SARH

COMISION NACIONAL DEL AGUA

IMTA

# Raudales de energía: el potencial de la energía hidroeléctrica

Daniel Denduey

Colección Universo del Agua

José Cruz Rodríguez h.

# Raudales de energía: el potencial de la energía hidroeléctrica

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS

COMISION NACIONAL DEL AGUA

# Raudales de energía: el potencial de la energía hidroeléctrica

Daniel Denduey

IMTA
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA

Diseño y Producción
*Subcoordinación Editorial IMTA*

Título en inglés
*Rivers of Energy: The Hydropower Potencial*

Tradución de Bertha Ruíz de la Concha

Colección Universo del Agua
Serie Agua y Ecología


Primera edición

Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos
Tel. 19 39 57 19 40 00 ext. 122
Fax. (73) 19 39 46
Hecho en México
Made in Mexico

*Indice*

## *Introducción*

En la actualidad, el agua es la fuente de una cuarta parte de la electricidad generada a nivel mundial. Ya se trate de agua controlada por una lenta rueda hidráulica de madera en un arroyo de Nepal, o impulsada por un dínamo de cien toneladas en Asuán, en el imponente Nilo, toda la energía hidroeléctrica proviene del incesante ciclo de evaporación, lluvia y escorrentías generado por el sol y la fuerza de gravedad de la tierra. Al explotar el agua en una etapa del ciclo –a su regreso al mar– las ruedas hidráulicas y las turbinas permiten aprovechar esta inagotable fuente natural de energía.

Sin embargo, la energía hidroeléctrica es un valioso recurso que a menudo se pierde en medio del frenesí por satisfacer las crecientes necesidades de energía de los setenta. Es un recurso tan integrado al paisaje que corre el riesgo de ser ignorado por los planificadores, cuyas decisiones actuales moldearán las perspectivas económicas y ambientales de las generaciones futuras.

Aunque se gastan miles de millones de dólares en subsidiar la energía nuclear, la energía hidroeléctrica genera una cantidad mucho mayor de electricidad a nivel mundial. En Estados Unidos –el mayor productor del mundo de electricidad generada a partir de energía nuclear– la energía hidroeléctrica le lleva una ventaja considerable a la nuclear. Debido a los múltiples problemas económicos y ambientales con que se enfrenta esta última, la hidroelectricidad parece ser la opción del futuro.[1]

[1] En 1980, la energía hidroeléctrica generó el 12 por ciento de la electricidad en Estados Unidos, en tanto que la nuclear generó menos del 10 por ciento; para conocer la proporción de energía generada por diferentes fuentes, por país, véase el 1979 *Yearbook of World Energy Statistics* de las Naciones Unidas, Nueva York, 1981.

Comparada con otras fuentes de electricidad –petróleo, carbón y nuclear– la energía hidroeléctrica tiene ventajas desde el punto de vista ambiental. Si bien es cierto que las grandes presas pueden deteriorar el ambiente –si no están bien planeadas– este medio de obtener energía no emite contaminantes nocivos a la salud, ni amenaza con cambios catastróficos e irreversibles, como es el caso de los residuos nucleares, o del bióxido de carbono producido por las plantas impulsadas por carbón o petróleo. Con frecuencia, estos problemas ambientales no se toman en cuenta al optar por plantas de energía hidroeléctrica o geotérmica, ni al instrumentar los proyectos.

En un mundo que sufre de inflación y agotamiento de combustibles fósiles, la energía hidroeléctrica ofrece seguridad y precios estables. Si se administran adecuadamente, los complejos hidroeléctricos seguirán generando energía mucho después de que se hayan agotado los pozos de petróleo y las minas de carbón. El desarrollo económico basado en la energía hidráulica asegura algo único entre los principales recursos actuales: sustentabilidad. Los países exportadores de petróleo, que aún no han desarrollado su potencial hidráulico, están conscientes de la transitoriedad de la riqueza petrolera. Venezuela, Irán y México han iniciado ambiciosos proyectos para invertir sus recursos económicos provenientes del petróleo en energía hidroeléctrica. Rebosante de ingresos por concepto del petróleo de North Slope, el estado de Alaska intenta aprovechar sus 140 mil megawatts de potencial hidráulico.[2]

Por su abundancia en muchas de las regiones más pobres del planeta, la energía hidroeléctrica ocupa un lugar prominente en la agenda mundial de desarrollo. La explosión en los precios del petróleo acabó con el modelo económico tradicional de muchos países del Tercer Mundo, que subestiman la importancia de sus recursos locales de agua. Desafortunadamente, el incremento en los precios del petróleo, que volvió más atractivo el desarrollo de la energía hidroeléctrica, también redujo la capacidad de muchos países pobres de obtener préstamos para grandes proyectos. Sin embargo, podrían llevarse a cabo proyectos hidroeléctricos en pequeña escala a bajo costo, utilizando fuerza de trabajo y materiales locales, lo que ayudaría a los países en desarrollo a romper el ciclo de pobreza y dependencia.

[2] Eric Jeffs, "Hydro to be Main Power Source for Venezuela," *Energy International*, junio de 1980; "Hydro and Irrigation prospects for Iran, *Water Power and Dam Construction*, julio de 1978; Conrad Manley, "Mexico Turns to Water Power," *Journal of Commerce*, septiembre 17 de 1975; para el caso de Alaska, vease Nancy E. Shute, "Cool Millions," *New Republic*, mayo 16 de 1981.

La energía hidroeléctrica desempeñará un papel sobresaliente en los esfuerzos por ubicar la economía mundial sobre una base sustentable. Es la única tecnología comprobada que puede proporcionar grandes cantidades de electricidad concentrada para operar fábricas e iluminar ciudades enteras. Si se aprovechara toda la que se encuentra disponible, podría satisfacerse la mayor parte de las necesidades de electricidad del mundo. En un planeta amenazado por la fáustica energía nuclear, los cambios climáticos inducidos por el carbono y las menguantes reservas de petróleo, no debería olvidarse la energía hiodroeléctrica.

## *Larga historia, futuro brillante*

A través de la historia, el uso de la energía hidroeléctrica ha estado más influido por factores sociales y políticos que por la disponibilidad de alguna tecnología específica. Pese a que los romanos conocían las ruedas hidráulicas, no las utilizaron mucho debido a que la esclavitud, y posteriormente el desempleo, eliminaban cualquier incentivo para ahorrar mano de obra. Las guerras y hambrunas que acompañaron la caída del Imperio Romano, así como la Peste Negra que arrasó con la tercera parte de la población de Europa en el siglo catorce, propiciaron su uso; para fines del siglo dieciocho, decenas de miles de ruedas hidráulicas formaban parte del paisaje europeo.

El uso de la energía hidroeléctrica se extendió al mismo tiempo que los conflictos sociales, en la medida que los pequeños agricultores se negaban a llevar el maíz a los molinos del pueblo, prefiriendo la alternativa de las tradicionales moledoras manuales. En Francia, el gobierno prohibió estos molinos con objeto de estimular el uso de los molinos hidráulicos y obligar a los agricultores a hacer uso de instalaciones supervisadas, donde los recaudadores de impuestos podían evaluar exactamente el tributo correspondiente. La tecnología de la rueda hidráulica se extendió al Nuevo Mundo y floreció en regiones donde no había esclavos, como las colonias inglesas del norte, donde la mano de obra siempre fue escasa. Para finales del siglo dieciocho, había cerca de 10 mil ruedas hidráulicas en esta zona.[3]

[3] Para conocer la historia de la energía hidráulica, vease Norman A. F. Smith, "Water Power," *History Today*, marzo de 1980, Norman A, F. Smith Man and Water: *A History of Hydro-Technology*, Londres, Peter Davies, 1975, y Joseph Ermenc, "Small Hydraulic Prime Movers for Rural Areas of Developing Countries: A Look at the Past," en N. L. Brown, ed,, *Renewable Energy Resources and Rural Applications in the Developing World*, Boulder, Colorado, Westview Press, 1978; para una discusión del conflicto social en la Francia medieval, Vease Jean Gimpel, *The Medieval Machine: The Industrial Revolution of the Middle Ages*, Nueva York, Holt, Rinehart & Winston, 1976.

Durante el siglo diecinueve, la energía hidroeléctrica se convirtió en fuente de electricidad y de energía mecánica. En 1820, el ingeniero francés Benoit Fourneyron inventó la turbina, que era para la rueda hidráulica lo que la hélice para el remo –una máquina sumergible, compacta y más eficiente para el intercambio de energía. Las turbinas se acoplaron a los generadores para producir electricidad por primera vez en Wisconsin en 1882, y el desarrollo de la corriente alterna en las Cataratas del Niágara en 1901, debido a George Westinghouse, permitió reducir los costos de transmisión de energía a través de grandes distancias. Desde luego, el perfil esencial de la tecnología se ha refinado desde entonces, pero no se ha superado.[4]

La tecnología hidroeléctrica se utiliza por lo general en presas, donde se pueden regular y almacenar las caídas de agua, aunque los primeros molinos rara vez tenían presas que les permitieran almacenar mucha agua. Las primeras instalaciones hidroeléctricas, conocidas como plantas impulsadas por la corriente de los ríos, dejaban de funcionar durante la época de sequía. Hasta que los costos de inundar grandes extensiones se convirtieron en un problema, los planificadores construían grandes presas para obtener energía continua. A partir del desplome petrolero de 1973, ha crecido el interés en la energía intermitente generada por las presas de corriente fluvial, muchas de las cuales se abandonaron durante la bonanza del petróleo.

El alza en los precios de los energéticos también alentó el interés en la olvidada tecnología hidroeléctrica independiente de las presas. Durante la Edad Media, antes de que las presas fueran frecuentes, se utilizaban las ruedas hidráulicas fijas en las barcas ancladas a la orilla de los ríos. Estas plantas hidroeléctricas flotantes no requieren de presas costosas y ecológicamente perjudiciales, y pueden aprovechar corrientes de agua que de otra manera resultan inaccesibles. Varios países tratan ahora de modernizar esta antigua técnica y evaluar los costos. Si resulta económica, la cantidad de energía disponible en el mundo aumentaría de manera notable.[5]

---

[4] Norman Smith, "The Origins of the Water Turbine," *Scientific American*, enero de 1980; Louis H. Klotz, "Water Power, Its Promises and Problems," en Louis H. Klotz, ed., *Energy Sources; The Promises and Problems*,, Durham, N.H., Center for Industrial and Institutional Development, University of New Hampshire, 1980.

[5] "The Water Wheel Makes a Return for Power Generation," *Chilton's Energy*, agosto de 1980; George S. Erskine, "A Future for Hydropower," *Environment*, marzo de 1978; Yvonne Howell, "New Straight-Flow Turbine," *Sunworld*, febrero de 1977.

Desde la década de los treinta, la mayor parte de la energía hidroeléctrica se ha obtenido de grandes presas con embalses en las partes media y baja de los grandes ríos, primero en Estados Unidos y la Unión Soviética y, desde la Segunda Guerra Mundial, en los países en desarrollo. China ha revivido recientemente el uso de pequeñas presas, aunque no ha construido grandes instalaciones. Desde 1882, cuando se utilizó por primera vez la energía hidráulica para producir electricidad, la contribución del agua a la generación de electricidad en el mundo ha aumentado en forma gradual. La hidroelectricidad se generó en presas con una capacidad combinada para producir 363 mil megawats.[6]

**Tabla 1: Potencial hidroeléctrico y uso, por región, 1980**

| Región | Potencial técnicamente explotable | Recursos explotados | Proporción del potencial explotable |
|---|---|---|---|
| | Megawats | | Porcentaje |
| Asia | 610,100 | 53,079 | 9 |
| Sudamérica | 431,900 | 34,049 | 8 |
| Africa | 358,300 | 17,184 | 5 |
| América del Norte | 356,400 | 128,872 | 36 |
| URSS | 250,000 | 30,250 | 12 |
| Europa | 163,000 | 96,007 | 59 |
| Oceanía | 45,000 | 6,795 | 15 |
| Mundial | 2,200,000 | 363,000 | 17 |

Fuente: World Energy Conference, *Survey of Energy Resources*

No obstante, la mayor parte del potencial hidráulico del mundo no se aprovecha. Si toda la energía del agua de los océanos se explotara, se generaría la asombrosa cantidad anual de 73 mil billones de wats por hora. En comparación, la producción total mundial de energía hidroeléctrica es de 1,300 billones de wats/hora. Pese a

[6] Conferencia Mundial de Energía, Survey of Energy Resources, 1980, preparado para la Segunda Conferencia Mundial de Energía, 8 al 12 de septiembre de 1980, Munich, 1980.

esto, sólo una pequeña fracción del potencial teórico puede utilizarse en realidad, debido a limitaciones de tipo técnico. La Conferencia Mundial de Energía estima que el potencial mundial técnicamente aprovechable es de 19 mil billones de wats/hora, producidos en presas con capacidad de 2,214,700 megawats. Las limitaciones económicas y ambientales que resultan difíciles de cuantificar evitarán el uso de una cantidad indefinida de este recurso. Sin embargo, aun tomando en consideración todos estos obstáculos, la producción mundial de energía hidroeléctrica podría ser de cuatro a seis veces superior.[7]

Este potencial es tan grande que, en teoría, podrían satisfacerse las necesidades de electricidad del mundo entero. Por supuesto, la ausencia de recursos hidráulicos importantes en regiones como el Medio Oriente impedirían la dependencia absoluta de esta fuente de energía. Sin embargo, si se cuadruplicara la producción mundial de energía hidroeléctrica –una meta bastante realista– se generaría electricidad en cantidades similares a las que consume el mundo en la actualidad; si se incrementara con otras fuentes renovables disponibles a nivel local –como sistemas eólicos, celdas fotovoltaicas o plantas de energía geotérmica– y se hicieran más productivas mediante modificaciones para mejorar la eficiencia costo-efectiva, los recursos mundiales serían tan grandes como para permitir un sano crecimiento en el uso de la electricidad. La expansión de la energía hidroeléctrica en este sentido eliminaría la necesidad de construir plantas generadas por carbón o nucleares, tan en boga entre los planificadores de energía en los albores de la revolución de los precios del petróleo de los años setenta.

Aunque el potencial hidroeléctrico está bastante extendido, las zonas con mayores recursos son sobre todo las montañosas. Asia cuenta con 28 por ciento del potencial mundial; Sudamérica, con 20 por ciento; Africa y América del Norte (incluida Centroamérica), 16 por ciento, respectivamente; la URSS, 11 por ciento; Europa, 7 por ciento y Oceanía, 2 por ciento. Algunas regiones han logrado mayores avances en el uso de sus fuentes de energía hidráulica (véase la Tabla 1). Europa, Japón, Estados Unidos, la parte oriental de la Unión Soviética y el sur de Canadá han hecho los mayores avances en el aprovechamiento de esta fuente de energía. De hecho, Europa ha explotado prácticamente el 60 por ciento de su potencial. Con la cuarta parte del potencial de Asia, Europa produce casi el doble de energía. Africa ha desarrollado sólo cerca del 5 por ciento de su potencial; la mitad del cual proviene

[7] *Ibid.*

sólo de tres presas: Kariba, en el este, Asuán, en el Nilo, y Akosombo, en Ghana.[8]

En unas cuantas zonas, la energía hidroeléctrica genera la mayor parte de la electricidad. Más de 35 países –tanto industrializados como en desarrollo– obtienen más de dos terceras partes de su electricidad de las caídas de agua (véase la Tabla 2). En América del Sur, 73 por ciento de la electricidad proviene de la energía hidroeléctrica, y en los países en desarrollo, la cifra es de 44 por ciento.[9]

El agua es tan abundante en ciertos países o regiones que puede satisfacer casi todas las necesidades de energía, cuando se complementa con otras fuentes locales, como biomasa, geotérmica y colectores solares. De hecho, Noruega recibe el 99 por ciento de su electricidad y 50 por ciento de su energía del agua. Los vecinos países de Suecia y Finlandia también dependen en gran medida de la energía hidroeléctrica. Quebec cuenta con tanto potencial hidroeléctrico que sus gobernantes consideran la posibilidad de construir una economía completamente electrificada basada en la energía hidráulica. En los países centroamericanos, tan dependientes del petróleo, las fuentes desaprovechadas de energía hidráulica y geotérmica ofrecen la perspectiva de la autosuficiencia energética. Con sólo el 6 por ciento de su potencial aprovechado, Costa Rica, por ejemplo, obtiene el 35 por ciento del total de su energía de plantas hidroeléctricas.[10]

Algunos países cuentan con la suficiente energía hidroeléctrica para convertirse en exportadores de electricidad. Por ejemplo, Suiza, que ha aprovechado las rápidas corrientes de los ríos de los Alpes exporta electricidad a Francia e Italia. Nepal y Perú también cuentan con abundantes recursos de agua desaprovechados. Nepal podría convertirse en la Suiza de Asia, exportando electricidad al subcontinente índico. En zonas donde la transmisión de electricidad es poco factible, los países ricos en energía hidroeléctrica podrían exportar productos intensivos en energía como el aluminio.[11]

---

[8] Denis Hayes, Rays of Hope: *The Transition to a Post-Petroleum World*, W. W. Norton & Co., Nueva York, 1977; United Nations, 1979 Yearbook; Lars Kristoferson, "Waterpower-A Shore Overview," *Ambio*, Vol. 6, No. 1, 1977.

