

# CONCEPTOS BASICOS PARA PLANIFICAR LA EXPLOTACION HIDRAULICA <sup>1</sup>

Prof. Irving K. Fox <sup>2</sup>

*Los recursos hidráulicos pueden representar un bien de primera importancia para la sociedad. Aunque la cantidad de agua que se requiere para el uso doméstico de una población es relativamente modesta, la abundancia de agua ofrece una oportunidad de prestar una serie de servicios importantes para el bienestar. Si los ríos y lagos son navegables, el transporte de pasajeros y de carga pesada puede efectuarse a menor costo; los sistemas de riego aumentan la productividad agrícola y, finalmente, la prosperidad de algunas industrias depende de la disponibilidad de agua en grandes cantidades a un costo relativamente bajo.*

Venezuela está dotada de importantes fuentes de agua, y ha emprendido grandes proyectos—tales como el de la Guayana—en el que se explota y se aprovecha este recurso natural con ingenio. Este seminario tiene como fin intercambiar ideas sobre la naturaleza de los problemas relacionados con la explotación y aprovechamiento de los recursos hidráulicos, y ampliar nuestros conocimientos sobre la mejor manera de administrar estos recursos para atender a las necesidades de la sociedad. Al examinar los conceptos básicos de la planificación del aprovechamiento de los recursos hidráulicos, las observaciones que se formulan se derivan principalmente de la experiencia obtenida en los Estados Unidos. No obstante, se trata de relacionar esta experiencia con las cuestiones con que se enfrenta Venezuela.

En primer lugar, se quisiera destacar la importancia de una minuciosa planificación del aprovechamiento de los recursos hidráulicos. Además de la considerable contribución que esos recursos pueden aportar al bienestar de una nación, se deben men-

cionar cuatro factores que ponen de relieve la conveniencia de planificar con detenimiento y acierto.

Primero, la explotación y administración del agua encierra fenómenos complejos. Las características físicas de este recurso, sus relaciones con el terreno y con las actividades económicas constituyen una intrincada serie de vínculos. Para determinar las consecuencias de la acción que se seleccione a este respecto es indispensable un minucioso estudio y análisis.

Segundo, los importantes programas de explotación de agua suelen requerir considerables inversiones de capital. Si este escasea, como ocurre en la mayoría de los países, una inversión improductiva en recursos hidráulicos impide la utilización de este capital en empresas más provechosas, lo que puede redundar en perjuicio de la economía del país.

Tercero, un programa de explotación de recursos hidráulicos que resulte improductivo puede tener graves consecuencias sociales. En los Estados Unidos se han observado desastrosas consecuencias económicas para los agricultores establecidos en tierras en que los proyectos de riego estaban mal diseñados y se han experimentado inunda-

<sup>1</sup> Trabajo presentado en el Seminario sobre el Desarrollo de los Recursos Hidráulicos, celebrado en Maracaibo, Venezuela, del 11 al 16 de febrero de 1968.

<sup>2</sup> Del Centro de Recursos Hidráulicos, Universidad de Wisconsin, Madison, Wisconsin.

ciones de poblados que se suponían protegidos contra este peligro.

Cuarto, las decisiones sobre la explotación del agua son con frecuencia irrevocables. Una vez que se construye una represa y se inunda un valle es imposible restablecer las condiciones anteriormente existentes en la zona. Y aunque se reconozca el error, no se puede volver al estado anterior.

Teniendo presente estas consideraciones, se puede pasar a examinar las características físicas y económicas de los recursos hidráulicos que se relacionan con los conceptos fundamentales de la planificación.

#### **Características físicas y económicas de los recursos hidráulicos**

Hay ciertas características físicas de los recursos hidráulicos que determinan la manera en que pueden ser utilizados con más ventajas económicas, características que indican, a su vez, cómo debe procederse a la planificación y a la explotación. En concreto, se toman en consideración seis características físicas y económicas interrelacionadas.

#### *Movimiento continuo de todos los recursos hidráulicos*

El hecho de que el agua (con contadas excepciones) esté en constante movimiento tiene repercusiones de gran alcance para la manera en que se explota y se aprovecha. Ello significa que la disponibilidad de agua en una localidad específica en el curso del tiempo está determinada por el gasto de entrada y salida de la localidad. Significa también que la explotación y aprovechamiento del agua en un lugar puede tener grandes consecuencias prácticas para su uso en otras localidades afines. Los economistas denominan a estos efectos sobrantes "exterioridades", los que son evidentes en casi todo potencial hidroeléctrico. Por ejemplo, la represa de "Hungry Horse", en la cuenca del río Columbia, produce 212,000 kilovatios en el lugar en que está situada. Sin

embargo, aumenta la producción en 628,000 kilovatios en las localidades río abajo, o sea casi el 300 por ciento de la anterior.<sup>3</sup> Por el contrario, estos efectos externos, en lugar de ser beneficiosos, pueden resultar costosos. El mejor ejemplo de ello es la contaminación del agua. Los efluentes residuales de un lugar pueden imponer costos a otros situados río abajo. La extracción de agua de una capa acuífera en un lugar puede disminuir el nivel del agua y aumentar los costos de bombeo de los pozos contiguos.

