

HIDROELECTRICIDAD Y OTRAS FUENTES DE ENERGIA ELECTRICA DENTRO DEL CUADRO ENERGETICO DE COLOMBIA

Por José Tejada Sáenz
Profesor del Departamento de Ingeniería

Nota: El presente artículo corresponde a un extracto de la Conferencia que el autor presentó en Marzo de 1974 dentro de un ciclo sobre la Crisis Energética en el País, auspiciado por la Asociación de Profesores de la Universidad Nacional.

INTRODUCCION

Como tema central de este ciclo de conferencias se plantea una pregunta concreta y precisa:

“¿Hay Crisis de Energía en Colombia?”

Para tratar de dar respuesta al interrogante planteado, en lo que respecta a la hidroelectricidad y otras fuentes de energía eléctrica dentro del panorama del uso actual y futuro de la energía en el país, importa analizar algunos aspectos importantes:

En primer lugar, lo que representa la energía eléctrica en general —y la hidroelectricidad en particular— en relación con el consumo total de energía y con las fuentes potenciales para su producción.

Conviene considerar, también, las posibilidades existentes y futuras en el campo de sustitución de fuentes energéticas y la complementación de diferentes fuentes de energía.

Interesa conocer igualmente, desde el punto de vista de la energía eléctrica, cuáles son nuestras necesidades futuras y cuáles son los recursos para atenderlas. Además, cuál es el potencial económicamente explotable de esos recursos.

ENERGIA ELECTRICA Y ENERGIA TOTAL EN EL PAIS

Se ha dicho que “el progreso de un país se mide en kilovatios”. Efectivamente existe una muy estrecha relación entre el adelanto económico de un país y su mayor o menor capacidad para utilizar la energía en sus diversas modalidades. Entre ellas, la energía eléctrica juega papel destacado.

La producción industrial, el desarrollo agrícola, las comunicaciones, el transpor-

te, el nivel de vida, etc., dependen muy directamente de la utilización de variadas formas de energía. La energía puede obtenerse de muy diversas fuentes: carbón mineral y vegetal, leña, petróleo y derivados, gas natural y artificial, reacciones químicas, fisión y fusión nuclear, potencial hidráulico, fuerza eólica, fuentes geotérmicas y energía solar. A su vez, todas las manifestaciones de la energía se reducen esencialmente a tres grupos que son intercambiables en su transformación: Energía Térmica, Energía Mecánica y Energía Eléctrica. Del total de la energía consumida en países de mediano nivel de desarrollo, se estima que cerca de una quinta parte corresponde a energía eléctrica.

Al hacer el estudio comparativo del desarrollo de los países, resulta muy evidente la correlación entre el producto nacional bruto per cápita — y el consumo per cápita total de energía en las diferentes modalidades de su utilización. Se estima que el valor de la energía representa aproximadamente el 2^o/o del producto nacional bruto que contribuye a generar. Se estima, también, que el PNB oscila, para los diversos países, entre US\$300 y US\$400 por cada tonelada métrica de carbón consumida o su equivalente energético.

El ingeniero Francés Fremont Felix, con base en un estudio muy completo de las estadísticas de consumo de energía y del nivel de desarrollo, estableció una curva de relación entre el grado de adelanto de diferentes países y la medida de su respectivo consumo de energía, que a la vez indica su relativo grado de industrialización. Con base en cifras de 1962, vale la pena mencionar algunos valores:

País	Kgs. Carbón Equiv. Per Cápita	Años de Avance Relativo	Uso Total 10 ⁶ X TEEC*
Nepal	4	3	0.04
Haití	34	22	0.15
India	167	47	76.02
Brasil	437	67	32.99
COLOMBIA	627	76	9.22
México	955	86	35.61
Japón	1.553	98	147.8
U. Soviética	3.121	122	693.0
Canadá	7.400	165	137.5
EE. UU.	8.505	180	1.586.0

* Millones de toneladas métricas de carbón (Energía Equivalente)

En 1962 se estimaba para Colombia un uso total de un poco más de 9 millones de toneladas de carbón en energía equivalente, de las cuales la energía eléctrica (con 3.500 millones de kWh) representaba el 15^o/o aproximadamente.

