



EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS

**MANUAL PARA LA ESTIMACION
DE LAS CAPACIDADES NACIONALES**



**ORGANIZACION
METEOROLOGICA
MUNDIAL**



**ORGANIZACION DE
LAS NACIONES UNIDAS PARA
LA EDUCACION, LA CIENCIA Y LA CULTURA**

EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

MANUAL PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS CAPACIDADES NACIONALES

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES
UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN
LA CIENCIA Y LA CULTURA**

**ORGANIZACIÓN
METEOROLÓGICA
MUNDIAL**

JULIO 1998

PRÓLOGO

Una evaluación de la cantidad y calidad del agua disponible es un prerrequisito para el desarrollo y administración del recurso hídrico, ya sea para el propósito de suministrar agua a la población, la agricultura, la industria o la producción de energía. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua (Mar del Plata, Argentina, 1977) reconoció este hecho y resolvió que todos los esfuerzos deberían ser llevados a cabo a nivel nacional para aumentar sustancialmente los recursos financieros para actividades relacionadas con la evaluación de los recursos hídricos. Significativos adelantos fueron hechos inmediatamente después de la Conferencia de Mar del Plata. Sin embargo, tales adelantos gradualmente perdieron su impulso en años subsiguientes. Los últimos 1980s y tempranos 1990s vieron un evidente deterioro en las capacidades de evaluación de recursos hídricos en muchos países. Esta situación está en conflicto con el creciente llamamiento para Evaluación de Recursos Hídricos (ERH) como un prerrequisito para la ayuda externa a países para proyectos de desarrollo hídrico. Es, por lo tanto, importante que los países sean autosuficientes en su habilidad de emprender ERH.

Esta situación está también en conflicto con la corriente percepción de la importancia de los recursos hídricos en el desarrollo sustentable tal como fue apoyado en la Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente (ICWE) (Dublín, 1992) y la Conferencia de N.U. sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED) (Río, 1992). Parece, pues, inconcebible, que en un momento en que la comunidad internacional en general está colocando énfasis creciente sobre temas ambientales, las naciones rápidamente están perdiendo la habilidad de evaluar sus propios recursos hídricos, que son la sangre vital de nuestros ecosistemas.

La ERH es una responsabilidad nacional y cualquier revisión de la extensión, a la cual es capaz de ser llevada a cabo en un país, es también la responsabilidad del país en cuestión. Con la demanda de agua creciendo en la mayoría de las regiones y la correspondiente mayor presión sobre el uso del agua de cuencas fluviales trans-fronterizas, hay un potencial para evaluaciones de recursos hídricos (involucrando a más de una país) que se hagan más comunes en el futuro. Lineamientos internacionalmente desarrollados sobre este tema fueron publicados por UNESCO y OMM en 1988, en la forma de Evaluación de los Recursos Hídricos, Manual para Evaluación Nacional (la versión inglesa fue emitida en 1988 y las versiones francesa y española en 1993). Se esperaba que el uso de estos lineamientos llevarían a un cierto grado de uniformidad en la aproximación entre países, y serían de ayuda en el desarrollo de la cooperación internacional con respecto a la ERH. La metodología fue puesta a prueba en proyectos piloto para Australia, la República Federal de Alemania, Ghana, Malasia, Panamá, Rumania y Suecia. Fue revista en reuniones regionales de expertos en África (Harare, 1985) Asia (Manila, 1984) y América Latina (Montevideo, 1986). Desde ese tiempo, la metodología ha sido aplicada en muchos países alrededor del mundo, en particular en países de América Latina y África.

Recientes desarrollos de evaluación y administración hídrica, en particular siguiendo a ICWE y UNCED, han resultado en la necesidad de rever y revisar las publicaciones originales con el fin, en particular, de convertirlo en un manual más propicio para el usuario. Un pequeño grupo de expertos, los Sres. G. Arduino (Uruguay), J. Khouri (ACSAD), O. Starosolsky (Hungría) y B. Stewart (Australia), designados juntamente por OMM y UNESCO y apoyados por los Sres. J. Bassier (OMM) y H. Zebidi (UNESCO) han por lo tanto revisado el Manual. La puesta al día fue también solicitada, como material de apoyo a las actividades sobre Evaluación Comprensiva de Agua Potable que estaba siendo efectuada a solicitud de la Comisión de las NU sobre Desarrollo Sustentable (CSD). La metodología ha sido revisada y puesta al día en base a la experiencia en aplicar la vieja metodología y creciente material técnico y científico que se ha hecho disponible. El método revisado de metodología ha sufrido además otras revisiones por expertos de un número de países entre los que se incluyen Australia, Canadá, Alemania, Hugía, Nueva Zelandia, Panamá y Uruguay.

La metodología revisada está presentada en este Manual para el uso de todos los encargados de la tarea de rever la capacidad de un país para emprender la evaluación básica de los recursos hídricos (EBRH). El secretariado de OMM y UNESCO están interesados en conocer las experiencias de los evaluadores en el uso de la metodología contenida en este Manual y sobre cualesquiera propuestas sobre su mejoramiento y desarrollo futuro.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
 - 1.1 Propósito del Manual
 - 1.2 Alcance del Manual
 - 1.3 Resultados Previstos de la Aplicación del Manual
 - 1.4 Estructura del Manual
 - 1.5. Evaluación de Recursos Hídricos
 - 1.6 Valor de los datos en la Evaluación de Recursos Hídricos
 - 1.7 Costo de ERH con respecto al PBI
 - 1.8 Referencias

2. METODOLOGÍA
 - 2.1 Enfoque / Metodología
 - 2.2 Elementos y niveles de apreciación
 - 2.2.1 Niveles de actividad.
 - 2.2.2 Niveles de referencia.
 - 2.2.3 Índices de capacidad
 - 2.2.4 Regionalización
 - 2.3 Referencias

3. MARCO INSTITUCIONAL
 - 3.1 Introducción
 - 3.2 Marco general administrativo y jurídico en relación con evaluación y la planificación de los recursos hídricos (PRH)
 - 3.2.1 Definición del marco general administrativo y jurídico
 - 3.2.2 Descripción del marco general administrativo-legal
 - 3.2.2.1 Política Hídrica. Legislación y Administración
 - 3.2.2.2 Planificación a largo plazo de los RH y su relación con la EBRH
 - 3.2.2.3 Marco geográfico
 - 3.2.2.4 Factores jurídicos
 - 3.2.3 Análisis del marco general administrativo y jurídico
 - 3.3 Organismos nacionales y locales que realizan la EBRH
 - 3.3.1 Definición de las tareas
 - 3.3.2. Medio ambiente habilitante
 - 3.3.3. Privatización
 - 3.3.4. Descripción de los organismos
 - 3.3.5. Análisis de las disposiciones institucionales
 - 3.4 Cooperación internacional
 - 3.4.1 Recursos hídricos internacionales.
 - 3.4.2 Necesidades de cooperación internacional y sus ventajas
 - 3.4.3 Importancia de los programas de cooperación internacional para la EBRH
 - 3.5 Participación comunitaria
 - 3.6 Atención de la comunidad y temas de la ERH
 - 3.7 Cálculo del índice de capacidad
 - 3.8 Referencias

-
4. RECOLECCIÓN DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RECUPERACIÓN
 - 4.1 Actividades principales para una EBRH
 - 4.2 Datos sobre el ciclo hidrológico
 - 4.2.1 Necesidades de datos
 - 4.2.2 Sistema de observación del ciclo hidrológico
 - 4.2.2.1 Datos históricos
 - 4.2.2.2 Datos en tiempo real
 - 4.2.2.3 Estudios de campo
 - 4.2.2.4 Super estructura
 - 4.2.3 Elementos de evaluación y niveles de actividad.
 - 4.2.4 Niveles de referencia de adecuación
 - 4.3 Datos sobre los proyectos de recursos hídricos y su utilización
 - 4.3.1 Necesidades
 - 4.3.2 Utilización de los recursos hídricos.
 - 4.3.3 Adecuación de los datos sobre la utilización de recursos hídricos y proyectos conexos
 - 4.4 Datos fisiográficos
 - 4.4.1 Necesidades de datos
 - 4.4.2 Sistemas de datos
 - 4.4.2.1 Datos topográficos
 - 4.4.2.2 Datos geológicos y geomorfológicos
 - 4.4.2.3 Datos pedológicos
 - 4.4.2.4 Datos de Usos de la Tierra y Capa Vegetal
 - 4.4.3 Adecuación de los datos fisiográficos
 - 4.5 Almacenamiento, proceso primario y difusión de datos
 - 4.5.1 Necesidades
 - 4.5.2 Almacenamiento de datos
 - 4.5.3 Proceso primario
 - 4.5.3.1 Establecimiento de catálogos de datos
 - 4.5.3.2 Bancos de datos convencionales
 - 4.5.3.3 Bancos de datos automatizados
 - 4.5.3.4 Preparación de datos destinados al usuario
 - 4.5.4 Publicaciones
 - 4.5.5 Adecuación del almacenamiento, del proceso primario y de la difusión de datos
 - 4.6 Técnicas de ERH
 - 4.6.1 Técnicas convencionales
 - 4.6.2 Balances de administración hídrica.
 - 4.6.3 Modelos de computadora
 - 4.7 Estandarización y control de calidad
 - 4.7.1 Estandarización
 - 4.7.2 Control de calidad
 - 4.8 Cálculo del índice de capacidad
 - 4.8.1 Recolección de datos (datos básicos)
 - 4.8.2 Recolección de datos (proyectos de recursos hídricos)
 - 4.8.3 Recolección de datos (datos fisiográficos)
 - 4.8.4 Procesamiento de datos
 - 4.8.5 Recuperación de datos
 - 4.8.6 Estandarización y control de calidad
 - 4.8.7 Índice de capacidad
 - 4.9 Referencias

-
-
- 5 EVALUACIÓN ZONAL DE ELEMENTOS HIDROLÓGICOS
 - 5.1 Introducción
 - 5.2 Agua superficial
 - 5.2.1 Trazado de mapas
 - 5.2.2 Modelos
 - 5.2.3 Teledetección
 - 5.2.4 Otras técnicas
 - 5.3 Aguas subterráneas
 - 5.3.1 Trazado de mapas
 - 5.3.2 Modelos
 - 5.4 Adecuación de la evaluación zonal
 - 5.5 Cálculo del índice de capacidad
 - 5.6 Referencias

 6. MANO DE OBRA, ENSEÑANZA Y FORMACIÓN DE PERSONAL
 - 6.1. Introducción
 - 6.2 Descripción del sistema educacional
 - 6.3 Educación formal
 - 6.3.1 Técnicos
 - 6.3.2 Profesionales
 - 6.4 Desarrollo de sistemas educacionales para hidrólogos y técnicos en hidrología
 - 6.5 Mano de obra existente y necesidades futuras
 - 6.5.1 Necesidades de mano de obra
 - 6.5.2 Evaluación de situación de la mano de obra y necesidades futuras
 - 6.5.3 Definición de necesidades
 - 6.5.4 Adecuación de criterios y evaluación
 - 6.6 Formación profesional en el servicio y otras actividades de formación
 - 6.6.1 Determinación de las necesidades
 - 6.6.2 Descripción de la situación actual
 - 6.6.2.1 Nivel técnico inferior
 - 6.6.2.2 Técnicos superiores e ingenieros
 - 6.6.2.3 Nivel postuniversitario
 - 6.6.3 Criterio de adecuación y su evaluación
 - 6.7 La aproximación multi-disciplinaria y su impacto en las necesidades de mano de obra.
 - 6.8 Cálculo del índice de capacidad
 - 6.9 Referencias

 - 7 INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TÉCNICO E INTERCAMBIO TECNOLÓGICO
 - 7.1 Introducción
 - 7.1.1 Investigación
 - 7.1.2 Investigación aplicada
 - 7.1.3 Desarrollo técnico e intercambio tecnológico
 - 7.2 Estructura de política científica. Instituciones de investigación e investigación en el servicio.
 - 7.3 Investigación aplicada
 - 7.3.1 General
 - 7.3.2 Servicios de consultoría
 - 7.3.3 Evaluación
 - 7.4 Intercambio de información y documentación
 - 7.4.1 Determinación de necesidades
 - 7.4.2 Descripción de situación existente
 - 7.4.3 Evaluación
 - 7.5 Cálculo del Índice de Capacidad
 - 7.6 Referencias

8. DATOS HIDROLÓGICOS E INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA PLANIFICACIÓN
 - 8.1 Clasificación de datos de recursos hídricos e información necesaria para la planificación.
 - 8.1.1 Datos hidrológicos
 - 8.1.2 Elementos estructurales y no estructurales
 - 8.1.3 Importancia de los elementos de proyecto
 - 8.2 Precisión de los datos de recursos hídricos para la planificación
 - 8.3 Adecuación de los datos
 - 8.4 Acceso y diseminación de datos
 - 8.5 Publicación de datos
 - 8.6 Referencias

9. REVISIÓN DE CAPACIDAD PARA ERH
 - 9.1 Introducción
 - 9.2 Implementación de la revisión
 - 9.2.1 Marco Institucional
 - 9.2.2 Recolección de datos, procesamiento y recuperación
 - 9.2.3 Evaluación zonal de elementos hidrológicos
 - 9.2.4 Educación y formación de mano de obra
 - 9.2.5 Investigación, desarrollo técnico e intercambio tecnológico
 - 9.2.6 Evaluación general
 - 9.3 Conclusiones de la revisión
 - 9.4 Ejemplos de aplicación del Manual previo, incluyendo ejemplos regionales y nacionales.
 - 9.5 Referencias

LISTA DE APÉNDICES

APÉNDICE I	CONCLUSIONES DE LAS CONFERENCIAS DE DUBLIN Y RÍO RELACIONADAS CON LA EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
APÉNDICE II	CONTRIBUCIÓN DE LAS ORGANIZACIONES INTERNACIONALES A LA EBRH
APÉNDICE III	EVALUACIÓN EXHAUSTIVA DEL AGUA DULCE
APÉNDICE IV	EJEMPLO DE IDENTIFICACIÓN DE INSTITUCIONES Y TAREAS INCLUIDAS EN UNA EBRH
APÉNDICE V	NIVELES DE REFERENCIA PARA RECOLECCIÓN DE DATOS BÁSICOS
APÉNDICE VI	EJEMPLO DE INFORMACIÓN SOBRE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN DE PERSONAL EN RECURSOS HÍDRICOS Y ÁREAS RELACIONADAS 143
APÉNDICE VII	NIVELES DE PRECISIÓN CONCERNIENTES AL USO DE DATOS DE RECURSOS HÍDRICOS PARA PROYECTOS
APÉNDICE VIII	EJEMPLO DE EVALUACIÓN DE CAPACIDAD NACIONAL
APÉNDICE IX	EJEMPLO DE EVALUACIÓN DE CAPACIDAD REGIONAL

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Propósito del Manual

El propósito de este Manual sobre la evaluación de los recursos hídricos (ERH) es el de servir de guía para analizar los niveles corrientes de actividad en el programa Evaluación Básica de los Recursos Hídricos (EBRH) en el total o parte de un país o región. Estos niveles corrientes de actividad son comparados, de ser posible, con requerimientos mínimos aceptables en términos de densidad de instalaciones, grado de computarización, mano de obra instruida y estructura y educación relacionada, programas de entrenamiento e investigación. Esta comparación provee una base para la proposición de acciones consideradas necesarias para obtener los requerimientos mínimos. En esta base, un Plan Nacional de Acción para promover programas básicos de ERH, enfatizando el desarrollo de la capacidad de formación puede ser establecido y las contribuciones de las Agencias Externas de Apoyo (A.E.A) pueden ser planeadas para apoyar el Plan Nacional de Acción.