[9] United Nations, *1979 Yearbook*.

[10] *Ibid.*; "Canadians Utilize Hydroelectric Power," *Journal of Commerce*, 25 de febrero de 1981; Richard Lawrence, "Energy Self-Sufficiency Seen for Latins," *Journal of Commerce*, 15 de septiembre de 1980; la información sobre Costa Rica, de "Power on Tap," *Euromoney*, agosto de 1980.

[11] K. Goldsmith, "The Role of Swiss Hydro in Europe," *Water Power and Dam Construction*, junio de 1980; Richard Critchfield, "Nepal: Majestic Mountains, Snowcapped Riches," *Christian Science Monitor*, 1 de noviembre de 1978; para una discusión sobre las similitudes entre Nepal y Suiza, véase Robert Rhoades, "Cultural Echoes Across the Mountains," *Natural History*, enero de 1979.

**Tabla 2: Algunos países que obtienen la mayor parte de su electricidad por medio de energía hidroeléctrica**

| País | Proporción de electricidad de energía hidroeléctrica |
|---|---|
| | Porcentaje |
| Ghana | 99 |
| Noruega | 99 |
| Zambia | 99 |
| Mozambique | 96 |
| Zaire | 95 |
| Sri Lanka | 94 |
| Brasil | 87 |
| Portugal | 77 |
| Nueva Zelanda | 75 |
| Nepal | 74 |
| Suiza | 74 |
| Austria | 67 |
| Canadá | 67 |

Fuente: ONU, *World Energy Supplies.*

El ritmo del desarrollo en este campo varía de continente a continente, y de país a país (véase la Gráfica 1). Las regiones que utilizan mayor energía hidroeléctrica –Estados Unidos y Canadá, la URSS y Europa– tienen proyectos planeados o en construcción. Entre las regiones con el mayor potencial desaprovechado –Asia, América del Sur y Africa– Sudamérica está tomando la delantera. Brasil es el líder, con un programa bien establecido para incrementar la producción a un promedio de 11 por ciento anual.[12]

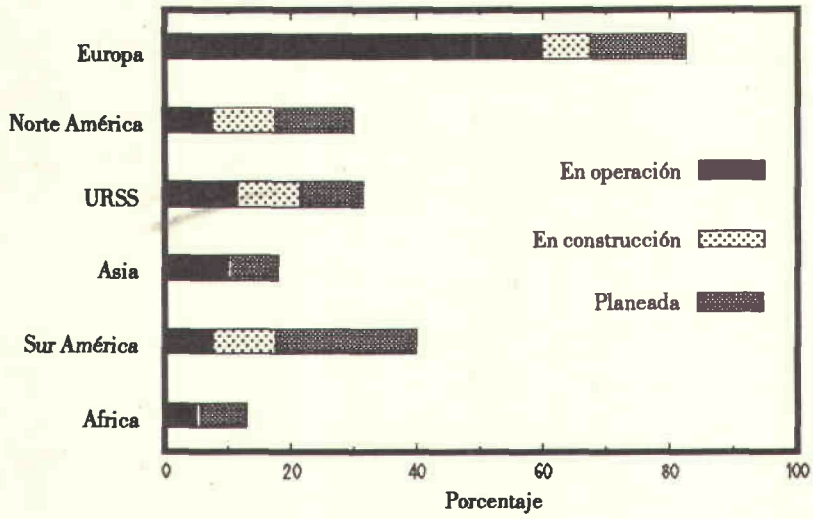
Debido a que lleva tanto tiempo planear y construir plantas hidroeléctricas –sobre todo los grandes complejos– las proyecciones a corto plazo pueden hacerse con bastante exactitud. En la actualidad, se construyen unos 123 mil megawats de capacidad, y está en proyecto la construcción de otros 239,800. Tanto las plantas

[12] Conferencia Mundial de Energía, *Survey of Energy Resources*; la información sobre Brasil, del Comite Preparatorio para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre fuentes de energía renovables, "Report of the Technical Panel on Hydropower," Naciones Unidas, Nueva York, abril de 1981.

en construcción como las que están en la fase de proyecto duplicarán la producción mundial actual. No obstante, una vez que se hayan concluido, sólo se estará aprovechando una tercera parte del potencial mundial.[13]

Si no tomamos en cuenta estas plantas en vías de construcción, el panorama es poco claro. La Conferencia Mundial de Energía tiene cifras optimistas: considera que para el año 2020, la energía hidroeléctrica proporcionará unos 7,920 billones de wats/hora de energía, casi seis veces el nivel actual. Para lograr esto será necesario el esfuerzo concertado de gobiernos y organismos financieros internacionales.[14]

Figura 1: Situación del desarrollo de energía hidraúlica, por región, 1980




A diferencia de otras fuentes alternativas de energía, los precios no serán motivo suficiente para desarrollar la energía hidroeléctrica. En vista de que en todos

[13] Conferencia Mundial de Energía, *Survey of Energy Resources*.
[14] *Ibid*

los países los ríos son propiedad pública, y los proyectos hidroeléctricos afectan tantos aspectos sociales, los gobiernos –más que las empresas o los individuos– tienen el papel único de catalizadores del desarrollo. Sin embargo, en una época de resistencia pública a las iniciativas gubernamentales y de cada vez menor apoyo financiero al desarrollo, la energía que podría obtenerse de las caídas de agua corre el riesgo de ser ignorada. Sin compromiso y liderazgo político, el desarrollo del potencial mundial de energía hidroeléctrica se rezagará, impidiendo el advenimiento de una economía energética sustentable, no contaminante, a prueba de inflación.[15]

.[15] Kristoferson, "Waterpower."

## *Grandes oportunidades... grandes problemas*

Desde tiempos anteriores a la historia escrita, el hombre ha modificado la superficie de la tierra de diversas maneras. El siglo veinte ha presenciado un aumento sin precedentes en la velocidad y grado de estas transformaciones del ambiente. Pocos cambios tecnológicos han alterado de manera tan dramática y visible el paisaje como las grandes presas y los lagos artificiales.

Las enormes presas –construidas sobre todo a partir de 1930– se cuentan entre las magnas obras de la ingeniería universal, y empequeñecen incluso a los grandes monumentos de la antigüedad. El mayor embalse del mundo, la presa de Asuán, en Egipto, pesa 17 veces lo que la Gran Pirámide de Keops. La presa con mayor capacidad del mundo, Itaipú, entre Brasil y Paraguay, en el Paraná, pronto generará 12,600 megawats –tanta energía como 13 grandes plantas nucleares– lo que constituirá el mayor complejo productor de energía en el mundo. Los lagos formados por estas presas son algunos de los mayores cuerpos de aga dulce en el planeta. El lago Volta, en Ghana, cubre 8,500 kilómetros cuadrados –una superficie casi igual a la de Líbano, y mayor que el estado de Delaware. La superficie total de los 31 lagos artificiales sobrepasa los 115 mil kilómetros cuadrados, superficie tres veces superior a la de Suiza.[16]

Sin embargo, las gigantescas presas y lagos actuales no son nada en comparación con lo que se proyecta. En Three Gorges, en el río Yang-tsé, se ha comenzado la obra de la que

[16] E. Fels y R. Keller, "World Register of Man-Made Lakes," en William Ackermann et al., eds, Man-Made Lakes: *Their Problems and Environmental Effects*, Washington, D.C., American Geophysical Union, 1973; T. W. Mermel, "Major Dams of the World," *Water Power and Dam Construction*, noviembre de 1979.

probablemente será la mayor presa del mundo, capaz de generar 25 mil megawats de energía. Los planes de Brasil de aprovechar el potencial de 66 mil megawats del Amazonas y sus afluentes inundarán una superficie igual a la del estado de Montana. Los planificadores norteamericanos, canadienses y soviéticos tienen incluso proyectos más ambiciosos de represar las aguas de los inmensos ríos que fluyen al Artico, como el Yukón, el MacKenzie, el Ob y el Lena. Por su parte, Egipto ha comenzado a instrumentar el proyecto de aprovechar la energía de las aguas del Mediterráneo, a través de un canal artificial hacia la Depresión de Qattara, región de 18 mil kilómetros cuadrados del Sahara, que se encuentra por debajo del nivel del mar.[17]

La era moderna de la construcción de grandes presas se remonta al establecimiento del Tennessee Valley Authority (TVA) en 1933. Antes de la creación de esta instancia gubernamental, el conflicto entre las compañías privadas que querían represar grandes ríos para generar energía y los ciudadanos que peleaban por la propiedad pública de los mismos retrasaron el aprovechamiento de los principales ríos en Estados Unidos. Los abogados del poder público argumentaban que las compañías privadas hacían de lado los beneficios no comerciales del desarrollo de los ríos, y que la energía de los ríos era propiedad de los habitantes de la región.[18]

La creación del TVA por Franklin D. Roosevelt estableció la responsabilidad pública en el desarrollo hidroeléctrico e instituyó un programa de desarrollo de la cuenca del Tennessee centrado en, pero no limitado a, la producción de energía. Se ha asignado al TVA el poder para construir presas, obtener préstamos y condenar la propiedad privada, así como el encargo de promover la electrificación de las zonas rurales, controlar la erosión del suelo, mejorar la navegación y aprovechar la energía. Esta institución es una mezcla única de planificación centralizada y participación de grupos populares, y ha construido en una zona de 2'589,000 kilómetros cuadrados. La extensión de la agricultura, la electrificación de las zonas rurales y los programas de conservación del suelo extienden los beneficios del desarrollo a

[17] La información sobre China de "A Hydroelectric Bonanza," *Energy Daily*, 12 de dlciembre de 1980; "The Amazon Dilemma," *Energy International*, septiembre de 1976; "Tens of Thousands of MWs of New Hydro-Generating Capacity Planned for Siberia," *Energy in Countries With Planned Economies*, enero de 1981;"Egypt Planning Vast Desert Hydroelectric project," *New York Times*, 28 de marzo de 1981.

[18] La información de esta sección sobre el establecimiento de la TVA esta tomado de Philip Selznick, *TVA and the Grass Roots*, Nueva York, Harper Torchbooks, 1966; "Hydroelectric and Electric Power," en Robert Engler, ed,, *America's Energy: Report from the Nation on 100 Years of Struggles for the Democratic Control of Our Resources*, Nueva York, Pantheon Books, 1980, y Read A, Eiliott, "The TVA Experience; 1933-1971," en *Ackermann, Man-Made Lakes*.

miles de pequeños agricultores y habitantes de poblados cuyos esfuerzos por controlar la erosión y sembrar árboles fueron esenciales para el éxito de este organismo. El enfoque integral de TVA para el desarrollo de las cuencas se ha convertido en un modelo a seguir.

A partir de la Segunda Guerra Mundial, los esfuerzos por construir grandes presas se han orientado sobre todo al Tercer Mundo, así como a regiones remotas donde se ubican la mayoría de las posibles presas. El éxito de los proyectos basados en cuencas, como el de TVA y el desarrollo soviético en los ríos Volga y Dnieper, han llamado la atención de gobernantes del Tercer Mundo. Por otra parte, como las presas constituyen símbolos visibles del progreso, al facilitar el crecimiento de la industria pesada, gozan de gran prestigio en los países en desarrollo. Los generosos términos financieros y apoyo administrativo que ofrecen los países industrializados hacen la construcción de presas más atractiva en países con escasez crónica de capital y tecnología.

Algunos proyectos hidroeléctricos exitosos han contribuido sustancialmente al bienestar económico de ciertos países en desarrollo. Con la energía generada por la presa de Asuán, Egipto ha podido electrificar el 99 por ciento de sus pueblos y ha creado muchos empleos nuevos en industrias locales intensivas en mano de obra. Las compañías atraídas por el potencial del río San Francisco, en el noreste de Brasil, han creado casi un millón de nuevos empleos en esta empobrecida región. El gobierno brasileño espera satisfacer el consumo de energía, que crece 100 por ciento cada década, duplicando su producción hidroeléctrica durante los ochenta. Venezuela planea invertir varios millones de dólares en el transcurso de varias décadas para aprovechar 40 mil megawats de energía del río Caroní, en Guri. Filipinas, país que depende en gran parte del petróleo importado, prevé un aumento de 45 por ciento en la producción hidroeléctrica en su actual programa enérgetico quinquenal.[19]

Para la mayoría de las personas afectadas por la construcción de grandes presas, el número de kilowats es la consideración menos importante. Es necesario sopesar los impactos en la agricultura, pesca, salud, empleo y distribución del ingreso para determinar si un proyecto es conveniente. Por desgracia, la construcción

[19] A. A. Abul-Ata, "After Aswan," Mazingira, No. 11, 1979; J. N. Goodsell, "Power Grid Generates a Million Jobs in a Former Brazilian Wasteland," *Christian Science Monitor*, 2 de marzo de 1981; "Energy Profile of Brazil," *Energy International*, septiembre de 1976; Jeffs, "Hydro to be Main Source for Venezuela"; Secretaría de Energía, Ten-Year Energy Program 1980-1989, Metro, Manila, Filipinas, 1980.

de una gran presa en un país en desarrollo no necesariamente mejora el nivel de vida de las mayorías rurales. Las Industrias intensivas en energía, ubicadas cerca de las grandes presas, pocas veces ofrecen trabajos a la población local descalificada. Un caso alusivo es el del proyecto hidroeléctrico y de aluminio de Asahan, en Sumatra, que con un costo de 2 mil millones de dólares dará empleo a sólo 2,100 habitantes de los 30 millones con que cuenta la isla. A menudo, la energía que no se utiliza en las industrias se transmite a las principales ciudades, a cientos de kilómetros de distancia, dejando a muchos poblados intermedios sin luz.[20]

Los cambios ecológicos producidos por las grandes presas presentan oportunidades y peligros –el cambio de un ecosistema autoregulado por uno que debe administrarse. Si la construcción de una presa es la única intervención planeada en el ecosistema de un río, el resultado sin duda será el desastre humano y natural. La vida propia de un ecosistema fluvial puede implicar daño ecológico y humano si se traslada cerca de un lago, de manera que cualquier plan para una presa deberá incluir modificaciones en patrones de vida establecidos en la zona. La misma agua que hace posible la irrigación puede extender las enfermedades. Es necesario controlar la erosión y contaminación del suelo si se desean conservar la capacidad de almacenamiento y la energía de una presa.[21]

Aunque los recursos financieros han ayudado a países del Tercer Mundo a construir grandes plantas hidroeléctricas, los esfuerzos por controlar la erosión, introducir métodos de irrigación adecuados, mejorar la pesca, controlar las enfermedades hídricas y reubicar poblaciones desplazadas no han tenido tanto éxito. La rápida sedimentación de los embalses, provocada por la erosión incontrolable de los suelos circundantes es una de las principales amenazas a las presas. Cuando un embalse se llena de sedimento acarreado de la tierra, su capacidad de almacenamiento y de generar energía se reducen drásticamente. La erosión del suelo ha arruinado varias grandes presas en países pobres que no pueden darse el lujo de perder suelo, energía ni capacidad de almacenamiento.[22]

---

[20] Henry Kamm, "Dam Project Brings Little Gain for Sumatra's People," *New York Times*, 2 de octubre de 1980

[21] Para una discusión general sobre los cambios en el medio ambiente provocados por las grandes presas, véase Ackermann, *Man-Made Lakes*.