#### *Disponibilidad variable de agua en un lugar determinado*

Este factor es muy digno de consideración con respecto al caudal de las corrientes que puede aumentar hasta una proporción 40 ó 50 veces mayor que el promedio y disminuir a un escaso porcentaje de este, si bien el restablecimiento de las capas de agua subterránea varía de un año a otro y el nivel de los lagos puede cambiar notablemente de vez en cuando. Aunque puede predecirse con precisión razonable la cantidad de agua disponible durante varios años, no se puede pronosticar con la misma exactitud la que estará disponible durante breves períodos, lo cual reviste mucha importancia en el diseño de instalaciones hidráulicas, tales como embalses o diques, y significa también que las personas particulares tendrían con frecuencia gran dificultad para percibir la posibilidad de inundaciones o sequías catastróficas. Así pues, las posibilidades de obtener agua están sujetas a considerables eventualidades.

#### *Interdependencia entre los usos del agua que permiten diseños para varios propósitos*

Por la propia naturaleza de los recursos hidráulicos y los diferentes usos que permite una misma fuente, se puede obtener una serie de servicios de un determinado sistema

<sup>3</sup> John V. Krutilla y Otto Eckstein. *Multiple purpose river development*. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1958, pág. 62.

o de una instalación hidráulica. Estas oportunidades deben ser tenidas en consideración para obtener los máximos beneficios de las inversiones en recursos hidráulicos.

*Servicios de agua que no pueden dividirse en pequeñas unidades de explotación*

El mejor ejemplo de este caso es el control de las inundaciones. Raramente resulta económico ofrecer protección contra las inundaciones a una pequeña propiedad. Un embalse puede disminuir los daños en todo el curso de un río y, para reducir al mínimo el costo por hectárea de tierra protegida, es preciso, normalmente, diseñar un dique para una extensión considerable de terreno.

*Tamaño de las instalaciones que supone economías*

Por lo común, el costo por metro cúbico del almacenamiento es menor en un embalse grande que en uno de menor tamaño del mismo lugar. De manera análoga, los grandes canales y acueductos suelen ser menos costosos por unidad de capacidad que los más pequeños. Por consiguiente, al diseñar instalaciones de agua es importante que las construcciones sean lo suficientemente grandes para aprovechar las ventajas económicas del tamaño sin exceder de un límite en que puedan perderse esas ventajas.

*Tendencia de los proyectos de explotación a la densidad de capital*

El costo de funcionamiento de grandes represas, embalses, diques, mejoramiento de canales, instalaciones de energía hidroeléctrica, acequias, etc., requiere fuertes inversiones de capital. Y, como ya se ha indicado, el costo de capital es un importante factor que debe tenerse en consideración al determinar si merece la pena invertir en un proyecto de recursos hidráulicos.

Las seis características físicas y económicas enumeradas constituyen una importante serie de factores que hay que tener

presentes en la planificación de un programa de explotación hidráulica. Pero hay que considerar también lo que podría denominarse el ambiente de política de la planificación.

**Ambiente político de la planificación**

La planificación de los recursos hidráulicos no es simplemente una actividad técnica. Si bien para la preparación de planes adecuados son indispensables los conocimientos de ingeniería, economía y otras ciencias, el planificador de los recursos hidráulicos debe reconocer que actúa como uno de los elementos de un proceso político administrativo en el que los análisis y datos técnicos se traducen en decisiones de acción de la sociedad a la que presta servicio. La planificación no consiste en preparar un informe. Es un proceso a través del cual unas personas técnicamente capacitadas conocen las aspiraciones de la sociedad a que pertenecen y establecen programas para convertirlas en realidad.

Ello significa que las personas que se dedican a la planificación de los recursos hidráulicos deben poseer sensibilidad al ambiente político en que prestan servicio. No debe interpretarse esta afirmación en el sentido de que dichos especialistas participen en la política, sino que, por el contrario, deben enfrentarse seriamente con dos cuestiones fundamentales de política.

La primera, y más importante es que deben tratar de comprender las metas a que aspira la sociedad mediante los programas de explotación de recursos hidráulicos. Tal vez esta cuestión parezca relativamente sencilla, por no decir ingenua. Sin embargo, plantea casi invariablemente un problema difícil. La explotación de los recursos hidráulicos puede contribuir a una serie de objetivos sociales distintos que, en alguna medida, pueden ser contradictorios. Por ejemplo, en los Estados Unidos, los programas de recursos hidráulicos suelen evaluarse en función de su contribución a

la productividad de la economía nacional. Es decir, el valor de un programa se basa en su aportación al producto nacional bruto en comparación con la contribución que podría hacerse con otra inversión de los mismos recursos de capital y mano de obra. Un programa destinado a aumentar al máximo el producto nacional bruto podría ser esencialmente distinto de otro encaminado a fomentar la colonización de una zona o a favorecer el bienestar económico de una región particular de un país.

La experiencia de los Estados Unidos y algunas observaciones sobre otros países sugieren firmemente que ninguna sociedad mantiene un solo criterio en cuanto a los objetivos que trata de alcanzar con los programas de aprovechamiento del agua. Algunos de los miembros pueden estar interesados en la eficacia económica, otros en el desarrollo de una determinada región y, todavía, otros en el aumento de oportunidades de empleo, y así sucesivamente. Ahora bien, el valor de un plan solo puede medirse en función de la proporción en que logra alcanzar objetivos especificados. En ausencia de objetivos no puede haber rigor en el proceso de planificación. Así, pues, el planificador debe decidir cuáles son los objetivos pertinentes al problema de la planificación que él trata de resolver y en qué medida un objetivo puede ser impedido o limitado por otros.