La metodología aquí contenida está basada y expande aquella ya previamente desarrollada en la publicación de UNESCO/WMO Water Resources Assessment Activities (Actividades de Evaluación de Recursos Hídricos). Manual para Evaluación Nacional (UNESCO/WMO, 1988).

Este manual puede ser usado para revisar capacidades de EBRH en cualquier país o región. Sin embargo, está dirigido en particular a revisar la capacidad de los países en desarrollo. Mientras las actividades requeridas para la EBRH deben ser independientes de las condiciones económicas y el nivel de desarrollo dentro de un país en particular, estos factores deben ser tenidos en cuenta cuando se revisa la capacidad corriente para llevar a cabo la EBRH y se hacen recomendaciones para mejoramientos en la EBRH. Por lo tanto, mientras la información provista en este manual para fines de comparación proviene de países desarrollados, es esencial de que los usuarios del manual estén totalmente informados de las condiciones económicas y el nivel de desarrollo de los países bajo revisión.

Se reconoce que debido a las variantes circunstancias políticas, socio-económicas y técnicas en muchas países la aplicación de una metodología standard que pueda ser usada en todos los países es una tarea difícil. Otras razones para no usar una metodología standard incluyen la variabilidad del agua en espacio y tiempo, el nivel y tipo de uso del recurso y la rapidez a la cual el uso del recurso está aumentando. Por lo tanto, debe ser notado que la metodología provista acá debe ser considerada solamente como una guía. En particular, debe tenerse en cuenta que los niveles de referencia no necesariamente se adaptan a todas las situaciones, tales como por ejemplo, en el caso de países de baja población o pequeños estados insulares.

1.2 Alcance del Manual

Al poner en práctica estos programas, se identifican las tres etapas siguientes:

- a) La evaluación básica de los recursos hídricos (EBRH).
- b) La ampliación de las redes e investigaciones más detalladas, para cumplir con los requerimientos del desarrollo de los recursos hídricos.
- c) La provisión de datos e informaciones requeridos para la administración integrada de recursos hídricos.

Dado el alcance de este manual, este se limita a proponer una metodología para estimar los programas de evaluación básica de los RH. Esta limitación se adoptó ya que las segunda y tercera fases de la ERH tratan del análisis del suministro y de la demanda de agua implicando un estudio completo de los factores económicos y sociales que está fuera del alcance del proyecto internacional iniciado por la OMM y la UNESCO.

Por otra parte, la EBRH depende principalmente de condiciones naturales de modo que los niveles de referencia y otras directrices relativas a la adecuación pueden desarrollarse a nivel regional. Estos niveles de referencia o criterios, se establecen para determinar el grado en que un programa de EBRH es satisfactorio.

La aplicación de la metodología rinde una evaluación objetiva, pero las conclusiones y recomendaciones basadas en la evaluación deberían tener en cuenta muchos factores socio-económicos y administrativos que no pueden ser incluidos en la propia metodología.

1.3 Resultados Previstos de la Aplicación del Manual

Los resultados de este examen serán distintos para cada país, según las características de los programas correspondientes de EBRH, las necesidades del país y sus características.

Sin embargo, en prácticamente todos los casos se espera obtener un conjunto mínimo de resultados entre los que se incluirán:

- a) un análisis del marco institucional existente, que determine el programa de la evaluación de los RH, las ventajas e inconvenientes resultantes y las limitaciones correspondientes;
- b) una evaluación de mandatos institucionales, ambientes políticos, mecanismos de coordinación, capacidades administrativas y resultados de capacidad clave de construcción que afectan los programas básicos de la ERH;
- c) una indicación de hasta que punto un país está involucrado en cooperación internacional (incluso investigación, entrenamiento e intercambio de conocimientos);
- d) una evaluación comparativa de las redes de medida e indicaciones de los elementos de la red que exigen mejoras con respecto a la densidad de estaciones, el equipo, el personal operativo y encargado de la inspección, etc.;
- e) un examen de los estudios y programas disponibles para la concentración y el proceso de los datos fisiográficos pertinentes para la EBRH, y las correspondientes necesidades relacionadas con la extensión zonal de dicha evaluación;
- f) una evaluación de la aplicación de distintas técnicas para la extensión zonal de la EBRH, de las correspondientes técnicas de transferencia de datos y de información que se utilizan en el país, de la incertidumbres conexas y de las necesidades futuras;
- g) una estimación de la mano de obra y de la experiencia necesaria para disponer de un programa adecuado de evaluación básica de los RH y una evaluación de los programas de enseñanza y formación profesional existentes si se comparan las necesidades presentes y futuras;
- h) un examen de las actividades de investigación básica, fundamental y aplicada en el país (o región); en que medida son o no adecuados para la evaluación de los recursos hídricos si se comparan con las necesidades presentes y futuras, incluyendo las necesidades de cooperación científica y tecnológica regional e internacional;
- i) un análisis de las necesidades de información hidrológica para la planificación a largo plazo y de la transmisión de dicha información al usuario, y de los resultados del uso de tal información en el proceso de planificación que demuestra si el programa de EBRH es adecuado o no;
- j) indicaciones sobre las principales deficiencias del programa, en cuanto a marco institucional, recursos financieros, instrumentos, técnicas, etc.;
- k) recomendaciones para eliminar las deficiencias de la evaluación básica mediante la cooperación nacional o regional y/o la asistencia técnica.

El manual anterior fue usado con variados grados de perfección en diferentes regiones. En la región de África Sub-Sahara, ha sido usado en la escala regional. En América Latina y el Caribe, ha sido usado en escala

nacional (ver capítulo 9). El primer manual probó ser un muy buen instrumento catalítico y su uso produjo muchos informes valiosos. Muchas consideraciones subjetivas se requirieron en la metodología previa y por lo tanto UNESCO y OMM han producido esta nueva versión con el objeto de minimizar los componentes subjetivos tanto como fuera posible, basado en nueva información que ha aparecido en los últimos años. Además, se ha dado más énfasis a la producción de conclusiones totales y recomendaciones, a fin de dar guía acerca de qué aspectos de la capacidad de evaluación deben ser fortalecidas y en qué orden de prioridad.

El informe de OMM/UNESCO sobre Evaluación de Recursos Hídricos (Progreso en la implementación del Plan de Acción de Mar del Plata y una estrategia para los 1990s) (WMO/UNESCO, 1991) hizo uso del manual previo y estableció el estado de las actividades de la evaluación de recursos hídricos en el momento a los niveles global, regional y nacional. Basado en esa evaluación se sacó la siguiente conclusión:

“Las recientes evaluaciones regionales de la situación, que resultaron en una notable concordancia al identificar un número de resultados clave a despecho de diversidades de condiciones económicas y físicas, dan motivo de preocupación de que la obtención de datos y análisis no están de acuerdo con las necesidades presentes de desarrollo hídrico y de administración, por no mencionar las nuevas exigencias que están siendo creadas por presiones para desarrollo sustentable.”

El Proyecto Banco Mundial/PNUD sobre evaluación de recursos hídricos del África sub-sahariana (SSAHA) ha producido estudios exhaustivos sobre lo adecuado/inadecuado de la información relacionada con el agua en unos cuarenta países al sur del Sahara. EL SSAHA había diagnosticado y evaluado la declinación de las actividades de recursos actividades en la mayoría de los países y había planeado unos doscientos proyectos nacionales y regionales para curar la “enfermedad”, pero sin identificar la causa de la declinación (WMO,1995a).

1.4 Estructura del Manual

Este documento está diseñado para permitir a los países evaluar el nivel de infraestructura de recopilación de datos para los recursos hídricos que ellos han preparado para emprender una EBRH.

El manual se concentrará en el programa de EBRH, es decir en el inventario de los recursos hídricos disponibles para distintos usos incluida su variación espacio temporal en cantidad y calidad. Este tipo de inventario es necesario para cualquier punto de la zona examinada y puede considerarse que la integran tres componentes (Figura 1.1):

- a) Concentración de datos hidrológicos e hidrometeorológicos -la concentración de datos históricos sobre los componentes del ciclo del agua en determinados puntos distribuidos en la zona en que se realiza la ERH;
- b) concentración de datos fisiográficos -obtención de datos sobre las características naturales del terreno que determinan las variaciones zonales y temporales de los componentes del ciclo del agua, tales como la topografía, los suelos, la geología de superficie y los lechos rocosos, la utilización de la tierra y la capa vegetal. Estas características se designan, en aras a la brevedad, características fisiográficas.
- c) técnicas de evaluación zonal de los recursos hídricos-técnicas de transformación de los datos e información y de vinculación de los datos hidrológicos con los fisiográficos, con el objeto de obtener una estimación de las características de los recursos hídricos en cada punto de la zona considerada.

El documento consta de nueve capítulos. El capítulo 1 cubre los aspectos de introducción y el capítulo 2 enfoca la metodología aplicada en el manual. Los siguientes capítulos tratan sobre las etapas relevantes en desarrollar una revisión general de la capacidad de EBRH incluyendo:

- a) Estructura general (capítulo 3).
- b) Obtención de datos, procesamiento y recuperación - evaluación del ciclo hídrico y actividades de obtención de datos fisiográficos.
- c) Evaluación en un área de elementos -el programa de EBRH es considerado adecuado si los tres componentes del programa están disponibles y, relacionándolos, son suficientemente exactos para suministrar la información de recursos hídricos requerida para propósitos de planeamiento en cualquier punto del área evaluada (capítulo 5).
- d) Mano de obra, educación y entrenamiento - todas las actividades básicas de ERH requieren mano de obra experta y esto a su vez requiere entrenamiento y educación de la mano de obra necesaria, e investigación básica y aplicada para desarrollar la tecnología requerida (capítulo 6).
- e) Investigación, desarrollo técnico - la ERH también requiere intercambio tecnológico y equipos y técnicas eficientes para estudios de campo y diseños de redes y operación y desarrollo de técnicas de interpolación en áreas (capítulo 7).
- f) Datos hidrológicos e información requerida para propósitos de planeamiento- la definición del tipo de información requerida para planeamiento, la manera en que esta información es producida y transmitida a usuarios y los efectos de falta de información o información inexacta en el proceso de toma de decisiones en la etapa de planeamiento (capítulo 8).
- g) Práctica de evaluación de los recursos hídricos - guías para la evaluación de todas las arriba mencionadas actividades relacionadas con ERH (capítulo 9).

Los nueve apéndices detallados en este manual proveen una lista de informaciones de base y documentación de apoyo para la metodología presentada. Estos incluyen:

- a) información de base sobre recientes eventos internacionales principales sobre agua, organizaciones internacionales con programas relacionados con agua y comprensivas estimaciones de agua dulce (apéndices I, II y III)
- b) importación de apoyo para la aplicación de metodología provista en el manual incluyendo niveles de referencia y ejemplos de tablas completas y regionales (apéndices IV,V,VI y VII)
- c) ejemplos de la aplicación de la metodología del Manual a niveles nacionales y regionales (apéndices VIII y IX)

1.5. Evaluación de Recursos Hídricos

El agua dulce es vital para todas las formas de vida. Se usa para beberla, para agricultura, sanidad, industria, ambientes acuáticos, recreación, transporte y muchas otras funciones. En todos los ecosistemas, el agua interactúa con la tierra firme, la atmósfera y los seres vivos. El agua es la característica integrante que fluye a través de nuestras vidas. Ella refleja nuestro cuidado y preocupación por los alrededores. La administración sustentable de nuestros recursos hídricos está por lo tanto íntimamente unida con nuestra habilidad de estimar adecuadamente estos recursos.

El Glosario Internacional de Hidrología (UNESCO/WMO, 1992) define la Estimación de Recursos Hídricos como la "determinación de las fuentes, extensión, fiabilidad y calidad de los recursos hídricos para su utilización y control". Los recursos hídricos se definen como "Recursos disponibles o potencialmente disponibles en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un período de tiempo apropiados para satisfacer una demanda identificable."

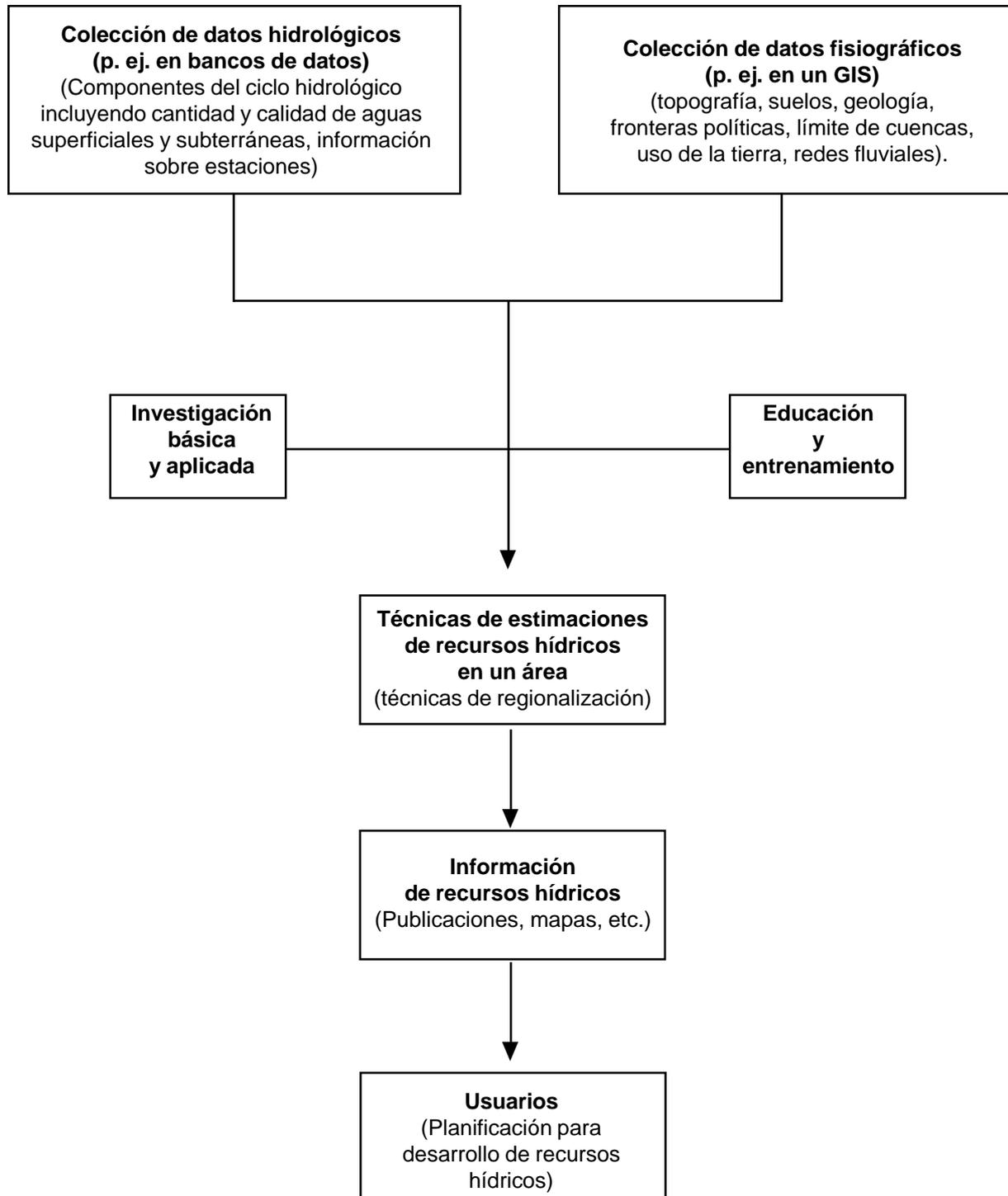


Figura 1.1. Componentes de un Programa de Evaluación Básica de los Recursos Hídricos.