[22] Para un análisis del papel de los organismos financieros internacionales en la planeación ambiental de las grandes presas, véase Robert E. Stein y Brian Johnson, *Banking on the Biosphere?*, Lexington, Mass., Lexington Books, 1979; Louis M. Glymph, "Summary: Sedimentation of Reservoirs," en Ackermann, *Man-Made Lakes*.

La presa Sanman Gorge en la provincia de Shanxi, en China, ha perdido tres cuartas partes de sus mil megawats de capacidad energética debido al sedimento del Río Amarillo. La extendida deforestación y erosión del suelo en Etiopía reducen la vida de la presa de Asuán con mayor rapidez de lo que los planificadores habían previsto, y Egipto no puede hacer mucho para revertir la destrucción de este importante recurso económico, originada por campesinos etiopes varios miles de kilómetros río arriba. De manera similar, la tala de árboles incontrolada y el cultivo de laderas en Nepal constituyen una seria amenaza a las pocas presas que se han construido en los ríos que fluyen del Himalaya. Hasta que se estabilice la capa superficial de suelo en Nepal y el norte de la India por medio de la reforestación y mejores prácticas agrícolas, los ambiciosos planes de irrigación e hidroeléctricos de la India tendrán que posponerse.[23]

El valor del agua almacenada para irrigación sería razón suficiente para construir varias presas, incluso si nunca generaran energía. Al almacenar agua durante la temporada de lluvias para utilizarla en los meses de estiaje, las presas reducen los efectos de las sequías, permiten cultivos adicionales en tierras ya cultivadas y extienden la agricultra a zonas áridas no cultivadas. A menudo, la electricidad producida impulsa el bombeo que extiende la irrigación a grandes extensiones. Desde luego, es necesario evaluar los beneficios de estas nuevas tierras de cultivo frente a las cuencas inundadas por la presa, que por lo general están constituidas por suelos muy fértiles.

Sin una administración adecuada, la irrigación puede provocar la pérdida permanente de tierras de cultivo. Es posible que los suelos irrigados se inunden con aguas salitrosas que arruinan las cosechas, si no se construyen costosos sistemas de drenaje. Egipto, a menudo citado como el ejemplo clásico de una zona en la que la presa fue un arma de dos filos en la agricultura, ha tenido que gastar miles de millones de dólares en ductos para drenar la tierra recientemente irrigada, amenazada por las inundaciones y el salitre. En países donde las inundaciones de primavera –ahora controladas por presas– antiguamente depositaban rico limo en la tierra, es necesario aplicar fertilizantes artificiales para preservar su fertilidad, y su producción llega a consumir una gran proporción de la energía generada por la

[23] "Washing China's Wealth Out to Sea," *Technology Review*, octubre de 1980; John Waterbury, *Hydropolitics of the Nile Valley*, Nueva York, Syracuse University Press, 1980; Fabian Acker, "Saving Nepal's Dwindling Forests," *New Scientist*, 9 de abril de 1981.

presa.[24]

Otro aspecto favorable de las presas es la expansión de productos alimenticios, al mejorar la pesca. Por desgracia, el impacto de las grandes presas en la pesca varía mucho dependiendo de los proyectos. Resulta especialmente difícil evaluar los impactos en las regiones tropicales de Africa, Asia y América Latina, donde los ciclos biológicos de diversas especies de peces no se comprenden cabalmente. En lugares donde las especies migran grandes distancias para desovar, las presas pueden diezmar los bancos y la dieta de quienes dependen de ellos. Las importantes pesquerías de salmón, ubicadas en el río Columbia en Estados Unidos, se redujeron de manera considerable al construirse presas en el río –pese a programas bien financiados para la construcción de fish ladders (estanques en diferentes niveles construidos junto a las presas, con objeto de que los peces puedan nadar río arriba) y repoblamiento del río.[25]

La construcción de una gran presa por lo general aumenta la cantidad de peces en esa zona, lo que lleva a cambios importantes en la ubicación y estructura de la industria pesquera. La destrucción de la pesquería de la sardina en el Mediterráneo oriental, debido a la presa de Asuán –que había sido prevista por los arquitectos– ha sido más que contrarrestada por el surgimiento de la industria pesquera en el recientemente formado Lago Nasser, en el Alto Egipto y Sudán. Por desgracia, la sustitución de 18 mil toneladas de sardina que se cosechaban anualmente, frente a las 20 mil toneladas anuales que proporciona el Lago Nasser, no sirven de consuelo a los pescadores de sardina que perdieron su medio de subsistencia. Los funcionarios egipcios pronosticaron con gran optimismo que el Lago Nasser tendría en poco tiempo un rendimiento de 60 mil toneladas de sardina al año, pero si la experiencia con otras presas de Africa sirve de ejemplo, la producción podría reducirse en la medida que el lago envejezca y la ecología se estabilice.[26]

---

[24] Waterbury, *Hydropolitics of the Nile*; Susan Waton, "U.S. Egypt Nile Project Studies High Dam's Effects," *Bioscience*, enero de 1981; "Irrigation and Water Development, A Discussion, " en M. T. Farvar y J. P. Milton, eds., *The Careless Technology: Ecology and International Development*, Garden City, N.Y., Natural History Press, 1972.

[25] Nigel J. H. Smith, Man, Fishes and the Amazon, Nueva York, Columbia University Press, 1981; la información sobre el rió Columbia esta tomada de Colin Nash, "Fisheries Should Be Important Part of Water Resource Planning," *World Water*, octubre de 1980.

[26] Letitia E. Obeng, "Environmental Impacts of Four African Impoundments," en *Environmental Impacts of International Civil Engineering Projects and Practices*, Nueva York, American Society of Civil Engineers, 1977; Carl J. George, "The Role of the Aswan High Dam in Changing the Fisheries of the Southeastern Mediterranean," en Farvar y Milton, *Careless Technology*.

El impacto de los grandes proyectos hidroeléctricos en la salud son más claros. En las regiones tropicales, las presas amenazan a cientos de millones de personas al extender las enfermedades hídricas. Los embalses y canales de irrigación resultan criaderos ideales para caracoles que transmiten esquistosomiasis, enfermedad debilitante, incluso mortal, que afecta a unos 200 millones de personas. Mejores instalaciones sanitarias y medidas higiénicas podrían acabar con esta enfermedad, ya que el ciclo infeccioso podría romperse si se evitara que los desechos crudos se mantengan lejos de los cuerpos de agua superficiales. Pese a los esfuerzos de planificadores y gobiernos, las personas que habitan cerca de los recientes lagos no han adoptado aún medidas higiénicas que podrían detener la enfermedad.[27]

La zona de Gezira, en Sudán, es un buen ejemplo de la mezcla de problemas y oportunidades que presentan las grandes presas construidas con varios propósitos. El agua almacenada en la presa Sennar, sobre el Nilo Azul, irriga más de 800 mil hectáreas, formando una isla de relativa prosperidad donde los habitantes tienen un ingreso promedio seis veces superior al del resto del país. Gezira, la granja más grande administrada por una sola persona, sustenta a más de dos millones de individuos y produce suficiente algodón para generar el 60 por ciento de las divisas de Sudán. Sin embargo, esta abundancia ha tenido altos costos en la salud de los habitantes; entre 50 y 70 por ciento padecen esquistosomiasis; la malaria es endémica, y las enfermedades diarréicas afectan a los niños. Por lo general, las condiciones de salud en toda esta área son tan pobres que constituyen una barrera importante para lograr una productividad agrícola plena.[28]

Un costo a menudo olvidado de las grandes presas es el efecto de la reubicación de los habitantes cuyas viviendas quedan inundadas por el proyecto. Grandes grupos humanos pueden considerarse refugiados de las grandes presas: la presa de Asuán desplazó a 80 mil personas, el lago Volta, 75 mil, el lago Kariba, en Africa del este, 57 mil, y el lago Kainji, en el norte de Nigeria, 50 mil. La proyectada presa de Three Gorges en China dejará sin hogar a unos dos millones de personas.

[27] Para una discusión general de la cistosomiasas, véase Erik Eckholm, *The Picture of Health: Environmental Sources of Disease*, Nueva York, W.W Norton & Co., 1977; para un análisis del papel de las presas en la diseminación de la enfermedad, véase A.W.A. Brown y J. O. Deom, "Summary: Health Aspects of Man-Made Lakes," y B. B. Waddy, "Health Problems of Man-Made Lakes: Anticipation and Realization, Kainji, Nigeria, and Kossou, Ivory Coast," en Ackermann, *Man-Made Lakes*.

[28] Diana Gibson, "The Blue Nile Projet," *World Health*, agosto/septiembre de 1980; Nigel Pollard, "The Gezira Scheme-A Study in Failure," *The Ecologist*, enero/febrero de 1981.

Los programas para reubicar y dar empleo a los grupos desplazados por lo general no forman parte importante de los proyectos de construcción de grandes presas, o cuando esto sucede, casi siempre fracasan por falta de fondos. Incluso cuando éstos cuentan con financiamiento suficiente, la gente que se ve obligada a dejar sus hogares, con frecuencia adopta una actitud pasiva, carente de entusiasmo e iniciativa. Ninguna cantidad que el gobierno le ofrezca le compensará por la pérdida de tierras heredadas por generaciones.[29]

El desarrollo del potencial hidroeléctrico en regiones remotas –ya se trate de países industrializados o en desarrollo– presenta problemas para las tribus locales y la vida silvestre resguardadas por el aislamiento. Las acosadas y cada vez más reducidas tribus del Amazonas, por ejemplo, están amenazadas por el ambicioso programa hidroeléctrico de Brasil. Pese a que la construcción de presas en zonas alejadas rara vez requiere de la reubicación de tantas personas como sucedería en el caso de zonas densamente pobladas, los habitantes autóctonos por lo menos pueden aceptar que se les rubique y que se les inserte en la civilización. En algunos casos, se han opuesto a los programas de reubicación del gobierno, lo que ha resultado en enfrentamientos armados y airadas protestas. Por ejemplo, en la zona central de Luzón, los grupos tribales han realizado manifestaciones y se han enfrentado en varias ocasiones con las tropas federales para atraer la atención de los grupos internacionales de derechos humanos, con objeto de impedir el plan del gobierno de construir el mayor complejo hidroeléctrico del sureste de Asia en el río Chico.[30]

La oposición de grupos indígenas amenazados rara vez puede detener un proyecto, aunque es posible que obtenga concesiones importantes. Los habitantes de las zonas inundadas por el gigante proyecto de la bahía James en Quebec retrasaron la construcción mediante amparos judiciales y obligaron al gobierno a darles 250 millones de dólares, títulos de propiedad sobre 12,950 kilómetros cuadrados de tierra y derechos preferenciales de empleo en el proyecto. Es poco probable que tribus aisladas en países más pobres y menos desarrollados logren algo

---

[29] Thayer Scudder, "Summary: Resettlement" y Charles Takes, "Resettlement of People from Dam Reservoir Areas," en Ackermann, Man-Made Lakes; Eugene Balon, "Kariba: The Dubious Benefits of Large Dams," Ambio, vol. 7, No. 2, 1978; Letitia Obeng, "Should Dams Be Built? The Volta Lake Example," Ambio, Vol, 6, No. 1, 1977.

[30] Alcida R, Ramos y Kenneth I. Taylor, The Yanoama in Brazil 1979, Copenhague, International Work Group for Indigenous Affairs and the Anthropology Resource Center, 1979; "Filipino Will Fight to Save Homes From Dam," New York Times, 12 de agosto de 1980.

similar, aunque recientemente han surgido grupos de apoyo como Survival International, para defender los derechos de estas personas.[31]

La construcción de presas en zonas remotas también pone en peligro especies poco conocidas y escasas de plantas y animales. En Quebec, una cuidadosa evaluación ambiental indicó que las presas y embalses no amenazaban la vida silvestre de la región. Sin embargo, en regiones tropicales, donde los ecosistemas soportan gran abundancia de especies aún desconocidas para la humanidad, su construcción puede resultar en la pérdida permanente de plantas o animales con un alto potencial económico. Si los gobiernos que apoyan los proyectos incluyen evaluaciones ecológicas cuidadosas y rescatan los esfuerzos en la etapa de planeación, la recompensa puede ser muy grande. Antes de que un apartado valle agrícola en el norte de México quedara inundado por una presa, los ecólogos localizaron y salvaron muchas variedades desconocidas de maíz con capacidad de resistencia a la enfermedad de gran valor.[32]

La amenaza que representa la construcción de presas a las especies en peligro de extinción no se limita a los países en desarrollo. Algunos de los mayores infractores son países que pueden darse el lujo de adoptar alternativas. Por ejemplo, pese al escaso valor económico de la presa Tellico, en el Pequeño Tennessee, el Congreso de Estados Unidos volvió a redactar la Ley para la protección de especies en peligro de extinción –modelo de una legislación progresista para la defensa de las especies– para permitir la inundación de uno de los últimos hábitats del antes abundante *snail darter* (especie de cormorán). Sudáfrica planea la construcción de una presa de 39 pisos en una de las más importantes zonas de flora silvestre del continente y, pese a las caldeadas protestas de los ecólogos, Australia ha construido un complejo hidroeléctrico en el Parque Nacional Lake Pedder, inundando el hábitat de decenas de especies que sólo se encuentran en el estado de Tasmania.[33]

---

[31] Clayton Jones, "Quebec Turns Water Into Gold," *Christian Science Monitor*, 30 de julio de 1980; para información sobre el grupo Survival International, véase Warren Hoge, "Brazil's Indians Have Seen Too Much Progress," *New York Times*, 15 de febrero de 1981".

[32] Pará un análisis del valor económico de las especies en peligro de extincion, véase Norman Myers, *The Sinking Ark*, Nueva York, Pergamon Press, 1979, y Erik Eckholm, *Disappearing Species: The Social Challenge* , Washington, D.C, Worldwatch Institute, julio de 1978).

[33] Philip Shabecoff, "Behold the Tiny Snail-Darter: An Ominous Legal Symbol?," *New York Times*, 7 de octubre de 1979; la información sobre Sudáfrica se obtuvo de World Environment Report, 16 de febrero de 1981; Jane Naczynski-Phillips, "Tasmania Saves a Wilderness by Modifying a Power Scheme," World Environment Report, 6 de octubre de 1980; W. E, Scott, "Tasmania Poised for Hydropower Expansion," *Energy International*, octubre de 1979.

