



V Seminario Latinoamericano de Irrigación
IIII Jornadas Venezolanas de Riego

Caracas, 20 al 31 de Octubre de 1968
COLEGIO DE INGENIEROS DE VENEZUELA

Tema II
Doc. N° 10

SOBRE LA CONVENIENCIA DE EFECTUAR ESTUDIOS
PRELIMINARES DE CUENCAS HIDROGRAFICAS EN LOS PAISES SUB-DESARROLLADOS

Trabajo presentado por:
Ing. Arnoldo J. Gabaldón
VENEZUELA

V SEMINARIO LATINOAMERICANO DE IRRIGACION
III JORNADAS VENEZOLANAS DE RIEGO

SOBRE LA CONVENIENCIA DE EFECTUAR ESTUDIOS
PRELIMINARES DE CUENCAS HIDROGRAFICAS DE
LOS PAISES SUBDESARROLLADOS

Por el Ing.

Arnoldo José Gabaldón

Caracas, Agosto 1968

SOBRE LA CONVENIENCIA DE EFECTUAR ESTUDIOS
PRELIMINARES DE CUENCAS HIDROGRAFICAS EN
LOS PAISES SUBDESARROLLADOS (*)

Por: Ing. Arnoldo José Gabaldón (**)

Muchos de los proyectos hidráulicos que actualmente se construyen en los países subdesarrollados nacieron de viejas ideas o aspiraciones de comunidades, y, aunque representan en algunos casos soluciones evidentes, en muchos otros no necesariamente constituyen las alternativas de mayor prioridad, además de tener el inconveniente, de establecer a veces rigideces para el desarrollo de los recursos hidráulicos que impiden su aprovechamiento ulterior en forma racional. Por estas razones es muy recomendable analizar esa situación con el objeto de definir los procedimientos y cursos de acción más adecuados.

Si bien existe una metodología bien establecida en los países desarrollados para efectuar los estudios integrales de cuencas hidrográficas en sus diferentes fases, aquí se presenta la experiencia de un país no desarrollado, que ha decidido vencer los obstáculos que constituyen las limitaciones económicas, de personal experimentado y de información básica, mediante soluciones que en muchos casos se consideran originales. Los procedimientos empleados pueden no tener valor en países sin las limitaciones antes mencionadas, pero se cree que pueden constituir una pauta valiosa para países con problemas de índole semejante.

Generalmente los países subdesarrollados en la zona tropical se encuentran completamente vírgenes en cuanto al desarrollo de los recursos hidráulicos se refiere. Por otra parte, la abundancia de éstos hace que cualquier planificación hacia el futuro que de su aprovechamiento se realice sea vista con desdén. Sin embargo, el aumento de población, la llamada explosión demográfica como consecuencia de las

(*) Trabajo presentado por el autor ante la Conferencia de Agua para la Paz. Washington D. C. U. S. A. Mayo 1967.

(**) Jefe de la División de Planeamiento de la Dirección de Obras Hidráulicas.

campañas sanitarias, hará que en corto tiempo, lo que hoy parece -- abundante, será escaso y, por lo tanto, debe analizarse la conveniencia de iniciar una serie de estudios preliminares con el fin de programar para el futuro la utilización de los recursos naturales de cada nación.

Frecuentemente sucede en estos países que por limitaciones de personal experimentado se considera de mayor utilidad emplear a éste en la elaboración de los proyectos definitivos, con alguna posibilidad de ejecutarse próximamente, considerando que los estudios preliminares de cuencas hidrográficas no tienen por el momento alta prioridad, ya que no ofrecen proyectos inmediatos y pueden requerir el trabajo de un personal numeroso y gravoso económicamente.

La experiencia nos ha demostrado lo contrario en la División de Planeamiento, de la Dirección de Obras Hidráulicas en el Ministerio de Obras Públicas de Venezuela. En efecto, creemos que con las limitaciones de información y aún de personal, tales estudios preliminares pueden efectuarse y producir una serie de alternativas que permiten a la larga y a un costo muy bajo lograr un desarrollo adecuado de los recursos hidráulicos del país. En este trabajo definimos como Estudio Preliminar de una cuenca, lo que otros han dado por llamar, - Estudios de Sectores /1/ o Reconocimientos Integrales, que en síntesis quieren decir la realización de un inventario rápido de los recursos naturales y humanos de cada región, y la definición y evaluación de una gama de alternativas para su aprovechamiento.

