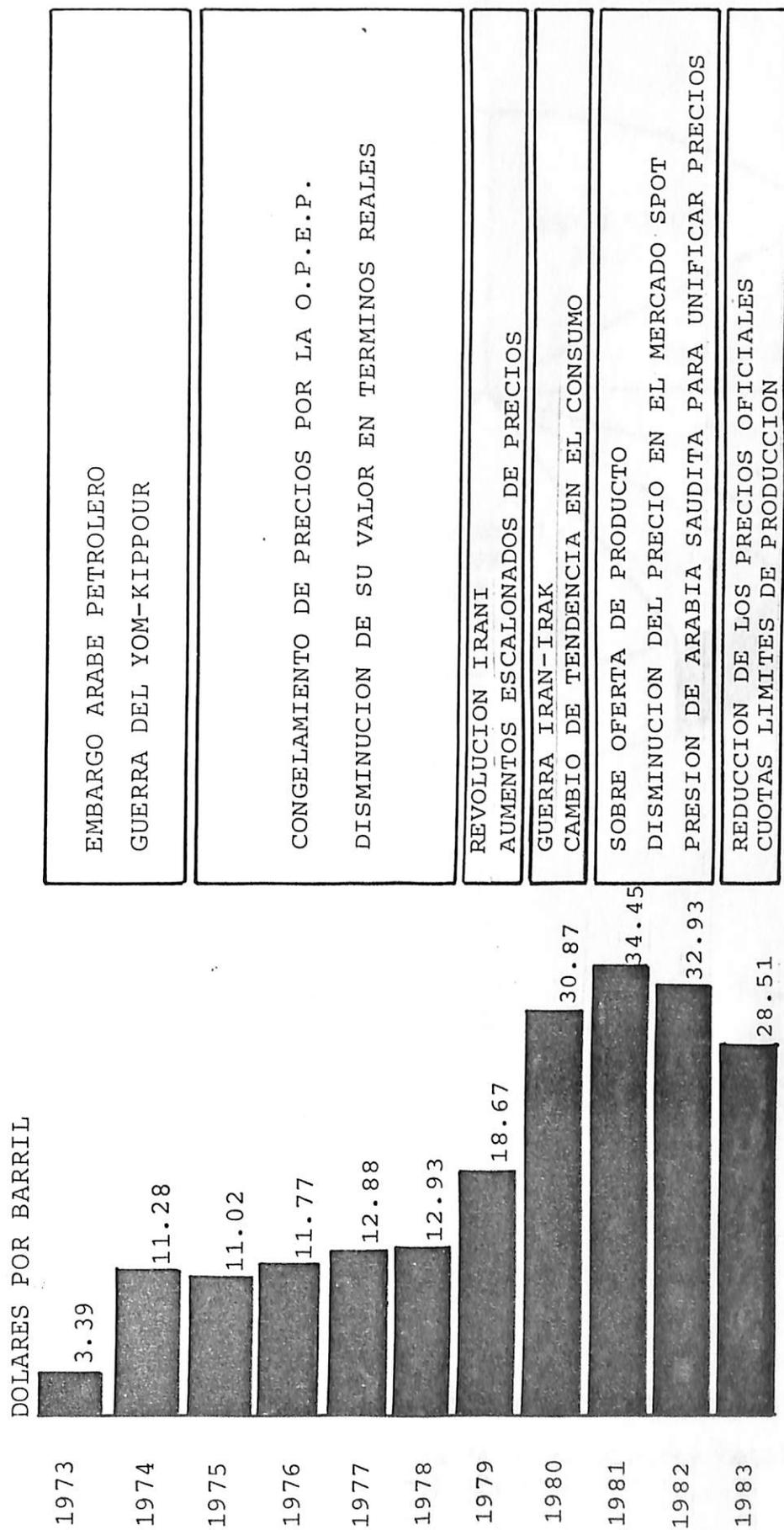
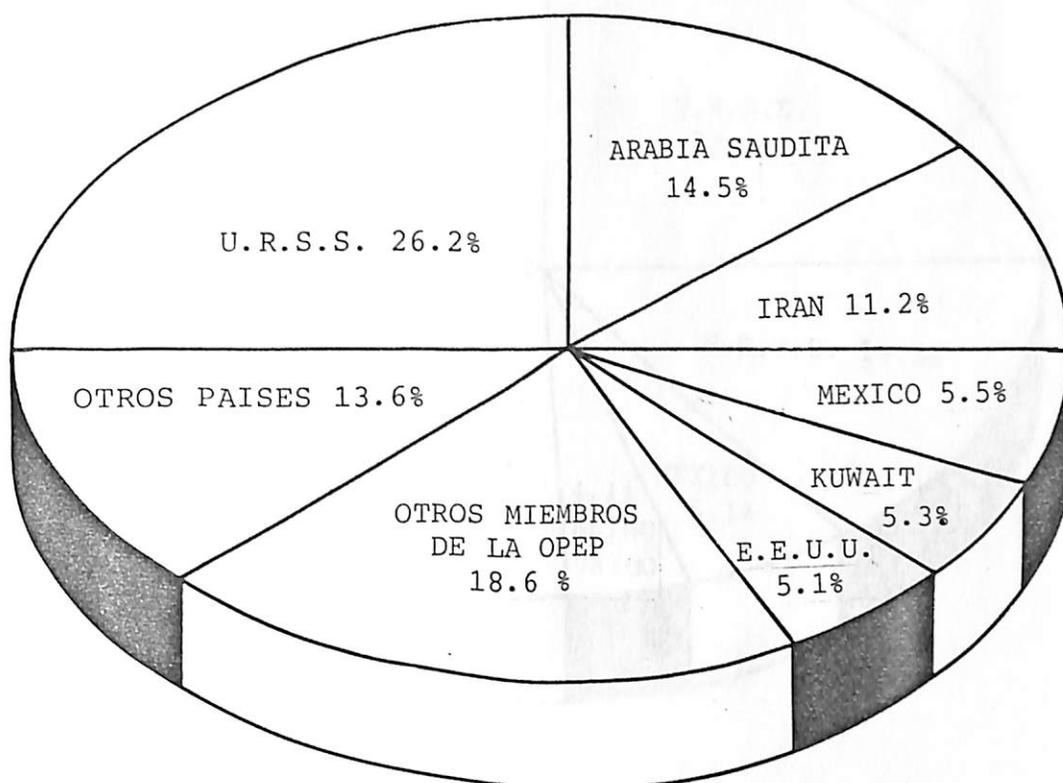