En segundo lugar, el planificador debe percibir la manera en que la planificación de los recursos hidráulicos se ajusta al proceso que se suele seguir en las decisiones sobre la utilización del agua. Las decisiones a este respecto, en casi todas las sociedades, corresponden a personas particulares y a organizaciones e instituciones públicas. Uno de los factores que interesan al planificador es la actitud de los sectores público y privado: cuáles son los elementos que influyen en su conducta y cómo podría modificarse su actitud. Por consiguiente, el planificador debe tratar de conocer la

estructura legal y la política que decide cómo deben actuar las instituciones de abastecimiento de agua, porque la estructura institucional determinará en gran parte los resultados de los programas y de la explotación hidráulica.

Además, puesto que los objetivos con frecuencia no se definen claramente y las aspiraciones de los individuos son distintas, debe mantenerse una comunicación frecuente durante el proceso de planificación entre los que representan a la sociedad en las decisiones finales y los que diseñan los programas. El proceso de tomar decisiones varía de una cultura a otra. En los Estados Unidos, hay una serie de factores que influyen en las decisiones del gobierno sobre un aspecto determinado como, por ejemplo, los recursos hidráulicos. En efecto, interviene una compleja serie de relaciones entre grupos de ciudadanos particulares, dependencias gubernamentales y cuerpos legislativos, gobernadores de estados y el Presidente. Aunque la serie de relaciones que determinan las decisiones en Venezuela es esencialmente distinta de la de los Estados Unidos debido a su historia, condiciones geográficas y organización gubernamental, queda en pie el hecho que el planificador debe conocer, de la manera mejor posible, la influencia de estas relaciones en la sociedad a la que presta servicio, a fin de que pueda intercambiar ideas con las personas que tomarán la decisión final en los programas de explotación hidráulica que está planificando.

### Conceptos básicos de la planificación

Las características físicas y económicas de los recursos hidráulicos y el ambiente de política en que se efectúa la planificación indica los conceptos fundamentales en que debe basarse la planificación eficaz de los recursos hidráulicos. Estos conceptos podrían clasificarse de muchas maneras, pero se ha preferido seleccionar diez de ellos, cada uno de los cuales merece un comentario breve.

### *La acción gubernamental como elemento esencial de la administración eficaz de los recursos hidráulicos*

La medida en que el gobierno interviene en la ejecución de actividades económicas, como la prestación de servicios de agua, varía según las sociedades. No obstante, la administración del servicio de agua requiere una considerable participación de parte del público, a fin de obtener el máximo beneficio de la explotación hidráulica. Esta necesidad se deriva de las características físicas y económicas de los recursos mencionados.

Los efectos externos del movimiento constante del agua obligan a tener en consideración los costos y beneficios externos en la construcción de unas instalaciones individuales. Normalmente se necesitará que el gobierno instale el sistema o regule las actividades de explotación de organizaciones privadas.

La mayoría de los programas de explotación hidráulica, puesto que encierran economías en gran escala, deben ser monopolios para que resulten eficaces. A falta de competencia, se requiere la acción gubernamental para regular el monopolio privado o para que el propio gobierno se haga cargo de la empresa.

Puesto que algunos servicios no pueden dividirse en unidades de compra y venta (como en el caso del control de inundaciones), el gobierno debe intervenir para que todos los individuos afectados participen en alguna clase de programa. Si algunos propietarios de bienes afectados por las inundaciones no desean participar, no se puede llevar a cabo eficazmente un programa de control al respecto.

La inseguridad relacionada con la disponibilidad de agua puede necesitar acción gubernamental. Puesto que es difícil para las personas particulares percibir las grandes inundaciones o las sequías extremas que pueden ocurrir, el gobierno puede considerar conveniente regular la utilización de terrenos

inundables y ofrecer algún tipo de seguro en caso de sequía extrema.

Por estas razones, la administración del agua reviste interés gubernamental, y la planificación general de los recursos hidráulicos se debe relacionar íntimamente con el gobierno.

### *La planificación como proceso creador*

Ya se ha indicado que la planificación de los recursos hidráulicos se concibe como el proceso en virtud del cual los datos y análisis técnicos se traducen en medios y maneras de convertir en realidad las aspiraciones de la sociedad. Se advirtió también que en casi toda sociedad los objetivos de los grupos y miembros pueden ser distintos e incluso contradictorios. Esta situación pone a prueba la facultad creadora del planificador en dos aspectos. En primer lugar, es un reto en el orden técnico, es decir, a su capacidad para concebir programas que contribuirán en la mayor medida posible a alcanzar un objetivo especificado. Esta capacidad ha sido siempre la característica más destacada del gran ingeniero. En segundo lugar, los diferentes objetivos a que aspira la sociedad exigen del planificador cierta ingeniosidad con respecto a las cuestiones sociales. Así, pues, la tarea consiste en encontrar una serie de medidas que logren conciliar a los diferentes objetivos y contribuir a su consecución. Estas medidas comprenden invariablemente las instalaciones, tales como represas, embalses, canales, etc., y la política (normas, reglamentos, impuestos, etc.) que ha de regir la utilización de los servicios de agua ofrecidos.