En la fecha, el consumo total de energía en el país se acerca a unos 23 millones de toneladas de carbón en energía equivalente, que se componen así: Hidrocarburos 14'5; Carbón 3'5; Leña 2'0; Hidroelectricidad 3'0. Del total, la producción de energía eléctrica (10.500 millones de kWh en 1973) representa alrededor del 17^o/o.

La imprecisión de las estadísticas no permite determinaciones muy exactas, pero puede apreciarse, sin embargo, que la proporción de la electricidad en el consumo energético aumenta gradualmente con el desarrollo del país.

Mirando hacia el futuro —hacia el año 2.000— la tendencia indica que puede anticiparse una participación del orden del 22^o/o de la electricidad en el consumo total energético del país. Pero si se establece una decidida política de sustitución de energía, en combinación con los desarrollos y cambios tecnológicos que ocurrirán —estimulados por la crisis mundial de energía— bien podría esperarse una participación del 25 al 30^o/o de la energía eléctrica en el sector energético del país, dentro de unos 25 años.

POTENCIAL HIDROELECTRICO DEL PAIS

El potencial hidroeléctrico del país ha sido apreciado en cifras muy diferentes, desde 4 hasta 60 millones de kilovatios.

Una aproximación razonable parece ser de unos 50 millones de kW, instalables económicamente en el próximo futuro, distribuidos así, según las hoyas hidrográficas principales:

Potencial Hidroeléctrico	Millones de Kilovatios
A. Región del Pacífico	7.5
B. Región Atlántica	
1. Río Cauca y Tributarios	15.0
2. Río Magdalena y Tributarios	10.0
3. Atrato	4.0
4. Sinú	1.0
5. Sierra Nevada de Santa Marta	0.5
6. Otros	1.0
C. Región del Orinoco	7.0
D. Región Amazónica	4.0

Es de esperarse que en el futuro se disponga de un inventario completo de los recursos hidroeléctricos y de los costos de su desarrollo, en forma que sea posible establecer un programa de aprovechamiento óptimo de esos recursos. Cabe anotar que el concepto de "económicamente instalable" varía también con el tiempo, al modificarse los términos de relación y de competencia entre las diversas fuentes aprovechables. Una consecuencia forzosa de la llamada "crisis energética" es que hoy, por razón de los mayores costos de los combustibles, sea preciso analizar con cuidado las soluciones alternativas a las térmicas tradicionales, y entre aquéllas, en particular las hidroeléctricas.

Hasta fines de 1973 se habían instalado cerca de dos millones de kilovatios hidroeléctricos, o sea menos del 5^o/o del potencial total estimado para el país.

Además de lo anterior, se encuentran en construcción los siguientes proyectos principales:

	<u>MW</u>
Chivor I y II	1.000
Guatapé II	280
Alto Anchicayá	<u>340</u>
Total en Construcción (1973)	1.620

Con base en informaciones de diversas entidades oficiales del sector eléctrico del país se puede conformar el siguiente cuadro de proyectos identificados y en diferentes etapas de estudio, desde reconocimientos y evaluaciones preliminares hasta estudios avanzados de anteproyecto:

Aprovechamientos hidroeléctricos en estudio	* MW
R. Patía — Nos. 405 y 236	1.920
R. Magdalena—Betania y Honda	2.300
R. Guatapé—Samaná—Jaguas—Playas	1.830
R. Guavio y Margua	1.500
R. Saldaña (2 proyectos)	780
R. Cauca Medio (8 proyectos)	10.500
R. Sogamoso	750
R. San Juan	1.100
R. La Miel	1.000
R. Cauca—Salvajina	280
R. Bogotá—Mesitas	1.040
R. Sinú — Urrá	<u>1.000</u>
Total en Estudio	24.000 MW

* **Nota:** Los valores dados arriba están sujetos a revisión y modificación, a medida que se avance en los estudios respectivos. A la lista anterior deben agregarse algunas posibilidades, localizadas principalmente en el Departamento de Antioquia, no estudiadas en detalle, y cuyo potencial instalable se estima en 7.000 MW.