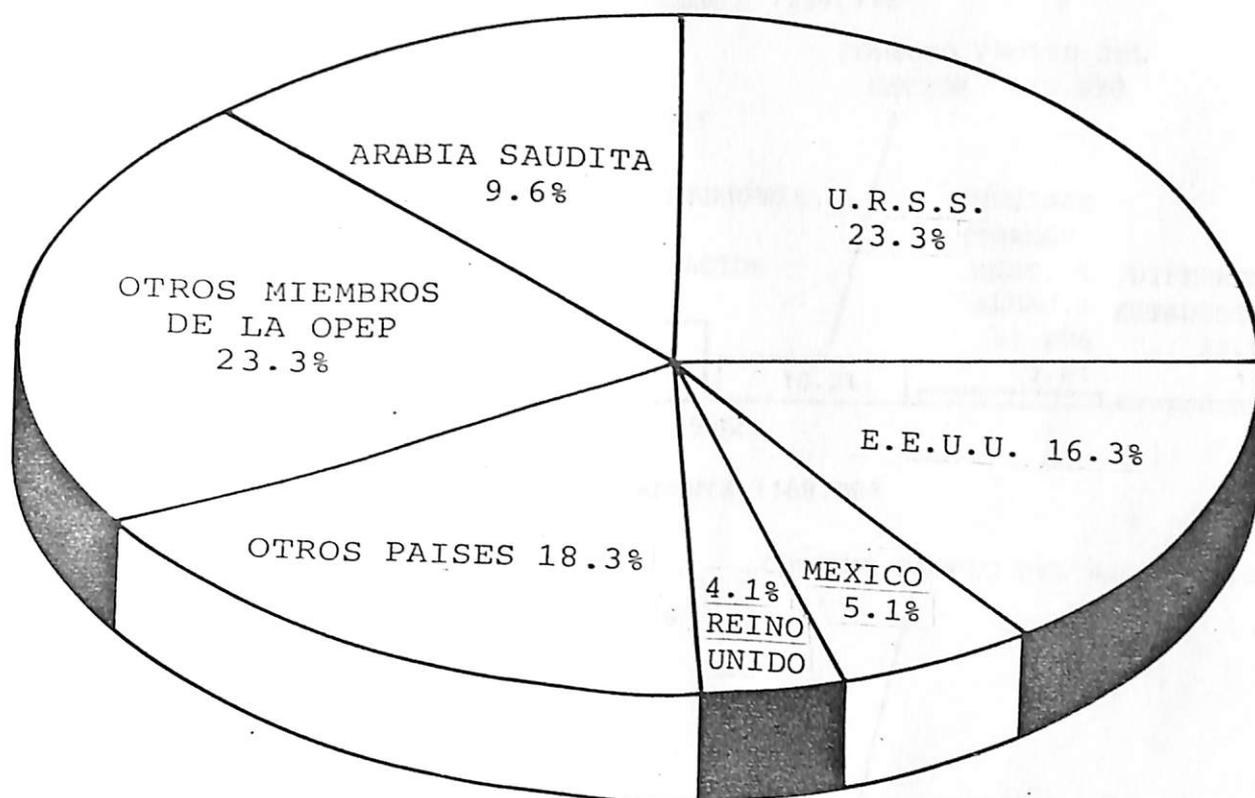
Figura A.2. Evolución del precio promedio del crudo exportado por la OPEP. (PEMEX, 1984c).