A este respecto se puede mencionar un ejemplo de los Estados Unidos. En la actualidad se están examinando los planes para aumentar el aprovechamiento de la cuenca del bajo río Colorado al suroeste del país. Se trata de una región seca con un suelo muy fértil que, con un sistema de riego, puede alcanzar una elevada producción agrícola. La agricultura existente en un

sector de esta región—Arizona central— está amenazada por la reducción del suministro de agua subterránea de la que depende. Si se pudiera obtener agua de riego a un precio lo suficientemente económico se podrían explotar otras tierras. La población y la industria de la zona crecen rápidamente, con la consecuente necesidad de un mayor suministro municipal e industrial. Al mismo tiempo, los suministros naturales de agua dulce en la región todavía disponibles son limitados y no pueden servir para todos los empleos concebibles del agua. Se podría aumentar el abastecimiento regional mediante la importación desde otras regiones o la desalinización del agua de mar y salobre, pero estas fuentes resultarían muy costosas.

Ante esta situación, la población afectada no sostiene el mismo criterio en cuanto a los objetivos que deben alcanzarse. En la opinión de algunos, el abastecimiento de agua a los campesinos amenazados por la disminución del suministro de agua debería recibir la máxima prioridad. Pero, debido a la distancia desde el río y la diferencia de elevación, esta obra resultaría costosa. Otros consideran que la limitada cantidad de agua disponible debería emplearse de forma que garantizara el mayor aumento posible del producto nacional bruto. Hay también los que se oponen a la construcción de otras represas en los cañones del Colorado que podrían formar parte de un sistema económicamente eficaz, porque estiman que estas obras afectarían a la belleza del río. Por último, están los que creen que la forma de resolver el problema regional sería la importación de grandes cantidades de agua, de regiones superabundantes, para todos los usos posibles.

Esta situación es un ejemplo de lo que se exige a la capacidad creadora del planificador de recursos hidráulicos. Indudablemente el planificador debe encontrar medios y maneras de conservar y aprovechar los suministros existentes y posibles de la forma más económica. Dada la complejidad

técnica de este aspecto y las numerosas fases que presenta, los conocimientos de muchas disciplinas deben aplicarse con imaginación y coordinación. Pero esta clase de problema exige también ingeniosidad por parte del planificador en lo que se refiere al aspecto social. En efecto, debe tratar de comprender los diferentes objetivos a que aspiran las personas y encontrar, mediante su proceso de planificación, un programa de acción que refleje un acuerdo entre los interesados en cuanto a la mejor orientación que debe seguirse. Precisamente en este aspecto es en el que la planificación de los recursos hidráulicos en los Estados Unidos ha tropezado con las dificultades más graves y es también en ese aspecto en el que la labor realizada es objeto de las mayores críticas.

#### *La región geográfica a los efectos de la administración del agua*

Entre muchas personas interesadas en los recursos hidráulicos, es artículo de fe el concepto que la cuenca hidrográfica debe constituir la región geográfica para la planificación de los recursos hidráulicos. Hay que reconocer que, a pesar de la considerable validez de esta idea, no debe seguirse al pie de la letra. Lo importante es que la zona geográfica para la planificación y administración de los recursos hidráulicos sea lo suficientemente extensa para tomar en cuenta, en el diseño y ejecución del programa de abastecimiento de agua, las importantes consecuencias externas—el efecto que una instalación ejerza sobre otra—y las economías en gran escala. Si la zona geográfica para la planificación es demasiado reducida no se podrán llevar a la práctica las posibles economías de las instalaciones en gran escala y quedarán excluidos de toda consideración ciertos costos y beneficios externos. Teóricamente, cualquier instalación que se construya en la cuenca de un río puede influir en el empleo de otra instalación y en los beneficios derivados de la misma. Pero no ocurre

siempre así. Un programa de aprovechamiento de agua subterránea generalmente influirá en el caudal de la corriente en algún punto del sistema hidrográfico, aunque a veces la influencia será tan pequeña que no necesitará tenerse en consideración. De manera análoga, en una importante cuenca hidrográfica, el tipo de demanda y utilización puede ser de tal naturaleza que las consecuencias externas del uso en un sector de la cuenca pueden resultar insignificantes en otro. Así pues, la apropiada planificación de los recursos hidráulicos requiere una definición de la zona geográfica como zona en que las consecuencias externas sean significativas.

La aplicación de este principio general tiene una serie de ramificaciones. A veces plantea un problema sencillo pero en otras no es fácil de resolver. El Río Grande, que nace en el estado de Colorado, corre a través de Nuevo México y separa a los Estados Unidos y México a lo largo del estado de Texas, pierde un considerable caudal después de Ciudad Juárez, México, y luego lo recupera aguas abajo. En este caso no cabe duda de que la cuenca del Río Grande puede dividirse en dos a los efectos de planificación y administración.

En comparación, el sistema hidrográfico del Misisipí que atraviesa todo el sector medio de los Estados Unidos plantea un problema más complicado. Entre sus importantes cuencas tributarias figuran las del Ohio y del Misurí, cada una de las cuales tiene importantes afluentes, como el río Tennessee que desemboca en el Ohio. En este caso, ¿cuál debería ser la unidad geográfica para la planificación y administración? Se ha demostrado, por ejemplo, que los embalses del Tennessee ejercen un notable efecto en las aguas de la corriente principal del Misisipí. En otras palabras, las obras del Tennessee ejercen efectos externos que exceden de la cuenca tributaria. Dada la enorme y compleja tarea, la cuenca del Misisipí se ha planificado y administrado en

cierto modo a base de sectores con una coordinación entre ellos. Un problema análogo puede surgir en el Orinoco.