Entre lo ya construído, los proyectos en ejecución, los que están en proceso de estudio y los proyectos identificados se totalizan unos 35.000 MW, o sea cerca del 70% del potencial hidroeléctrico total.

HIDROELECTRICIDAD Y OTRAS FORMAS DE ENERGIA ELECTRICA EN COLOMBIA

La capacidad total de producción de energía eléctrica en el país, en operación a fines de 1973, era de 2.791 MW, subdividida así:

Centrales Hidroeléctricas	(67.4%)
Centrales Térmicas	(33.6%)

A su vez, la capacidad instalada en Centrales Térmicas se discrimina en la siguiente forma:

Vapor (Petróleo)	274 MW	(30.0 ^o /o)
Vapor (Carbón)	172 MW	(18.8 ^o /o)
Diesel	208 MW	(22.8 ^o /o)
Gas	259 MW	(28.4 ^o /o)

A lo anterior deben agregarse unos 350 MW (no discriminados) en servicio privado industrial. (Servicio permanente y reservas).

La generación para 1973 (excluidos autoprodutores) se estimaba en 10.500 millones de kWh, de los cuales corresponden unos 7.800 GWh a generación hidroeléctrica (74^o/o) y 2.700 GWh (26^o/o) a generación térmica. Comparando los datos de capacidad y de generación, se observa que cada kW hidroeléctrico instalado generó 4.150 kWh en el año, mientras que cada kW térmico sólo produjo 2.960 kWh.

La relación de capacidad instalada se ha conservado sensiblemente alrededor de 70^o/o hidráulica y 30^o/o térmica. Aparentemente en los planes oficiales se mantiene esta misma proporción hacia el futuro.

Debe anotarse, desde el punto de vista de las demandas actuales sobre los hidrocarburos líquidos y gaseosos, que sólo una quinta parte de la energía termoeléctrica se produce a base de carbón. (El equivalente al consumo de unas 200.000 toneladas de carbón anuales). El resto de la producción de dicha energía debe abastecerse con un consumo de hidrocarburos equivalente a unos 3.2 millones de barriles por año.

El alto consumo de hidrocarburos para producción de energía eléctrica podría reducirse en buena parte por sustitución directa de combustible. Mediante algunas inversiones adicionales, es factible adaptar las calderas que operan con petróleo (fuel oil) a un sistema de combustión con base en carbón pulverizado. Así sería posible economizar cerca de 1.2 millones de barriles de petróleo al año mediante esta sustitución.

El cuadro comparativo No. 1 muestra la capacidad eléctrica total e hidráulica instalada y el potencial hidroeléctrico técnico—económico estimado para algunos países Latinoamericanos. Se observa allí que Colombia es el segundo país en potencial hidroeléctrico, sólo después del Brasil y muy por encima de países como México y Argentina.

Cuadro No. 1

CAPACIDAD INSTALADA Y POTENCIAL HIDRAULICO TECNICO—ECONOMICO EN AMERICA LATINA

País	Capacidad Instalada (1972) MW			Potencial Hidráulico Técnico—Económico	
	Total (1)	Hidro (2)	% Hidro (3)	Total (4)	% Total Instalado (2) / (4)
Argentina	7.612	916	12.0 ^o /o	10.900	8.4 ^o /o
Brasil	13.489	10.974	81.0 ^o /o	102.700	10.7 ^o /o
Chile	2.273	1.072	48.2 ^o /o	22.500	4.8 ^o /o
COLOMBIA	2.960	1.862	63.0 ^o /o	38.200	4.9 ^o /o
Perú	1.907	1.054	55.3 ^o /o	37.200	2.9 ^o /o
Venezuela	3.178	903	28.5 ^o /o	34.700	2.6 ^o /o
México *	5.684 *	2.609 *	45.9 ^o /o *	11.100	23.4 ^o /o *
L. América *	28.734 *	12.212 *	42.2 ^o /o *	313.600	3.9 ^o /o *