La investigación sistemática de las cuencas hidrográficas del país en un sentido horizontal, tratando de abarcar el mayor espacio posible y el acopio de la mayor cantidad de información tiene numerosas ventajas. Ella permite definir importantes alternativas, las cuales dan a las oficinas de proyecto un cúmulo de estimaciones preliminares que forman la base para la escogencia de aquellas de mayor prioridad, que son las que deben continuarse a etapas más elaboradas de diseño. Esta indagación debe ser en sentido horizontal puesto que una investigación profunda requiere mucho tiempo, resulta costosa y quizás el país no cuente con suficientes profesionales para ir a ese grado de refinamiento.

REQUISITOS PREVIOS A EMPRENDER LOS ESTUDIOS PRELIMINARES DE CUENCAS HIDROGRAFICAS EN ESCALA NACIONAL

Hemos encontrado que una acción sistemática de investigación de cuencas hidrográficas debe ir precedida por un trabajo de gabinete, consistente en la elaboración de una serie de manuales preparados bajo la filosofía de constituir instrumentos de uso para ingenieros de poca experiencia, en los cuales, sobre todo, se toma en cuenta las enormes limitaciones de información básica existentes en los países subdesarrollados. En la elaboración de los instructivos antes mencionados, son de gran valor aquellos procedimientos simplificados, indirectos, comparativos o sintéticos, ya que ellos permiten con un escaso acopio de datos ensamblar las diferentes alternativas y ponderar su prioridad. Estamos convencidos, también, que el trabajo de elaboración de tales manuales puede ser efectuado por un grupo de dos o tres profesionales de experiencia, en un espacio de tiempo no mayor de un año, siempre y cuando se percaten de las limitaciones existentes en el país. Esto hace pensar que un posible campo de ayuda de los países hoy desarrollados pudiera ser el asesoramiento, por parte de profesionales altamente experimentados, en la orientación necesaria para elaborar dichos manuales. El bajo costo de esta asesoría permite que casi todos los países de escasos recursos económicos puedan afrontar los gastos requeridos para iniciar el programa recomendado. Debe advertirse no obstante, que los profesionales acostumbrados a trabajar con amplia disponibilidad de información básica, que sean contratados para este tipo de asesoramiento, deben imbuirse totalmente en la filosofía perseguida y producir instructivos que sean verdaderamente aplicables, teniendo en cuenta las limitaciones de datos y personal existentes. En muchas oportunidades esa tarea puede ser difícil por la falta de costumbre para trabajar bajo esas condiciones, y por que en la mayor parte de las veces los ingenieros experimentados están familiarizados con niveles más refinados de proyectos, en los cuales se emplean técnicas que no son en realidad necesarias cuando se trata de efectuar el estudio preliminar de una cuenca hidrográfica.

Para la elaboración de manuales que sirvan de guía en la ejecución de los estudios preliminares de cuencas hidrográficas pueden diferenciarse dos fases. En la primera, debe hacerse una enumeración de toda la información hidrológica, agrológica, topográfica, --

geológica y socio-económica necesaria para efectuar dichos estudios /2/; y en una segunda fase, de acuerdo a estos campos de información y a los datos requeridos, pueden prepararse manuales y normas que faciliten su obtención y dicten las pautas para su procesamiento.

De conformidad con los campos de información definidos anteriormente creemos que es útil mencionar los tipos de datos necesarios para una investigación de carácter preliminar y algunos posibles temas para la elaboración de estos instructivos.

Información Hidrológica

Dentro de esta información algunos de los datos más importantes de recabar y de instructivos a preparar son los siguientes:

Planos de isoyetas medias anuales en mapas de escala -- 1:100.000. Estos planos deben prepararse con el mayor cuidado posible, pues constituyen uno de los instrumentos básicos para el resto de estimaciones hidrológicas.

Planos de isopletas de evaporación media anual en mapas de escala hasta 1:1.000.000. Este tipo de mapas, puede elaborarse sin la necesidad de un numeroso acopio de información.

Instructivos para el cálculo del rendimiento anual de las hojas hidrográficas, en los cuales es conveniente incluir curvas de -- precipitación media anual versus coeficientes de escorrentía correspondientes a distintas zonas del país con el objeto de utilizarlos en -- aquellos ríos para los cuales no se disponga de registros fluviométricos /3/.

Instructivos para estimar el arrastre anual de sedimentos /4/, los cuales deben complementarse con mapas que indiquen las -- producciones unitarias para las diferentes zonas. En la elaboración de estos mapas se utilizan los datos registrados, pudiendo éstos --

extrapolarse a cuencas vecinas sin datos, mediante la observación de las condiciones ecológicas existentes en ellos con la cooperación de geólogos que ayuden en la interpretación de los diferentes tipos de suelos erosionables.