A la luz de lo anterior, el primer paso para ser efectuado por los administradores de recursos hídricos debería ser el llevar a cabo una revista del presente programa del país para un ERH básico con el objeto de desarrollar y fortalecer los programas de evaluación a través del país a fin de que ellos afronten las necesidades corrientes y futuras.

Como se indica en la Sección 1.2, hay tres etapas en la implementación de programas para la evaluación de recursos hídricos. Estos son: Evaluación básica de recursos hídricos; la extensión de redes e investigaciones más detalladas para cumplir con los requerimientos del desarrollo de proyectos de recursos hídricos; y la provisión de datos e información requerida por la administración integrada de los recursos hídricos.

Este manual trata solamente de la primera etapa, es decir la evaluación de la capacidad de un país para llevar a cabo la EBRH. La EBRH comprende la concentración y el proceso de los datos hidrológicos e hidrogeológicos existentes más los datos auxiliares necesarios para su interpolación en todos los puntos del área analizada, con el objeto de realizar una evaluación de los recursos hídricos disponibles, para de este modo apoyar los planes nacionales o regionales a largo plazo para el desarrollo general de los RH, basando los planes en las necesidades de agua presentes y futuras.

Debe ser admitido que los requerimientos de recursos hídricos y su uso están evolucionando y cambiando con el tiempo. Ellos también varían muy significativamente de lugar a lugar. La capacidad para emprender una EBRH también es influenciada por cambiantes factores económicos, políticos, sociológicos y ambientales. La historia reciente (apéndices I, II y III) ha visto cambios significantes en los principios asociados con la administración de recursos hídricos. Estos principios han sido identificados y enaltecidos por un número de reuniones internacionales, incluyendo la Conferencia Internacional sobre Agua y Ambiente (ICWE, Dublín, 1992) (WMO, 1992a) y la Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo (UNCED), (Río de Janeiro, 1992; Keating, 1993) e incluyen:

- a) identificación del agua como un bien económico con un valor económico asociado en todos sus usos competitivos;
- b) importancia del agua dentro del principio de desarrollo ecológicamente sustentable;
- c) naturaleza multidisciplinaria de la administración de recursos hídricos y
- d) reconocimiento del agua dulce como un recurso escaso, vulnerable, esencial en la preservación de toda forma de vida.

Los resultados netos de estas conferencias fueron una mayor conciencia de la necesidad de adquirir toda información importante para la administración de recursos hídricos bajo el principio del desarrollo sustentable (WMO, 1991, WMO, 1992a), pero una reducción de los presupuestos adjudicados a las agencias encargadas de esta responsabilidad, esto es, el "hacer más con menos", creó grandes problemas en muchos países. Mientras muchos avances fueron posibles debido a nueva tecnología y operaciones más eficientes y efectivas, la necesidad de obtener información básica se mantiene. Este hecho ha sido también reconocido por importantes agencias de ayuda tales como el Banco Mundial. El Banco Mundial (1993) propone la adopción de un marco exhaustivo para analizar políticas y opciones para ayudar en las decisiones a tomarse sobre administración de recursos hídricos en países donde existen problemas significativos o están emergiendo, relacionados con la escasez de agua, la eficiencia de servicios, la distribución de agua o el daño ambiental. Este marco facilitaría la consideración de la relación entre el ecosistema y las actividades socioeconómicas en cuencas de ríos. Un componente principal de este análisis incluiría una evaluación del status de recursos hídricos dentro de cada cuenca, un componente esencial de la cual es la capacidad de efectuar ERH. Reconociendo la importancia de la ERH, UNESCO (1994) ha publicado una guía metodológica: estudios de la Evaluación de Recursos Hídricos para uso en la preparación de planes maestros de recursos hídricos y estudio ambientales. El objeto de este documento es proveer metodológicas que permitirán una total comprensión de la disponibilidad de agua y movimiento dentro de una nación o región.

Parece incongruente que en un tiempo en el cual el valor y la importancia de los recursos hídricos es reconocido tan fuertemente dentro del marco del desarrollo sustentable, el nivel de las actividades de evaluación de recursos hídricos, el elemento básico dentro de la administración de recursos hídricos, esté disminuyendo.

1.6 Valor de los datos en la Evaluación de Recursos Hídricos.

No es sorprendente que cuando al enfrentar una financiación reducida y los requerimientos para introducir la filosofía de pagos por el usuario, las agencias hayan buscado en el valor de sus datos el apoyo para continuar sus redes (7). Las redes hidrométricas han tendido a ser juzgadas por sus costos más que por los beneficios económicos a largo plazo o su contribución a una solvente administración ambiental. La tabla 1.1 da una lista de ejemplos de estudios del valor de los datos que han sido procesados.

La ERH, no pueden ser efectuada efectivamente sin la participación de recursos financieros o humanos. En muchos países y regiones el problema fundamental es la ausencia de recursos financieros para las ERHs. Es esencial que más recursos sean hechos disponibles y que aquellos ya disponibles sean utilizados efectiva y eficientemente.

Esto no es en manera alguna una lista exhaustiva e incluye ejemplos tanto específicos como generales de evaluaciones. Información adicional sobre el valor de datos hidrológicos y del costo de obtención de datos para recursos hídricos pueden encontrarse en Acres Consulting Services Ltd. (1977), Australian Water Resources Council (1988), Fontaine et al (1983), WMO (1989), WMO (1990a), WMO (1990b), WMO (1994a), WMO (1994c) y WMO (1995b). A pesar de la multitud de informaciones que apoyan el valor de la recolección de datos, la financiación para recolección de datos básicos está todavía siendo amenazada en la mayoría de los países. Debe ser notado, sin embargo que ninguno de los análisis mencionados han evaluado el valor de datos hidrológicos con respecto a desarrollo sustentable y en la mayoría de los casos el beneficiario es claramente identificable. Por otra parte, los hidrólogos e ingenieros de recursos hídricos deben reunir información de manera eficiente e integrada, asegurando que la recolección de datos satisfaga a las necesidades identificadas (y a menudo cambiantes) del usuario. Ellos también pueden ser capaces de demostrar la importancia de la información a la administración del recurso en términos de sustentabilidad para generaciones futuras.

1.7 Costo de ERH con respecto al PBI

El informe de WMO/UNESCO (1992) sobre Evaluación de Recursos Hídricos, Progreso de la implementación del Plan de Acción y Estrategia de Mar del Plata y una Estrategia para los 1990s, provee información sobre el relacionamiento entre los recursos disponibles para la ERH, el reconocimiento de la importancia de la ERH y el PBI per cápita para serie de países con condiciones económicas y sociales diferentes. En general, las naciones con alto PBI por persona tienen un alto nivel de reconocimiento de la importancia de la ERH y tienen acceso a altos niveles de recursos y tecnología para la ERH.

Sin embargo, como puede verse en la tabla 2.1. la inversión en desarrollo hídrico como porcentaje del PBI anual, difiere significativamente de país a país.

1.8 Referencias

Acres Consulting Services Ltd (1977) Economic Evaluation of Hydrometric Data, Prepared for the Inland Water Directorate, Department of Fisheries and Environment, Canada. Acres, Niagara Falls.

Adeloye, A. J., (1990) Streamflow Data and Surface-water Resource Assessment - a Quantitative Demonstration of Need for Adequate Investment in Data Collection in Developing Countries. J Water SRT-Acqua, Vol. 39, No. 4, pp 225-236.

Australian Water Resources Council (1988) The Importance of Surface Water Resources Data to Australia, Prepared for the AWRC Surface Water and Catchment Committee by The Snowy Mountains Engineering Corporation, AWRC Water Resources Management Series No. 16, AGPS, 1988.

Tabla 1.1
Resultados de estudios del valor de datos hidrológicos

Tipo de datos	Uso de los datos	Metodología	Prop. benef/costo	Ref.
Lluvia Flujo fluvial Mapas de crecida	Pronóstico de Crecidas Alertas	Daño evitable – costos iniciales más costos anuales	6.60	Heatherwick & Quinnell 1976
Lluvia Flujo fluvial	Pronóstico de Crecidas	Daños anuales Costos anuales	4.26	Reynolds (1972)
Lluvia Flujo fluvial	Pronóstico de Crecidas	Daño a propiedad residencial	1.50 2.33	Day (1973)
Flujo fluvial	Varios	Porcentaje de costos de aplicación de datos	8.64	Acras 1977
Flujo fluvial	Proyectos hídricos	Reducción de error -Estudios para tres cuencas diferentes	2.81 4.99 21.20	Ingledow <i>et al</i> (1970)
Flujo fluvial	Proyectos hídricos	Reducción de error	7.06	Solomon (1976)
Flujo fluvial	Varios	Valor menor de beneficios atribuible a datos	9.00	Cordery & Cloke (1992)
Flujo fluvial	Diseño de almacenamiento	Reducción de incertidumbre - 40 años de recolección de datos a mano por otros 20 años	1.60	Cloke & Cordery (1993)
Flujo fluvial	Cruces de pequeñas corrientes de agua	Costo de sobredimensionado / subdimensionado Daños y demoras	4.40	Cloke <i>et al</i> (1993)
Flujo fluvial	Capacidad de embalse	Pérdida de oportunidad	*	Wain <i>et al</i> (1992)
Flujo fluvial	Embalse de uso único	Pérdida de oportunidad	**	Adeloye (1990)

* Justificación económica para recolectar datos hidrológicos.

** Justificación económica dependiente de coeficiente de variación de flujos anuales.

Cloke P. S. and Cordery I., (1993) The Value of Streamflow Data for Storage Design. *Water Resources Research*, Vol. 29, No. 7, pp 2371-76.

Cloke P. S., Cordery I, and Gallagher D. R., (1993) Assessment of the Value of Streamflow Data for the Design of Minor Waterway Crossings, *Australian Civil Engineering Transactions*, Vol. CE35, No. 2, pp 121-130.

Cordery I., and Cloke P. S., (1992) An Overview of the Value of Collecting Streamflow Data, *Institution of Engineers, Australia, Civil Engineering Transactions*, Vol. CE34, No. 3, pp 271-276.

Day H. J., (1973) Benefit and Cost Analysis of Hydrological Forecasts. *World Meteorological Organization, Operational Hydrology Report No. 3, Vol. WMO No. 341.*

Fontaine, R. A., Moss, M. E., Smith, J. A., & Thomas, W. O. Jr (1983) Cost Effectiveness of the Stream-gauging Program in Maine - A Prototype for Nationwide Implementation, *US Geological Survey Water-Supply Paper 2244.*

Heatherwick G., and Quinnell A. L., (1976) Optimising Benefits to Urban Residents of a Total Flood Warning System for the Brisbane Valley, *Hydrology Symposium 1976, Sydney, June, 1976, IE Aust., NCP 76/2, pp 61-66.*

Ingledow, T. E. and Associates Ltd, (1970) Hydrometric Network Plan for the Provinces of Newfoundland, New Brunswick, Nova Scotia and Prince Edward Island. Report for Department of Environment, Vancouver, B.C., Canada.

Keating, M. (1993) *The Earth Summit's Agenda for Change. A plain language version of Agenda 21 and other Rio Agreements.* Centre for Our Common Future, Geneva, 1993.

Reynolds, P. J., (1982) Economic and Social Benefits of the Application of Hydrological Forecasts. *Workshop on the Application of Cost-Benefit Assessment of Hydrological Data for Water Resources Projects*, WMO, Geneva, Switzerland.

Solomon, S. I., (1976) Worth of Data. Chapter 13 In: *Stochastic Approach to Water Resources* (H.W. Shen, ed.) Fort Collins, USA.

The World Bank (1993) *Water Resources Management. A World Bank Policy Paper.* The World Bank, Washington, D.C.

UNCED (1992) *Agenda 21 - Chapter 18 - Freshwater.*

UNESCO/WMO (1988) *Water-Resource Assessment Activities. Handbook for National Evaluation.*

UNESCO/WMO (1992) *International Glossary of Hydrology. Second Edition.* UNESCO/WMO.

Wain A. T., Atkins, A. S., McMahon T. A., (1992) The Value of Benefits of Hydrologic Information. *Centre for Environmental Applied Hydrology, University of Melbourne. AWRAC Research Project P87124, pp 59.*

WMO/UNESCO (1991) *Report on Water Resources Assessment. Progress in the Implementation of the Mar del Plata Action Plan and a Strategy for the 1990s.*

WMO (1989) *Adverse effects of insufficient or inaccurate hydrological information. HWR Tech. Rpt No. 29, WMO/TD No. 325, Geneva.*

WMO (1990a) *Cost benefit assessment techniques and user requirements for hydrological data. OHR No. 32, WMO No. 717, Geneva.*

WMO (1990b) Economic and Social Benefits of Meteorological and Hydrological Services Proceedings of the Technical Conference (Geneva, 26-30 March 1990). WMO No. 733, Geneva.

WMO (1991) WMO and UNCED-1992 Protecting the atmosphere, oceans and water resources: Sustainable use of natural resources. WMO No. 760, Geneva.

WMO (1992a) International Conference on Water and the Environment. ACC/ISGWR. The Dublin Statement and Report on the Conference, WMO 55pp.

WMO (1992b) Meteorology and hydrology for sustainable development. WMO No. 769, Geneva.

WMO (1994a) Assessing a precious resource - water. WMO No. 801, Geneva.

WMO (1994b) Guide to Hydrological Practices. Fifth Edition. WMO No. 168, Geneva.

WMO (1994c) Conference on Economic Benefits of Meteorological and Hydrological Services, 1923 September 1994, Geneva.

WMO (1995a) African Conference on Water Resources: Policy and Assessment. Report of the Conference. WMO/UN Economic Commission for Africa. Addis Ababa, Ethiopia, 20-25 March 1995. WMO May 1995.

WMO (1995b) An overview of selected techniques for analysing surface water data networks. OHR No. 41, WMO No. 806, Geneva.

2. METODOLOGÍA

2.1 Enfoque / Metodología

El manual presenta un enfoque paso a paso para la evaluación de la capacidad nacional para la EBRH. Esto no implica una metodología rígida de evaluación dado que las condiciones determinantes de los programas de ERH son muy variadas de un país a otro.

La Tabla 2.1 (aunque se trata de información desactualizada) provee datos indicativos sobre la diversidad del rol y la significación del agua en el desarrollo nacional. Estos datos apoyan la necesidad de que el evaluado sea consciente de las necesidades del desarrollo de los recursos hídricos en el país en consideración, y atento a que esas necesidades cambiarán con el tiempo.

Sin embargo, para la EBRH, es decir para el inventario de la disponibilidad de agua, se puede suponer que las necesidades para la ERH muestren variaciones limitadas para condiciones naturales similares. De ahí que la experiencia obtenida en un país o región es, hasta cierto punto, transferible a un país o región con condiciones hidrológicas similares. En consecuencia, el enfoque que se propone se apoya en niveles de actividad y referencia relativos a condiciones observadas en países con diversas características hidrológicas, donde la EBRH se considera generalmente como adecuada.