Ref: Dorman Adolfo, Recursos Hidráulicos en L. América — (CEPAL)
World Dams Today — Pgs. 39/41
The Japan Association — Tokio 1967
ICEL — Informe 1972 — 1973

* Nota: Los datos de México y los totales de Latinoamérica corresponden al año 1966. Se incluyen autoprodutores.

PRODUCCION Y DISTRIBUCION DE LA ENERGIA ELECTRICA EN EL PAIS

La producción y distribución de la energía eléctrica se hace hoy en día prácticamente en su totalidad por organismos oficiales de origen municipal, departamental o estatal. Las principales entidades, y su participación aproximada en la capacidad instalada del país, según informes de ICEL, son las siguientes:

Entidades	MW	% Hidro
Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá	624	86 %
Empresas Públicas de Medellín	726	100 %
Corp. del Valle del Cauca y C, de Anchicayá	274	71 %
Sistema de la C. Hidroeléctrica de Caldas	220	96 %
Electrificadoras de Antioquia y Chocó	37	30 %
Electrificadoras de Cundinamarca, Boyacá,		

Tolima y Huila	156	63 %
Electrificadoras de Cauca y Nariño	73	90 %
Electrificadoras de Santander y N. Santander	156	17 %
Corp. Eléctrica de la C. Atlántica (CORELCA)	438	1/4 %
Otras Electrificadoras y Empresas	91	50 %
TOTAL	2.791	67 %

Se observa que las centrales hidroeléctricas predominan en la zona montañosa central, mientras que las térmicas se encuentran principalmente en los departamentos del oriente y norte del país.

La instalación de centrales hidráulicas o térmicas en el país ha sido condicionada en muy buena parte por factores de tipo geográfico y político—regional. No siempre han primado las consideraciones técnico—económicas y de ahí que algunos de los proyectos adelantados como “propósito regional” hayan resultado excesivamente costosos o técnicamente inadecuados.

INTERCONEXION ELECTRICA NACIONAL

Mediante una red de 536 km. de líneas de transmisión a 220.000 voltios, se realizó el enlace eléctrico de los sistemas que tienen por centro las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali y Manizales (con una capacidad instalada de 1.844 MW). Además, mediante la construcción de líneas a 115.000 voltios, ha sido posible extender la interconexión de la zona central a buena parte de los departamentos de Boyacá, Tolima, Huila, Cauca, Nariño y Chocó, lo cual hace que el sistema interconectado nacional incorpore más de 2.000 MW a fines de 1973.

En el futuro inmediato será posible interconectar los departamentos de Santander y N. de Santander mediante líneas de 220 kV, en construcción a la fecha. Se contempla una línea de extra—alto voltaje (500 kV) que conecte la zona central y la Costa Atlántica, para llegar así a un sistema nacional integrado de interconexión eléctrica que servirá el 87% de la población nacional y vincularía el 97% de su capacidad instalada de energía eléctrica.

Son variadas las ventajas del sistema de interconexión eléctrica. Entre ellas pueden mencionarse:

1. Atender las deficiencias de capacidad en algunas áreas y proveer la capacidad de reserva para cualquiera de ellas.
2. Mejor utilización conjunta de los recursos hidráulicos y térmicos vinculados al sistema.
3. Mejor continuidad y calidad del servicio eléctrico en los sectores interconectados.
4. Máximo aprovechamiento de la diversidad de características hidrológicas de las regiones vinculadas.

5. Optimo uso de las ventajas de la economía de escala en la planeación y construcción de las centrales conectadas al sistema.