| | |
|----------------|-------|
| U.R.S.S. | 343.0 |
| ARABIA SAUDITA | 190.2 |
| IRAN | 147.0 |
| MEXICO | 72.0 |
| KUWAIT | 70.1 |
| ESTADOS UNIDOS | 66.9 |
| IRAK | 48.8 |
| VENEZUELA | 35.8 |
| ABU DHABI | 34.5 |
| ARGELIA | 31.3 |

TOTAL = 1 309.3 MILES DE MILLONES DE BARRILES

Figura A.3. Reservas probadas de hidrocarburos totales (al 1° de Enero de 1984) (PEMEX, 1984c).



| | |
|----------------|------|
| U.R.S.S. | 12.4 |
| ESTADOS UNIDOS | 8.7 |
| ARABIA SAUDITA | 5.1 |
| MEXICO | 2.7 |
| IRAN | 2.6 |
| REINO UNIDO | 2.2 |
| CHINA | 2.1 |
| VENEZUELA | 1.8 |
| CANADA | 1.4 |
| INDONESIA | 1.3 |
| NIGERIA | 1.2 |

TOTAL = 53.2 MILLONES DE BARRILES POR DIA

Figura A. 4. Producción mundial de petróleo crudo (1983).
(PEMEX, 1984c).

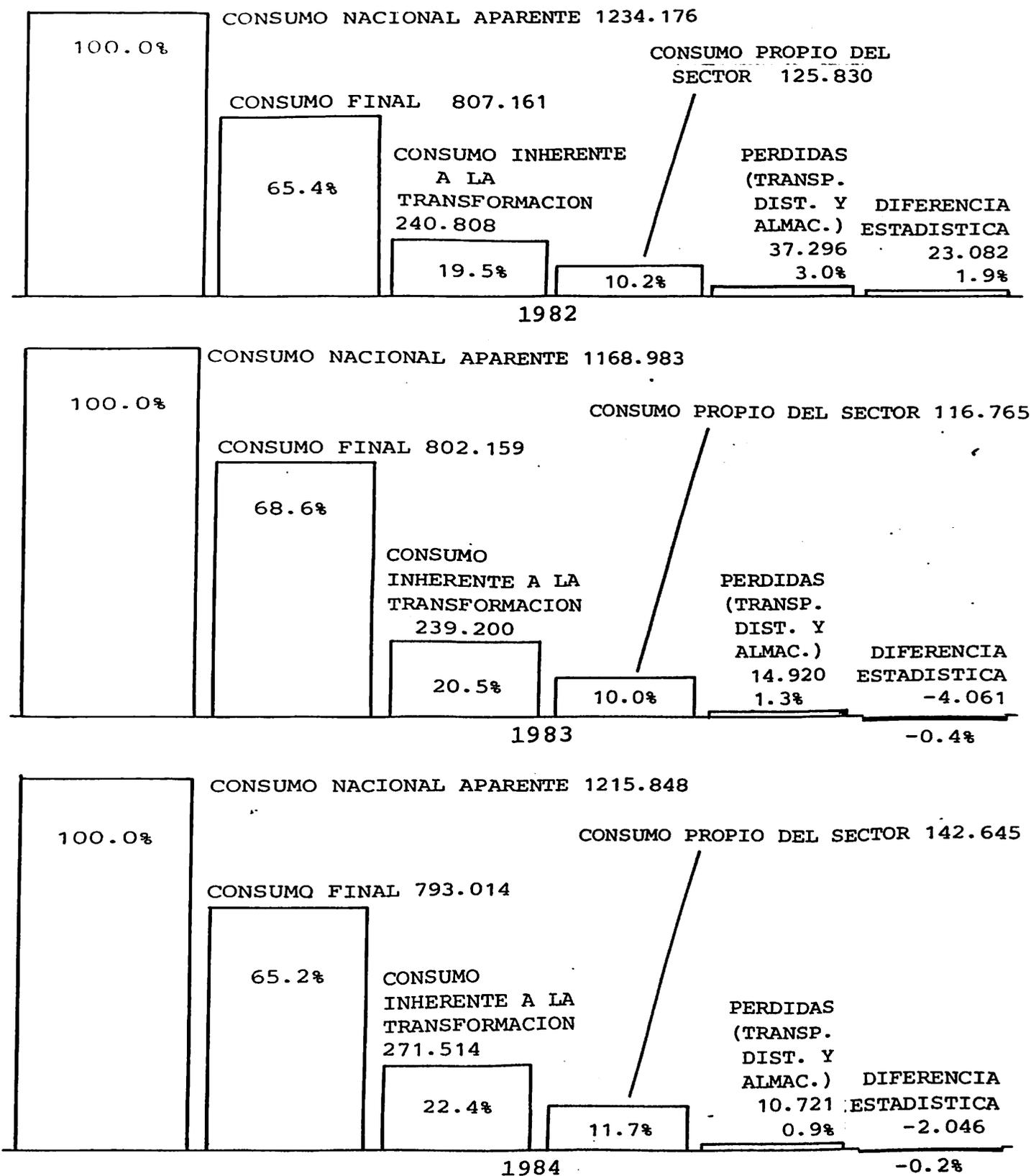


Figura A.5 Estructura del consumo nacional aparente de energía en México. (billones de Kilocalorías $\times 10^{12}$ Kcal.), 1982- 1984.
Elaborado a partir de: (SEMIP, 1986).

APENDICE B

CONSUMO DE ENERGÍA POR FUENTES
Y PRODUCCIÓN Y RESERVA
DE HIDROCARBUROS

Cuadro B.1. Consumo de energía primaria por fuentes de energía (10⁹ kcal), total mundial según tipo de economía, para los Estados Unidos de Norteamérica y México, - 1975 y 1982.

| | Consumo total | | Combustibles sólidos ^a | | Combustibles líquidos ^b | |
|----------------------|---------------|-----------|-----------------------------------|-----------|------------------------------------|-----------|
| | 1975 | 1982 | 1975 | 1982 | 1975 | 1982 |
| Total mundial | 51,185.42 | 57,829.46 | 15,549.91 | 18,527.34 | 23,401.05 | 24,376.92 |
| Países desarrollados | 42,803.09 | 45,849.73 | 12,096.43 | 13,813.18 | 19,519.91 | 18,921.04 |
| E.U.A. | 15,554.08 | 15,040.04 | 2,982.38 | 3,616.50 | 7,160.59 | 6,596.25 |