Un río internacional plantea un problema especial a este respecto. Los programas de explotación hidráulica en el país que se encuentra aguas arriba influyen en los beneficios que puede obtener el país situado aguas abajo. En la planificación inicial y desarrollo de la cuenca del Columbia, los Estados Unidos y el Canadá actuaron de manera independiente. En virtud de un reciente tratado, se ha acordado un plan general de desarrollo, y los Estados Unidos reembolsan al Canadá el aumento de producción de energía eléctrica obtenido en las centrales hidroeléctricas de aquel país, a consecuencia del almacenamiento en el Canadá, y el sistema de represas en ambos lados de la frontera funcionará como un sistema integrado.<sup>4</sup>

#### *El programa polivalente*

Si bien en algunos casos es más conveniente diseñar los programas de agua para un solo propósito, como el control de las inundaciones o el mejoramiento de una corriente navegable, se pueden lograr economías con frecuencia proyectando un programa para varios propósitos. Por ejemplo, los embalses en un solo sistema coordinado pueden aumentar la generación de energía, reducir los daños de las inundaciones y abastecer agua de riego a un costo mucho menor para cada uno de estos servicios que si estos se proporcionaran mediante sistemas independientes. La tarea del planificador consiste en encontrar la combinación de servicios que producirá los máximos beneficios netos. Se han establecido técnicas de análisis de sistemas para abordar esta clase de problema.<sup>5</sup> El concepto de la planificación de

<sup>4</sup> John V. Krutilla. *The Columbia River Treaty: A study in the economies of international river basin development*. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1967.

<sup>5</sup> Son cada vez más abundantes las publicaciones sobre este tema. Una de las obras fundamentales es la obra de Arthur Maas *et al.*, titulada *Design of water resources systems*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1962.

recursos hidráulicos para diversos fines es tan conocido que no necesita más explicación.

### *Riesgo e inseguridad en la planificación de recursos hidráulicos*<sup>6</sup>

Dadas las variaciones de la disponibilidad natural del agua no se podría predecir para cualquier año determinado el caudal natural. Por consiguiente, los planes de recursos hidráulicos deben tener en cuenta el riesgo que puede calcularse con precisión razonable y la inseguridad de que no puede estimarse con gran exactitud.

El análisis de los datos hidrológicos de un sistema hidrográfico determinado permiten calcular la frecuencia con que cabe esperar una inundación de determinada magnitud o una sequía de gravedad especificada. La regulación del caudal del agua mediante represas puede reducir el riesgo de los daños de la inundación y puede calcularse con precisión razonable la probabilidad de inundación y el costo del riesgo restante. Ahora bien, el planificador no puede predecir cuándo ocurrirá la próxima sequía o inundación.

Para que los planes de explotación hidráulica se ajusten a la realidad, hay que tener en cuenta el factor riesgo e inseguridad. En los proyectos de riego es preciso considerar la probabilidad de falta de agua, aun cuando se almacene, al calcular los beneficios y costos, y posiblemente establecer un sistema de seguro para ayudar a los campesinos contra el riesgo y la eventualidad de la falta de agua. Esas mismas consideraciones son aplicables al diseño de instalaciones hidroeléctricas y en el de programas para reducir los daños de las inundaciones.

### *El plan óptimo como objetivo de los programas de recursos hidráulicos*

El planificador de recursos hidráulicos trata de encontrar los mejores medios para

alcanzar los objetivos de la sociedad. Si los objetivos no se especifican claramente, el proceso de la planificación carecerá de rigor y eficacia. Por esta razón, el planificador debe determinar específicamente los objetivos que trata de alcanzar. En una situación sencilla, se especifica el objetivo y luego se examinan los diversos medios para alcanzarlo. Se comparan los beneficios—definidos por el objetivo—con los costos de todas las alternativas posibles, y el plan que ofrezca los mayores beneficios netos será el óptimo.

Por ejemplo, el objetivo de un programa de explotación de recursos hidráulicos puede consistir en aumentar la producción de la economía nacional. Los beneficios se miden en rendimiento para la economía nacional y los costos se determinan en función de las oportunidades previamente especificadas por la utilización de personal, material y capital en el proyecto. El plan óptimo es el que permite obtener los ingresos netos máximos para la economía nacional. Si el objetivo consiste en ofrecer al campesino oportunidad de colonizar tierras, los beneficios pueden medirse en función del número de unidades agrícolas que puedan obtenerse y que ofrezcan unos ingresos especificados a cada agricultor. Los costos pueden determinarse con algún estimado de la cantidad máxima que deberá invertirse en cada oportunidad de colonización. Así, el plan que ofrece el mayor número de oportunidades de colonización, a un costo inferior al nivel prescrito, será el óptimo.