El enfoque tiene por objeto permitir el examen de los distintos componentes de un programa de ERH y determinar, en cada caso las causas fundamentales de las insuficiencias observadas en base a los niveles de referencia. Dichas insuficiencias pueden tener como origen limitaciones legislativo-administrativas, falta de fondos, de equipo, de personal o una combinación de éstas. En cada caso particular, se deberá usar plenamente la capacidad de juicio al identificar las causas mencionadas. Sin embargo, los resultados de la apreciación realizada como se indica en este documento, deberían informarle debidamente del estado del programa de ERH del país y ofrecerle una base para dar sustento a sus conclusiones y recomendaciones referentes a las medidas correctoras, incluso la asistencia técnica internacional necesaria.

El capítulo 9 provee consejos con respecto a la selección del evaluador y una metodología para la revisión total de la capacidad de EBRH.

2.2 Elementos y niveles de apreciación

La estimación se basará en una serie de niveles que caracterizan las diferentes actividades y los elementos necesarios para obtener los componentes de un programa de EBRH así como sus actividades de apoyo.

2.2.1 Niveles de actividad.

Los niveles de actividad son características numéricas absolutas o relativas, de los componentes del programa de ERH que reflejan el estado actual de desarrollo de los diferentes elementos del recurso hídrico para la zona que se considera. Estos mismos pueden usarse para comparar programas diferentes y posiblemente indicar las razones de un funcionamiento inadecuado. Para determinar si los niveles de actividad son adecuados el responsable de la apreciación podrá compararlos con niveles similares obtenidos en los países con programas de ERH adecuados, teniendo también en cuenta su propio criterio, experiencia y conocimiento de las condiciones económicas y de desarrollo de los recursos hídricos del país. Cuando ciertos niveles de actividad demuestran ser adecuados en algunos casos pueden aceptarse como niveles de referencia para estudios futuros.

Donde los datos de nivel de actividad específica no están disponibles, el evaluador debería hacer un juicio subjetivo de la situación ya sea adecuada o inadecuada y proveerá comentarios acordes en las tablas relevantes. Puede haber algunos elementos para los cuales no tiene sentido o es imposible hacer una evaluación para el área en estudio. Además, otros elementos distintos que los que se indican en las tablas pueden ser de particular importancia local en cuyo caso el evaluado debería agregarlos a la tabla e incluirlos en su evaluación. Este enfoque flexible se aplica a todos los capítulos del Manual.

TABLA 2.1

Datos indicativos sobre la diversidad del rol y el significado del agua en el desarrollo nacional (Naciones Unidas. 1976).

País	Crecidas (1)	Irrigación (2)	Energía Hidráulica (3)	Inversión (4)	Transf. entre cuencas (5)	Planif. (6)	Organi- zación (7)
Argentina	8-10	5	20	5	C	B	B
Bangladesh	>40	6	22	9	C	B	C
Bolivia	7	4	88	2	C	B	C
Brasil	15	2	85	1-2	B	B	C
Costa Rica	3	11	88	1-2	C	C	C
Etiopía	1	1	90-95	1	C	C	C
Gabón	—	2	51	—	A	B	C
Gambia	7	5	0	0-1	C	—	B
Grecia	1	20	35	1	B	A	A
Guatemala	15	1	45	-	B	C	C
Hungría	50	7	2	3	B	A	B
India	5-10	25	40	2	B	B	C
Irak	20	54	1	2	B	A	C
Israel	2	60	0	1	A	A	C
Malasia	20	10	29	0-1	B	B	C
Nepal	-	10	83	2	C	B	A
Pakistán	9-15	69	50-60	4	A	A	B
Polonia	1-2	8-10	2-3	2-3	B	A	B
Senegal	40	0-1	0	1	C	B	A
España	-	12	40	1	A	B	A
Sudán	60	20	7	22	—	—	—
Siria	2	10	28-30	10-20	C	A	B
Tailandia	4-8	15-25	40	2	B	A	A
Tanzania	0	0-1	40	8-10	C	B	C
Yugoeslavia	12-14	1-2	65	10	C	A	A

(1) Porcentaje aproximado de población viviente en las áreas expuestas a inundaciones catastróficas.

(2) Área irrigada en porcentaje de la tierra total cultivada.

(3) Energía hidráulica producida en porcentaje de la producción total de energía.

(4) Inversiones en desarrollo hídrico en porcentaje del producto bruto anual.

(5) Transferencia de agua entre cuencas: A -significación nacional; B -significación regional; C -no existente o despreciable.

(6) Programas de desarrollo de cuencas fluviales a largo término han sido preparados: A -para casi todas las cuencas fluviales; B -para unas pocas cuencas seleccionadas; C -no han sido aún preparados.

(7) La administración nacional hídrica es: A -casi enteramente...; B -parcialmente...; C -no estructurada de acuerdo a áreas de cuencas fluviales.

— Datos no disponibles.

Nota: La mayoría de la información provista es para 1974. Sin embargo algunos datos son de años anteriores.

2.2.2 Niveles de referencia.

Para el propósito de la evaluación, los niveles de referencia se definen como valores numéricos absolutos o relativos que indican los mínimos requerimientos de los elementos de evaluación con los cuales un programa ERH básicos en un país o región, debía cumplir para ser considerado adecuado.

Como se sugirió anteriormente la información básica de ERH debería ser independiente de las condiciones económicas y del desarrollo de los recursos hídricos en un país.

Ciertos niveles de referencia están basados en valores o rangos de valores aceptados por las organizaciones internacionales pertinentes. Éstos han sido provistos para una variación de condiciones climáticas y fisiográficas (condiciones hidrológicas naturales). Tales niveles de referencia se esperan que sean válidas en todos los países (regiones o países) con condiciones naturales similares.

Donde se dispone de ellos, niveles de referencia absolutos se indican en el Ap. V. basados mayormente en recomendaciones de la OMM (WMO, 1994b).

Cuando los niveles de actividad se basan en porcentajes, se asume que el 100% es el nivel de referencia. El evaluador debe estimar cuando los niveles de referencia pueden ser aplicables en el país que se estudia y debe justificar la adopción si adopta alguno en particular. En ciertos casos una progresión para encontrar un valor de nivel de referencia puede estar más de acuerdo con el desarrollo económico de un país en particular.

Para determinar los niveles de actividad y de referencia, es necesario adoptar un enfoque dinámico, en el sentido de que deben considerarse las condiciones actuales y futuras cuando sea pertinente. Por ejemplo deberán tenerse presentes al indicar el número de estaciones las estaciones en una red que han sido explotadas durante largo tiempo, pero cerradas actualmente porque los datos adicionales no aumentarían significativamente la información ya recogida. Por otra parte, las superestructuras de redes que se ha previsto eliminar en el futuro próximo, al terminar un programa de ayuda externa, solo deberían considerarse con la debida reserva. También deberían tenerse en cuenta las deficiencias que seguramente van a corregirse en el futuro próximo y considerarse en consecuencia los niveles correspondientes.

2.2.3 Índices de capacidad

En base a la información recolectada dentro de cada capítulo del manual, un índice de Capacidad ha sido definido para reflejar el resultado de la evaluación para un componente particular de la EBRH básico. En algunos casos este índice de capacidad es calculado de manera subjetiva mediante respuestas a una serie de preguntas que describen principios corrientes de mejor práctica, en otros casos el índice de Capacidad es calculado de una comparación directa de Niveles de Actividad con niveles de Referencia. El Capítulo 9 provee un marco donde combinar los índices de Capacidad para cada capítulo en una evaluación total de la capacidad nacional global para emprender EBRH.

2.2.4 Regionalización

Tal como se indica más arriba, los niveles de actividad y de referencia que deben establecerse con fines de evaluación variarán según las condiciones naturales, sociales y políticas específicas de cada país. No pueden determinarse fácilmente todas las condiciones pertinentes de cada país. No obstante, como punto de partida y para mantener este manual dentro de límites prácticos, se propone que las variaciones de niveles de actividad y de referencia se presenten en términos de las principales características climáticas y geológicas del país.

Desde el punto de vista climático, los países se clasifican en húmedos o áridos. A los efectos de este manual, un clima árido se define como aquel en el que la precipitación media anual es inferior a la evaporación potencial media anual. A la inversa, en un país húmedo esta última es inferior a la precipitación media anual. Evidentemente, las características hidrológicas naturales son diferentes en los países húmedos o áridos. Además los problemas técnicos, económicos y de organización de la utilización del agua son también básicamente

diferentes en los países o en las regiones húmedos o áridos. En los países húmedos la disponibilidad de agua suele ser un elemento auxiliar para la mayoría de las actividades económicas mientras que otros recursos son el factor principal de desarrollo. Por lo tanto la utilización de los niveles de actividad y de referencia para estimar los programas de ERH será diferente según si se trata de regiones o países húmedos o áridos.

También pueden variar significativamente de un país (o de una región) a otro las características básicas de los recursos hídricos en función de la geología de la superficie y así, cuando existen depósitos sedimentarios superficiales importantes se puede esperar recursos importantes de agua subterránea, mientras que cuando esos depósitos no existen, la importancia de dichas reservas hídricas suele ser inferior. Los valores y el énfasis de los distintos niveles de actividad y de referencia, para la EBRH varían por lo tanto según las principales condiciones geológicas de superficie (sedimentarias o no sedimentarias) del país.

Las bruscas variaciones de las características climáticas y/o geológicas dentro de un país pueden acarrear la necesidad de subdividirlo en sub-zonas, a las que es posible aplicar niveles adecuados de actividad y de referencia. Por otra parte, ciertos países pueden presentar características climáticas geológicas tales que no exigen subdivisiones.

El uso de niveles de actividad y de referencia en la evaluación está basado en las características climáticas/geológicas. Es decir que el evaluador debería regionalizar el país de acuerdo con las principales características climatológicas (áridas-húmedas) o geológicas (sedimentarias -no sedimentarias). Para este fin se debería disponer de un mapa de la isoyetas medias anuales y de un mapa de la evaporación potencial, ambos expresados en mm (mapas (a) y (b) de la Figura (2.1). Al superponer ambos mapas, y al abstraer los valores de la precipitación del mapa (a) del valor de la evaporación potencial del mapa (b) se obtendrá un mapa con valores negativos y positivos (mapa (c) en la Figura (2.1). Las zonas con valores positivos se indicarán como zonas húmedas y las otras como zonas áridas. Superponiendo sobre este mapa un mapa geológico, donde se han separado las zonas con formaciones superficiales sedimentarias y no sedimentarias (mapa (d)), se obtendrá un mapa como el que se indica en (e), sobre el que es posible trazar las cuatro regiones climatológicas y geológicas usadas en el Manual, esto es húmeda no-sedimentario, húmeda sedimentario, árida no sedimentario y árida sedimentario. Superponiendo sobre el mapa (d), el mapa sobre los límites geográficos de las jurisdicciones de la ERH, se podrán definir los límites geográficos de las cuatro regiones en cada jurisdicción. Por supuesto en muchas jurisdicciones el número de regiones será inferior a cuatro y gran número de jurisdicciones estarán relacionadas con una única región.

La escala de los mapas que se utilice podrá variar según el tamaño del país. Para los países entre 100.000 y 250.000 km² serán apropiados los mapas de 1:250.000 a 1:500.000. Para los países de tamaño entre 250.000 y 2.500.000 km² se aconseja la escala entre 1:1.000.000 a 1:2.000.000.

Para países mayores de 2.500.000 km² pueden usarse mapas a escala 1:5.000.000. Cuando no haya mapas detallados, podrían usarse mapas generales como los que figuran en el Atlas del Balance Hídrico Mundial (UNESCO, 1978) y otros, publicados internacional o regionalmente, o mapas de recursos hídricos (IAH-UNESCO - CCGM; Struckmeier and Margar, 1995). Se hace notar que la exactitud de la delimitación de las regiones climatológicas y geológicas no tiene efecto significativo en el proceso de evaluación.

Si existen acentuadas variaciones en el nivel de la EBRH en varias regiones o subregiones del mismo país, cada región o subregión del país se evaluará separadamente. Esto es necesario por dos razones fundamentales: evitar el uso de valores no representativos y obtener datos sobre los programas de EBRH que han sido un éxito en subregiones de un país donde, en su conjunto la EBRH puede haber sido inapropiada.

Figura 2.1. Etapas de regionalización

2.3 Referencias

Keating, M. (1993) The Earth Summit's Agenda for Change. A plain language version of Agenda 21 and other Rio Agreements. Centre for Our Common Future, Geneva, 1993.

Struckmeier, W. F. and Margat, J. (1995) Hydrogeological Maps, a guide and a standard legend. Vol. 17. IAH-UNESCO-CCGM International Contributions to Hydrogeology, Hannover, 117 pp.

The World Bank (1993) Water Resources Management. A World Bank Policy Paper. The World Bank, Washington, D.C.

UNCED (1992) Agenda 21 - Chapter 18 - Freshwater.

UNESCO (1994) Methodological Guide: Water Resources Assessment studies for use in the preparation of Water Resources Master Plans and Environmental Studies. IHP - IV Project M-1 -1 (a). UNESCO, Paris 1994.

UNESCO/WMO (1988) Water-Resource Assessment Activities. Handbook for National Evaluation.

United Nations (1976) River basin development: Planning and policies, Sales No. E.76.11.A. 1, New York.

WMO/UNESCO (1991) Report on Water Resources Assessment. Progress in the Implementation of the Mar del Plata Action Plan and a Strategy for the 1990s.

WMO (1989) Adverse effects of insufficient or inaccurate hydrological information. HWR Tech. Rpt No. 29, WMOITD No. 325, Geneva.

WMO (1991) WMO and UNCED-1 992 Protecting the atmosphere, oceans and water resources: Sustainable use of natural resources. WMO No. 760, Geneva.

WMO (1992a) International Conference on Water and the Environment. ACC/ISGWR. The Dublin Statement and Report on the Conference, WMO 55pp.

WMO (1992b) Meteorology and hydrology for sustainable development. WMO No. 769, Geneva. (a)

WMO (1994b) Guide to Hydrological Practices. Fifth Edition. WMO No. 168, Geneva.

WMO (1995a) African Conference on Water Resources: Policy and Assessment. Report of the Conference. WMO/UN Economic Commission for Africa. Addis Ababa, Ethiopia, 20-25 March 1995. WMO May 1995.

3. MARCO INSTITUCIONAL

3.1 Introducción

La EBRH no es una actividad que se encara sólo una vez, se trata de una actividad continua que ofrece información cada vez más precisa sobre la disponibilidad de recursos hídricos en la zona objeto de investigación. Los cambios en las condiciones sociales y económicas y ambientales y la modificación en el alcance de las metas del desarrollo para una zona determinada, hacen que varíen las necesidades en cuanto a precisión de los datos necesarios para la EBRH. Para que sea válido un programa de EBRH, aun cuando se produzcan rápidos cambios en los planes de desarrollo, debe ser capaz de satisfacer cualquier posibilidad de desarrollo y debe ser suficientemente independiente de cualquier proyecto de desarrollo o de planificación concreta a corto o mediano plazo de los recursos hídricos. Para que esto sea posible debe existir un marco institucional que asegure la continuidad de las actividades de EBRH.

Los problemas actuales del agua, que significan una creciente amenaza al desarrollo sustentable y una preocupación en aumento acerca de la conexión entre el agua y el ambiente, son una acuciante demostración de la necesidad de acrecentar capacidades institucionales y de practicar el ERH básico. Tales conclusiones fueron reflejadas en la "Declaración de Dublín", emitida en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Ambiente (ICWE), (Dublín, enero de 1992) y la "Agenda 21", y el plan de acción preparado para el siglo 21 (UNEP. Blue Plan, 1995).