Instructivos para estimar la capacidad útil de embalses de acuerdo a parámetros estadísticos que sirvan para distinguir el régimen de variabilidad de los caudales anuales de los diferentes ríos /5/. Esta clase de instructivos son sumamente útiles, pues permiten hacer estimaciones de capacidades de embalse en ríos para los cuales no se poseen datos fluviométricos.

Instructivos para obtener hidrogramas unitarios sintéticos de crecientes /6/, para estimar la frecuencia de ocurrencia de las avenidas. /14/ y la permanencia de caudales /15/.

Por último, debe señalarse, que a pesar del carácter preliminar de la investigación, los estudios hidrológicos deben efectuarse con la mayor profundidad que los datos disponibles permitan, pues ellos constituyen una de las premisas básicas sobre las cuales se fundamenta todo el programa de aprovechamiento de la cuenca.

Información Agrológica

Es conveniente recabar todos los cómputos de requerimientos de riego que se haya efectuado en el país y los que se hayan obtenido por mediciones en la práctica, o como resultado de trabajos experimentales /7/. Estos deben agruparse en un volumen con el objeto de tener una información que pueda fácilmente extrapolarse en caso de que no se posean datos para una zona. Dichos datos pueden también emplearse para elaborar mapas de requerimientos de riego que son muy útiles en estos tipos de estudio.

Los estudios agrológicos que se efectúan en esta clase de investigación preliminar deben estar dominados por el principio de gran cobertura y poca profundidad. De esta manera se logra una información valiosa para un programa preliminar, obtenible en corto tiempo

a bajo costo. Entre los datos más importantes que se recaben conviene señalar aquellas características de la zona que pueden constituir una limitación para los proyectos posteriores.

Hemos encontrado que los estudios de suelos, mediante el empleo básicamente de aerofotografías e interpretación geomorfológica, pueden realizarse con un ingeniero agrónomo y un exiguo cuerpo de asistentes, abarcando extensiones hasta de 100,000 hectáreas en un año y a un costo de aproximadamente B^s 2,00 por hectárea (U. S. \$ 0,20 por acre).

Información Topográfica

Es interesante disponer de un índice de todas las cartas geográficas en sus diversas escalas que se han elaborado en el país; así como de fotoíndices de las misiones de vuelos realizados para tomas de aerofotografías. Creemos que la cobertura aerofotogramétrica en las escalas habituales de 1:20,000 a 1:40,000, son quizás el instrumento más útil que existe para iniciar esta clase de estudios. Es por eso que recomendamos a los países que en la actualidad no han cubierto la totalidad de su territorio, agotar los medios para lograr este objetivo.

Disponer de buenos mapas, a escalas de aproximadamente 1:25,000 o menores, y curvas de nivel de 20 en 20 metros, facilita notablemente, durante la investigación topográfica, la escogencia de sitios de embalse, delimitación de zonas de riego, trazado de vías de acceso, etc.

Información Geológica

En Venezuela, como consecuencia de las exploraciones efectuadas por las compañías petroleras, se dispone de cartas geológicas a escala 1:100,000 que cubren un buen porcentaje del territorio nacional.

Partiendo de la premisa de que se posee una información -

semejante a la arriba mencionada es muy conveniente elaborar un manual en el cual se indiquen, para cada unidad estratigráfica o series geológicas existentes, sus características principales en relación a la construcción de obras hidráulicas /8/. Los mapas geológicos complementados con instructivos de esta naturaleza permiten a los ingenieros o geólogos sacar conclusiones que pueden conducir al descarte de ciertas alternativas.

Con la ayuda de un experto en aguas subterráneas y los mapas geológicos antes mencionados, pueden definirse las regiones geohidrológicas, destacando sus principales características y el potencial de cada zona. Este tipo de información tiene un valor apreciable pues permite tomar en cuenta una fuente de agua generalmente despreciada en esta fase de estudios, pero que puede influenciar de modo considerable las decisiones que se tomen con ulterioridad.

Información Socio-Económica

Los datos demográficos, de desarrollo agrícola e industrial de la zona, etc. pueden obtenerse de boletines estadísticos, anuarios, o publicaciones de las instituciones especializadas. No obstante, es indispensable efectuar en cada caso un inventario de necesidades, aspiraciones y problemas existentes en cada región, puesto que este es un tipo de información obligatoria para hacer el diagnóstico y la terapéutica de la cuenca hidrográfica, sobre todo en aquellos casos en que la zona ha obtenido un cierto grado de desarrollo.