Considerar una presa sólo como una obra de ingeniería y desarrollo industrial es el camino seguro para el fracaso y la miseria de muchos. No parece haber demasiadas esperanzas de que los planificadores hayan aprendido de errores pasados. Muchos de los riesgos de la construcción de presas en regiones tropicales se comprenden mejor ahora que hace 30 años, cuando se construyeron las primeras. Los planes para proyectos hidroeléctricos y de irrigación que construirán Mauritania, Mali y Senegal, en el río Senegal, incluyen bastante supervisión ecológica y programas de adaptación para la población. Por otra parte, Brasil no se ha percatado del gran impacto de sus proyectos, y probablemente pague el precio en años venideros.[34]

Aunque el éxito de un proyecto hidroeléctrico depende en gran medida de un plan integral sensible a la ecología local, otro ingrediente fundamental es la participación de los habitantes de la localidad en la planeación. Por desgracia, la participación de grupos populares de campesinos, pequeños propietarios y funcionarios locales que lograron el éxito del TVA, pocas veces se encuentra en países en desarrollo. La erosión en las playas del lago Kariba, entre Zimbabwe y Zambia, por ejemplo, ha llegado a niveles peligrosos, a pesar de los esfuerzos por parte de ambos gobiernos de evitar el sobrepastoreo y conservar una valla de árboles en las orillas. Los campesinos y pastores locales saben que sus prácticas afectan el lago, pero no adoptan las medidas recomendadas porque no pueden sacrificar sus ganancias a corto plazo.[35]

Mientras que los cambios ecológicos –sobre todo en regiones tropicales– son resultado de las presas, la degradación ambiental es más bien producto de la incapacidad humana para modificar conductas, más que el resultado inevitable de las estructuras mismas. Los campesinos del Valle del Tennessee estuvieron dispuestos a controlar la erosión y plantar árboles porque recibieron préstamos blandos y electricidad barata. En cambio, se pide a los campesinos pobres que viven a orillas del Zambezi que modifiquen sus hábitos destructores del ambiente sin darles nada a cambio. A menudo, la incapacidad de los planificadores de extender los beneficios de los proyectos acelera el empobrecimiento de grupos marginados que carecen de los recursos para llevar a cabo prácticas agrícolas, de pastoreo, de

[34] Jean-Marc Fleury, "Aswan-on-Senegal?," *IDRC Report*, febrero de 1981; F.M.G. Budweg, "Environmental Engineering for Dams and Reservoirs in Brazil," *Water Power and Dam Construction*, octubre de 1980.

[35] Thayer Scudder, "Ecological Bottlenecks and the Development of the Kariba Lake Basin," en Farvar y Milton, *Careless Technology*

irrigación y de higiene adecuadas. Los programas que no toman en cuenta la iniciativa, los recursos y el control locales alienarán a los pobres, en vez de alentarlos a participar. Como los grandes proyectos hidroeléctricos no pueden iniciarse a nivel poblado, por lo general ahogan la movilización de recursos de la comunidad, que es el único medio para romper con el patrón de dependencia y miseria.

Los países en desarrollo no pueden darse el lujo de desaprovechar las oportunidades que ofrecen las grandes presas, por nocivos que lleguen a ser sus efectos humanos y ecológicos. Este impacto debe equilibrarse mediante esfuerzos controlados a nivel local, realizados de acuerdo con las necesidades y habilidades de la gente. Por fortuna, las grandes presas no son el único camino al desarrollo de la energía hidráulica para los países en desarrollo. Como parte de los programas de administración de agua a nivel de poblado, las plantas hidroeléctricas en pequeña escala evitan muchos de los problemas sociales y ambientales asociados con los grandes complejos.

## *Energía hidroeléctrica en pequeña escala en los países en desarrollo*

Dotar de electricidad a las zonas rurales ha sido un proyecto casi mítico dentro de las teorías del desarrollo. Lenin denominaba al bolchevismo "electrificación rural más soviets", y la Constitución de Bangladesh garantiza la energía eléctrica a cada pueblo. Como resultado, los proyectos de electrificación han absorbido el 50 por ciento de todos los fondos destinados al desarrollo desde 1950. Sin embargo, hoy en día, sólo el 12 por ciento de los habitantes del Tercer Mundo cuenta con servicio de electricidad. Como los costos de los sistemas de redes centrales se elevan rápidamente, es poco probable que la situación cambie en un futuro próximo. El Overseas Development Council estima que para el año 2000, sólo 25 por ciento de los habitantes de países en desarrollo contará con líneas eléctricas y plantas de energía en sus poblados. En la medida que los costos de las plantas nucleares, de petróleo y carbón se elevan de manera estratosférica, el sueño de la electrificación en todos los pueblos mediante la transmisión de energía eléctrica a las zonas rurales se desvanece. En varios países del Tercer Mundo, ésta se ha sustituido por la realidad de proyectos hidroeléctricos en pequeña escala, que proporcionan electricidad al campo y mejoran la calidad de vida de sus habitantes.[36]

Entre los países en desarrollo, China cuenta con un enfoque único respecto al desarrollo del agua. En tanto que otros países se concentran en la construcción de grandes presas para impulsar la industria pesada y satisfacer las necesidades de electricidad de una creciente población urbana, los chinos han establecido otras prioridades. En

[36] La cita de Lenin, de Douglas v. Smith, "Rural Electrification or Village Energization," *Interciencia*, marzo/abril de 1980;" *Rural Eelectrification: Towards a Crisis in Confidence*," Soft Energy Notes, mayo de 1979; las estimaciones del Overseas Development Council estan tomadas de Dennis W. Bakke, "Energy in Non-OPEC Developing Countries," Ein Hans H. Landsberg, ed., *Selected Studies on Energy*, Background Papers for Energy: *The Next Twenty Years*, Cambridge, Mass., Ballinger Publishing Co., 1980."

vez de apoyarse en el mundo industrializado e importar tecnología para la construcción de grandes presas, han hecho uso del capital, mano de obra y tecnología locales para construir decenas de millares de pequeñas estaciones hidroeléctricas. De esta manera, aunque las grandes urbes por lo general experimentan bajas en la corriente y la industria escasez de electricidad, los chinos cuentan con un programa en pequeña escala que constituye un brillante ejemplo de cómo un desarrollo rural, basado en pequeñas presas, puede resolver muchos de los problemas del Tercer Mundo.[37]

Aunque a través de la historia, China ha sido líder en el desarrollo de energía hidráulica, los siglos de guerra, revolución y decadencia económica que antecedieron a la revolución comunista acabaron con prácticamente todas las instalaciones hidroeléctricas, con excepción de 50 plantas. Después de 1949, el gobierno siguió el modelo soviético de electrificación rural, que hacía énfasis en las grandes plantas de energía, por lo que el número de pequeñas instalaciones en uso declinó a finales de los cincuenta. La Revolución Cultural de mediados de los sesenta galvanizó la energía de cientos de millones de chinos de zonas rurales, y así comenzó el *boom* de la construcción de pequeñas presas que los líderes actuales continúan favoreciendo.[38]

A partir de 1968, se ha construido una cantidad aproximada de 90 mil unidades en pequeña escala –sobre todo en la lluviosa zona sur del país– que proporcionan 6,300 megawats de energía. Aunque el tamaño promedio de las estaciones es de 72 kilowats, las pequeñas plantas constituyen el 40 por ciento de la capacidad hidroeléctrica instalada de China. En más de la cuarta parte del país, estas pequeñas presas son la fuente principal de electricidad, y proporcionan energía a una gran parte de la población que de otra manera carecería de ella. El entusiasmo de China por esta fuente de energía sigue en efervescencia. Sus líderes esperan añadir mil megawats adicionales de capacidad hidroeléctrica en 1981, 1,500 megawats anuales hasta 1990, y 2 mil megawats por año durante la siguiente década. Para fines de siglo, el gobierno confía en que estas instalaciones generarán

[37] Para una vision general del sistema centralizado de energía en China, véase Agencia Central de Inteligencia (CIA), *Electric Power for China's Modernization: The Hydroelectric Option*, Washington, D.C., mayo de 1980, y Wiliiam Clark, "China's Electric Power Industry", en *Chinese Eeconomy Post Mao*, Washington, D.C., Comite adjunto para asuntos eeconómicos, Congreso de Estados Unidos, 1978.

[38] Mao Wen Jing y Deng Bing Li, "An Introduction to the Development of Small Hydro-Power Generation in China," United Nations Industrial Development Organization, Nueva York, mayo de 1980.

seis veces más energía que en 1979.[39]

Los chinos consideran que las pequeñas plantas hidroeléctricas son sólo una parte de los planes integrados de administración del agua y desarrollo rural. Impulsado por la necesidad de dar alimentación y empleo a mil millones de personas, el gobierno ha asignado la mayor prioridad al almacenamiento de agua para agricultura y para irrigación, al control de inundaciones y a los requerimientos pesqueros. Los pobladores han construido embalses y diques para irrigación con sencillos utensilios manuales, sin costoso equipo pesado para mover la tierra. Muchos de los componentes de las plantas hidroeléctricas –turbinas, pipas y esclusas– se han construido en pequeños talleres por artesanos locales que emplean materiales de la zona. Con los ingresos o ahorros obtenidos de la agricultura y la pesca, las comunas han mejorado sus localidades, sin financiamiento del gobierno central. La asesoría técnica de los extensionistas ha mejorado el diseño de presas y plantas y ayudado a reducir los costos. Los chinos han desarrollado un modelo sencillo, resistente y estandarizado que cuesta mucho menos que productos de importación similares de occidente.[40]

A diferencia de las grandes presas que generan energía para las industrias de exportación, intensivas en capital, en tantos países en desarrollo, las pequeñas presas de China abastecen de energía a los talleres que transforman las materias primas locales en bienes de consumo para las zonas cercanas. A través de las zonas rurales, fábricas accionadas por electricidad descascaran arroz, muelen grano, fabrican jabón y producen piel y productos pequeños de metal. La poca energía sobrante se utiliza para luz, cine y telecomunicaciones. La creación de estos empleos en los pueblos ha ayudado a detener el éxodo a las ya sobrepobladas ciudades, además de que las pequeñas plantas hidroeléctricas han mejorado notablemente la calidad de la vida rural al reducir la pesada carga de acarrear agua, cortar madera y moler grano a mano.[41]

Algunos programas de autoayuda a nivel poblado han permitido a los chinos evitar los problemas ecológicos y de salud relacionados con el uso de la energía hidroeléctrica en otros países en desarrollo. La reforestación de los poblados y los

---

[39] Agencia Central de Inteligencia, *Electric Power for China's Modernization*.

[40] Mao y Deng, "Introduction to Small Hydro-Power in China"; Alexander Ansheng Tseng et al., "The Role of Small Hyaro-Electric Power Generation in the Energy Mix Development for the People's Republic of China," *Oriental Engineering and Supply Co.*, Palo Alto, California, 31 de octubre de 1979.

[41] *Ibid.*

esfuerzos por controlar la erosión han reducido la sedimentación de los embalses con capa superficial de tierra y la erradicación del caracol ha ayudado a controlar la esquistosomiasis. Los chinos han aprovechado los nuevos embalses y canales de irrigación para extender la acuacultura de agua dulce que proporciona cuatro millones de toneladas métricas de pescado al año –cerca del 50 por ciento del total mundial de peces cultivados. El lema chino de "donde hay agua debe haber peces" se ha aplicado en muchas zonas, por lo que más de diez millones de hectáreas del país están cubiertas por algún tipo de granja piscícola.[42]

En Beijing, los líderes insisten que sus pequeños desarrollos hidroeléctricos son un complemento, más que una sustitución de sus ambiciosos planes para construir grandes presas. Al "caminar con ambos pies" –construyendo presas grandes y pequeñas– esperan explotar el tremendo potencial hidroeléctrico sin incurrir en altos costos sociales o ecológicos. El énfasis inicial en proyectos en pequeña escala –ajustados a las necesidades y al diseño– coloca al país en una excelente posición para proseguir con un gran número de proyectos hidroeléctricos a futuro. Al contar con programas locales que permiten contender con los cambios ecológicos, China podría tomar la delantera mundial en hidroeléctrica.[43]

La oportunidad de responder a las presiones sociales de los habitantes pobres de zonas rurales a través del desarrollo de pequeñas presas no se limita a China. Pese a que se han realizado pocas evaluaciones de recursos, el potencial en el mundo en desarrollo parece importante. Al utilizar criterios extremadamente conservadores de factibilidad económica, el Banco Mundial estima que de 5 a 10 por ciento de los recursos hidráulicos del Tercer Mundo se encuentran en plantas pequeñas. Si consideramos el número de ellas que resultarían económicas si se utilizaran materiales y mano de obra locales, el potencial es mucho mayor. Estas instalaciones pequeñas son muy baratas: los costos ascienden a cerca de 500 dólares por kilowat de capacidad, en comparación con los mil dólares por kilowat que cuesta la energía convencional. La construcción de pequeñas plantas hidroeléctricas puede apoyar el desarrollo en general al convertir el recurso más abundante y menos aprovechado de los países pobres –la mano de obra– en el capital tan necesario.[44]

---

[42] John Madeley, "Fish from the Farm," *Development Forum*, agosto/spetiembre de 1979.

[43] Vaclav Smil, "Intermediate Enesgy Technology in China," *Bulletin of the Atomic Scientists*, febrero de 1977.

[44] Banco Mundial, Energy in the Developing Countries, Washington, D.C., agosto de 1980); las estimaciones de costos están tomadas de Allen Inversin, "A Pelton Micro-Hydro Prototype Design," Appropriate Technology Development Unit, Papua Nueva Guinea, junio de 1980, y de Ueli Meier, "Development of Equipment for Harnessing Hydro Power on a Small Scale," presentada en el Taller sobre mini/microplantas hidroeléctricas realizado en Katmandu, Nepal, del 10 al 14 de septiembre Be 1979.

Los pocos proyectos realizados fuera de China confirman el papel de las plantas hidroeléctricas en un desarrollo equilibrado. En la montañosa y alejada península de Huon, en Papua Nueva Guinea, el maestro rural de Baindoang oyó hablar de la energía hiodroeléctrica en un programa de radio, y le pidió a la universidad que le ayudara a construir una pequeña presa. La universidad y un grupo privado, el Appropriate Technology Development Unit, proporcionaron la asesoría, y los pobladores contribuyeron con la mano de obra. Después de dos años, se instaló una pequeña turbina de siete kilowats. El poblado dio la bienvenida a la energía con dos días de bailes y celebraciones; ahora hay luz en la escuela, y se almacena y calienta el agua para las regaderas comunes. Al movilizar el entusiasta apoyo local, el proyecto reforzó el desarrollo de las instituciones a nivel poblado, y dio a las personas de Baindoang una mayor sensación de control sobre sus vidas. Entre los países en desarrollo, Nepal es el más activo en cuanto a la construcción de pequeñas plantas hidroeléctricas, ya que recientemente puso en marcha cerca de 60 molinos de agua.[45]

Desafortunadamente, los bancos internacionales de desarrollo y los programas de ayuda han olvidado los proyectos hidroeléctricos en pequeña escala. En vista de que los beneficios relacionados con las pequeñas presas –como el mejoramiento de pesquerías y la utilización de mano de obra, materiales e iniciativas locales–rara vez son cuantificables, estos proyectos pueden parecer "antieconómicos", en comparación con los grandes proyectos de costos sociales ocultos. No obstante, la inyección de fondos externos para proyectos pequeños basados en materiales y mano de obra locales podrían transformar un proyecto de dudosos beneficios en uno económico. Por desgracia, el Banco Mundial, que entre 1976 y 1980 prestó 1,680 millones de dólares para grandes proyectos hidroeléctricos, no ha aportado casi nada para el desarrollo de proyectos pequeños.[46]

---

[45] Allen Inversin, "Technical Notes on the Baindoang Micro Hydro and Water Supply Scheme," PNG University of Technology, Lae, Papua Nueva Guinea, material mimeografiado, 1981; Ed Arata, "Micro-Hydroelectric Projects for Rural Development in Papua New Guinea," en Donald Evans y Laurie Nogg Adler, eds., *Appropriate Technology for Development: A Discussion and Case Histories*, Boulder, Colorado, Westview Press, 1979; Acker, "Saving Nepal's Dwindling Forests"; para una relación de los esfuerzos realizados en cada país para llevar a cabo proyectos hidroeléctricos en pequeha escala, véase el informe del ONUDI sobre el seminario-taller sobre el intercambio de experiencias y transferencia de tecnología en miniunidades de energía hidroeléctrica, realizado en Katmandu, Nepal, del 10 al 14 de septiembre de 1979.