Nuevos y fundamentales acercamientos a las evaluaciones, desarrollo y administración de recursos de agua dulce solo pueden realizarse a través de compromisos políticos, los que necesitan apoyarse en "inversiones substanciales e inmediatas, campañas de atención del público, cambios legislativos e institucionales, desarrollo tecnológico y programas de aumento de capacidad." (WMO, 1992)

La agenda 21 admitió la importancia del acrecentamiento de capacidad para el desarrollo sustentable de recursos hídricos a todos los niveles, y en el área de evaluación de recursos hídricos, recomendó acciones, incluyendo el establecimiento de una estructura política para el fortalecimiento y desarrollo de capacidades institucionales de los países, incluyendo legislación y reglamentación.

El marco institucional de la EBRH debería llevar a cabo, efectivamente las siguientes tareas:

- (a) La concentración de datos sobre recursos hídricos, y el procesado de los mismos para disponer de la correspondiente información.
- (b) La concentración y el proceso de datos auxiliares (fisiográficos) necesarios para la interpolación de información sobre recursos hídricos y un enfoque holístico de la gestión de los recursos hídricos.
- (c) La enseñanza y formación profesional del personal necesario.
- (d) La investigación básica y aplicada relacionada con la ERH.

3.2 Marco general administrativo y jurídico en relación con evaluación y la planificación de los recursos hídricos (PRH)

3.2.1 Definición del marco general administrativo y jurídico

La totalidad de instituciones que intervienen en la planificación a largo plazo de los RH y en la EBRH y la legislación, los reglamentos y normas (orales o escritas) que regulan sus actividades, constituyen el marco general administrativo y jurídico de los programas de ERH. Este marco varía considerablemente de un país a otro.

El marco administrativo y jurídico de la EBRH es el producto de la historia del país y su estructura socio-económica y es parte integrante de un sistema institucional más amplio, que asegura el inventario, la planificación, la gestión y el control de los recursos naturales en una jurisdicción determinada. Un punto de partida, para establecer los principales componentes de este marco puede encontrarse en la información facilitada por la OMM (WMO, 1994a y 1994b).

3.2.2 Descripción del marco general administrativo-legal.

El definir la estructura general administrativo - legal de la ERH en su relacionamiento a largo plazo con la PRH requiere un entendimiento de la relación que existe entre la PRH a largo plazo y la ERH, y conocimiento de la legislación que gobierna estas actividades. La primera tiene un carácter más general; la última es específica para cada país. Una complicación adicional resulta de las fronteras de jurisdicciones de áreas de varias instituciones.

3.2.2.1 Política Hídrica. Legislación y Administración

La política de recursos hídricos nacionales debe ser vista dentro del contexto de la política nacional económica y social, puesto que constituye un catalizador para planes de desarrollo nacionales, en tanto que la administración hídrica es parte de la infraestructura nacional y actúa, de ser efectiva, como un estímulo para el proceso de desarrollo nacional. De la misma manera la legislación hídrica adecuada constituye un medio para implementar decisiones hídricas y facilita la utilización racional de los recursos hídricos. Políticas y estrategias apropiadas son necesarias para asegurar desarrollo sustentable.

Como consecuencia de la creciente escasez de agua y mayores preocupaciones ambientales, hay una mayor necesidad para formulación o revisión de políticas de recursos hídricos. Los objetivos y principios básicos que subyacen a las políticas hídricas proveen las metas y criterios sobre los cuales una detallada estrategia puede ser basada. Para abordar temas hídricos actuales y potenciales, es necesario considerar el sistema del agua como una parte integral del sistema ambiental y reconocer la interconexión entre este último sistema y el sistema humano (Hoekstra, 1995). Si nosotros consideramos la complejidad de los problemas corrientes y potenciales, se hace evidente que la mejor comprensión de la política hídrica de hoy y sus consecuencias, requiere un análisis integrado de hidrología, disponibilidad de agua y demanda de la misma con relación a cambios en el uso de la tierra así como aprovisionamiento de alimentos y energía y economía y "solamente a través de tal análisis integrado de política hídrica será posible desarrollar una política hídrica para desarrollo sustentable" (Hoekstra, 1995).

Una tendencia general en la última década ha sido la integración funcional de la administración de los recursos hídricos. Tal integración ha sido perseguida a nivel del gobierno central así como a nivel regional o de cuenca. El mandato en algunos países incorporó un amplio espectro que iba desde política hasta evaluación de recursos hídricos, y desde control de polución hasta el diseño, construcción y operación de proyectos de desarrollo hídrico. Tal integración resolvió temas fundamentales tales como la coordinación e intercambio de datos entre ERH básico, desarrollo y administración.

Una tendencia contraria tuvo lugar en ciertos países, pero principalmente a través de privatización de irrigación y servicios de aprovisionamiento de agua. En la mayoría de los casos la integración funcional de la nueva administración hídrica se mantiene, sin embargo, prácticamente intacta. (Burchi, 1991).

La evaluación de capacidad institucional para formular políticas hídricas y estrategias en respuesta a temas críticos de la década, involucra identificación de resultados críticos y evaluación de la previsión sobre los recursos hídricos. El siguiente paso será una evaluación de hasta qué punto las instituciones nacionales son capaces de formular políticas que involucran las más importantes cuestiones. Una vez que los mayores problemas estén identificados y la presión sobre los recursos hídricos esté cuantificada, los siguientes componentes de política y estrategia deberán ser examinados (FAO, 1995):

- (a) Arreglos legales e institucionales incluyendo estructuras administrativas, sistemas de coordinación, privatización y corporativismo.
- (b) Ambiente habilitante, participación de grupos de usuarios e interesados.
- (c) Información, educación y campañas de atención del público; y
- (d) Evaluación de recursos hídricos, datos y sistemas de monitoreo, usos de modelado e investigación.

Indicadores e índices podrían ser usados para proveer información a formuladores de políticas a fin de facilitar el proceso de hacer políticas. Indicadores pueden también ser designados para evaluar cuán efectivamente trabaja la política. Un marco "presión - Estado - respuesta" para indicadores ambientales, desarrollado en los 1970s, es bien apropiado para análisis sectoriales a nivel nacional. Este marco sigue una lógica de causa-efecto- respuesta social. Indicadores de presión miden la efectividad política y son particularmente útiles en evaluar performance política, en tanto que los indicadores de respuesta evalúan los esfuerzo efectuados por una institución dada para mitigar la degradación de recursos (UNEP- Blue Plan, 1995). En lo que tiene que ver con efectos institucionales indicadores cuantitativos no pueden ser usados y por lo tanto cotas de referencia podrían ser usadas como instrumento en el proceso de evaluación de performance. Cotas de referencia pueden también ser usadas para evaluar los esfuerzos nacionales totales para controlar la polución, administrar recursos hídricos e integrar políticas económicas y de medio ambiente. Un marco de índices hídricos podría ser conectado a un modelo hídrico de simulación integrado para formar un instrumento de apoyo político (Hoekstra, 1995).

3.2.2.2 Planificación a largo plazo de los RH y su relación con la EBRH

La planificación a largo plazo de los recursos hídricos incluye la predicción de la demanda de agua y el correspondiente desarrollo de los recursos hídricos de potenciales a reales, de acuerdo con los objetivos a largo plazo y los objetivos económicos de los grupos sociales que tienen jurisdicción, propiedad y otros derechos sobre los recursos hídricos potenciales que se consideran.

Al utilizar el término "recursos hídricos y abastecimiento de agua", se reconoce que la mera existencia de una fuente de agua no la define automáticamente como un recurso hídrico. Para que el agua sea un recurso, debe estar disponible, o debe poder estar disponible para poderla utilizar en cantidad suficiente y de calidad aceptable, en un emplazamiento determinado y durante un período de tiempo adecuado para satisfacer una demanda identificable. Existen numerosas demandas de ese tipo, cada una con sus propias exigencia y debe tomarse en consideración tanto las circunstancias socioeconómicas como físicas de cada interacción potencial entre la demanda y el recurso. El medio ambiente debe ser considerado como un crítico e importante usuario cuando se consideran las demandas de recursos hídricos.

La interacción entre el suministro y la demanda abarca diversas formas, según el tipo de uso. Debe tenerse en cuenta que, en todos los casos, esta interacción incluye aspectos tanto de cantidad como de calidad del agua.

Desde el punto de vista de la ERH, los usos del agua pueden dividirse en tres grandes grupos:

- (a) aquellos en los que el elemento más importante para el desarrollo es la disponibilidad de agua en circunstancias favorables. Es el caso de la producción de energía hidroeléctrica y de la pesca. En ocasiones, cabe incluir el abastecimiento de agua potable, la eliminación de residuos, el riego y las actividades recreativas;
- (b) los casos en que el agua desempeña un papel secundario o auxiliar y el desarrollo ocurre debido a condiciones favorables en las que el agua no es la más importante. Por ejemplo en el caso de las industrias de extracción primaria, petrolera, de procesamiento y de materiales de construcción, el transporte por agua (incluyendo el de minerales), etc. A veces deberán incluirse

el agua potable, el riego, las actividades recreativas, las piscifactorías, los abrevaderos de ganado, etc.;

- (c) el tercer grupo corresponde a los efectos nocivos del agua pudiéndose denominar como “usos negativos”. En este grupo se pueden incluir los efectos de la cantidad de agua (inundación de áreas residenciales e industriales y tierras de cultivo, exceso de agua en minas), efectos de la erosión y de la sedimentación, y de la mala calidad del agua, sea ésta natural o deteriorada (difusión directa o vectorial de enfermedades, mayor costo del tratamiento de agua, reducción del valor de las propiedades ribereñas y del valor recreativo, etc.).

Para que un programa de EBRH sea completo, deben participar en él organismos encargados de suministrar toda la información pertinente sobre el inventario de los recursos. Además, la utilidad y la continuidad del programa de EBRH dependen también de la existencia de organismos que se ocupan de la planificación a largo plazo de los RH, que necesitan y utilizan dicha información, verificándola y corrigiéndola para mejorar su eficacia.

El planeamiento de estratégicos (a largo término) recursos hídricos es un proceso continuo que involucra realimentación de los datos resultantes de cada etapa de desarrollo y administración. Reintegro informativo e interacción entre evaluación y monitoreo expanden la base de la ERH y por ello fortifican las evaluaciones de recursos hídricos. UNCED (1992) reclamó una aproximación holística a las evaluaciones, desarrollo y administración de recursos de agua dulce debido a la naturaleza especial del agua como un recurso unitario. Esta aproximación integrada está basada en una consideración balanceada de las necesidades populares y el medio ambiente incluyendo la protección de ecosistemas y los recursos de vida del agua dulce. La protección del ambiente sólo puede ser efectuada con políticas hídricas adecuadas, instituciones y legislación efectivas. La efectividad de este marco institucional en tratar con asuntos del medio ambiente debe ser examinada como parte de la evaluación de los países de las capacidades nacionales para EBRH.

3.2.2.3 Marco geográfico

Para definir la estructura política y administrativa de la ERH es esencial primero definir el marco geográfico (límites) en el que lleva a cabo la evaluación. Al establecer dicho marco han de tenerse en cuenta tres tipos de zonas.

La primera está limitada por la cuenca del río (o acuífero) es decir los límites de la zona drenada por el río (acuífero) en cuestión. La segunda es la región jurisdiccional, se trata de la región en la que el mismo gobierno o propietario de los recursos hídricos tiene autoridad sobre la utilización básica de los recursos hídricos. En general, es jurídicamente posible desviar agua de una cuenca a otra dentro de este tipo de región. La tercera es la región económica. es decir la región en la que el movimiento de personas y de bienes no está limitado por barreras fiscales y en que pueden elegirse diversos emplazamientos para el desarrollo industrial u otro sin que intervengan incentivos diferenciales ajenos (factores de estímulo negativo). La cuenca de un río (acuífero) facilita la evaluación de los recursos hídricos potenciales de la zona. Las regiones jurisdiccionales y económicas facilitan la planificación del desarrollo de los recursos hídricos y el examen de sus posibles desviaciones.

Cuando coinciden los límites de los tres tipos de regiones, el marco geográfico de la ERH en relación con la planificación de los RH es evidentemente la zona común de las tres regiones. Sin embargo, en la práctica esto ocurre raramente. A menudo coinciden los límites de dos de los elementos zonales (sobre todo las regiones jurisdiccional y económica). En estos casos también es fácil seleccionar el marco geográfico de la evaluación en lo que respecta a la demanda y el suministro de agua, como la zona común para al menos dos de los tres tipos de región. Para esto habrá que introducir condiciones límite en la evaluación, con objeto de tener presente los efectos que se producen al no coincidir una de las regiones con la zona de evaluación. Cuando una cuenca fluvial se divide en varias regiones jurisdiccionales la ERH para toda la cuenca exige una coordinación entre las jurisdicciones. En cuyo caso, las características de los caudales afluentes-efluentes de los límites jurisdiccionales pueden haber sido determinados en acuerdos concluidos entre las jurisdicciones, o deben aprobarse sobre la base de los resultados de la evaluación. Cuando las tres series de límites son diferentes, el problema cobra complejidad ya que independientemente del marco geográfico seleccionado, hay que tomar en

consideración toda una serie de condiciones límite. En tales casos, probablemente es conveniente concluir acuerdos jurisdiccionales que permitan incluir toda una cuenca hídrica en la zona de evaluación y existen ejemplos de este tipo de acuerdos en muchas partes del mundo (UN, 1977; WMO, 1994a)

3.2.2.4 Factores jurídicos

El marco general político y administrativo de un programa de ERH depende a veces de manera importante de la legislación que regula diversos aspectos vinculados con la EBRH, a saber la legislación que:

- (a) establece responsabilidades y derechos de la(s) organización(es) responsable(s) de la planificación a largo plazo de los RH y de la EBRH.;
- (b) establece normas y criterios a seguir durante una ERH, particularmente la EBRH.;
- (c) permite llevar a cabo actividades de ERH en terrenos o masas de agua privados.

El término "Legislación" varía enormemente de un país a otro y tiene una influencia muy importante sobre las actividades de ERH. En algunos países dicha legislación puede ser totalmente inexistente y la actividad se basa en reglas (tradicionales) no escritas aunque generalmente aceptadas. En otros países, la ausencia de legislación y de instituciones correspondientes puede ser la razón por la cual los programas básicos de ERH son inadecuados o inexistentes.

3.2.3 Análisis del marco general administrativo y jurídico

Hay que tener un profundo conocimiento del marco general administrativo y jurídico de la ERH en relación con la planificación a largo plazo de los RH para estimar el programa básico de ERH. A esos efectos, el responsable de esta estimación deberá:

- (a) identificar los organismos que necesitan información sobre la EBRH para la planificación a largo plazo de los recursos hídricos (PRH);
- (b) identificar los organismos que concentran datos sobre la EBRH y los procesan para suministrar la información necesaria;
- (c) establecer las jurisdicciones geográficas de los distintos organismos responsables de la planificación a largo plazo de los RH y de la EBRH, además de las necesidades que resulten de establecer condiciones límite;
- (d) identificar componentes políticos incluyendo ambiente accesible, participación de interesados, atención del público, coordinación y privatización;
- (e) identificar la legislación que rige las actividades de planificación a largo plazo de los RH y la EBRH (o lo que generalmente corresponde a reglas tradicionalmente aceptadas);
- (f) analizar la relación entre los diversos organismos y las correspondientes jurisdicciones, cuando proceda determinar la falta de organismos y de legislación adecuada.