Desgraciadamente, los objetivos no suelen especificarse de una manera tan sencilla y directa. Con frecuencia un objetivo está sujeto a las restricciones que le imponen las metas opuestas a que aspiran otros miembros de la sociedad. Por consiguiente, el planificador puede encontrarse con la tarea de preparar el plan más eficaz, por ejemplo, desde un punto de vista nacional, que pueda desarrollarse en una determinada región de un país, o es posible que tenga que desarro-

<sup>6</sup> *Ibidem*, págs. 129-158 y 524-538.



llar el plan más eficaz desde un punto de vista nacional que sea compatible con las oportunidades de colonización de una región particular.

Los procedimientos para hacer frente a un problema de esta naturaleza están bien definidos en publicaciones técnicas tales como la antes mencionada *Design of water resources systems*. Hay que tener presente que, aun cuando todos los datos relativos a la consecución de los objetivos especificados puedan expresarse cuantitativamente, la tarea de determinar las condiciones óptimas es difícil desde el punto de vista técnico. Pero, con frecuencia, no se podrán expresar cuantitativamente algunos de los valores, lo que significa que el planificador tendrá que evaluar los beneficios y costos de las posibles alternativas desde el punto de vista cualitativo. Aun en este caso, la determinación clara de los objetivos conduce a una mejor planificación.

#### *La planificación como proceso iterativo*<sup>7</sup>

La dificultad de definir las condiciones óptimas incluso para una función de un solo objetivo, por un lado, y las diferencias de objetivos de distintos sectores de la sociedad, por otro, plantean al planificador de recursos hidráulicos la difícil cuestión de decidir cuál es el mejor programa en una situación determinada. A menudo, el planificador desconocerá, al principio, el tipo de objetivos y métodos para alcanzarlos que serán aceptados. Esta situación requiere la aplicación de un proceso iterativo.

La primera medida consiste en explorar, con las personas a quienes corresponderá tomar una decisión sobre la ejecución de los planes, los objetivos aplicables en el diseño del programa. Tal vez esta medida no sea especialmente provechosa porque, con frecuencia, los que han de tomar las decisiones no pueden especificar claramente los obje-

tivos hasta que logren concebir sus consecuencias prácticas. Por consiguiente, la segunda medida consiste en preparar, en forma provisional y preliminar, una serie de diversos planes teniendo en cuenta los posibles objetivos a que aspire la población. Estos planes pueden ser examinados por las personas que deben aprobarlos a fin de ayudarles a darse cuenta de las consecuencias de los diversos objetivos. Durante este proceso el planificador debe enterarse de los objetivos y métodos para lograrlos que merecen prioridad en el desarrollo de planes más detallados. La tercera medida es la determinación de los datos y análisis que se requieren como fundamento de uno o varios planes que, según la reacción observada al plan preliminar, parezcan indicados. Incluso en esta fase, las opiniones de los que habrán de participar en la decisión final pueden ser lo suficientemente divergentes para requerir la presentación de otros posibles planes o la introducción de modificaciones.

La medida final consistirá en reafirmar el plan seleccionado después de llegar a una decisión.

Este proceso se considera indispensable para la planificación eficaz en interés público. La planificación requiere un considerable conocimiento técnico. No cabe esperar que los planificadores conozcan bien, al comienzo de un programa, las aspiraciones y normas válidas de la población a la que prestan servicio. Esta tarea corresponde a los representantes políticos de la sociedad. El tipo de intercambio indicado permite a los encargados de la decisión final conocer las posibilidades que se ofrecen a la sociedad y la naturaleza de las consecuencias de las diversas decisiones. Asimismo permite al planificador familiarizarse con la clase de programa que se podría adoptar antes de dedicarse demasiado al acopio y análisis de datos.

<sup>7</sup> *Alternatives in water management*. Washington, D.C.: Academia Nacional de Ciencias, Consejo Nacional de Investigaciones, Publicación 1408, 1966, págs. 23-25.

### *La planificación como un proceso continuo*

La planificación no puede terminar con el diseño del programa, y es posible que se requieran ciertos ajustes debidos a los cambios en la demanda, o en la tecnología o a la manifestación de nuevos problemas en el curso de las diversas fases. Además, a medida que se ejecutan los planes y se ponen en marcha los programas, la propia experiencia indicará los ajustes necesarios. Por consiguiente, la planificación debe continuar, probablemente a un ritmo menos acelerado después del diseño del programa inicial durante todo el período de funcionamiento.

La rapidez de los cambios tecnológicos y el hecho de que los proyectos hidráulicos requieren una utilización intensiva de capital destacan la necesidad de considerar a la planificación como un proceso dinámico continuo. La tecnología de la explotación hidráulica cambia rápidamente y por esta razón, proyectos que encierran enormes desembolsos financieros pronto pueden considerarse anticuados; por eso, es conveniente estar preparado para ajustar los planes con frecuencia y, en la medida de lo posible, preparar por fases el desarrollo de proyectos costosos, para que de esta manera puedan introducirse las últimas innovaciones y evitar, mientras sea posible, costos de interés sobre el capital.

La necesidad de ajustar los planes mientras se llevan a cabo programas ha suscitado la interesante cuestión de cuál debe ser la relación entre la planificación, ejecución y funcionamiento de las actividades. David E. Lilienthal en su condición de presidente del Complejo del Valle de Tennessee, afirmaba que la consolidación de la planificación, ejecución y funcionamiento en un solo organismo constituía una de las grandes ventajas de esas obras.<sup>8</sup> Es evidente que una vez que un programa está en marcha se deben tomar las disposiciones necesarias para introducir ajustes y adiciones cuando sea necesario.