[46] Para un desglose a nivel mundial de los programas de ayuda para proyectos hidroeléctricos, véase Thomas Hoffmann y Brian Johnson, *The World Energy Triangle: A Strategy for Cooperation*, Cambridge, Massachusetts, Ballinger Publishing Co., 1981; las cifras del Banco Mundial, de Edward Moore, del Banco Mundial, *Comunicación Personal*, 30 de abril de 1981.

Al financiar las evaluaciones sobre el potencial hidroeléctrico en pequeña escala, los grupos de desarrollo podrían llamar la atención hacia un recurso poco aprovechado y orientar a grupos locales hacia instalaciones abandonadas. Una vez que los proyectos específicos se pongan en marcha, los gobiernos y los organismos internacionales pueden ayudar proporcionando expertos en hidrología, geología e ingeniería que supervisen la construcción segura de las presas, así como el máximo aprovechamiento de las corrientes de agua.[47]

Existen pocos signos de interés a nivel internacional por aprovechar esta olvidada fuente de energía. La Agencia para el Desarrollo Internacional de Estados Unidos le prestó a la compañía nacional de luz de Perú 9 millones de dólares para la construcción de veinte pequeñas plantas hidroeléctricas, que generarán desde 100 hasta 1000 kilowats. Francia está apoyando a varios países de Africa con el mismo propósito, y grupos suizos ayudan a Nepal a instalar fábricas para producir pequeñas turbinas a bajo costo. Si bien es cierto que estos programas constituyen un paso adelante, deben ampliarse de manera considerable si se quiere tener impacto en el desarrollo de pequeñas plantas hidroeléctricas en el Tercer Mundo.[48]

Los países en desarrollo necesitan revaluar y modificar su prioridad por los grandes desarrollos hidroeléctricos. El analista Amory Lovins ha comparado el uso de electricidad generada por una red central para calentar, cocinar y acarrear agua con "cortar mantequilla con una sierra electrica". Los sistemas de transmisión y distribución son caros, además de que se pierde entre el 10 y el 25 por ciento de la energía transportada. Para poder justificar los costos de construir sistemas de distribución en zonas rurales, los gobiernos deben vender grandes cantidades de electricidad que no van de acuerdo con sus necesidades ni capacidad de pago.[49]

Aunque los grandes y pequeños proyectos hidroeléctricos constituyen esfuerzos complementarios, y no en competencia, por lo general es conveniente lograr un desarrollo hidroeléctrico integral a nivel poblado antes de construir

[47] Para una discusión sobre los enfoques hacia los proyectos hidroeléctricos en pequeña escala, véase Ken Grover, "Small Decentralized Hydropower for Developing Countries," GSA International, Katonah, N.Y,, documento mimeografiado, sin fecha, y Rupert Armstrong-Evans, "Micro-Hydro as an Appropriate Technology in Developing Countries," presentado en la Conferencia internacional sobre energía hidroeléctrica en pequeña escala, realizada en Washington, D.C., del 1 al 3 de octubre de 1979.

[48] *Memorandum on Small Decentralized Hydropower Program*, International Programs Division, National Rural Electric Cooperative Association, Washington, D.C., 13 de n

[49] Amory B. Lovins, "Energy Strategy: The Road Not Taken?," *Foreign Affairs*, octubre de 1976; para una visión convencional sobre la electrificación de las zonas rurales, véase Banco Mundial, "Rural Electrification," Washington, D.C., octubre de 1975.

grandes presas. Los efectos colaterales de los grandes proyectos –erosión, difusión de enfermedades hídricas, ensalitramiento de la tierra irrigada– podrán manejarse con mayor facilidad si la gente ayuda en el diseño de las pequeñas presas de su localidad. Por otra parte, la introducción de más proyectos hidroeléctricos en pequeña escala permitirá al Tercer Mundo explotar sus abundantes recursos hidráulicos de manera que constribuyan a un desarrollo equilibrado y a satisfacer las olvidadas necesidades de la población rural.

## *La energía se desplaza hacia las zonas periféricas*

La mayor parte del potencial hidroeléctrico desaprovechado se encuentra en regiones alejadas de los actuales centros industriales, e incluso de zonas habitadas. Los ríos con mayor potencial fluyen a través de zonas deshabitadas del norte de Canadá, Alaska y Siberia. En los países en desarrollo, el Amazonas, el Congo, el Orinoco y los ríos del sureste de Asia, alimentados por las nieves del Himalaya, podrían convertirse en grandes desarrollos hidroeléctricos. Las regiones remotas de Papua Nueva Guinea, Sudáfrica, Borneo, Tasmania, Noruega, Filipinas, Argentina, Guyana y Nueva Zelandia también ofrecen posibilidades similares.[50]

A través de la historia, la disponibilidad de los recursos hidráulicos ha sido la clave de la ubicación de la industria y las ciudades, así como del poder relativo de las naciones. Cuando las ruedas hidráulicas eran la principal tecnología hidroeléctrica, las fábricas eran pequeñas y se encontraban dispersas por el campo. La influencia del agua en la ubicación de las ciudades puede apreciarse en Estados Unidos; decenas de ciudades, desde Springfield, Massachussetts, hasta Augusta, Georgia, se agrupan en la línea donde los ríos surgen desde la meseta de los Apalaches hasta la planicie costera. Los historiadores consideran los abundantes recursos hidráulicos del norte de Europa como una de las razones importantes del eclipse de los más áridos países mediterráneos durante los últimos siglos.

[50] Para una visión de los recursos hidráulicos del mundo por región, véase World Energy Conference, *Survey of Energy Resources*, 1974, Munich,l97.

En la actualidad, el impulso principal para los desarrollos hidroeléctricos en regiones aisladas y poco habitadas proviene de la necesidad de obtener energía para la extracción y fundición de minerales. Los proyectos hidroeléctricos en el valle del Amazonas, Nueva Guinea, Quebec y Siberia están relacionados con proyectos mineros.

Otro de los factores para impulsar la construcción de presas es la existencia de fundidoras de aluminio. En el futuro cercano, por lo tanto, el ritmo de la construcción en zonas remotas dependerá sobre todo de las industrias de metal, intensivas en energía.[51]

Quebec proporciona el ejemplo actual más dramático de una región que se vuelve importante debido a sus recursos hidráulicos. Iniciado hace diez años, el complejo La Grande, en el norte de Quebec, pronto producirá 11,400 megawats; energía suficiente para doblar la capacidad eléctrica instalada de la provincia. Obras adicionales en otros ríos podrían aumentarla hasta 27,500 megawats. Al utilizar energía barata, transmitida a través de gigantescos tendidos de 735 kilowats, Quebec espera revitalizar su economía atrayendo nuevas industrias. La electrificación de los sectores de la economía basados en el petróleo, así como la exportación de energía a Estados Unidos, reducirá la carga económica de la importación de petróleo a precios altos y proporcionará una fuente permanente de divisas. Para 1984, la ciudad de Nueva York, cuyo patrón de dependencia seguirá en aumento, recibirá el 12 por ciento de su energía de Quebec. Este ambicioso programa hidroeléctrico permitirá a la provincia francoparlante recuperar importancia dentro de Canadá, así como en su lucha por una mayor autonomía e independencia cultural.[52]

El surgimiento explosivo de las naciones productoras de petróleo dominó la política mundial de los años setenta. Al interior de los países, los cambios de poder han sido igualmente dramáticos; Estados Unidos, Canadá y Australia pierden poder y gente que se desplaza a las regiones petroleras. Sin embargo, estos cambios han subrayado una realineación más lenta –aunque más permanente– del poder y la riqueza a regiones ricas en recursos hidráulicos. De esta manera, se ampliará el

---

[51] "The Amazon Dilemma," *Energy International*; W. E. Scott, "Hydro Power Leads Energy Development Plans for Papua New Guinea," *Energy International*, enero de 1977; Leslie Dienes y Theodore Shabad, The Soviet Energy system, Washington, D.C., V.H. Winston & Sons, 1979.

[52] Jones, "Quebec Turns Water Into Gold"; para más detalles sobre este proyecto, véase "The La Grande complex," Societé d'énergie de la Baie James, Montreal, 1978; Clifford D. O. May, "The Power and the Glory in Quebec," GEO, diciembre de 1979.

equilibro del poder político dentro y entre países. Así como hace cien años las fábricas y los pueblos se agrupaban alrededor de las ruedas hidráulicas, ahora las nuevas industrias se ubicarán cerca de las presas en regiones apenas pobladas.

Los gobiernos centrales, así como los organismos financieros internacionales, deberán comprometer recursos a largo plazo para aprovechar las oportunidades en la periferia de la civilización. A menudo, suelen transcurrir 10 o 15 años entre el inicio de un proyecto y la primera descarga de energía, de manera que los planificadores deben considerar las instalaciones hidroeléctricas en sitios apartados como inversiones a futuro. Por otra parte, las grandes presas son excesivamente costosas. Por ejemplo, la presa de Asuán tuvo un costo de 1,500 millones de dólares en los años sesenta. Itaipú costará entre 5 y 6 mil millones, y el costo de Three Gorges podría ascender a unos 12 mil millones de dólares. El Banco Mundial estima que gastará 100 mil millones de dólares en países en desarrollo entre 1980 y 2000, en grandes plantas hidroeléctricas que generarán más de 100 megawats cada una. Como las regiones deshabitadas carecen de estas fabulosas sumas para lanzarse a semejantes proyectos, requieren ayuda del exterior. Aunque estas cifras representan un gran peso para el capital de los países en desarrollo, es posible esperar dividendos a corto plazo, como en el caso de Asuán, que mediante ventas de energía se pagó en tres años.[53]

Por lo general, las grandes instalaciones hidroeléctricas en países en desarrollo han sido financiadas por préstamos de los principales bancos comerciales y organismos internacionales, como el Banco Mundial. Es relativamente fácil disponer de capital para estos proyectos porque las ventas de energía –sobre todo a fábricas que requieren energía intensiva, propiedad de corporaciones multinacionales– generan un flujo estable y seguro de ingresos. A su vez, los bancos y organismos para el desarrollo apoyan los grandes proyectos hidroeléctricos porque los países en desarrollo utilizan los préstamos para la compra de generadores, turbinas, instalaciones de transmisión y servicios de ingeniería de las grandes corporaciones, pero en la medida que los ingresos por concepto de ventas de energía –por lo general tarifas muy bajas– se utilizan para pagar los préstamos al extranjero, estos países derivan pocos rendimientos

[53] Waterbury, Hydropolitics of the Nile; J. R. Cotrim et al., "The Bi-National Itiapu Hydropower Project," *Water Power and Dam Construction*, octubre de 1977; Agencia Central de Inteligencia,*Electric Power for China's Modernization*; Banco Mundial, *Energy in Developing Countries*.

económicos inmediatos de la nueva presa.

La importación de mano de obra calificada, servicios de ingeniería y construcción, y equipo para generar energía pueden resultar una carga adicional a la balanza de pagos de los países en desarrollo durante la fase de construcción, que puede durar varios años. China podría tener serios problemas si utiliza capital y tecnología extranjeros para impulsar un programa hidroeléctrico en gran escala. Sin embargo, una vez concluido, un proyecto bien planeado e instrumentado comienza poco a poco a mejorar la posición de un país dentro del mercado extranjero.

Los proyectos hidroeléctricos son más factibles en el caso de los países petroleros, que pueden incurrir en deudas para financiarlos. Venezuela y México están invirtiendo sus ingresos por concepto de petróleo en grandes complejos, y Brasil ha pedido fuertes préstamos para mantener su programa de expansión hidroeléctrica. Sin embargo, será difícil para otros países obtener financiamiento para desarrollar sus extensos recursos hidráulicos. Por ejemplo, China espera financiar su desarrollo hidroeléctrico con los ingresos por concepto del petróleo que el gobierno espera encontrar, ya que no desea depender del exterior. Zaire, el país con mayor potencial hidroeléctrico de Africa, carece tanto de divisas como de la estabilidad política que lo haría candidato a obtener préstamos.[54]

Un resultado importante de la explotación de grandes zonas hidroeléctricas en regiones apartadas sería el mejoramiento de las relaciones entre países que han tenido fricciones. Debido a que doscientos de los ríos del mundo cruzan fronteras, el éxito de un gran proyecto a menudo requiere de la cooperación entre vecinos. Las regiones que cuentan con mayor cantidad de energía hidroeléctrica –Estados Unidos, Canadá y Europa– han diseñado mecanismos políticos para el desarrollo conjunto de los ríos y la solución de conflictos. En Estados Unidos y Canadá, por ejemplo, los ríos Columbia y San Lorenzo no podrían haberse aprovechado sin la estrecha cooperación de los gobiernos de ambos países. En Europa, el desarrollo del Rin y el Danubio se debió a acuerdos entre países que anteriormente habían tenido incluso guerras.[55]

Los problemas sobre derechos de aguas siguen siendo una de las barreras

[54] Brazil Builds Up Her Industrial Capability," *Energy International*, septiembre de 1976; Agencia Central de Inteligencia, Electric Power for China's Modernization.

[55] Istvan Kovács y László David, "Joint Use of International Water Resources," Ambio, Vol. 6, No. 1, 1977; Naciones Unidas, *Register of International Rivers*, Nueva York, Pergamon Press, 1978.

importantes para el desarrollo de proyectos. Antiguos problemas entre India, Nepal y Bangladesh por las aguas del Himalaya ahogan los esfuerzos por aprovechar una de las mayores fuentes de energía del mundo. Aunque la India ha decidido de manera unilateral seguir adelante con varios proyectos en afluentes del Ganges, los países vecinos deberán cooperar para desarrollar todo el potencial de energía y terminar con la desastrosa erosión del suelo en Nepal que amenaza con poner fin a la vida útil de los embalses. En Canadá, una larga disputa entre Newfoundland y Quebec por el precio de la energía en las Cataratas Churchill ha retrasado la construcción de un complejo de presas de 2,300 megawats en el Bajo Río Churchill. Por otra parte, el potencial hidroeléctrico y de irrigación del Mekong, en el sureste asiático sigue sin aprovecharse por el conflicto entre Laos, Tailandia, Kampuchea y Vietnam.[56]

Por encima de la cooperación que propicia un proyecto de éxito, el desarrollo hidroeléctrico de hecho puede unir a antiguos enemigos en una mutua dependencia. Brasil y Argentina, durante largo tiempo rivales por el liderazgo en Latinoamérica, superaron años de hostilidad para desarrollar los recursos hidroeléctricos del Paraná, que forma la frontera entre ambos países. Ahora la guerra entre ellos tendría un costo mucho más alto, ya que parte importante de la riqueza nacional de cada uno depende de la operación de las costosas presas del Paraná.[57]

Lazos –y vulnerabilidades– permanentes unen a los países cuando se superan los antagonismos internacionales y se construyen presas. Aunque la energía hidroeléctrica puede reducir la dependencia de un país de combustible importado, las grandes presas son también blanco fácil de ataque durante tiempos de guerra. Probablemente se necesitarían décadas para reparar los daños que provocaría la destrucción de una presa en países que han invertido la mayor parte de sus recursos en este proyecto, además de que el impacto inmediato en la población sería fatal: la perforación de algún muro podría inundar valles y ciudades enteros.

La creciente vulnerabilidad militar de las naciones que dependen de las grandes presas afecta las relaciones internacionales. La capacidad de Israel de destruir Asuán –y con ella gran parte de la población y la economía de Egipto– es

[56] "Newfoundland Hydroelectric Plans Stalled," *Journal of Commerce*, 18 de diciembre de 1980; la situación en Newfoundland también se analiza en Henry Giniger, "A Dispute on Power Escalates," *New York Times*, 22 de noviembre de 1980; John Bardack, "Some Ecological Implications of Mekong River Development Plans," en Farvar y Milton, *Careless Technology*.