3.3 Organismos nacionales y locales que realizan la EBRH

En la mayoría de los países una serie de organismos a nivel nacional o local realizan diversas actividades que podrían incluirse en la EBRH. Además de identificarlas, es necesario precisar las dimensiones espacio-temporales de dichas actividades para obtener una descripción completa del trabajo de ERH que se lleva a cabo en el país para formular un juicio desde el punto de vista de cobertura y precisión.

3.3.1 Definición de las tareas

Los organismos nacionales o locales que se deben considerar parte del programa de EBRH son aquellos cuyas actividades relacionadas con el ciclo hidrológico incluyen una o varias de las tareas siguientes:

- (a) planificación, diseño, instalación, explotación de sistemas de concentración de datos del ciclo hidrológico es decir precipitación, escorrentía, humedad del aire y del suelo, evaporación, aguas subterráneas, calidad del agua, y que facilitan los datos disponibles a los usuarios;
- (b) proceso de los datos del ciclo hidrológico con objeto de obtener información sobre las características estadísticas o determinísticas del ciclo hidrológico, por ejemplo valores medios anuales o estacionales, desviación típica, estadísticas de series cronológicas, mapas de escorrentía media anual, precipitación o escorrentía correspondiente a una tormenta determinada, caudales de crecida de un determinado período de retorno, etc.

3.3.2. Medio ambiente habilitante

Los marcos institucionales están marcadamente influenciados por los gobiernos a través del “medio ambiente habilitante” creado por la política y las reglamentaciones.

El mejoramiento de la ejecución en las instituciones puede requerir desarrollo organizativo, y cuando la estructura de la institución necesita reorganización substancial, la construcción de capacidad puede hacerse necesaria para institucionales fundamentales, y desarrollar un ambiente habilitante. La construcción de capacidad es el desarrollo de sistemas de administración y sus recursos humanos que a su vez necesitan un favorable ambiente político. (Alaerts et al, 1991).

Las instituciones pueden aumentar su fortaleza de organización y mejorar su efectividad a través de aumentar su escalafón; diversificando sus fuentes de apoyo, aumentando su grado de financiamiento propio; y mediante el establecimiento de nexos de colaboración con organizaciones internacionales y el sector privado.

Cada país tiene su surtido único de condiciones institucionales, legales, socioeconómicas y ambientales, y consecuentemente tiene sus requerimientos específicos con respecto al marco institucional de sus recursos hídricos. Un paso esencial para iniciar un programa de actividades de construcción de capacidad que se requieren para acrecentar las capacidades nacionales para conducir programas de ERH incluye las siguientes acciones (WMO - UNESCO, 1991):

- (a) Establecimiento o revisión de un marco político apropiado.
- (b) Revisión de las bases legislativas y regulatorias de la evaluación de recursos hídricos.
- (c) Establecimiento y mantenimiento de cooperación efectiva entre las varias agencias responsables para la colección, almacenaje y análisis de datos de recursos hídricos: y
- (d) Alza de la cooperación entre productores de información y usuarios y fortalecimiento de las capacidades de grupos de usuarios de agua.

Una institución capacitada es una en la cual una evaluación adecuada de recursos hídricos y de su disponibilidad puede ser efectuada en forma continua. La construcción de capacidad en sí es un proceso continuo a largo término.

La construcción de capacidad comprende tres elementos básicos interrelacionados (simposio UNDP, Delft, 1991):

- (a) Creación de Medio ambiente habilitante con política y marco legal apropiados;
- (b) Desarrollo institucional incluyendo participación comunitaria;
- (c) Desarrollo de recursos humanos y fortalecimiento de sistemas administrativos.

3.3.3. Privatización

Estudios a través del mundo demostraron que la participación de grupos de sectores privados en evaluación, desarrollo y administración de recursos hídricos mejora el acceso a la información, disminuye los costos de monitoreo e incrementa la transparencia así como la confiabilidad en tomar decisiones.

Los roles de grupos de sectores públicos y privados han sido refinados en la pasada década. Cada vez más los países están experimentando una variedad de arreglos de organización (FAO, 1995). Los gobiernos a menudo retienen planeamiento y funciones regulatorios de la ERH, en tanto que la entrega de servicios está siendo confiada al sector privado. La privatización puede adquirir muchas formas (FAO, 1995);

- (a) Propiedad totalmente privada;
- (b) Contratos de administración: el contratista es responsable por administración, operación y mantenimiento de todo o parte del sistema hídrico;
- (c) Contratos de servicio: el contratista provee un servicio específico;
- (d) Contratos de arriendo: el contratista asume total responsabilidad para todas las operaciones;
- (e) Concesiones: la responsabilidad del contratista puede incluir la inversión en facilidades adicionales de capital,
- (f) Organización de usuarios: ellos pueden contratar con una agencia gubernamental para administrar el sistema hídrico o parte del mismo.

Además de estos varios tipos de participación del sector privado, la privatización puede incluir emprendimientos mixtos. La corporatización es otra aproximación a la reorganización del sector hídrico. Ella puede involucrar tornar a instituciones del sector público en agencias administrativamente autónomas, dentro del sector público.

Muchas organizaciones del sector privado colectan datos de recursos hídricos con fines operacionales. Estos grupos del sector privado, junto con recipientes de permisos de uso hídrico son requeridos de proveer datos a las agencias de administración hídrica y de ERH.

3.3.4. Descripción de los organismos

Los organismos que se ocupan de la EBRH son todos los que desempeñan las tareas mencionadas más arriba, para uno o varios componentes del ciclo hidrológico. En algunos casos, las dos series de tareas las realiza un mismo organismo para un componente determinado del ciclo hidrológico. En otros casos, las dos series de tareas las realizan varios organismos.

Con objeto de simplificar el estudio de los distintos tipos de marcos institucionales que efectúan la EBRH y que existen en la práctica se han agrupado en tres tipos principales:

- (a) *Verticales*. Los límites de la jurisdicción coinciden con los de una o varias cuencas y, dentro de esos límites, las tareas básicas de la ERH las realiza un solo organismo.

- (b) *Horizontales.* Las actividades de EBRH se comparten entre varios organismos de una misma jurisdicción. Por ejemplo, diversas organizaciones se ocupan de concentrar datos sobre diversos componentes del ciclo hidrológico, tales como la precipitación, el caudal de los ríos y las aguas subterráneas, mientras que otros organismos se encargan de recopilar información como la distribución zonal de esos componentes.
- (c) *Complejos.* La cuenca se divide en varias jurisdicciones y uno o varios organismos se ocupan de la EBRH en el marco de cada jurisdicción.

Los marcos institucionales verticales, horizontales o complejos se encuentran a diversos niveles administrativos (a nivel de provincia, de estado, de municipio, de país o a nivel internacional). Cada tipo de sistema institucional es el resultado de una larga evolución histórica y suele ser difícil cambiar de uno a otro. Se pueden encontrar descripciones de los tipos más frecuentes de disposiciones institucionales que existen en cada país en la UNESCO (1969), la ONU (UN, 1974 & 1975) y la OMM (WMO, 1994). Tal como se desprende de esas publicaciones, las instituciones horizontales y complejas son las más frecuentes. Se hace notar que figuran como horizontales, cuando en realidad son complejas. Esto se debe a que el informe sobre los organismos existentes lo ha hecho un solo nivel del gobierno.

3.3.5. Análisis de las disposiciones institucionales

Puesto que los marcos institucionales en los que se lleva a cabo la EBRH varían tanto de un país a otro se debe ajustar la apreciación del programa de EBRH de un país a las condiciones específicas nacionales. Con este fin es necesario, en primer lugar llevar a cabo una encuesta para determinar las instituciones que participan en dicho programa y en su coordinación. Este estudio es necesario por dos razones: establecer un inventario y evaluar exhaustivamente las actividades de EBRH; y determinar la influencia del marco institucional sobre la complejidad del programa de EBRH.

La Figura 3.1 ilustra dos casos extremos: una administración completamente centralizada que cubre administración de recursos hídricos de arriba a abajo, y un sistema federal con una muy alta proporción de actividades descentralizadas (autónomas), privadas y privatizadas, con un concepto multidisciplinario de enfrentar los problemas hídricos. En el primer caso, una estructura claramente vertical puede ser observada; los varios ministerios responsables por diferentes aspectos hídricos están trabajando paralelamente. Cada columna vertical es responsable por planear y supervisar en el nivel más alto y ejecutar en el nivel más bajo. El flujo de la acción es estrictamente vertical. En el segundo caso, una multitud de agencias con estructuras administrativas completamente diferentes están trabajando complementariamente. Las decisiones se toman no solamente al nivel superior, sino en cada nivel como consecuencia de la descentralización. El flujo de la acción parece una red.

La primera etapa necesaria para diagnosticar el marco institucional es determinar de que tipo de organización se trata (vertical, horizontal o complejo).

La segunda etapa consiste en identificar los organismos implicados: cuando se trata de organización vertical, un organismo único; en el caso de organización horizontal varios organismos que se ocupan de distintos componentes del ciclo hidrológico y de diversas tareas; en el caso de organizaciones complejas lo mismo que se menciona antes para cada jurisdicción. El resultado de esta etapa podría presentarse en forma de cuadros informativos o de tablas. Un punto de partida para esto puede encontrarse en OMM (WMO, 1994), en ONU (UN, 1974 & 1975) y en la UNESCO (1969).

La tercera etapa consiste en identificar para cada organismo sus tareas para la concentración de datos y la elaboración de información separadamente para cada jurisdicción y definir los límites espacio-temporales de cada tarea. Los resultados se expresan en la Tabla 3.1. El apéndice IV presenta un ejemplo del uso de la Tabla 3.1

La cuarta etapa consiste en determinar con la ayuda de la tabla antes mencionada lo siguiente:

- (a) las necesidades de condiciones límite de interfase;
- (b) la duplicación de actividades;
- (c) la utilización ineficaz del personal encargado de las medidas y de la inspección;
- (d) las incoherencias en las normas y en las técnicas;
- (e) el intercambio insuficiente de datos y de información.

En esta etapa se debe considerar la posibilidad de facilitar los programas ERH a través de cooperación y coordinación inter-jurisdiccionales por medio de Juntas.

3.4 Cooperación internacional

Uno de los objetivos fundamentales de este Manual, tal como se indica en el Capítulo 1, es ofrecer una base práctica para planificar la asistencia internacional a países con programas de recursos hídricos inadecuados. En vista de lo cual, se debe reconocer la importancia de los programas y de la cooperación internacional de ayuda a numerosos países en sus actividades de recursos hídricos.

En el Apéndice II se examina la contribución de las organizaciones y de los acuerdos internacionales a la EBRH. Este tema se examina más detalladamente en Nemeč (1976) y en la ONU (UN, 1977) y OMM/UNESCO (WMO/UNESCO, 1991).

La participación de los países en la cooperación internacional apunta a alcanzar los siguientes objetivos:

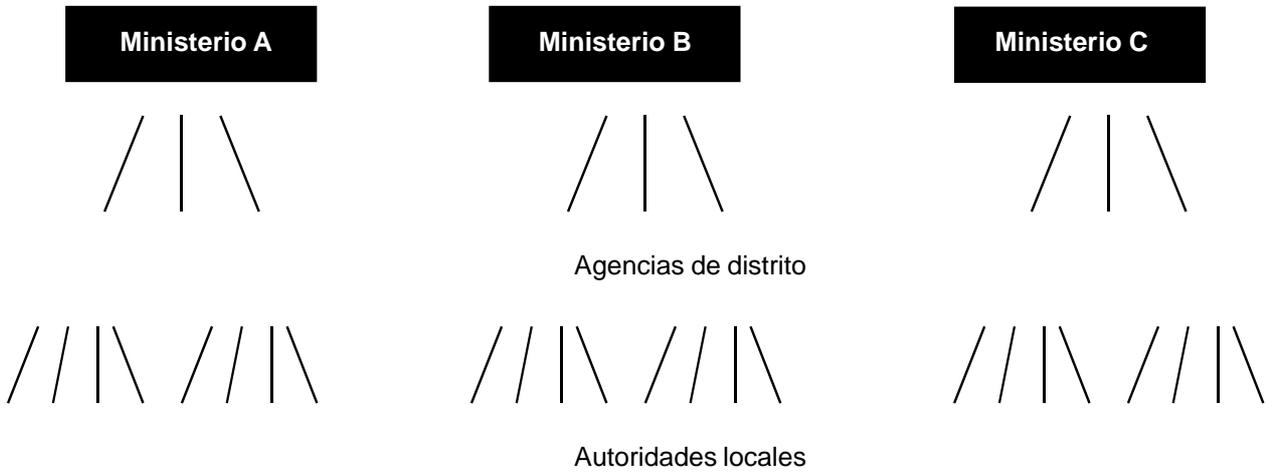
- (a) a enfocar y conciliar intereses en el uso de los recursos hídricos internacionales;
- (b) a promover el intercambio de información, experiencia y conocimiento respecto a recursos hídricos;
- (c) a iniciar y desarrollar actividades conjuntas en las áreas de formación, investigación y desarrollo.

3.4.1 Recursos hídricos internacionales.

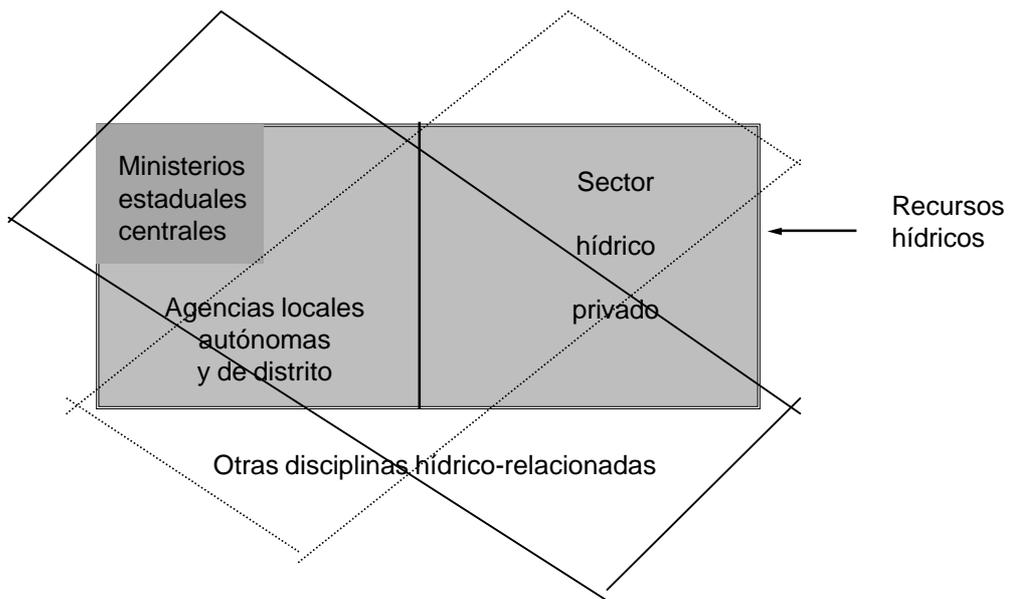
Los principios básicos de la ley internacional tal como se establecen en la "Ley de Fuentes de Agua Internacionales para uso de no-navegación" pueden ser resumidos como sigue:

Los recursos hídricos de una cuenca fluvial internacional deberán ser utilizados por los países que compartan la cuenca de una manera igualitaria y razonable, y de tal manera que no infrinjan daño apreciable a otros estados de la cuenca. Cada estado tiene el deber de intercambiar en forma regular datos e información disponibles sobre las condiciones de la cuenca, en particular aquellos de naturaleza hidrometeorológica, hidrogeológica y ecológica.