| Países en desarrollo | 8,382.34 | 11,979.73 | 3,453.48 | 4,714.16 | 3,881.13 | 5,455.89 |
| México | 507.28 | 886.12 | 29.25 | 43.09 | 340.16 | 551.91 |

| | Gas natural | | Electricidad | |
|----------------------|-------------|-----------|--------------|----------|
| | 1975 | 1982 | 1975 | 1982 |
| Total mundial | 10,697.07 | 12,628.48 | 1,537.40 | 2,296.72 |
| Países desarrollados | 9,909.01 | 11,266.47 | 1,277.73 | 1,849.07 |
| E.U.A. | 5,000.62 | 4,294.88 | 410.50 | 532.41 |
| Países en desarrollo | 788.06 | 1,362.01 | 259.66 | 447.65 |
| México | 124.40 | 270.64 | 6.59 | 20.48 |

a: incluye carbón y lignito

b: incluye petróleo crudo y líquidos de gas natural

(SPP, 1985a)

Cuadro B.3. Reservas y producción de hidrocarburos^a de México.
(millones de barriles).

| Año | Reservas Tot. de hi- drocarb. (al 31 dic. de cada año) | Índice de reserv. 1938 = 100 | Produc. Hidrocarb. totales ^a | Índice de produc. 1938 = 100 | Producc. acumulada | R/P ^b |
|------|--|------------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------|------------------|
| 1977 | 16,002 | 1,254 | 533 | 1,211 | 8,393 | 30 |
| 1978 | 40,194 | 3,150 | 658 | 1,495 | 9,597 | 64 |
| 1979 | 45,803 | 3,590 | 785 | 1,784 | 10,382 | 58 |
| 1980 | 60,126 | 4,712 | 1,015 | 2,307 | 11,397 | 59 |
| 1981 | 72,008 | 5,643 | 1,199 | 2,725 | 12,596 | 60 |
| 1982 | 72,008 | 5,643 | 1,372 | 3,118 | 13,968 | 52 |
| 1983 | 72,500 | 5,682 | 1,338 | 3,041 | 15,306 | 54 |
| 1984 | 71,750 | 5,623 | 1,325 | 3,011 | 16,631 | 54 |

a: Incluye crudo, condensado, líquidos del gas natural y gas seco equivalente a crudo.

b: R/P. Cociente de las reservas probadas en cada año entre la producción anual de hidrocarburos del mismo año.