Si la organización encargada del funcionamiento puede ocuparse de la planificación continua, como parece que ocurre con la Corporación Venezolana de Guayana, es más fácil y rápido realizar los ajustes necesarios que si la planificación corresponde a otra entidad independiente.

La experiencia de los Estados Unidos y los informes recibidos de otros países indican que uno de los defectos comunes de los proyectos de explotaciones hidráulicas se deriva de la falta de continuidad desde la preparación de los planes iniciales hasta la ejecución de los programas. Con excesiva frecuencia, se completan costosas obras de ingeniería pero no se economiza ni se convierten en productivas las tierras que se han de beneficiar del riego. El resultado neto es que se invierte un gran capital sin obtenerse un rendimiento de la inversión hasta transcurridos muchos años. Por eso, las obras resultan muy costosas. Esta experiencia viene a corroborar firmemente la posición de David E. Lilienthal. El organismo de planificación debe estar capacitado para planificar el proyecto total—no una parte del mismo—y una vez comenzado el desarrollo de un proyecto debe existir la misma capacidad—incluida la de introducir ajustes en los planes—para completar rápidamente el proyecto a fin de sacarle rendimiento a la mayor brevedad posible.

### *La planificación como determinación de una política*

A menudo, la planificación de los recursos hidráulicos se considera esencialmente como una labor de ingeniería y economía. Sin embargo, como ya se ha señalado anteriormente, la planificación debe tener en cuenta los objetivos sociales. Asimismo, el mencionado proceso iterativo indicaba la manera en que la información obtenida con el plan puede utilizarse para aclarar los objetivos de la sociedad. La política se basa en la percepción de los problemas, oportunidades y consecuencias. El planificador, al obtener

<sup>8</sup> David E. Lilienthal. *TVA: Democracy on the march*. Págs. 186-195.

información sobre la naturaleza de los problemas, las oportunidades para hacerles frente y los costos y beneficios de diversos programas, ofrece una base para mejorar la política.

El proceso de la planificación no solo aclara las consecuencias de las alternativas que se ofrecen, objetivos y programas, sino que también puede revelar otros medios de alcanzar los objetivos. Por ejemplo, una importante consideración de política en toda planificación de recursos hidráulicos es la relacionada con la manera en que se distribuyen los costos de construir un proyecto, ya sea en cuanto a la forma de reunir capital o a la obtención de ingresos con el uso de las instalaciones hidráulicas. Estas políticas influyen en la distribución de los ingresos en una sociedad y, si existe un sistema de tarifas, este determinará la medida en que se utilizan los servicios disponibles y quiénes son los usuarios.

Como ya se ha indicado, en el uso de los servicios de agua participa tanto el sector público como el privado. Este último puede consistir en los agricultores que se benefician de los sistemas de riego, pescadores que aprovechan los peces de un embalse, los consumidores de energía hidroeléctrica y los patronos de barcas o lanchones que utilizan las vías de navegación. Para que los planes resulten eficaces, hay que tener en cuenta la forma en que estas personas utilizan los servicios prestados, lo que dependerá de las normas que se adopten sobre el empleo de servicios públicos, inclusive el sistema de tarifas de agua que se imponga. La planificación debe ocuparse de concebir estas normas así como de diseñar las instalaciones materiales, a fin de que los programas adoptados sean totalmente eficaces.

Un ejemplo servirá para indicar la manera en que el proceso de la planificación puede contribuir al establecimiento de una política. Supóngase que se considere un proyecto polivalente de explotación hidráulica que ofrecerá también oportunidades de colonizar

las tierras que se beneficien del riego. Además de los aspectos de ingeniería y economía de la obra y de la cuestión de cómo se reunirá el capital, puede suscitarse una serie de problemas de política que deben ser resueltos, por ejemplo:

- 1) ¿Cómo deben determinarse los derechos a utilizar el agua?
- 2) ¿Deben imponerse las tarifas y comercializar la energía eléctrica localmente de manera que favorezca el desarrollo industrial dentro de la región o debe transmitirse a centros establecidos más alejados?
- 3) ¿Cuál debe ser el tamaño de cada finca que se proporcione a los agricultores?
- 4) ¿Qué disposiciones deberán tomarse respecto de infraestructuras, como carreteras, escuelas, servicios de salud, etc?
- 5) ¿Qué clase de asistencia se ofrecerá a los campesinos en forma de asesoría técnica, préstamos y equipo?
- 6) ¿Cómo se seleccionarán los colonos?
- 7) ¿Hasta qué punto cabe esperar que los colonos reembolsen los costos del proyecto?

La forma en que se resuelvan cuestiones de esta naturaleza contribuirá al éxito o al fracaso del proyecto. Además, no pueden hallarse buenas respuestas sin un detenido estudio y análisis ni sin relacionar los resultados de esos estudios con los objetivos del programa de explotación hidráulica. Ello supone, además, un intercambio de ideas al respecto entre los analistas técnicos y los que determinan la política, es decir, los que decidirán definitivamente sobre esas cuestiones. El análisis de estas cuestiones de política puede constituir uno de los aspectos más interesantes de todo el proceso de planificación.