[57] Cotrim, "*The Bi-National Itaipu Hydropower Project*."

considerada por los analistas como una de las motivaciones principales para negociar la paz. Los asesores técnicos estadounidenses que trabajan en el proyecto de Three Gorges han aconsejado la construcción de tres presas más pequeñas, en vez de una gigantesca, por "razones de seguridad nacional" –alusión al continuo temor de invasión por parte de los soviéticos.[58]

El desarrollo de la energía hidroeléctrica en zonas apartadas del mundo también tendrá repercusiones en el sistema económico internacional, al alterar la ubicación de importantes industrias intensivas en energía. Probablemente el cambio más dramático suceda en la industria del aluminio, cuya fundición requiere de cantidades impresionantes de energía eléctrica –un promedio de ocho kilowats/hora por cada 500 gramos de aluminio. En todo el mundo, las fundidoras se concentran alrededor de las principales presas, y el proceso consume la mayor parte de la electricidad en regiones con abundante energía hidroeléctrica. En el noroeste de Estados Unidos, la zona más rica en energía hidroeléctrica, las fundidoras consumen más de la tercera parte.[59]

En Estados Unidos, Europa Occidental y Japón, la producción de aluminio se estabilizará o descenderá en los próximos años, en la medida que las nuevas fundidoras emigren a regiones periféricas del orbe, donde nuevos complejos hidroeléctricos ofrezcan energía abundante y barata. Las compañías de aluminio construyen nuevas plantas en Brasil, Egipto, Ghana, Tanzania y Sumatra para aprovechar las fuentes de reciente explotación. Las fundidoras japonesas –antieconómicas desde la revolución de los precios de petróleo organizada por la OPEP– han cerrado y se han reubicado en Indonesia, Australia y Papua Nueva Guinea. De manera similar, el cambio de poder hacia la periferia puede observarse al interior de los países: la producción soviética de aluminio se traslada hacia las partes más alejadas de Siberia, donde se construyen nuevas presas.[60]

---

[58] Sobre el impacto de Aswan en las relaciones de Egipto con sus vecinos, ver Waterbury, *Hydropolitics of the Nile*; "U.S., China Detail Hydro Research Exchange Program," *Engineering News Report*, 10 de abril de 1980.

[59] Thomas Canby, "Aluminum, the Magic Metal," *National Geographic*, agosto de 1978; Aluminum Association, "Energy and the Aluminum Industry," Washington, D.C., abril de 1980; Dan Morgan, "Aluminum Industry's Factor in Northwest Power Dispute," *Washington Post*, 29 de octubre de 1979; Kai Lee y Donna Lee Klemka, *Electric Power and the Future of the Pacific Northwest*, Pullman, Washington, State of Washington Water Resource Center, marzo de 1980.

[60] "For Aluminum, A Shift Overseas," *Business Week*, 8 de diciembre de 1980; Warren Hoge, "Brazil Taps Amazon Aluminum," *New York Times*, 29 de septiembre de 1980; Gordon McLauchlan, "International Group Picks New Zealand Site for Aluminum Smelter," *Journal of Commerce*, 6 de enero de 1981; Leo Ryan, "Quebec Aluminum Boom Expected to Continue," *Journal of Commerce*, 19 de diciembre de 1980; "Aluminum Makers Gearing to Meet Rise in Global Demand," *Journal of Commerce*, de julio de 1980.

El creciente interés de los países industrializados por el aluminio, aunado a la migración de fundidoras, pronostica una dependencia cada vez mayor entre países, que podría afectar de manera importante la balanza de pagos de muchos de ellos y las metas de reducir las importaciones de petróleo. Para satisfacer los estándares en la economía de combustibles, la industria automotriz ha ido sustituyendo el aluminio por partes de metal más pesado. No obstante, de acuerdo con un estudio realizado por el gobierno de Estados Unidos en 1980, satisfacer la demanda de combustibles para 1985 mediante la importación de aluminio, eliminaría en gran medida las utilidades en la balanza de pagos, debido a la reducción en las importaciones de petróleo. En la medida que esto se haga más evidente, los argumentos sobre seguridad nacional y la balanza de pagos se añadirán a los relativos al medio ambiente y la conservación, con el fin de reciclar los productos de aluminio.[61]

Las nuevas fundidoras podrían tener un gran impacto en el empleo a nivel mundial si las industrias procesadoras y de productos terminados de aluminio, intensivas en mano de obra, siguen a los productores de aluminio crudo. Así como los países productores y exportadores de petróleo han tratado de atraer industria petroquímica y refinerías a sus países, también los productores de aluminio intentarán atraer industrias relacionadas. A partir de su experiencia en incentivar industrias petroleras "río abajo", Venezuela trata de obligar a los productores de aluminio que aprovechan la energía hidroeléctrica a muy bajo costo a que reubiquen sus lucrativas instalaciones de procesamiento y fabricación de aluminio en suelo venezolano. Si otros países ricos en energía hidroeléctrica siguieran este ejemplo, los países industrializados dejarían de generar empleos. Sin embargo, esto se compensaría en los países con una fuerte política de reciclaje, actividad que requiere de mucha mayor mano de obra que la fundición o el procesamiento de aluminio.[62]

En la medida que las plantas de aluminio se trasladen a regiones más alejadas, se suscitarán conflictos por el precio de la energía. La construcción de presas en zonas antes subdesarrolladas genera un desarrollo económico generalizado que a la larga entra en conflicto con los intereses de los grandes

[61] U.S. General Accounting Office, "Policy Conflict-Energy, Environmental, and Materials: Automotive Fuel-Economy Standards' Implications for Materials," Washington, D.C., 5 de febrero de 1980; Denis Hayes, *Repairs, Reuse, Recycling —First Steps Toward a Sustainable Society*, Washington, D.C., Worldwatch Institute, septiembre de 1978.

[62] Amal Nag, "Rasing Nationalism in Host Countries Threatens U,S. Control of Aluminum," *Wall Street Journal*, 20 de enero de 1981.

consumidores de energía, quienes financiaron la presa. Los gobiernos de los países en desarrollo pronto se percatan de que les resulta más conveniente cambiar su energía barata por actividades más intensivas en mano de obra, o elevar los precios.

Por lo general, la energía a bajo costo estimula el consumo hasta provocar incluso la escasez. En ese momento, la floreciente economía de la región se enfrenta a una dolorosa decisión: elevar los precios para los grandes consumidores, lo que probablemente los hará emigrar, o aceptar que los pequeños consumidores carguen solos con los costos prohibitivos de la construcción de nuevas plantas de energía, a base de carbón o nucleares para satisfacer la demanda. Algunas de las regiones que se encuentran en este difícil trance son Egipto, el noroeste de Estados Unidos y Ghana. En la medida que aumente la electricidad generada a partir de petróleo, gas, o energía nuclear, los países que venden hidroelectricidad a precios bajísimos intentarán elevarlos al nivel mundial –por lo general diez veces superiores a lo que cobran en la actualidad.[63]

Las pocas empresas multinacionales que controlan la producción de aluminio están conscientes de la amenaza de una pronunciada elevación de precios. Temerosos de las concesiones que generaron el incremento decuplicado en los precios del petróleo provocado por la OPEP, se han opuesto a fuertes aumentos en los precios de la energía hidroeléctrica. El conflicto de Ghana con Kaiser Aluminum Company respecto a la energía generada por la gigantesca presa Akosombo, en el lago Volta, es un ejemplo de este conflicto de intereses. En 1967, Kaiser firmó un contrato por 30 años con Ghana para la obtención de energía a precio fijo. En la actualidad, Kaiser compra la energía a la vigésima parte del precio mundial promedio. Ghana necesita mayores recaudaciones para acelerar el débil crecimiento económico, en tanto que Kaiser teme que una renegociación demasiado generosa desate una cascada en el incremento de precios a nivel mundial, acabando con las utilidades y la posición competitiva del aluminio. El resultado de la lucha de precios afectará la economía de países con potencial hidroeléctrico, así como el ritmo del crecimiento en las regiones periféricas.[64]

La incertidumbre financiera y los conflictos políticos son los mayores impedimentos actuales para impulsar el desarrollo hidroeléctrico. Existen muchos

[63] Lee and Klemka, Electric Power and the Future of the Pacific Northwest; para una discusión sobre los conflictos recientes a causa de- los precios, véase "Environmentalists Role in Northwest Power Talks May Put the Bite on Industry," Energy Daily, 1 de mayo de 1981.

[64] Roger Gale, "Kaiser Suabbles With Ghana Over Cheap Power," *Energy Daily*, 29 de octubre de 1980.

sitios donde podrían construirse presas que beneficiarían a las compañías, a los países y al presupuesto mundial de energía. Si se pudieran instrumentar acuerdos de cooperación y financiamiento internacional sobre agua, se lograría una gran expansión en la producción hidroeléctrica y un incremento en la economía mundial, provocando nuevas tensiones y lazos en la arena internacional.

## *¿Cómo aprovechar mejor las presas actuales?*

En sitios donde ya existen presas –o ya no pueden construirse más– como Estados Unidos, Japón y algunos países europeos, hay poca posibilidad de expansión. Sin embargo, existen oportunidades, a menudo soslayadas, para aumentar el rendimiento de las presas existentes. Para el mundo industrializado, el reto en lo que queda de este siglo es mejorar y rehabilitar los complejos hidroeléctricos existentes.

En regiones donde se ha aprovechado la mayor parte del potencial hidroeléctrico, la presión del público para preservar las corrientes de agua que aún quedan sin explotar dificulta la construcción de presas. Son frecuentes las fuertes discusiones entre ecologistas y compañías de luz en Europa, Estados Unidos o Australia. Por ejemplo, en Carolina del Norte, los ciudadanos promovieron un grupo popular de cabildeo para evitar la construcción del río más antiguo de ese país –irónicamente llamado el río Nuevo. La oposición popular en Suecia a la construcción de nuevas presas obligó al gobierno a abandonar el ambicioso programa de expansión hidroeléctrica. Los planes de desarrollo de Australia debieron modificarse cuando los ecologistas ejercieron presión sobre el Parlamento.[65]

Pese a que la oposición de grupos locales ha llegado a impedir algunos proyectos, la construcción de presas continúa, aunque a un ritmo más moderado que

[65] E. W. Kenworthy , "Kleppe Moves to Block Dam in Carolina," *New York Times*, 13 de marzo de 1976; S. Angelin and H. Bostrom, "Hydro Development in Sweden," *Water Power and Dam Construction*, junio de 1980; W. E. Scott, "Australian Utilities Fight Environmental Protests," *Energy International*, septiembre de 1980; David Solomow, "Australia Environmentalists Win," *Christian Science Monitor*, 18 de julio de 1980.

en el pasado. Frente al incremento en los precios del petróleo y el creciente interés en la energía hidroeléctrica, aumentará la controversia respecto a los sitios que aún quedan por explotar. Si bien la oposición pública a la construcción de presas refleja el deseo de conservar las oportunidades recreativas de fuentes de agua dulce, y tiene como trasfondo la hostilidad de los habitantes hacia compañías de servicios lejanas, existen también fuertes razones ecológicas para preservar sistemas fluviales en su estado natural. Estos ríos proporcionan el parámetro con el que pueden medirse los cambios ecológicos en otros, además de que constituyen santuarios para muchas especies animales y vegetales en peligro de extinción.[66]

Estados Unidos y Suecia son líderes en la conservación ecológica de ríos importantes. Partes de 37 ríos de Estados Unidos –con un potencial combinado para generar 9 mil megawats, el equivalente a nueve plantas nucleares– están protegidos de mayor desarrollo por la Ley de Ríos Salvajes y Panorámicos (Wild and Scenic Rivers Act). Otros 3,500 megawats de potencial hidroeléctrico en la parte baja del río Colorado no pueden utilizarse debido a restricciones similares. En Suecia, se ha determinado la prohibición permanente de las presas en cuatro ríos salvajes en el norte del país.[67]

Incluso si a futuro creciera el interés por la construcción de presas, es necesario que los gobiernos y ciudadanos hagan una evaluación más cuidadosa que en el pasado. Ciertamente, la venta de energía es razón de poco peso para su construcción, pero también deberán evaluarse con cuidado las exageradas bondades de los beneficios recreativos o de evitar inundaciones. Con frecuencia se subestima el valor agrícola de la tierra que quedará inundada y, en muchos casos, los beneficios esperados de un proyecto –como ahorrar agua y controlar inundaciones– se lograrían mejor reduciendo el agua de desecho y desalentando la construcción en planicies de aluvión.[68]

---

[66] Commitee on Environmental Effects of the United States Committee on Large Dams, *Environmental Effects of Large Dams*, Nueva York, American Society of Engineers, 1978; Mark M. Brinson, "Riparian and Floodplain Ecosystems: Functions, Values, and Management," Fish and Wildlife Service, Department of the Interior, Washington, D.C, abril de 1980.

[67] La información sobre ríos panorámicos en Estados Unidos, de Warren Viessman, Jr., "Hydropower," en *Congressional Research Service for U.S. House of Representatives*, Committee on Interstate and Foreign Commerce, and U.S. Senate, Committees on Energy and Natural Resources, Commerce, Science, and Transportation, Project Independence: U.S. and World Energy Outlook Through 1990, Committee Print, noviembre de 1977; Angelin and Bostrom, "Hydro Development in Sweden."

[68] Para una critica sobre la falacia de los análisis de costo-beneficio para proyectos hidráulicos, véase Srent Blackwelder, "In Lieu of Dams," *Water Spectrum*, otoño de 1977.

En vez de pagar el costo ambiental de la construcción de presas adicionales, los países industrializados deberían aprovechar mejor las presas actuales. Estados Unidos –y en menor medida Europa, Japón y la Unión Soviética– cuentan con varias presas pequeñas (de menos de cinco megawats) que son fuentes importantes de energía frente a los crecientes precios del petróleo. Francia, líder en el campo del desarrollo hidroeléctrico en pequeña escala, ha tenido tanto éxito que tiene en operación 1,060 microestaciones hidroeléctricas (de menos de dos megawats cada una), que generan 390 megawats de electricidad –el uno por ciento de la producción nacional. Japón también ha aprovechado sus abundantes recursos hidráulicos en presas pequeñas. Estudios recientes indican que las regiones montañosas poco desarrolladas de Europa, como Gales, Escocia, España, Suecia y Rumania tienen potencial hidroeléctrico desaprovechado en las pequeñas presas existentes.[69]

La mayor oportunidad para aprovechar las presas pequeñas en los países industrializados está en Estados Unidos, ya que hay tantas que pueden rehabilitarse fácilmente. Si se compara la contribución de los ríos Rhone y Ohio a la generación de electricidad –ríos con potencial similar y varias presas– resulta superior la primera. Veintiún presas pequeñas en el Rhone generan 3 mil megawats de energía, mientras que el Ohio produce sólo 180 megawats. Menos del 3 por ciento de las presas en Estados Unidos genera electricidad. La estimación de la energía disponible en las presas pequeñas varía de 6 mil a 24 mil megawats, y en comparación con la producción actual de 64 mil megawats de todas las presas de Estados Unidos, las presas pequeñas son sin duda una fuente importante de energía desaprovechada.[70]

Varias presas pequeñas generaban energía, pero se abandonaron al terminarse las concesiones impositivas para las primeras etapas de su construcción, y ante la inundación

[69] La información sobre Francia, de J. Cotillon, "Micropower: An Old Idea For a New Problem," *Water Power and Dam Construction*, enero de 1979; Jim Harding, "Soft Paths for Difficult Nations: The Problem of Japan," *Soft Energy Notes*, junio/julio de 1980; la información sobre Gales, de *World Environment* Report, 16 de febrero de 1981; D.G. Birkett, "Review of Potential Hydroelectric Development in the Scottish Highlands," *Electronics and Power*, mayo de 1979; E. H. Greunert, "Crash Program for Mini Wydro in Spain," *Modern Power Systems*, febrero de 1981; "Mini Hydropower for Sweden," *Water Power and Dam Construction*, mayo de 1978; "Rumania's Maxi Strategy on Mini Hydro Plants," *Energy in Countries with Planned Economies* abril de 1981.