(PEMEX, 1984b)

Cuadro B.4. Producción de petróleo crudo y gas natural de México (10⁹ kcal).

| Año | Petróleo crudo | Petróleo crudo/día | Gas natural/ día |
|------|-------------------|-----------------------|---------------------|
| 1977 | 544.739 | 1.492 | 0.201 |
| 1978 | 672.397 | 1.836 | 0.252 |
| 1979 | 816.791 | 2.223 | 0.287 |
| 1980 | 1077.937 | 2.945 | 0.350 |
| 1981 | 1284.290 | 3.636 | 0.399 |
| 1982 | 1525.927 | 4.159 | 0.418 |
| 1983 | 1488.773 | 4.079 ^a | 0.399 |
| 1984 | 1556.555 | 4.265 ^a | 0.370 |

a: Calculado en base a los datos

Elaborado a partir de: (PEMEX, 1984b) y (SPP, 1985a)

Tabla de equivalencias

| Equivalencias | |
|--------------------------|--|
| 1 joule | |
| 10 ³ joules | |
| 10 ⁶ joules | |
| 10 ⁹ joules | |
| 10 ¹² joules | |
| 10 ¹⁵ joules | |
| 10 ¹⁸ joules | |
| 10 ²¹ joules | |
| 10 ²⁴ joules | |
| 10 ²⁷ joules | |
| 10 ³⁰ joules | |
| 10 ³³ joules | |
| 10 ³⁶ joules | |
| 10 ³⁹ joules | |
| 10 ⁴² joules | |
| 10 ⁴⁵ joules | |
| 10 ⁴⁸ joules | |
| 10 ⁵¹ joules | |
| 10 ⁵⁴ joules | |
| 10 ⁵⁷ joules | |
| 10 ⁶⁰ joules | |
| 10 ⁶³ joules | |
| 10 ⁶⁶ joules | |
| 10 ⁶⁹ joules | |
| 10 ⁷² joules | |
| 10 ⁷⁵ joules | |
| 10 ⁷⁸ joules | |
| 10 ⁸¹ joules | |
| 10 ⁸⁴ joules | |
| 10 ⁸⁷ joules | |
| 10 ⁹⁰ joules | |
| 10 ⁹³ joules | |
| 10 ⁹⁶ joules | |
| 10 ⁹⁹ joules | |
| 10 ¹⁰² joules | |
| 10 ¹⁰⁵ joules | |
| 10 ¹⁰⁸ joules | |
| 10 ¹¹¹ joules | |
| 10 ¹¹⁴ joules | |
| 10 ¹¹⁷ joules | |
| 10 ¹²⁰ joules | |
| 10 ¹²³ joules | |
| 10 ¹²⁶ joules | |
| 10 ¹²⁹ joules | |
| 10 ¹³² joules | |
| 10 ¹³⁵ joules | |
| 10 ¹³⁸ joules | |
| 10 ¹⁴¹ joules | |
| 10 ¹⁴⁴ joules | |
| 10 ¹⁴⁷ joules | |
| 10 ¹⁵⁰ joules | |
| 10 ¹⁵³ joules | |
| 10 ¹⁵⁶ joules | |
| 10 ¹⁵⁹ joules | |
| 10 ¹⁶² joules | |
| 10 ¹⁶⁵ joules | |
| 10 ¹⁶⁸ joules | |
| 10 ¹⁷¹ joules | |
| 10 ¹⁷⁴ joules | |
| 10 ¹⁷⁷ joules | |
| 10 ¹⁸⁰ joules | |
| 10 ¹⁸³ joules | |
| 10 ¹⁸⁶ joules | |
| 10 ¹⁸⁹ joules | |
| 10 ¹⁹² joules | |
| 10 ¹⁹⁵ joules | |
| 10 ¹⁹⁸ joules | |
| 10 ²⁰¹ joules | |
| 10 ²⁰⁴ joules | |
| 10 ²⁰⁷ joules | |
| 10 ²¹⁰ joules | |
| 10 ²¹³ joules | |
| 10 ²¹⁶ joules | |
| 10 ²¹⁹ joules | |
| 10 ²²² joules | |
| 10 ²²⁵ joules | |
| 10 ²²⁸ joules | |
| 10 ²³¹ joules | |
| 10 ²³⁴ joules | |
| 10 ²³⁷ joules | |
| 10 ²⁴⁰ joules | |
| 10 ²⁴³ joules | |
| 10 ²⁴⁶ joules | |
| 10 ²⁴⁹ joules | |
| 10 ²⁵² joules | |
| 10 ²⁵⁵ joules | |
| 10 ²⁵⁸ joules | |
| 10 ²⁶¹ joules | |
| 10 ²⁶⁴ joules | |
| 10 ²⁶⁷ joules | |
| 10 ²⁷⁰ joules | |
| 10 ²⁷³ joules | |
| 10 ²⁷⁶ joules | |
| 10 ²⁷⁹ joules | |
| 10 ²⁸² joules | |
| 10 ²⁸⁵ joules | |
| 10 ²⁸⁸ joules | |
| 10 ²⁹¹ joules | |
| 10 ²⁹⁴ joules | |
| 10 ²⁹⁷ joules | |
| 10 ³⁰⁰ joules | |