La ley hídrica internacional, que acompaña los aspectos internacionales de la administración de recursos hídricos, busca coordinación entre políticas y administraciones hídricas nacionales que afectan los recursos hídricos internacionales. Las instituciones responsables para la administración de recursos hídricos internacionales, establecidas entre dos o más estados que comparten una cuenca o acuífero común pueden usar distintas formas, tales como comisiones, agencias de comités...etc. La administración de recursos hídricos internacionales formula algunas preguntas y problemas que necesitan ser examinados y dirigidos. Un tema se refiere a la coordinación entre los procesos regulatorios establecidos por los acuerdos internacionales que fijan



Caso a) *Caso centralizado con estructura clara, vertical (interconexión principalmente a nivel ministerial)*



Caso b) *Caso moderno, multidisciplinario y complementario (interconexión en cualquier punto)*

Figure 3.1. Conceptos tradicionales y modernos de manejar problemas hídricos.

las comisiones, y aquellos de las legislaturas nacionales. Asimismo, pueden surgir problemas de coordinación entre la comisión internacional y las instituciones hídricas nacionales. Para solucionar esto, puede ser necesario incorporar las obligaciones derivadas de la ley internacional dentro de una legislación nacional. Es también necesario desarrollar un mecanismo institucional competente para enfrentar los problemas de agua subterránea. Los derechos y obligaciones de los estados vecinos con respecto a recursos de agua subterránea compartidos necesitan ser clarificados. La respuesta a estas preguntas se encuentra en los acuerdos que tales estados puedan haber celebrado con otros países de la cuenca, o, si tales acuerdos no existen, en el principio general para la ley de recursos hídricos internacionales.

3.4.2 Necesidades de cooperación internacional y sus ventajas

La cooperación internacional en la EBRH se necesita para diversos fines y especialmente para:

- (a) la EBRH a escala continental y mundial;
- (b) el desarrollo y la aplicación de técnicas avanzadas de concentración y proceso de datos para los componentes del ciclo hidrológico y de suministro de información sobre el mismo;
- (c) la transferencia de tecnología en el campo de la EBRH;
- (d) la organización de esfuerzos concertados para llevar a cabo EBRH en cuencas internacionales;
- (e) el suministro de datos en las fronteras de un país cuando varias jurisdicciones realizan separadamente la ERH,
- (f) el intercambio de información técnica y metodológica sobre la EBRH.

3.4.3 Importancia de los programas de cooperación internacional para la EBRH

La participación de un país en los programas de cooperación internacional relacionados con los recursos hídricos puede ser importante para evaluar los programas existentes y para elaborar planes que permitan mejorarlos para que alcancen un nivel satisfactorio. Puesto que este proyecto está destinado a los países en desarrollo sólo se destaca esa importancia para este tipo de países.

El rellenado de la Tabla 3.2 indicará hasta que punto el país participa en las actividades hidrológicas de los programas de las principales organizaciones internacionales que llevan a cabo programas relacionados con la ERH. En el Apéndice II se mencionan las organizaciones más importantes.

La información que figura en la Tabla 3.2 sólo puede dar una indicación muy general e indirecta de la medida en que las actividades de EBRH de un país pueden beneficiarse de los programas internacionales especialmente de los programas de asistencia y cooperación técnica. En algunos países una parte importante del programa de EBRH se ha llevado a cabo con fondos total o parcialmente externos y no sería completa una evaluación de los programas de ERH en esos países si no se toma en consideración esa realidad.

3.5 Participación comunitaria

La participación comunitaria en el diseño e Implementación de proyectos de riego y abastecimiento de agua es un conocido enfoque, que lleva a desarrollo y administración sustentable de recursos hídricos. Sin embargo, muchos programas de desarrollo de recursos hídricos no han involucrado totalmente a la gente afectada por ellos. Una más amplia manera de hacerlo, en este contexto, sería la participación de los interesados en la formulación de estrategias para la administración de recursos hídricos. Esto provoca el involucramiento de aquellos que están interesados en los recursos hídricos y que serán afectados por la política y su implementación (FAO, 1995).

Los interesados incluyen agencias del sector público y privado, asociaciones profesionales, ONGs., asociaciones de usuarios de agua y otras organizaciones de la sociedad civil.

Las organizaciones de la sociedad civil incluyen a aquellas asociaciones "que están más allá del alcance de la economía estadual y corporativa que tienen capacidad para convertirse en centros autónomos de acción" IFAD (1995). La asociación activa entre instituciones de recursos hídricos, ONGs., el sector corporativo privado y otras organizaciones relevantes interesadas o afectadas de la sociedad civil podrían ayudar en recolectar datos, e información, identificar fuentes de información y movilizar apoyo político y público para el programa de ERH.

3.6 Atención de la comunidad y temas de la ERH

Hay una creciente necesidad de persuadir a los tomadores de decisión de que el valor de la información confiable al día y continúa de recursos hídricos justifica las inversiones. Para llegar a esta meta, se requiere un incremento de la atención al valor de la información sobre recursos hídricos.

Con el aumento de la atención comunitaria puede, se puede necesitar un mecanismo para incrementar la participación de grupos interesados y afectados en la toma de decisión y asignación de recursos para actividades de EBRH. Esto está actualmente generalmente reconocido. El Grupo de Aprendizaje del Banco Mundial sobre Desarrollo de Participación define este mecanismo como "un proceso a través del cual los interesados influyen y comparten el contralor sobre iniciativas de desarrollo, decisiones y recursos que los afectan". La organización de la Cooperación Económica y Desarrollo (OECD) define este tópico como una "estrategia que combina políticas económicas efectivas, igualitario acceso a servicios sociales y económicos, y una más amplia participación popular en la toma de decisiones, y en la orientación de políticas y programas gubernamentales".

Debido a que muchos tomadores de decisión no son totalmente conscientes del valor económico del agua, es probable que los datos e información de recursos hídricos no estén evaluados adecuadamente (Capítulo 1). El valor de los datos hidrológicos podría ser demostrado en formularios de beneficios/costo (Tabla 1.1 y OMM/UNESCO (WMO/UNESCO, 1991)). Sin embargo, tales valores muestran grandes variaciones dependiendo de factores físicos, tecnológicos y socio económicos. Varios métodos han sido desarrollados para estimar el valor del agua y esto podría ser considerado un paso esencial hacia la evaluación de información sobre los recursos hídricos que constituyen una parte integral en el proceso de la producción de agua. Importantes métodos implican la computación del costo de aprovisionamiento del agua, el cálculo de costo de oportunidad y los precios del mercado. La aplicación de principios económicos podría constituir un poderoso instrumento para demostrar el valor de la ERH.

El valor de los datos sobre el agua podría también ser demostrado mediante la estimación del costo de impactos adversos al desarrollo de recursos hídricos, debidos a la falta de datos requeridos para administración ambientalmente adecuada del agua. Impactos sociales y ambientales adversos, tales como daños de inundaciones, contaminación del agua, salinización y restablecimiento de personas desplazadas pueden ser observados y cuantificados. Los efectos negativos del desarrollo intensivo de agua subterránea, tales como sumersión de tierras, deterioro de calidad y costo incrementado del bombeo debido a declinación excesiva de niveles de agua podrían también ser estimados en términos económicos. Es poco probable, sin embargo que rigurosos análisis económicos del valor de información sean factibles en todas o aún en la mayor parte de las circunstancias (WMO/UNESCO, 1991).

A pesar de constreñimientos y dificultades que puedan surgir al evaluar agua e información de ERH, es importante tratar de demostrar en términos cuantitativos el valor y la necesidad de datos e información de recursos hídricos, y dado que los medios de prensa frecuentemente forman la opinión pública, es importante que los propios profesionales de la prensa estén ellos mismos persuadidos de la importancia de la ERH (WMO/UNESCO, 1991).

Información que demuestra el vínculo entre la disponibilidad del agua y el nivel de vida puede ser transmitido al público en general a través de una variedad de medios, y la conexión entre la ERH por un lado y

la protección del medio ambiente y la administración sustentable de recursos por el otro lado necesita ser mostrada.

Para aumentar la aceptación de la importancia de la ERH es necesario ilustrar que el valor de la información que ella provee "en términos de mejores decisiones tomadas" excede su costo. Con la base del conocimiento sustancialmente mejor, es también posible integrar consideraciones ambientales racional y efectivamente en el planeamiento y desarrollo de recursos hídricos, no solamente a nivel de proyecto sino también a nivel del plan nacional y político. Información que ilustre el valor de la ERH y su papel en formular estrategias detalladas de política hídrica y de sano ambiente podría ser presentada y diseminada efectivamente, a través de:

- (a) Medios de información pública, y
- (b) Publicaciones dirigidas al público, profesionales, tomadores de decisiones, ONGs. y miembros interesados de la sociedad civil.

Mayor progreso en conexión con esto podría obtenerse si las ONGs cooperaran con agencias de ERH para movilizar a la opinión pública en persuadir a los que toman decisiones de la importancia de acrecentar la base informativa de la ERH y de su contribución al desarrollo sustentable y la protección del medio ambiente. Las agencias de la ERH necesitan también desarrollar mayor colaboración y asociación con usuarios de información, evaluando continuamente sus necesidades, informándoles sobre sus productos y proveyéndoles de los productos e información requerida.

3.7 Cálculo del índice de capacidad

Una indicación de la capacidad del marco institucional del país para apoyar la ERH básica puede ser obtenida de la información recolectada en respuesta a lo discutido en este capítulo. Un índice de esta capacidad puede ser calculado como se describe abajo.

Sobre la base de la información recogida por el evaluador, él o ella deberían completar la Tabla 3.3 contestando las preguntas que se formulan.

El índice de capacidad puede ser determinado sumando el número de respuestas SI y dividiéndolo por el total de preguntas contestadas. El índice de capacidad será un valor entre 0 y 1. Lo más cercano del valor a 1, mayor será la capacidad del país para emprender EBRH.

3.8 Referencias

Alaerts, G. B. (1991). Training and Education for Capacity Building in the Water Sector. Proceedings of the UNDP Symposium on Strategy for Water Sector Capacity Building, Delft 3-5 June, 1991.

Alaerts, G. B., Blair, T. I., Savenige, H., Blockiands, M. W. & P. van Hof Wegen, (1991). Procedures and partners for capacity building in the water sector. Proceeding of the UNDP Symposium, A Strategy for Water Sector Capacity Building, Deift 35 June, 1991.

FAO, (1995). Water Sector Poicity Review and Strategy Formulation. A general framework. FAO-UN DP-World Bank. FAO Land and Water Bulletin 3. Rome. 117 pp.

Hoekstra, A. Y. (1995). AQUA, A Framework for Integrated Water Policy Analysis, RIVM Report No. 461502006, Delft.

IHE/UNDP (1991). A strategy for Water Sector Capacity Building. Proc. of the UNDP Symposium, Delft, 3-5 June 1991. IHE Report Series No.24.

Nemec, J., (1976). International Aspects of Hydrology. In Facets of Hydrology, Edited by J.C. Rodda, John Wiley and Sons, London.

UN (1974). National System of Water Administration, Dept. of Economic and Social Affairs, New York.

UN (1975). Management of International Water Resources: Institutional and Legal Aspects, Natural Resources, Water Series No. 1, New York.

UN (1977). Present and Future Activities of the United Nations System in Water-Resources Development, UN Water conference, Mar del Plata, Argentina, E/CONF. 70/CBP/4. Pergamon Press Ltd., Oxford.

UNCED (1992). United Nations Conference on Environment and Development, Agenda 21. Chapter 18, Protection of the Quality and Supply of Freshwater Resources, Rio de Janeiro, UNCED.

UNEP/Plan Bleu (1995). Identification of a First Set of Regional Indicators for the Development of Environmental Monitoring Indicators and Establishing a Regional Environmental Monitoring Network, METAP. 12 (BP/RAC, August, 1995). 19 pp.

UNESCO (1969). Water Services in the World, Document SC/W5/249, Paris.

World Bank (1993). Water Resources Management: A Policy Paper. Washington D.C., The World Bank.

WMO (1988). Technical Regulations. Volume III, Hydrology Basic Documents No. 2, WMO No. 49, Geneva.

WMO (1990). Economic and Social Benefits of Meteorological and Hydrological Services. Proc. Tech. Conf., Geneva, 26-30 March 1990. WMO No. 733, Geneva.

WMO (1994a). Guide to Hydrological Practices. Fifth Edition. WMO No. 168, Geneva.

WMO (1994b). The Legal Basis and Role of Hydrological Services. HWR Tech. Rpt No. 40, WMO-TD No. 602, Geneva.

WMO (1995a). Casebook on Operational Hydrology Networks in RAVI. HWR Tech. Rpt. No. 47, WMO-TD No. 623, Geneva.

WMO (1995b). INFOHYDRO Manual. OHP Rpt No. 28. WMO No. 683, Geneva.

WMO (1992). International Conference on Water and the Environment Development Issues for the 21st Century. The Dublin Statement and Report of the Conference, 26-31 January, 1992. Dublin, WMO, Geneva.

WMO/UNESCO (1991). Report on Water Resources Assessment, Progress in the Implementation of the Mar del Plata Action Plan and a Strategy for the 1990s, WMO, UNESCO, Paris-Geneva, 64pp.

Tabla 3.1 Instituciones y tareas involucradas en EBRH

Jurisdicción	Nacional (estado)						P rovincia A									
	Institución	Tareas	Áreas cubiertas %	Presupuesto anual US\$ % PBI	Mano de obra y capacitación administrativa			Construcción de capacidad Requerimientos	Institución	Tareas	Áreas cubiertas %	Presupuesto anual US\$ % PBI	Capacidad administrativa			Construcción de capacidad Requerimientos
					% Personal total	% Personal administ.	% Personal profes.						% Personal total	% Personal administ.	% Personal profes.	
Meteorológica																
Hidrológica (Agua superficial, cantidad y calidad)																
Hidrogeológica (subterránea, cantidad y calidad)																

Nota: el apéndice IV presenta un ejemplo del uso de esta tabla

TABLA 3.2
Participación en Programas Internacionales de ERH

Organizaciones Internacionales	Institución nacional correspondiente	Países participantes	Programa	Actividades principales	Nivel de participación (indicar actividad)

TABLA 3.3

Marco institucional - índice de capacidad¹

Pregunta	Sí	No
¿Están todas las actividades de EBRH llevadas a cabo en todas las regiones del país?		
¿Es el marco institucional existente lo bastante robusto para permitir la EBRH a largo plazo?		
¿Es el marco institucional lo bastante flexible como para permitirle adaptarse a futuros cambios potenciales?		
¿Apoya la legislación de recursos hídricos al marco institucional?		
¿Se lleva a cabo planeamiento dentro de la cuenca fluvial o unidad acuífera de agua subterránea?		
¿Se minimizan las áreas de sobreposición y de duplicación de esfuerzos para proveer servicios eficientes?		
¿Hay mecanismos de coordinación entre instituciones que aseguren: a) uso efectivo de recursos? b) consistencia en estándares y técnicas? c) intercambio de datos e información?		
¿Es el nivel de cooperación internacional adecuado para el estado actual de desarrollo de recursos hídricos en el país ² ?		
¿Permite el marco institucional la participación comunitaria en materia de recursos hídricos?		
¿Hay fondos adecuados para la función de EBRH?		
Índice Total ¹		

¹ El índice de capacidad puede ser determinado sumando los números de respuestas SÍ y dividiendo la suma por el total de preguntas contestadas. El índice de capacidad será un valor entre 0 y 1. Lo más próximo al valor de 1 mayor será la capacidad del país para emprender EBRH

² Participación en por lo menos uno y preferiblemente dos proyectos con agencias internacionales sería considerado adecuado.