#### *La planificación hidráulica como elemento de una mayor estructura ejecutiva*

Un programa de explotación de los recursos de agua es una de las numerosas empresas que pueden realizarse para beneficio del público. Además, los servicios derivados de la explotación del agua pueden ofrecerse de distintas maneras, y los objetivos a que aspira la sociedad pueden ser

alcanzados con programas que no sean de esta clase. Así los medios de transporte pueden ser mejorados tanto con la construcción de una vía férrea como con la navegación fluvial. La energía eléctrica puede producirse con combustibles fósiles lo mismo que con saltos de agua. La instalación de empresas industriales en la región puede mejorar la economía de esta, como puede hacerlo también el riego de nuevas tierras. El planificador de la explotación hidráulica debe estar familiarizado con estas distintas oportunidades. En otras palabras, el planificador capacitado y eficaz reconoce que el programa que le ha sido encomendado no es más que uno de numerosos vehículos con que pueden alcanzarse determinados objetivos sociales.

Entre las consecuencias prácticas de este concepto figura la necesidad de ponderar los costos de lograr un determinado resultado mediante distintos procedimientos—como la producción de energía eléctrica y la navegación—en la determinación de los beneficios del programa de explotación hidráulica. Por ejemplo, el valor de la energía eléctrica no puede ser mayor que el costo de ofrecerla con los combustibles fósiles disponibles. Otra de las consecuencias es la necesidad de coordinar el plan de explotación hidráulica con cualquier actividad regional o nacional de planificación. Es preciso tratar con todo empeño de que el

programa de explotación hidráulica complemente y fortalezca al programa total de la región y la nación sin entorpecer estas actividades.

### Resumen y conclusiones

La planificación, ejecución y administración de la moderna explotación de los recursos hidráulicos exige la aplicación de conocimientos superiores de ingeniería y economía a las características físicas y económicas peculiares de esos recursos. No obstante, para que la planificación de la explotación hidráulica preste un servicio eficaz a la sociedad debe tener en cuenta el ambiente de política en que habrá de desenvolverse, en estrecha armonía con los dirigentes políticos de la sociedad. Así pues, la planificación de la explotación hidráulica no es simplemente el diseño de sistemas de ingeniería y economía sino que ofrece también una base para la política pública que rige la explotación del agua y su consumo por el sector público y privado de la economía de cada país. La información y los análisis inherentes a la misma, sirven de base a las autoridades pertinentes para tomar una decisión bien documentada. Asimismo, la aplicación de los conceptos fundamentales establecidos, puede contribuir a explotar todas las posibilidades de los recursos hidráulicos y al progreso y bienestar de la nación en que se efectúa. □

---

### Basic concepts for planning the use of water resources (Summary)

Modern water resources planning, development and management require the application of advanced engineering and economic skills to the unique physical and economic characteristics of water resources. But for water resources planning to serve society effectively it must be cognizant of the policy environment in which it functions and be conducted in close harmony with the society's political leadership. Thus water resources planning is more than the design of engineering and economic systems. It also provides a foundation for public

policy which governs water development and use by both the public and private sectors of every nation's economy. Through an input of information and analyses it offers a basis for informed decision-making by policy makers. Through the application of the basic concepts that have been outlined water resources planning can contribute to the full potential offered by the water resources to the advancement and well-being of the nation for which the planning is conducted.

### Conceitos básicos para planejar a exploração hidráulica (*Resumo*)

O planejamento, execução e administração da moderna exploração dos recursos hidráulicos exige a aplicação de conhecimentos superiores de engenharia e economia às características físicas e econômicas peculiares desses recursos. Entretanto, para que o planejamento de exploração hidráulica preste um serviço eficaz à sociedade, deve ter em conta o ambiente político em que deverá desenvolver-se, em estreita harmonia com os dirigentes políticos da sociedade. Assim, pois, o planejamento da exploração hidráulica não é simplesmente o desenho

de sistemas de engenharia e economia, mas também uma base para a política pública que rege a exploração de água e seu consumo pelo setor público e privado da economia de cada país. As informações e as análises inerentes às mesmas servem de base às autoridades pertinentes para tomar uma decisão bem documentada. Outrossim, a aplicação dos conceitos fundamentais estabelecidos pode contribuir para explorar tôdas as possibilidades, os recursos hidráulicos e para progresso e bem-estar da nação em que se efetua.

### Concepts de base pour la planification de l'exploitation hydraulique (*Résumé*)

La planification, l'exécution et l'administration de l'exploitation moderne des ressources hydrauliques exige l'application de connaissances supérieures en matière de génie et d'économie aux caractéristiques physiques et économiques particulières de ces ressources. Cependant, pour que la planification de l'exploitation hydraulique assurent un service efficace à la communauté, l'on doit tenir compte de l'ambiance politique dans laquelle elle doit être mise en oeuvre en étroite harmonie avec les leaders politiques de la société. La planification de l'exploitation hydraulique ne consiste donc pas simplement dans le schéma de systèmes où con-

courent des connaissances en génie et en économie, mais offre une base pour la politique qui doit officiellement régir l'exploitation de l'eau et la consommation de celle-ci par les secteurs public et privé de chaque pays. Les renseignements et les analyses inhérents à cette exploitation servent de base aux autorités compétentes pour prendre une décision bien fondée. De même l'application des concepts fondamentaux établis peut contribuer à l'exploitation de toutes les possibilités, à celle des ressources hydrauliques et favoriser le progrès et le bien-être de la nation intéressée.