A P E N D I C E C

UNIDADES ENERGÉTICAS Y FACTORES DE CONVERSIÓN

Cuadro C.1. Unidades de energía y tabla de equivalencias. °

| Unidades | Equivalencias | |
|--|--|-------------------------|
| Kilojoule (KJ) | 10^3 joules | |
| Megajoule (MJ) | 10^6 joules | |
| Gigajoule (GJ) | 10^9 joules | |
| Terjoule (TJ) | 10^{12} joules | |
| Electron-volt (ev) | 1.6×10^{-19} joules | |
| Caloría (cal) | 4.1868 joules | |
| Kilocaloría (kcal) | 4.1868×10^3 joules | |
| Watt hora (Wh) | 3.6×10^3 joules | 859.85 cal |
| Kilowatt hora (KWh) | 3.6×10^6 joules | 10^3 Wh |
| | | 859.85 kcal |
| Megawatt hora (MWh) | 3.6×10^9 joules | 10^6 Wh |
| Gigawatt hora (GWh) | 3.6×10^{12} joules | 10^9 Wh |
| Terwatt Hora (TWh) | 3.6×10^{15} joules | 10^{12} Wh |
| Tonelada métrica de carbón equivalente (Tm c.e.) | 1 Tm ce | 8000 kWh* |
| | 1 Tm ce | 6.88×10^6 kcal |
| | | 28.86 GJ |
| | | 0.0288 TJ |
| 1 Tm de petróleo | 10^7 kcal | |
| 1 MT e.p. (millones de toneladas equivalentes de petróleo) | 10^{13} kcal | |
| 1 MBODE (millones de barriles por día equivalentes de petróleo) | 76×10^6 Tm c.e./año | |
| | 50×10^6 TOE (toneladas equivalentes de petróleo) | |
| | 57×10^9 m ³ del gas natural/año | |
| | 2.2×10^6 TJ/año | |
| | 620 TWh/año | |
| | 2.1 quads (1 quad = 10^{15} BTU)/año | |
| 1 BTU (British thermal unit) | 0.252 kcal | |

* Naciones unidas

Elaborado a partir de: (Marín, 1982) y (Polo, 1979).

Cuadro C.2. Equivalencias para combustibles mexicanos.

| Combustibles | Densidad | Poder calorífico | Equivalente en m ³ pet. crudo |
|-----------------------|----------------|--|--|
| Petróleo crudo | 0.865 | 8×10^6 kcal/m ³ | 1.000 |
| Gas natural seco | 0.62 (r. aire) | 8.46×10^3 kcal/m ³ | 1.058×10^{-3} |
| L.P. | 0.55 (prom) | 6.6×10^6 kcal/m ³ | 0.825 |
| Gasolina | 0.72 | 8.15×10^6 kcal/m ³ | 1.020 |
| Querosina y turbosina | 0.79 | 8.84×10^6 kcal/m ³ | 1.100 |
| Diesel | 0.84 | 9.24×10^6 kcal/m ³ | 1.150 |
| Combustóleo | 0.97 | 10^7 kcal/m ³ | 1.250 |
| Carbón | | 5×10^6 kcal/Tm | 0.625 |

1 Tm carbón mexicano (5000 kcal/kg) equivale a 0.726 Tm c.e.

1 m³ petróleo mexicano equivale a 1.16 Tm c.e.

1 barril de petróleo crudo (159 l) equivale a 0.185 Tm c.e. = 1.27×10^6 kcal

1 m³ gas natural seco equivale a 1.23×10^{-3} Tm c.e.

(Polo, 1979)

Cuadro C.3. Factores de conversión para volúmenes

Barriles \dagger 6.29 = m³

Pies cúbicos de gas \dagger 35.314 = m³

(Gobierno del Estado de Coahuila; 1979)

Cuadro C.4. Poderes caloríficos y equivalencias energéticas 1982-1984.
(Combustibles mexicanos)

| Producto | 1982 | 1983 | 1984 |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Petróleo crudo (promedio de la producción) (kcal/barril) | 1'521,236 | 1'517,264 | 1'519,567 |
| Condensados del gas natural (kcal/barril) | 1'295,700 | 1'295,700 | 1'295,700 |
| Gas licuado (kcal/barril) | 1'051,500 | 1'051,500 | 1'051,500 |
| Gasolinas y naftas (kcal/barril) | 1'295,700 | 1'295,700 | 1'295,700 |
| Querosenos (kcal/barril) | 1'045,700 | 1'045,700 | 1'045,700 |
| Diesel (kcal/barril) | 1'469,600 | 1'469,600 | 1'469,600 |
| Combustóleo (kcal/barril) | 1'593,000 | 1'593,000 | 1'593,000 |
| Lubricantes (kcal/barril) | 1'469,000 | 1'469,000 | 1'469,000 |
| Grasas (kcal/barril) | 1'469,000 | 1'469,000 | 1'469,000 |
| Carbón térmico (MICARE) (kcal/ton) | 4'367,180 | 4,367,180 | 4'570,279 |
| Coque de carbón (kcal/ton) | 6'667,920 | 6'667,920 | 6'667,920 |
| Leña (kcal/kg) | 3,500 | 3,500 | 3,500 |