Con la aceptación y advenimiento de la interconexión eléctrica nacional, el criterio localista que exigía a todo costo la ubicación de la planta eléctrica dentro de los linderos municipales ha ido desapareciendo, y es ahora posible servir las necesidades eléctricas regionales, en forma conveniente, confiable y económica mediante la interconexión eléctrica.

COSTOS DE PRODUCCION DE LA ENERGIA

Normalmente, los costos en moneda extranjera de equipos instalados en centrales hidroeléctricas no son mayores por kW, que los de las centrales termoeléctricas. La diferencia de costo entre las dos lo constituyen esencialmente las obras civiles, usualmente más complejas en las hidroeléctricas, que requieren a la vez, una mayor utilización de mano de obra, servicios y materiales de origen local. Esta diferencia de costos iniciales en contra de las hidroeléctricas, que en el país asciende a cerca de un 30^o/o, se ve ampliamente compensada durante la vida de las obras por el menor costo de operación respecto de las térmicas debido al consumo y valor del combustible en áreas. El resultado neto es que normalmente entre nosotros las centrales hidroeléctricas resultan mucho más económicas que las térmicas.

Por otra parte debe anotarse que la hidroelectricidad es un recurso limpio, por total ausencia de contaminación. Por el contrario la termoelectricidad trae consigo un alto grado de contaminación del aire, por los productos de la combustión, además de la contaminación térmica por aumento de temperatura del agua que se utiliza para enfriamiento o condensación. Se observa que la eficiencia global de una central hidroeléctrica es del orden del 80 al 85^o/o, cuando la conversión de energía en una térmica se produce con un rendimiento de sólo el 30 al 35^o/o. El resto es energía que debe disiparse en forma de calor, sin producir trabajo efectivo.

A niveles de 1973, los costos equiparables promedios de producción de energía eléctrica en el país son aproximadamente los siguientes, por kilovatio-hora producido:

Centrales Hidroeléctricas

Por operación y depreciación 18¢/kWh

Térmicas de Carbón

Por operación y depreciación 18¢/kWh

Por combustible 4¢/kWh

TOTAL 22¢/kWh

Térmicas de Petróleo

Por operación y depreciación 16¢/kWh

Por consumo de combustible 52¢/kWh

TOTAL 68¢/kWh



El alto precio de producción del kilovatio-hora en el caso de las centrales de petróleo se refiere al precio del combustible a nivel internacional, no a los precios internos subsidiados. Con base en consumo de petróleo, una central térmica alcanza a generar unos 635 kWh por barril, o sea que asumiendo un valor de 12,70 dólares por barril de petróleo, el solo costo de combustible por kWh asciende a 2 cvs. de dólar, o sea \$0,52/kWh.

Obviamente si se consideran los precios internos subsidiados del combustible que regían hasta el año pasado, el costo por kWh de generación en térmicas de petróleo resultaba competitivo con las de carbón. (Aprox. 21 ¢ y 22 ¢/kWh respectivamente).

Como se vé, dentro de la estructura actual de costos, y desde el sólo punto de vista económico, es más ventajoso el desarrollo de la electrificación con base en proyectos hidroeléctricos. Si se consideran otros aspectos como la contaminación producida por las térmicas, agotamiento de recursos no renovables, tendencia al aumento del costo de los combustibles (especialmente petróleo y gas), aquella conclusión se refuerza notablemente.

CRECIMIENTO DE LA DEMANDA ELECTRICA

En los últimos años, el crecimiento de la demanda de energía eléctrica en el país se ha producido a una tasa cercana al 11^o/o anual. Esto implica la necesidad de agregar al sistema una capacidad del orden de 300 a 400 MW en cada uno de los años próximos; lo anterior significa también que la demanda eléctrica tiende a duplicarse cada 7 años. Se estima que el ritmo de duplicación de la demanda continuará con la misma intensidad en el futuro próximo, quizás reduciéndose a fines del siglo a una tasa de crecimiento tal que represente una duplicación cada 10 años. De todas maneras las proyecciones y expectativas del consumo eléctrico en el país indican que para la primera o segunda décadas del próximo siglo, la demanda de energía exigirá una capacidad instalada total mayor de 40 millones de kilovatios.