Información que Conduce a la Definición de Alternativas

Para este tipo de información es necesario disponer de instructivos que a partir de las características más resaltantes de las estructuras y sin llegar a la necesidad de calcular las cantidades de obra detalladamente, permitan estimar el costo de las diferentes obras previstas o establezcan módulos para el caso de costos de zonas de riego, distribuciones urbanas, habilitación de tierras /9/, /10/, /11/, /12/, etc. Si bien la metodología que puede seguirse para elaborar este tipo de manuales puede aplicarse irrestrictamente, es indispensable que la información contenido en ellos se obtenga a partir de los -

costos reales en cada país, pues de otra forma no tienen validez.

Otros manuales pueden prepararse como guía para la evaluación económica preliminar de alternativas /13/. En estos deben darse pautas para la estimación de los beneficios inducidos por los distintos tipos de proyectos y procedimientos simplificados que permitan establecer una primera jerarquización de soluciones.

Finalmente, debe destacarse lo provechoso que es editar todo el conjunto de manuales, normas, mapas, etc., en forma que puedan ser encarpados, con formato uniforme y con hojas intercambiables, de manera que sus diferentes capítulos puedan sustituirse cuando se hagan obsoletos, o cuando se hayan definidos métodos más prácticos de trabajo.

LA ORGANIZACION PARA LLEVAR A CABO ESTE PROGRAMA

Una vez concluida esta tarea previa de preparación de manuales para un personal compuesto por ingenieros de poca experiencia y técnicos auxiliares, es conveniente dividir el país en regiones hidrográficas y seleccionar aquellas regiones de una mayor importancia en cuanto al desarrollo de sus recursos, con el objeto de crear en cada una de ellas una pequeña oficina encargada de los estudios preliminares en referencia. Con un escaso personal pueden las oficinas efectuar en un año estudios en extensiones considerables. Hemos encontrado que cuando el desarrollo de la cuenca es incipiente, su investigación es más sencilla que cuando ya se presentan los primeros problemas de competencia por el uso de los recursos naturales. Hacemos énfasis, en que los ingenieros que trabajan en tales labores deben vivir dentro de la región que ellos estudian, pues esto les permite entrar directamente en contacto con los problemas de cada zona y empezar a sentir objetivamente, a medida que se desarrolla su trabajo, la problemática zonal, lo que indudablemente los lleva a definir en una mejor forma las posibles alternativas de aprovechamiento, bien sea con el objeto de motivar el desarrollo económico de la región o de calmar necesidades existentes.

Es precisamente por el hecho de recomendarse la creación de estas oficinas regionales, por lo que es imperativo dotarlas del juego de manuales con las instrucciones necesarias, puesto que no se le puede dar a un ingeniero que habita en lugares remotos el asesoramiento técnico suficiente desde la oficina central.

Una cosa muy útil para ayudar a formular el programa de aprovechamiento de la cuenca es hacer un inventario de todos los estudios realizados por los diversos organismos estatales o privados que hayan podido tener interés en la zona, pues así puede aprovecharse en muchos casos información de alto valor.

VENTAJAS QUE OFRECEN ESTOS ESTUDIOS

Entre las ventajas más importantes que ofrecen los estudios preliminares de cuencas hidrográficas se encuentran las siguientes:

- a) Permiten delinear desde los comienzos programas de aprovechamiento de los recursos hidráulicos del país que garantizan posteriormente su utilización racional.
- b) Son un instrumento básico para programar las etapas de estudios más detallados, pues al definir las soluciones óptimas dentro de una cuenca, se ponen a la mano de los proyectistas definitivos aquellas alternativas de mayor prioridad. Así se logra el uso más eficiente de los recursos técnicos y económicos disponibles y se evita que se promuevan los proyectos que tengan una menor prioridad o que puedan posteriormente entorpecer el desarrollo de la región.
- c) Suministrar un buen conocimiento de los recursos naturales y humanos del país.
- d) Dan a conocer la información básica requerida para etapas ulteriores de proyecto, lo que es útil para programar de antemano las estaciones hidrometeorológicas que deban --

efectuarse.

- e) Se pueden fácilmente realizar con profesionales nacionales, lo que evita la contratación de consultores extranjeros que significan en muchos casos erogaciones onerosas con la desventaja de que se pierde la experiencia que podría obtenerse.
- f) Se aprovechan metodologías y técnicas de países hoy adelantados que en su origen hubieron de vencer obstáculos similares.

RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda a todos los países, especialmente a los llamados subdesarrollados, la realización de programas sistemáticos de estudios preliminares de sus cuencas hidrográficas, en escala nacional.
- b) Se recomienda a las naciones que cuentan con profesionales experimentados en esta clase de estudios, considerar la posibilidad de establecer acuerdos para asesorar a los países sin experiencia, en la elaboración de manuales e instructivos necesarios para efectuar dichos estudios.

BIBLIOGRAFIA

- /1/ Hargreaves, George H. "Disirable Water Programs for Latin América". Mimeografiado. PP-1-15 U. S. AID. Bogotá, Colombia. 1966.
- /2/ Gabaldón, Arnoldo José - "Información Básica Necesaria". Mimeografiado. PP 1-136. División de Planeamiento, Dirección de Obras Hidráulicas. Caracas, Venezuela. 1965.

- /3/ Posewitz, Guido - "Método para Calcular el Rendimiento Medio Anual de Cuencas Venezolanas". Mimeografiado. PP 1-77. División de Planeamiento, Dirección de Obras Hidráulicas. Caracas, Venezuela. 1966.
- /4/ Curiel, José - "Método para Estimar la Producción de Sedimentos". Mimeografiado. PP 1-60. División de Planeamiento, Dirección de Obras Hidráulica. Caracas, Venezuela. 1965.
- /5/ Curiel, José. y Viso, Alfredo. "Método para Estimar Capacidades Útiles y Rendimientos Garantizados de Embalse". - Mimeografiado. PP 1-53. División de Planeamiento, Dirección de Obras Hidráulicas. Caracas, Venezuela. 1966.
- /6/ Avellán, Francisco y Ayala, Leopoldo. "Hidrogramas Unitarios de Ríos de Venezuela". Mimeografiado. PP 1-91. División de Hidrometeorología, Dirección de Obras Hidráulicas. Caracas, Venezuela. 1966.
- /7/ Mendoza, César. "Cómputo de Evapotranspiración Potencial, Evapotranspiración Real, Excedente Mensual y Demanda Neta de Riego, para Diferentes Localidades del País". Mimeografiado. PP 1-63. División de Edafología, Dirección de Obras Hidráulicas. Caracas, Venezuela. 1966.
- /8/ Flores Calcaño, Carlos. y Ramírez Castillo, C. "Aspectos Geotécnicos Generales de las Principales Unidades Estratigráficas Venezolanas Relacionadas con las Presas para Riego". Memoria I Jornadas Venezolanas de Riego. PP 53-149. Colegio de Ingenieros de Venezuela. Caracas, Venezuela -- 1966.
- /9/ Curiel, José "Estimación de Costos de Presas de Tierra". Mimeografiado. PP 1-93. División de Planeamiento, Dirección de Obras Hidráulicas. Caracas, Venezuela. 1965.
- /10/ Chapellín, Eduardo - "Estimación de Costos de Canales". Mimeografiado. PP 1-19. División de Planeamiento, Dirección de Obras Hidráulicas. Caracas, Venezuela. 1966

- /11/ Gabaldón, Arnaldo José - y Díaz Zuloaga, Luis J. - "Estimación de Costos de Zonas de Riego". Mimeografiado. PP 1-16. División de Planeamiento, Dirección de Obras Hidráulicas. - Caracas, Venezuela, 1966.
- /12/ Freitas, Gonzalo. "Análisis de Costos de los Sistemas de Riego por Bombeo de Agua Subterránea". Mimeografiado. PP 1-47. División de Planeamiento, Dirección de Obras Hidráulicas. Caracas, Venezuela. 1965.
- /13/ Gabaldón, Arnaldo José - "Método para Efectuar la Evaluación Económica Preliminar de un Proyecto de Obras Hidráulicas". Mimeografiado. PP 1-50. División de Planeamiento, Dirección de Obras Hidráulicas. Caracas, Venezuela. 1966.
- /14/ Gabaldón, Arnaldo José - "Regionalización de Curvas de Frecuencia de Crecientes para Venezuela". Mimeografiado - PP-1-27. División de Planeamiento, Dirección de Obras Hidráulicas. Caracas, Venezuela 1967.
- /15/ Gabaldón. Arnaldo José - "Curvas Típicas de Duración de Caudales para Venezuela". Mimiografiado PP 1-15. División de Planeamiento, Dirección de Obras Hidráulicas. Caracas, Venezuela. 1967.