(SEMIP, 1986)

A P E N D I C E · D

ENCUESTA EJIDAL DEL
PROYECTO DE ESTUFAS RURALES

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
PROGRAMA FORESTAL

NOMBRE DEL EJIDO _____ MUNICIPIO _____

NO. DE PERSONAS DE LA FAMILIA _____ FECHA _____

TIPO DE COCINA _____ ESTUFA DE GAS ()
 _____ BRACERO ()
 _____ FOGON CERRADO ()
 _____ FOGON ABIERTO ()
 _____ OTROS _____

ESPECIE DE LEÑA UTILIZADA _____

USO DE LA LEÑA _____ COMIDA ()
 _____ TORTILLAS ()
 _____ NIXTAMAL ()
 _____ CAFE ()
 _____ FRIJOL ()
 _____ OTROS _____

CONSUMO DE LEÑA POR DIA _____ M³

FORMA DE RECOLECCION DE LEÑA _____ INDIVIDUAL ()
 _____ GRUPO ()

(SR.) (SRA.) (NIÑOS)

FORMA DE ACARREO DE LEÑA _____ CARGA INDIVIDUAL ()
 _____ CARGA ASEMILA ()
 _____ CARGA VEHICULO ()

DISTANCIA DE ACARREO DE LEÑA _____ KM.

NECESIDADES REALES DE LEÑA _____ M³

COSTO DE LEÑA _____ CARGA _____ M³ _____ OTROS _____

RESPONSABLE DE LA INFORMACION _____

A P E N D I C E E

ELEMENTOS COMPARATIVOS
DE TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS

Cuadro E.1 Costos comparativos y perspectivas de tecnologías energéticas alternativas por uso final.

| Fuente | Grado de desarrollo | Costo estimado | Consideraciones sociales y ambientales | Perspectivas |
|---|--|---|--|---|
| A. ENERGIA ELECTRICA DESCENTRALIZADA (< 1MW) | | | | |
| Máquinas de diesel o gasolina con fuentes nuevas y renovables en forma de combustibles líquidos. | Los combustibles líquidos de fuentes renovables pueden cubrir total o parcialmente el diesel o la gasolina. | En casos particulares los costos son más bajos que en el caso de combustibles líquidos convencionales. | | Buenas perspectivas para los países en desarrollo. |
| Máquinas de gasolina o diesel con biogas de la biometanación o gas producido de la gasificación termal de la biomasa. | Las máquinas de gasolina o diesel pueden ser adaptadas al uso del biogas o gas producido como combustible. Además, ya existen considerables experiencias históricas. | Un equipo de diesel gasificado puede producir potencia más barata que la fuente original en donde esté disponible combustible de la biomasa a bajo costo. | | Buenas perspectivas para países en desarrollo, especialmente para equipos de diesel gasificado. |
| Microsistemas hidráulicos. | Los equipos de turbinas y generadores micro hidráulicos son adecuados para áreas aisladas y han llegado a un desarrollo considerable. | Los costos en la mayoría de los casos son competitivos. | | Muy buenas perspectivas para regiones montañosas o con corrientes adecuadas. |
| Potencia eléctrica del viento con diesel auxiliar. | Ha habido un progreso rápido en el desarrollo de aerogeneradores de bajo costo adecuados para ahorro de combustible con diesel auxiliar. | \$ 0.10 - 0.20 /KWh (La instalación se estima entre \$ 1000 - 2000/KW con una velocidad media anual del viento de 6 m/seg). | | Muy buenas perspectivas particularmente en regiones costeras e islas. |
| Potencia muy baja del viento (< 10 KW) para bombeo y molienda. | Buen desarrollo para los casos en que una potencia de salida variable es aceptable. | \$ 0.20 - 1.00 /KW (estimación para una velocidad del viento de 3 m/seg). | | Muy buenas perspectivas cuando se recibe una adecuada velocidad del viento. |
| Pequeñas máquinas de combustión externa de biomasa. | En el pasado fueron importantes las máquinas de pistones de vapor por leña. Ahora existe un renovado interés. | Existe equipo disponible que es costeable sólo cuando hay una demanda colateral de vapor. | | Buenas perspectivas en algunos casos. |
| Energía solar fotovoltaica, generalmente con baterías de almacenamiento. | En intenso desarrollo. | \$ 1 - 3 /KWh (El Banco Mundial estima el costo del sistema en \$ 20 000 - 30 000 /KW) | | Hay buenas perspectivas para los años 90's. |
| Calor solar (a través de concentradores de plato o de fresnel). | En intenso desarrollo. | El costo aún no es competitivo. | | Buenas perspectivas para los años 90's, en regiones favorables. |

Continúa ...