El proceso de duplicación explicado implica que durante los próximos 7 años, o sea hasta 1980, deberá instalarse una capacidad eléctrica (generación, transmisión y distribución) equivalente a todo lo realizado para la electrificación del país en los ochenta años anteriores (a partir de cuando se introdujo por primera vez el uso de la energía eléctrica al país).

Si se tiene en cuenta que un proyecto hidroeléctrico importante tarda de 5 a 10 años en su estudio y diseño, y 4 ó 5 años en su construcción, salta a la vista que el proceso de electrificación es un proceso que no da tregua y que los esfuerzos necesarios para su realización tendrán que ser cada vez de mayor significación y magnitud. Por otra parte, como es fácilmente comprensible, los costos unitarios, por kilovatio instalado o por habitante servido, crecerán también en magnitud, lo que tiende a incrementar los costos e inversiones globales de cada nuevo desarrollo.

Ante las perspectivas adversas, por los aspectos económicos y ecológicos, del desarrollo de la generación térmica en el futuro lo más aconsejable y benéfico sería propender al desarrollo de los proyectos hidroeléctricos ya identificados como eco-

nómicos. Debe establecerse un orden de prioridad para su desarrollo en el que primen consideraciones esencialmente económicas respecto de las de orden regional. Debe recordarse, además, que el recurso hidroeléctrico tiene un valor intrínseco como sustituto de combustibles no renovables y por lo tanto, aún en condiciones económicamente equiparables se justifica su utilización en primer lugar.

Si se opta por la política del desarrollo preferencial de los recursos hidroeléctricos, no sería difícil (contando con la interconexión eléctrica) aumentar la participación de la hidroelectricidad en el suministro nacional de energía, a un 80 ó 85% en lugar del 70% actual.

Dentro de las perspectivas enunciadas, para principios del próximo siglo, aún a tasas de crecimiento menores que la actual, el total de la demanda eléctrica excederá de los 40 millones de KW, como se ha indicado, o sea que con aprovechamientos preferentemente hidroeléctricos se llegará al casi agotamiento del potencial hidroeléctrico previsto hoy como económicamente instalable.

El papel que jueguen las térmicas e hidráulicas interconectadas en la economía del suministro de energía en el país, será de primordial importancia. Mediante la interconexión eléctrica podrá obtenerse la mejor combinación de generación térmico-hidráulica, tanto para los años secos como para los años lluviosos. Se podrá lograr el mejor aprovechamiento del agua disponible en los años húmedos —y el consiguiente ahorro de combustible— y el mejor apoyo de las térmicas a la generación hidráulica durante los años secos, para lograr una óptima utilización de los caudales y de la capacidad generadora instalada en las centrales hidroeléctricas y térmicas. Esta operación complementaria dará lugar a la obtención de mínimos costos combinados por kWh en el sistema.

En realidad dentro de las circunstancias económicas especiales del país, los recursos térmicos e hidráulicos no se excluyen mutuamente. Sin embargo, el desarrollo de la producción de energía eléctrica en Colombia deberá continuarse preferentemente con base en un programa de construcción de grandes centrales hidroeléctricas, complementado con la instalación de algunas centrales termoeléctricas a base de carbón mineral, integradas todas ellas al sistema nacional de interconexión eléctrica. Lo anterior, con la finalidad de aprovechar en forma coordinada el importante potencial energético de los recursos hidráulicos y de combustible mineral de que dispone en abundancia el país, y para hacer uso efectivo de las economías de escala y de las ventajas que proporcionaría la construcción de centrales generadoras a su óptima capacidad técnica y económica.