[70] La comparación de la energía generada por el Rhone y el Ohio, está tomada de U.S. General Accounting Office, "Hydropower-An Energy Source Whose Time Has Come Again," Washington, D,C., enero de 1980; las estimaciones sobre el potencial en pequeñas presas en Estados Unidos, de Institute of Water Resources, *Preliminary Inventory of Hydropower Resources*, Vol. 1, Fort Belvoir, Virginia, U.S. Army Corps of Engineers, julio de 1979, y R.J. McDonald, "Estimates of the National Hydroelectric Power Potential at Existing Dams," U.S. Army Corps of Engineers, Institute of Water Resources, Fort Belvoir, Virglnia, julio de 1977.

de petróleo barato. A partir de la Segunda Guerra Mundial, se abandonaron casi 3 mil presas, sobre todo en el noreste y medio oeste. Durante esos años de olvido, el equipo ha sido destruido por vándalos, o bien se ha vendido como chatarra; incluso la estructura se ha debilitado por falta de mantenimiento, y resultaría muy costoso repararlas o reconstruirlas.[71]

Afortunadamente, los efectos del abandono son reversibles, aunque el costo sea alto. Uno de los estudios económicos sobre la renovación de pequeñas presas realizado por la Comisión de Cuencas Fluviales de Nueva Inglaterra (New England River Basin Commission) concluyó que la zona contaba con 1,750 presas sin utilizar, que podrían generar mil megawats si se explotaban adecuadamente. La comisión estimó que si la renovación se realizaba mediante préstamos al 7 por ciento, y la energía se vendía a 4.5 centavos por kilowat/hora, resultaría económico aprovechar 50 por ciento del potencial. Si los incentivos gubernamentales redujeran la tasa de interés a 3 por ciento, y la energía se cobrara a razón de 6.7 centavos por kilowat/hora, podría desarrollarse el 80 por ciento del potencial. Incluso si en la actualidad resulta poco económico, la renovación de presas debería llevarse a cabo porque, una vez construidas, las instalaciones hidroeléctricas son fuente duradera de energía, a prueba de inflación, si reciben el mantenimiento adecuado.[72]

Como respuesta al interés del público en la restauración de pequeñas presas, el gobierno de Estados Unidos ha tomado algunas medidas para alentar esta inversión. Existe la posibilidad de préstamos con un interés muy bajo, así como deducciones de impuestos. Al reconocer que la incertidumbre de la viabilidad económica del proyecto –así como el alto costo de los proyectos de ingeniería iniciales– pueden ser un obstáculo para el desarrollo de estas presas, el Congreso ha dispuesto préstamos con bajos intereses para estudios de factibilidad, asegurando que en el caso de que éstos demostraran la poca factibilidad económica de los proyectos, no se requeriría su pago. Por otra parte, la carga impositiva sobre quienes desarrollan las pequeñas presas –por lo general pequeños agricultores, pequeñas compañías o poblados– se ha reducido en buena medida.[73]

---

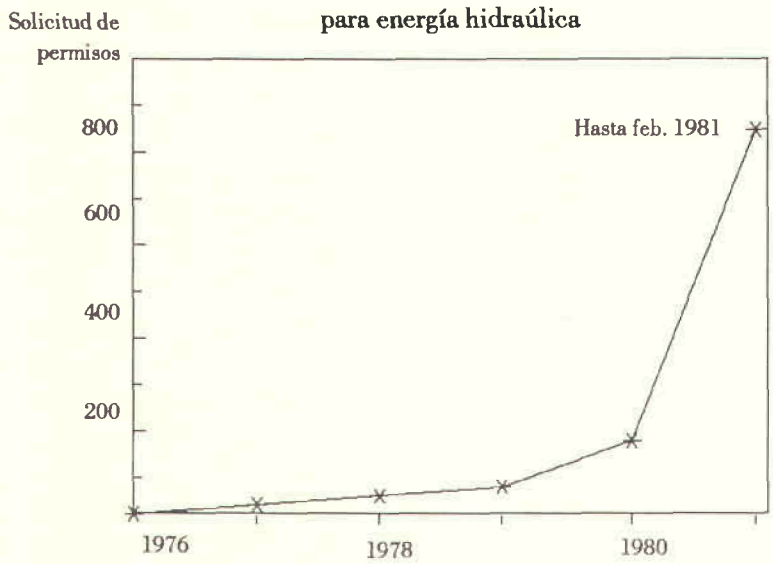
[71] Bruce Palmer Smith, "Power from Yesterday's Dams," *Environment*, noviembre de 1978.

[72] New England River Basins Commission, "Potential for Hydropower Development at Existing Dams in the Northeast," *Physical and Economic Findings and Methods*, Vol. I, Boston, enero de 1980.

[73] Para un análisis de las barreras institucionales a la reconstrucción de pequeñas presas, véase Peter Brown, "Federal Legal Obstacles and Incentives to the Development of the Small Scale Hydroelectric Potential of the Nineteen Northeastern United States," Energy Law Institute, Concord, N.H., 1979; para un resumen de los programas gubernamentales para las pequeñas presas, véase General Accounting Office, "Hydropower-Energy Source Whose Time Has Come-Again."

El estímulo más eficaz del gobierno estadounidense para el desarrollo de pequeñas presas es la sección sobre el "productor de energía limitada" contenida en la Ley Normativa sobre los Servicios Públicos (Public Utility Regulatory Policies Act) de 1978. Las instalaciones privadas deben comprar la energía eléctrica a los pequeños productores, y pagarles una tarifa equivalente al "costo incrementado" de la instalación –en la mayoría de los casos, lo que esa planta debería pagar si instalara nueva capacidad nuclear o de carbón. Esto ya tiene un fuerte impacto en la economía en pequeña escala de las tecnologías de fuentes renovables de energía. Por primera vez, los ejecutivos de las plantas se ven obligados a comparar los costos de estos sistemas con los de grandes centrales eléctricas.[74]

Figura 2: Solicitud de licencias federales para energía hidraúlica




Fuente: U.S. Dept. of Energy

[74] Para un análisis de la sección sobre productores de energía limitada de la Public Utility Regulatory Policy Act de 1978, véase Reinier H.J.H. Lock, "Encouraging Decentralized Generation of Electricity: Implementation of the New Statutory Scheme," *Solar Law Reporter*, noviembre/diciembre de 1980.

Estas iniciativas institucionales se han combinado con el alza en los precios del petróleo, para iniciar un *boom* en el desarrollo de pequeñas presas. Al enfrentarse con poca capacidad para satisfacer la demanda y costos cada vez más altos de inmensas plantas nucleares y de carbón, algunas plantas importantes como la California Edison, New England Electric y la New York Power Authority cada vez recurren más a las pequeñas presas. Les resulta conveniente porque la demanda de electricidad crece con tal lentitud que la producción de grandes unidades de energía térmica no se aprovecha en su totalidad, y esto las obliga a parar las plantas, con el consiguiente costo. El número de solicitudes de permiso para producir energía –un buen indicador del desarrollo hidroeléctrico– se ha disparado de manera sorprendente en los últimos cinco años (véase la Figura 2).[75]

Pese a que la atención del público se ha enfocado en la actualidad en la renovación de pequeñas presas abandonadas, algunas presas medianas y grandes que nunca se han utilizado para ese propósito –la mayoría propiedad del gobierno federal– generan incluso más energía. Las tarifas en ascenso han vuelto económica la generación de energía en muchas presas de irrigación y para controlar inundaciones. También en este caso hay gran variación en las estimaciones, pero cifras conservadoras indican que hay unos 44 mil megawats disponibles. Este enorme potencial permanecerá desaprovechado a menos que el gobierno federal supere la presente austeridad y decida invertir en presas públicas a prueba de inflación. Resulta irónico que el gobierno de Estados Unidos construya a pasos acelerados grandes presas que provocan desajustes ecológicos, cuando hay tanta energía desaprovechada en las existentes.[76]

Estados Unidos puede aprender de otros países que han podido desarrollar con éxito sus escasos recursos hidroeléctricos. Si Francia –con una sola planta del gobierno, en un país muy centralizado– no es un modelo suficientemente realista, Canadá cuenta con un sistema de permisos de "un paso" que podría adaptarse para preservar las fórmulas y procedimientos que tanto complacen a los norteamericanos,

[75] "Southern California Edison Moves Toward Renewable Energy," *Solar Law Reporter*, enero/febrero de 1981; "New England Eiectric System: Embracing the Conservation Ethic," *Business Week*, 10 de diciembre de 1979; New York State's Small Hydropower Development Program-A Status Report," New York State Energy Research and Development Authority, Albany, N.Y., s/f.

[76] Instituto de Investigaciones en Energía Solar, "Hydroelectric Power," Apendice c de la Camara de Diputados, Comité sobre Energía y Comercio, Building a Sustainable Future, Committee Print, abril de 1981; U.S. General Accounting Office, Non-Federal Development of Hydroelectric Resources at Federal Dams-Need to Establish a Clear Federal Policy, Washington, D.C., septiembre de 1980.

y para eliminar retrasos y duplicidades. A menos que el gobierno federal recobre su liderazgo tradicional en el desarrollo de la energía hidráulica, perderá su oportunidad de expandir la producción de energía hidroeléctrica.[77]

También existen oportunidades para impulsar la contribución de la energía hidráulica a los presupuestos nacionales de energía en presas que ya están en operación. El elevado costo de combustibles alternativos, así como los avances tecnológicos en las turbinas, ofrecen una gran oportunidad de mejorar la capacidad de las presas para generar energía. Por ejemplo, en la presa Grand Coulée, en el río Columbia, en Estados Unidos, se instaló un generador más eficiente –que antes resultaba antieconómico. Además existe el proyecto de instalar dos generadores adicionales de 700 megawats cada uno. La renovación y mejoramiento de presas también se ha extendido en Europa. Suiza podría incrementar su producción hidroeléctrica cerca del 20 por ciento si instalara turbinas y generadores modernos en sus presas, muchas de las cuales se construyeron hace siglos.[78]

Elevar las presas existentes también incrementaría la producción de energía. En la presa del lago Shasta, en California, la cortina podría elevarse otros 60 metros, lo que permitiría aumentar tres veces la capacidad del lago, que ya contiene el equivalente al 10 por ciento del agua que se consume anualmente en ese estado. Un obstáculo importante para la factibilidad económica de elevar la presa es el costo de las propiedades circundantes en playas privadas, así como la reubicación de las personas que viven ahí.[79]

En regiones donde se han aprovechado los mejores sitios y donde abundan plantas de energía geotérmica, el valor de las instalaciones hidroeléctricas puede aumentarse añadiendo lo que se conoce como capacidad de almacenamiento peaking and pumped. Como la demanda de electricidad no es constante durante todo el año, o incluso durante todo un día, podrían establecerse periodos de descanso por temporadas o días, de acuerdo con la mayor o menor demanda. Como el agua de las presas puede utilizarse en

[77] Para un análisis de la excesiva centralización en la planificación de energía en Francia, véase N. J, D. Lucas, *Energy in France: Planning, Politics and Policy*, Londres, Europa Publications Ltd., 1979; para una comparación entre las reglamentaciones de Etados Unidos y Canada, véase Peter Brown, "A Tale of Two Federal Systems: Canadian and American Law on Hydro Development," Energy Law Institute, Concord, N,H., 1979.

[78] Todd.Crowell, "Grand Coulee Dam: Growing, Changing Hydropower Giant," *Christian Science Monitor*, 27 de agosto de 1980; G. Weber et al,, "*Uprating Switzerland's Hydro Plants*," *Water Power and Dam Construction*, febrero de 1978.

[79] Gladwin Hill, "U.S. May Add 200 Feet to a California Dam," *New York Times*, 18 de enero de 1979.

cualquier momento, las plantas hidroeléctricas son una fuente ideal para generar energía en los periodos punta. Adaptar una planta hidroeléctrica para que genere energía en los periodos punta requiere de la instalación de turbinas adicionales, que no se usan la mayor parte del tiempo. Por lo tanto, esta adaptación paradójicamente reduce la producción total, e incrementa el valor de la energía producida.[80]

Las plantas de almacenamiento para bombeo aprovechan los periodos-valle de energía de plantas nucleares y de carbón en continua operación para bombear agua hacia la parte superior de la presa. En los periodos de mayor demanda, el agua se libera para que regrese río abajo a través de las turbinas, que recuperan dos tercios de la energía utilizada para el bombeo. A nivel mundial, se generan cerca de 37 mil megawats en estas instalaciones almacenadoras de energía, sobre todo en Estados Unidos, Europa, la Unión Soviética y Japón. La conversión de plantas hidroeléctricas en unidades de almacenamiento para bombeo o peaking puede combinarse con el desarrollo de otros sistemas de energía renovable intermitente, como la energía eólica, fotovoltaica y la energía térmica solar.[81]

En países con políticas definidas sobre energía hidroeléctrica, el único obstáculo es la inercia burocrática. Tanto la URSS, los países de Europa y sobre todo Estados Unidos, pueden resolver sus carencias de energía rehabilitando pequeñas presas. Existen la tecnología y los recursos económicos, y el alto precio del petróleo propicia un ambiente en el que la opción lógica es la energía hidroeléctrica. En Europa, donde ya se aprovecha la mayor parte de la energía hidroeléctrica, se ha demostrado la importancia de presas pequeñas y grandes. Sólo falta que el resto de los países industrializados tomen la actitud lógica de seguir ese ejemplo.

---

[80] Para información sobre el uso de las plantas hidroeléctricas para periodos punta, véase Gordon Thompson, "Hydroelectric power in the USA: Evolving to Meet New Needs," en *Solar Energy in Review*, Princeton, Nueva Jersey, y *Golden Colorado*, Center for Energy and Environmental Studies, Princeton University y Solar Energy Research Institute, en prensa.

[81] La cifra global del agua almacenada para bombeo es del Comité Preparatorio para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Fuentes de Energía Renovables, "Report of the Technical Panel"; para una discusión sobre el papel del almacenamiento para bombeo en sistemas de electricidad altamente desarrollados, véase A. M. Angelini, "The Role of Pumped-Storage in Western Europe," *Water Power and Dam Construction*, junio de 1980, y Orval Burton, "Hydro-power and Pumped Storage in the Northwest," *Energy and Water Resources*, Washington, D.C., Water Resources Research Institute, enero de 1977); para una discusión de las redes integradas de recursos renovables, véase "Agencies Study Solar-Hydro Integration," *Solar Law Reporter*, noviembre/diciembre de 1979, y N. Weyss, "Hybrid Solar and Hydro-Power for Austria," *Water Power and Dam Construction*, febrero de 1978.

## *Nuevas directrices*

En un mundo que padece agotamiento de recursos, contaminación y escasez de energía, la hidroelectricidad presenta muchas ventajas. Como opción de desarrollo, podría contribuir a generar en buena proporción la electricidad a nivel mundial al inicio del próximo siglo. Ciertos países –incluso algunos sumidos en la pobreza– podrían basar su economía en la energía aprovechada de las caídas de agua. Desafortunadamente, ni países pobres ni ricos, toman en cuenta las ventajas de los recursos hidráulicos del mundo para el uso actual del agua o para sus proyectos de desarrollo. Es imperativo contar con nuevas directrices.