Cuadro 2.1. continuación

| Fuente | Grado de desarrollo | Costo estimado | Consideraciones sociales y ambientales | Perspectivas |
|---|---|---|--|---|
| Combustibles celulares, (con base en combustibles líquidos o gaseosos derivados de la biomasa). | En desarrollo. | El costo aún no es competitivo. | | Buenas perspectivas para finales de los 90's. |
| Baja potencia geotérmica | En desarrollo | Podría ser competitivo si se combina con demanda de calor. | | Buenas perspectivas en áreas limitadas. |
| Fuerza de tracción animal. | Esta fuente tradicional combinada con nuevos inventos, tales como ruedas de hule y manejo con pedal de cadenas para ahorrar energía humana. | \$ 0.4 - 0.6 /KW/h, con base en 1-3 KEh/día de un par de bueyes que cuestan \$ 0.6 - 1.2/día en alimentación (reportado por diferentes autores). | | Continúa siendo fundamental en los países en desarrollo |
| B. CALEFACCION Y ENFRIAMIENTO: CALOR DE PROCESO PARA LA AGRICULTURA Y LA INDUSTRIA | | | | |
| Biomasa (leña, estiércol, esquilmos agrícolas), en combustión directa. | Buen desarrollo. | Rango muy amplio de costos, dependiendo de la disponibilidad local de biomasa combustible. \$ 1-3/GJ (Estimación del Banco Mundial para un consumo cercano al punto de producción). | La quema de biomasa puede acelerar la erosión del suelo, la desertificación y degradación de la fertilidad del suelo. | Bien establecida. |
| Carbón vegetal. | Buen desarrollo. | \$ 5-13 /GJ (Estimación del Banco Mundial para un consumo cercano al punto de producción) | Ibidem | Bien establecida. |
| Turba (combustión directa) | Buen desarrollo | Competitiva con la leña y el carbón vegetal en casos favorables. | | Bien establecida. |
| Gas producido | Disponible comercialmente con base en la gasificación de la biomasa, el carbón vegetal o la turba. | \$ 2 - 5/GJ (Estimación para el sistema). | | Potencial considerable para muchos países en desarrollo. |
| Biogás | Unidades de demostración disponibles. | \$ 2-12/GJ (Estimación para el sistema). | En muchos casos los sistemas de biogás tienen beneficios colaterales para mejorar las condiciones sanitarias y en los niveles de fertilización. Sin embargo, los sistemas pequeños se enfrentan a obstáculos técnicos y sociales considerables para implementarse. | Perspectivas favorables en ciertos casos para países en desarrollo, pero de aplicación limitada. La biometano para los residuos y de mediano plazo para los esquilmos agrícolas o biomasa acuática. |

Continúa ...

Cuadro E.J. continuación

| Fuente | Grado de desarrollo | Costo estimado | Consideraciones sociales y ambientales | Perspectivas |
|--|--|--|--|---|
| Geotérmica (30-150°C) Las fuentes de temperaturas más altas se utilizan generalmente para potencia. | Buen desarrollo en Islandia y en uno o dos países más. | \$ 1.5-2.0/GJ (Estimación del Banco Mundial). | | Las fuentes de bajas temperaturas están más distribuidas que las de altas, requeridas para potencia. |
| Sistemas solares pasivos para casas y agricultura (20°C) | Desarrollados | \$ 1/GJ | | Buenas perspectivas pero de aplicación limitada en países en desarrollo. |
| Estanque solar (30-90°C) | Etapa de plantas piloto | \$ 1.6/GJ (Experiencia en plantas piloto con base en insolaciones de 5.4 GJ/m ² /año. | | En regiones favorables a fines de los 80's. |
| Colectores solares planos (30-90°C) | La tecnología solar mejor desarrollada | \$ 5-20/GJ (Estimación del sistema para una insolación media de 5.4 GJ/m ² /año. En las regiones soleadas esta insolación puede ser del doble con los correspondientes - costos más bajos). | | Buenas perspectivas para países en desarrollo en la obtención de agua caliente, la desecación y desalinización. |
| Colector con tubos al vacío (50-150°C) | Disponible comercialmente | Los costos van de \$ 5 a 20/GJ | | Satisface necesidades de temperatura por encima de los colectores planos. |
| Estufas solares | Diversos proyectos experimentales. | | | No se ha probado en ninguna para su aceptabilidad social. |
| Concentradores focales terrestres y sistemas de torre central (> 150°C) | Hay muchos prototipos en operación. Los sistemas focales requieren un seguimiento del sol que limita su rango geográfico e introduce problemas de confiabilidad. | Los costos van de \$ 5 a 20/GJ | | Buenas perspectivas para fines de los 80's en regiones favorables. |

Traducción y resumen propios a partir de: (UNCNRSSE, 1981)