Por razón de la utilización al máximo de los recursos hidroeléctricos que se espera sobrevendrá hacia fines del siglo, puede anticiparse que el sistema eléctrico del país se verá obligado a recurrir a la producción de energía termoeléctrica, para complementar su generación hidráulica, una vez utilizados en primer lugar los recursos hidroeléctricos. En un principio esta energía estará basada en plantas térmicas de carbón mineral, pero por consideraciones ecológicas y de conservación de combustibles fósiles, se anticipa que la mayor parte de la generación térmica que se agregue después del año 2.000 deberá ser producida con base en plantas termonucleares. Además, para esa época es de esperarse que la tecnología nuclear esté ya

plenamente desarrollada y probada, y sea posible contar con plantas termonucleares de bajo costo —competitivas con las térmicas tradicionales— que permitan atender sin limitaciones al crecimiento de la demanda futura.

SUSTITUCION Y COMPLEMENTACION EN EL SUMINISTRO DE LA ENERGIA ELECTRICA

Al considerar las perspectivas futuras del costo de combustible, y mediando la interconexión eléctrica, es posible combinar la operación de las plantas térmicas e hidroeléctricas ya instaladas para que operen en la forma más económica, buscando que las de costo mayor de generación (por combustible) tengan el mínimo número de horas de operación o sea que operen sólo en la punta (pico) de la curva de carga, y las hidráulicas y térmicas convencionales —de carbón— tomen la base de la carga. Esta modalidad es ideal para la operación combinada de los sistemas de la Costa Atlántica (térmicos) y los del interior del país (hidráulicos). Este sistema de sustitución es fácil y económico.

También, dentro de este orden de ideas, es factible acondicionar las térmicas de petróleo a carbón pulverizado. Algunas de las Diesel se encontrarán de tan alto costo de operación que se justificaría su eliminación y reemplazo por otro modo más económico de atender a la demanda correspondiente (interconexión y líneas de transmisión).

La intensificación de la electrificación rural permitirá sustituir la leña como combustible, contribuyendo a la vez a la defensa de los recursos forestales y consecuentemente a la defensa contra la erosión y a la conservación de las aguas.

Tal vez, a la larga, vayan apareciendo nuevos usos de la energía eléctrica que sustituyan formas de energía basadas en consumo de combustible. Por ejemplo: hornos eléctricos en procesos industriales, sistemas de transporte eléctrico y, más adelante, el uso de automóviles eléctricos de acumuladores cuya carga eléctrica se reponga en las horas nocturnas. En el futuro más lejano se anticipa el advenimiento de la llamada economía del hidrógeno, que requeriría grandes suministros de energía eléctrica para producir hidrógeno electrolíticamente, con el fin de usarlo como combustible totalmente limpio.

Todos los sistemas de sustitución contemplados se basan en una utilización cada vez más intensa de la energía eléctrica, por lo que muy probablemente el uso de ésta tomará una proporción mucho mayor en el uso total de la energía en el país que en lo actual.

CONCLUSIONES

Como respuesta al interrogante planteado, puede afirmarse que, al menos, desde el punto de vista del suministro de energía eléctrica, no existe propiamente una crisis, puesto que nuestros recursos en hidroelectricidad y en carbón bastan para atender ampliamente las necesidades del país en materia de energía eléctrica, por lo

menos en lo que resta del presente siglo y en las primeras décadas del próximo.

Salta a la vista la necesidad de realizar un inventario y evaluación completos de los recursos hidroeléctricos del país, y de definir políticas preferenciales para su utilización.

En imperativa, también, una política clara y decidida para la protección de las aguas mediante la defensa de los recursos forestales. A ello deben contribuir amplios programas de electrificación rural para la reducción de la utilización de la leña como combustible, y programas definidos de control y manejo de las cuencas hidrográficas.

Por último es muy importante que en el país se conozcan a fondo estos problemas y se luche para que se adopten políticas claras y precisas sobre el óptimo uso y la mejor conservación de nuestros recursos energéticos.