Para utilizar mejor sus abundantes recursos hidráulicos, los países en desarrollo deberían seguir la estrategia de China de "caminar sobre ambos pies", construyendo presas grandes y pequeñas, ya que por lo general parecen desconocer el equilibrio de los dos enfoques. Las recientes iniciativas de aprovechar la energía hidráulica en pequeña escala en unos cuantos países permiten albergar esperanzas de que seguirán el camino que China ha transitado con tanto éxito, al movilizar la acción desde el nivel poblado y proporcionar recursos del gobierno a grupos locales. Sin embargo, muchos gobernantes del Tercer Mundo ignoran las consecuencias ecológicas y sociales de los grandes proyectos, y han caído en la tentación de construir grandes complejos hidroeléctricos, que les dan prestigio, en vez de atender las necesidades básicas del pueblo. Se necesitan gobernantes capaces de impulsar las iniciativas locales y dispuestos a permitir a los grupos locales tener el control de los recursos.

Los organismos internacionales por lo general apoyan la construcción de grandes presas, cuyas fórmulas de costo-beneficio casi nunca muestran los costos intangibles de estos proyectos, ni los beneficios no cuantificables de las pequeñas presas. Su estrecha visión, centrada en dólares y centavos, provoca serias distorsiones en países donde las mayorías están al margen de la economía nacional. Los fondos del exterior para proyectos que sólo visten políticamente y que generan energía barata para empresas multinacionales ofrecen mayores beneficios al donador que al receptor. Si se espera que las grandes presas –con tan alto costo desde el punto de vista humano– beneficien a los países de escasos recursos, la energía generada debería responder a sus metas de desarrollo nacional, más que a los lineamientos impuestos por los grandes consumidores de energía de otros países.

En vista de los problemas ecológicos, sociales y de justicia que subyacen a la construcción de grandes proyectos, los planificadores deberían considerar la asignación de fondos para reforestación, control de la erosión, erradicación del caracol y reubicación de personas desplazadas. A menos que se adopten medidas de desarrollo más amplias, los beneficios de los proyectos hidroeléctricos seguirán siendo a costa del ambiente y de los grupos más pobres de los países en desarrollo. Si no se toman en cuenta los grupos autóctonos y las especies en peligro de extinción, sólo por la sencilla razón de que carecen de fuerza y capacidad económica, el precio de desarrollar la energía será la pérdida de la diversidad cultural y genética.

Para varios países del Tercer Mundo –sobre todo China– el problema no consiste tanto en la distorsión del desarrollo provocada por fuerzas externas, como en la incapacidad de captar las enormes cantidades de capital para la construcción de grandes presas. Los tecnócratas brasileños han endeudado al país para construir grandes desarrollos hidroeléctricos, mientras los habitantes rurales permanecen en el mayor de los abandonos. Al intentar participar en la economía mundial, China prefirió concentrarse en proyectos en pequeña escala que respondan mejor a las necesidades de la inmensa población rural. Si sus reservas de crudo le permiten obtener el capital necesario, el gobierno podrá construir más presas y convertir al país en el primero que cuente con un programa equilibrado de energía hidroeléctrica. Es una lástima que países en donde los bancos internacionales han detectado mayores posibilidades hidroeléctricas sean políticamente inestables, como es el caso de Zaire, o no tengan bien definidos sus derechos sobre el agua, como Indochina, ya que esto les impedirá obtener capital del extranjero. Por lo tanto,

es de especial importancia que sus gobiernos reanuden proyectos en pequeña escala que les permitan aprovechar los recursos locales.[82]

Los países industrializados también deben seguir nuevas directrices; organismos internacionales para el desarrollo hidráulico, como el Cuerpo de Ingenieros Navales de Estados Unidos, parecen inclinarse por la construcción de nuevas presas, que en su mayoría pasarán a ser elefantes blancos de la economía o de la ecología. Sería mejor que asignaran sus recursos al aprovechamiento del agua de presas poco usadas o abandonadas, muchas de las cuales son propiedad del gobierno y están administradas por los mismos organismos que muestran gran interés en inundar nuevas tierras. Los gobiernos no deberían desechar la oportunidad de realizar proyectos hidroeléctricos importantes en regiones lejanas de Alaska, el norte de Canadá y Siberia, sólo porque los beneficios se observarán a largo plazo y el presupuesto es escaso. Como se ha demostrado en Quebec, el proyecto visionario de una época puede convertirse en la base económica de la siguiente.

Es más importante aprovechar la energía barata de las fuentes actuales que crear nuevas. Muchos institutos de investigación hidráulica en países industrializados se instituyeron para atacar problemas que ya están resueltos y que deberían ser poco prioritarios. La discrepancia entre las necesidades reales y la política es especialmente marcada en países que cuentan con dos empresas importantes. Por ejemplo, en Estados Unidos, el programa federal hidroeléctrico no se ha modificado mucho desde que el *New Deal* de Roosevelt considerara la construcción de presas y el desarrollo regional y la electrificación del campo como prioridades nacionales. Poco ha cambiado desde que se creó el Tennessee Valley Authority, desde que se inició la explotación de los ríos Columbia y Colorado, o desde que se modificó la Ley Federal de Energía para garantizar el acceso del público a la energía barata generada en presas de propiedad federal. En la URSS, el desarrollo hidroeléctrico tuvo metas e instituciones similares. Estas iniciativas tuvieron un éxito espectacular al impulsar el crecimiento económico regional y proporcionar electricidad a bajo costo a las zonas rurales. Su éxito desvió la atención de la pregunta que dominaba los debates políticos sobre energía durante los años

[82] Para una discusión sobre el problema de divisas en el desarrollo hidroeléctrico de China, véase CIA, Electric Power for China's Modernization", "Africa could Install 15,000 MW Hydro Capacity in 1980s", World Water, agosto de 1980.

treinta: ¿quién debe tener acceso a la energía hidroeléctrica a bajo costo? Sin embargo, los nuevos acontecimientos y oportunidades hacen que la pregunta vuelva a tener prioridad en la agenda de políticas energéticas.

Tanto en Estados Unidos como en la Unión Soviética, los costos y ubicación de las plantas no se vieron afectados por la revolución que sacudió el mercado mundial de energía en los años setenta. La energía hidroeléctrica es la única que no se ha elevado con rapidez desde el embargo petrolero. Entre 1970 y 1975, el precio del carbón se cuadruplicó, el del uranio se incrementó ocho veces y el del petróleo diez. Los países con reservas de estos combustibles obtuvieron ingresos impresionantes ante la explosión de precios de petróleo decretada por la OPEP. Sólo los propietarios de las instalaciones hidroeléctricas –el gobierno– no tuvieron utilidades. En tanto que el precio del petróleo, carbón y uranio se fijaron de acuerdo con el precio del crudo importado, los costos de la energía hidroeléctrica siguieron reflejando su costo de producción –la operación de las presas más los intereses sobre los préstamos obtenidos hace años, factores que no se han elevado demasiado.[83]

El bajo costo de la energía hidroeléctrica en tiempos de fuertes alzas en los energéticos ha fomentado el dispendio entre los consumidores, creando una demanda voraz de electricidad. Pero es importante recordar que la mejor inversión en energía es la conservación, y no la producción. Los bajos precios y la excesiva demanda han provocado serios problemas en la Bonneville Power Authority, organismo gubernamental que vende energía hidroeléctrica generada en el río Columbia, en la zona noroccidental del Pacífico. En Washington y Oregon, donde los precios de la energía eléctrica representan la octava parte de los de petróleo o energía nuclear, sus habitantes consumen cinco veces más electricidad per cápita que los neoyorquinos. El costo de las plantas nucleares que se construyen para satisfacer las crecientes demandas de electricidad de la zona, ya han excedido su presupuesto en más del costo de todas las presas federales del río Columbia.[84]

Como los precios son tan bajos, la industria del aluminio –que consume energía en grandes cantidades– no tiene incentivos para volverse más eficiente. Si

[83] Para las cifras de los diversos combustibles, véase U.S. Department of Energy, Annual Report to Congress 1978, Washington, D.C., 1980.

[84] Dan Morgan, "Pacific Northwest Faces Kilowatt Crisis," *Washington Post*, 28 de octubre de 1979; Lee y Klemka, *Electric Power and the Future of the Pacific Northwest*; U.S. General Accounting Office, "Region at the Crossroads - The Pacific Northwest Searches for New Sources of Electric Energy," Washington, D.C., agosto de 1978.

la energía hidroeléctrica generada en presas de propiedad federal se vendiera a precio real, la gente conservaría o utilizaría madera, o colectores solares, y las empresas del sector público no tendrían que construir grandes plantas nucleares; de esta manera, el gobierno podría financiar el desarrollo de fuentes renovables de energía.

En la Unión Soviética –que le sigue a Estados Unidos en generación de energía hidroeléctrica– los problemas de consumo excesivo, desperdicio y escasez, exacerbados por los ridículos precios, son especialmente agudos. Acostumbrada al bajísimo costo de la energía y a los subvaluados combustibles fósiles, la industria soviética es mucho menos eficiente que su ineficiente contraparte occidental. El reciente plan quinquenal del gobierno asigna máxima prioridad a la eliminación del desperdicio –meta difícil de conseguir a menos que los líderes fijen precios más reales a los combustibles y a la electricidad. Aunque el trasfondo ideológico del desperdicio de los recursos naturales en la Unión Soviética es el rechazo del sistema a determinar impuestos y asignar costos marginales a los recursos, la resistencia de los consumidores a precios más reales debería ser menos problemático que en Estados Unidos, debido a la centralización de la economía soviética.[85]

El precio de la energía hidroeléctrica debería reflejar la nueva era en la que se adentra el mundo. Ya se han logrado en buena medida la electrificación del campo y el desarrollo regional, por lo que el acceso a energía barata, subsidiada por el gobierno, debería vincularse a metas más importantes. Si la energía se vendiera al precio marginal de la electricidad –varia veces su precio actual– podrían obtenerse fondos para la conversión hacia un sistema sustentable de energía, y alentar la conservación entre los consumidores. Otra posibilidad es que al no poder pagar las altas tarifas, los consumidores tomen la iniciativa de fomentar la conservación y desarrollar fuentes renovables de energía. Los precios subvaluados para la industria del aluminio deberían compensarse con estrictas metas de conservación y reciclaje. Las recaudaciones adicionales que obtendría el gobierno podrían financiar un mayor desarrollo hidráulico y la construcción de plantas solares, así como medidas para la conservación. De esta manera, a través de un enfoque socialmente constructivo, la energía hidroeléctrica a bajo costo, generada por las presas existentes podría servir de puente hacia una economía sustentable.[86]

---

[85] Para información sobre la eficiencia en el uso de energía en la URSS y la política de precios, véase Marshall I. Goldman, "*Energy Policy in the Soviet Union and China*," en Landsberg,*Selected Studies on Energy*.

[86] Para una discusión sobre propuestas similares, véase Ralph Cavanagh et al., *Choosing an Electrical Energy Future for the Pacific Northwest: An Alternative Scenario*, San Francisco, California, Natural Resources Defense Council, agosto de 1980.

Pese a que tales políticas serían radicalmente opuestas a las actuales, no requerirían de la creación de nuevas instituciones, sobre todo en Estados Unidos. Los agonizantes e inútiles organismos creados en los años treinta para electrificar el campo en Estados Unidos y para dirigir el desarrollo regional bien podrían asumir las dirección del desarrollo de la energía en el país. El Tennessee Valley Authority ha dado algunos pasos en este sentido, al financiar empréstitos para estufas de madera, aislamiento de las casas e instalación de colectores solares. Por otra parte, las cooperativas rurales para la electriciad, que cuentan con una larga tradición de autoayuda y control de la comunidad, son el medio más eficaz para lograr una política de energía renovable.[87]

Si Estados Unidos desarrollara su importante potencial hidroeléctrico en Alaska, e impusiera tarifas más altas a la electricidad en regiones establecidas que ahora dependen de la energía barata, se lograría el desarrollo regional de la costa noroccidental y de Alaska; en Alaska –donde hay escasez de empleo- se crearían trabajos, y en el noroeste se evitaría la construcción de costosas plantas nucleares y de combustibles fósiles. Al desarrollar la energía hidráulica en una región periférica y revisar los precios en una zona de economía avanzada, Estados Unidos podría evitar la creciente dependencia de las fundidoras de aluminio del extranjero.

Determinar un esquema real de precios para la energía en los países industrializados transformaría los proyectos para el desarrollo hidráulico en las regiones más pobres del orbe, haciendo más atractiva la producción de aluminio en zonas alejadas para las compañías y, por lo tanto, para las instituciones financieras. En la medida en que la industria del aluminio se desplace a regiones con potencial hidroeléctrico cada vez más alejadas, el precio del aluminio se elevaría gradualmente hasta reflejar los costos reales, lo que a su vez estimularía el reciclaje. Con el tiempo, una pequeña fundidora de aluminio, ubicada en zonas remotas, lograría el equilibrio y, mientras tanto, muchas regiones florecerían bajo una economía sustentable basada en la energía hidroeléctrica.

El creciente uso de los recursos de agua del planeta presenta beneficios de tipo político para la comunidad de naciones. Al transformar a muchos países pobres en

[87] S. David Freeman, "After the Joy Ride," The Futurist, diciembre de 1980; "TVA Moves Along Solar Path," *Solar Law Reporter*, noviembre/diciembre de 1979; U.S, General Accounting Office, "Electric Energy Options Hold Great promise for the Tennessee Valley Authority," Washington, D.C, 29 de noviembre de 1978; para un análisis de las cooperativas rurales de electricidad, véase Jack Doyle, *Lines Across the Land-Rural Electric Cooperatives: The Changing Politics of Energy in Rural America*, Washington, D.C., Environmental Policy Institute; 1979.

ticipantes de la economía mundial, la energía hidroeléctrica puede reducir las grandes disparidades en riqueza, que provocan las actuales tensiones. Un mundo con cientos de miles de pequeñas presas sería más descentralizado, lo que impulsaría la autosuficiencia a nivel local y reduciría los cada vez más inmanejables y sobrecentralizados sistemas de energía. Al impulsar el bienestar de países vecinos, el desarrollo de la energía hidroeléctrica en aguas internacionales ayudaría a reducir los conflictos regionales. Pero el logro de estos beneficios políticos requiere de un nuevo enfoque de la energía hidroeléctrica a todos los niveles institucionales: comunidades, países, bancos internacionales y empresas multinacionales.

El desarrollo hidroeléctrico tendrá un impacto a largo plazo en el medio ambiente, así como en la economía mundial. En los países en desarrollo, la necesidad de proteger costosas presas de la sedimentación obligará a las élites urbanas e industriales a tomar más en cuenta la erosión del suelo y la deforestación provocada por la creciente necesidad de leña de los habitantes rurales. En el mundo industrializado, el uso razonado y la expansión selectiva de plantas hidroeléctricas reducirá la necesidad de construir más plantas de carbón y nucleares, que son una amenaza para el ambiente.

El esfuerzo concertado por desarrollar los recursos hidráulicos del planeta permite abrir vías para lograr un suministro sustentable de energía, apoyar proyectos en los países más pobres y proporcionar una fuente no contaminante de energía, tan necesaria en estos momentos en que la era del petróleo toca a su fin. Quizá lo más importante es que la energía hidráulica permite ver hacia el futuro. Cada barril de petróleo que se consume representa uno menos para la siguiente generación, pero cada nueva planta hidroeléctrica aumenta el suministro de energía para las generaciones futuras. Las barreras para extender el desarrollo hidroeléctrico son el conflicto internacional, el acceso desigual a los recursos financieros y la orientación equivocada de los organismos gubernamentales. Sin embargo, tanto en países ricos como pobres, los raudales de energía superan estos escollos.

*Raudales de energía, el potencial de la energía hidroeléctrica*, se terminó de imprimir en el mes de julio de 1991 en Talleres Gráficos de la Nación, Av. Canal del Norte 80, México, D.F. La edición consta de 1,000 ejemplares y su cuidado estuvo a cargo de la Subdirección Editorial del IMTA.