4. RECOLECCIÓN DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RECUPERACIÓN

4.1 Actividades principales para una EBRH

Las principales actividades necesarias para la EBRH son la concentración, el proceso y la difusión de datos. Suelen ser necesarios tres tipos de datos: los datos sobre el ciclo hidrológico, los datos sobre los proyectos de utilización del agua y los datos auxiliares que se utilizan para interpolar datos de redes en cualquier punto de la zona que se examina. Estas actividades son fundamentales para la EBRH y de máxima importancia para evaluar el programa de ERH de un país.

Si los datos hidrológicos no son medidos y recolectados en el tiempo propicio (por ejemplo en el momento de los eventos extremos) ellos faltarán después para siempre. No pueden ser reemplazados y la falta de datos observados nunca puede ser eliminada. Los procedimientos de control de calidad son por lo tanto esenciales si los datos deben ser recolectados a los niveles requeridos de precisión.

Este Capítulo se ocupa principalmente de los datos. Por lo demás, en él y en los siguientes, se hace referencia ocasional a la información. Para la finalidad de este proyecto, los datos se definen como expresiones numéricas de mediciones de alguna dimensión de un objeto o de un fenómeno natural o producido por el hombre. La información se define como el resultado del proceso de series de datos espacio-tiempo de diversas formas para tener una idea de las características del objeto o fenómeno y poderla utilizar al tomar decisiones.

4.2 Datos sobre el ciclo hidrológico

4.2.1 Necesidades de datos

Para la EBRH se necesitan datos sobre la variación temporal y espacial de los flujos y de las características físicas, químicas y biológicas del agua presente en los distintos elementos del ciclo hidrológico, (precipitación, evaporación, humedad del aire, escorrentía, ríos, lagos, nieve y hielo, humedad del suelo, aguas subterráneas). Las necesidades de datos pueden tener diversas prioridades en los distintos países, o incluso en las diferentes regiones del mismo país. Las prioridades se determinan, por una parte según las necesidades actuales y futuras de los usuarios, y por otra según las características de los recursos hídricos disponibles. Sin embargo, éstos últimos no pueden evaluarse sin la información obtenida durante la EBRH.

4.2.2 Sistema de observación del ciclo hidrológico.

Dos de los principios básicos de la física, la conservación de la masa y la conservación de la energía se aplican para medir y entender el flujo de agua a través del ciclo hidrológico. El principal de éstos, la ecuación de la conservación de la masa, es en efecto el balance hídrico. Por ejemplo, una forma de esta ecuación: $Q=AV$ a menudo sirve de base para la determinación del caudal en un arroyo o canal. En esta ecuación, Q es la cantidad instantánea de flujo a través de una sección transversal de canal con el área, A , y la velocidad promedio de flujo, V . Tradicionalmente, la cantidad de flujo, también conocida como caudal, no podía ser medida directamente en arroyos aún de modestas dimensiones. Por otro lado, el área de la sección transversal puede ser determinada midiendo sus dimensiones espaciales, y las velocidades pueden ser medidas con el uso de molinetes hidrométricos. De esta manera, el uso de la ecuación permitió el cálculo del caudal aún para los mayores ríos en el mundo.

Otro ejemplo del rol de la ecuación de conservación de masa puede encontrarse en la observación de la evaporación del agua de una superficie de un lago. En este ejemplo, la ecuación toma la forma: $P+I-O-E=DS$, donde P es la cantidad de precipitación que cae sobre la superficie del lago durante un período de observación, I es el caudal afluente de agua superficial y subterránea durante el período, O es el caudal efluente de agua superficial y subterránea, E es la cantidad de agua evaporada desde la superficie del lago durante el período, y DS es el cambio de volumen de agua en el lago durante el período.

Técnicas para la recolección de datos en el ciclo hidrológico se describen con detalle en la Guía de Prácticas Hidrológicas de OMM (WMO, 1994a) para aguas de superficie y por UNESCO(1977) y (1996) para aguas subterráneas.

La Guía OMM (WMO, 1994a) cubre altamente diversificados instrumentos y métodos de observación de variables hidrológicas. En la práctica, muchos métodos clásicos de medida allí descritos continúan estando en uso a pesar de la aparición de tecnologías nuevas. La selección de nuevas tecnologías debe ser efectuada tomando en cuenta una amplia variedad de instrumentos disponibles y métodos de observación que están continuamente expandiéndose. Hay una tendencia natural para los Servicios Hidrológicos de demorar la adopción de nueva tecnología por los costos tanto de la adquisición de equipos como de entrenar a su personal para usar la nueva tecnología. Los Servicios Hidrológicos generalmente prefieren mantener sus instrumentos tan homogéneos como sea posible para minimizar dificultades en entrenamiento y mantener la consistencia y el standard de los datos registrados.

La recolección de datos sobre el ciclo hidrológico se hace por redes tradicionales de medición. Últimamente se utilizan cada vez más sensores remotos, radar, fotografía aérea y satélites, (WMO 1994b).

En el campo de las mediciones hidrológicas, dos tipos de técnicas de sensores remotos son comúnmente usados: activos (por emisión de un destello de radiación artificial hacia el blanco, y por análisis del blanco respuesta); o pasivos (por análisis de la radiación natural de un objeto). En métodos activos, la radiación puede ser electromagnética de alta frecuencia (radar) o acústica (un artificio ultrasónico). El aparato puede ser instalado en tierra (radar, ultrasonido), en un aeroplano o sobre satélites (radar). Artificios ópticos (láser) no son todavía comúnmente usados en hidrología. Los sensores activos remotos son usualmente operados en un área, pero pueden también ser usados para medidas punto-orientadas (ultrasónicas).

En métodos pasivos, la radiación es electromagnéticas (del infrarrojo al violeta, y raramente ultravioleta). Las aplicaciones más corrientes se hacen mediante un escáner multi-espectral, que puede ser aéreo-transportado pero que es más frecuentemente transportado en un satélite. El uso de sensores pasivos es siempre zonal.

Los radares son actualmente usados para medidas de intensidad de lluvia sobre un área dada. Otros usos de sensores remotos en hidrología son todavía muy limitados, pero algún uso se ha hecho de ellos, en la medición de superficies de cuerpos de agua y en la extensión de inundaciones. Además, el uso de hiperfrecuencias (microondas) parece ofrecer algunas posibilidades en el control de la humedad del suelo (WMO, 1994 b)

La concentración de datos sobre el ciclo hidrológico exige una infraestructura (estaciones, equipo de transmisión de datos y medida, talleres de reparación y mantenimiento, laboratorios de control, aeronaves, estaciones receptoras de datos satelitales y el equipo necesario de observadores, técnicos e ingenieros), así como una super estructura para planificar el sistema de concentración de datos, su funcionamiento y para la verificación y el proceso primario de los datos. La infraestructura es un elemento fácil de distinguir, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo. La super estructura suele ser más difícil de distinguir, especialmente desde el punto de vista de la calidad.

Los datos concentrados sobre las variaciones espaciales y temporales del ciclo hidrológico pueden separarse en tres grandes grupos: datos históricos, datos en tiempo real y datos sobre relevamientos especiales. Los datos históricos son los que se concentran para obtener la serie espacio-temporal sobre los elementos del ciclo hidrológico para determinarlos a largo plazo. Los datos en tiempo real son los que se transmiten tal como se han concentrado a los centros de concentración proceso y difusión de datos para controlar y predecir los fenómenos relacionados con el agua para diversos fines prácticos. Por supuesto, los datos en tiempo real también pueden utilizarse, después de acumularlos, como datos históricos. Las infraestructuras de los dos sistemas son diferentes, la de los datos históricos es más sencilla que la de los datos en tiempo real.

Sin embargo, como los costos de comunicación se reducen y su acceso aumenta, más datos históricos están siendo juntados a través de redes de tiempo-real, puesto que esto permite mayores controles de calidad en el proceso de recolección de datos. Los datos de relevamientos especiales son datos concentrados instantáneamente, o durante cortos períodos en determinadas zonas en el marco de estudios referentes a fenómenos raros o de estudios especiales o con objeto de realizar un examen preliminar, por ejemplo, antes de instalar las estaciones permanentes o para interpolar datos.

4.2.2.1 Datos históricos

La infraestructura necesaria para obtener datos históricos consiste generalmente de:

- (a) lugares de medición;
- (b) equipo de medición (fijos, como pluviómetros, y limnímetros; portátiles como molinetes hidrométricos, equipo perforador de pozos);
- (d) instalaciones y personal para verificar el equipo y las instalaciones;
- (e) calidad del agua, laboratorios y personal para el análisis hidrobiológico y de sedimentos.
- (f) Marcas de avenida.

La infraestructura de los datos históricos es el elemento esencial de la EBRH. Aunque cabe la posibilidad de utilizar técnicas de teledetección para la concentración de los datos históricos, estas técnicas se utilizan principalmente para concentrar datos en tiempo real o datos para encuestas especiales, y se describen en los párrafos siguientes bajo los correspondientes subtítulos. Sin embargo, hay una tendencia creciente hacia el uso de esas técnicas para la recolección de datos históricos.

4.2.2.2 Datos en tiempo real

La concentración de datos en tiempo real no es esencial para la EBRH. Sin embargo, contribuye de diversas formas en la evaluación: aumentando la densidad y frecuencia de los datos; suministrando (especialmente mediante satélites meteorológicos y ambientales) información básica para la interpolación zonal de datos puntuales, tal como se indica en el Capítulo 5, suministrando valiosa información sobre el funcionamiento de la red, como avisos sobre los fallos en el funcionamiento, caudales excepcionalmente altos o bajos para los que se deben enviar con urgencia equipos aforadores, acceso a las estaciones de aforo, etc. Estos datos se registran y se transmiten a los centros de concentración de datos instantáneamente o con poco retraso por telemetría (radio, teléfono y satélite).

4.2.2.3 Estudios de campo

Para los fines de este proyecto los estudios de campo son los relevamientos sobre el ciclo hidrológico y los datos fisiográficos, que se realizan de vez en cuando o de forma rutinaria además de los estudios que se realizan en el marco de la red. Entre los relevamientos de rutina cabe señalar los estudios nivométricos. Los estudios ocasionales son los viajes de reconocimiento para determinar la existencia de aguas subterráneas y los programas especiales de medida del caudal en una zona durante un período de sequía. Los estudios de campo se pueden llevar a cabo con equipo de superficie o aéreo. El uso de sensores remotos y de técnicas nucleares para los estudios sobre el terreno de la nieve y de la humedad del suelo han sido objeto últimamente de especial atención (WMO, 1994 b). Para esta clase de estudios también es posible usar diversos tipos de plataformas espaciales.

La infraestructura necesaria para los estudios sobre el terreno se compone de un equipo itinerante de medida (y perforación), vehículos de transporte y plataformas, talleres de mantenimiento, personal operativo y de mantenimiento y en el caso de datos satelitales estaciones receptoras de datos.

Los estudios especiales pueden desempeñar un papel importante en la ERH de determinadas regiones (por ejemplo regiones con grandes capas de nieve o aguas subterráneas desconocidas en gran medida). Estos estudios pueden utilizarse con los datos históricos para la interpolación en un área de los datos de redes o con los datos en tiempo real para la predicción y la utilización de los R.H.

4.2.2.4 Super estructura

Para el funcionamiento de un organismo dedicado a la concentración de datos es necesario desarrollar y adoptar técnicas adecuadas de medición y debe contar con personal debidamente calificado y experimentado. Además, este tipo de institución debe estar organizado técnicamente de tal forma que pueda ocuparse del funcionamiento de la infraestructura y almacenar y procesar los datos concentrados en una forma que permita transmitirlos a los usuarios y obtener información en los puntos de medición o en los puestos no controlados mediante fuentes de información regionales.

Las técnicas para la concentración de datos en el ciclo hidrológico se han descrito en las principales guías y manuales operativos de las organizaciones especializadas de las Naciones Unidas (véase referencias al Capítulo 3). Por consiguiente en este documento no se examinan dichas técnicas.

El personal de la super estructura en los organismos de concentración de datos consisten en encargados de la planificación y de la inspección del funcionamiento de la infraestructura, de la adopción y elaboración de técnicas de medición del control de la calidad y el desarrollo de técnicas para el almacenamiento y el proceso de los datos y de ponerlas en práctica. El personal de super estructura necesario depende del tamaño de la infraestructura y del tipo de organización. Generalmente, el número total de personas necesarias en un país aumentará pasando de un tipo vertical a los tipos horizontal y complejo. Como el almacenamiento y el proceso de datos pueden estar automatizados en su mayor parte, y el control de calidad se realiza de manera más eficaz con computadoras para estos procesos. A la hora de introducir esta automatización ha de tenerse presente la disponibilidad de personal experimentado para el funcionamiento de las computadoras, su programación y la interpretación de la información producida.

Similarmente, la introducción de nueva tecnología puede requerir personal con diferentes niveles y tipos de habilidades técnicas.

4.2.3 Elementos de evaluación y niveles de actividad.

La tabla 4.1 presenta una serie de elementos de evaluación que pueden ser usados al considerar actividades relacionadas con la recolección de datos. El evaluador debería, tanto como fuera posible, completar esta tabla rellorando en ella valores para los niveles de actividad, como se definen en la tabla. Donde datos de nivel de actividad específicos no están disponibles, el evaluador debería hacer un juicio subjetivo de la situación ya sea adecuado o inadecuado y proveer comentarios de acuerdo en la tabla. Puede haber algunos elementos para los cuales es insensato o imposible efectuar una evaluación para el área en estudio. Además, otros elementos aparte de aquellos listados en la Tabla 4.1 pueden ser de particular importancia local; en cuyo caso el evaluador debería agregarlos a la tabla e incluirlos en su evaluación.

4.2.4 Niveles de referencia de adecuación

Los niveles de referencia de adecuación pueden cubrir tanto la infra como la super estructura. Ha de tenerse en cuenta que no es suficiente disponer de estaciones si el control de calidad, el personal apropiado, el equipo, los medios y las instalaciones para su mantenimiento y reparación, los medios para el almacenamiento del equipo y para el proceso y la difusión de los datos, son insuficientes para obtener los datos necesarios para la EBRH. Además, al realizar la evaluación ha de tenerse en cuenta el programa de observación, la calidad de los datos y la duración de los registros además del número de estaciones. En la práctica, pueden obtenerse los niveles de referencia para la EBRH (inventario) si se comparan las condiciones en que los inventarios han sido satisfactorios con las condiciones en que no lo han sido. Sin embargo, es difícil definir cuando una EBRH es satisfactoria. A los efectos, se sugiere que un inventario básico de recursos hídricos puede considerarse satisfactorio en los países o regiones donde no ha habido retrasos en la planificación del desarrollo por falta de datos o por graves inexactitudes en esos datos (Capítulo 8). Los niveles de referencia para otros datos relacionados con la utilización del agua en el marco de actividades específicas (diseño, construcción, funcionamiento) son difíciles de establecer puesto que dependen de condiciones sociales y económicas. En general, se puede decir que los datos sobre los recursos hídricos para la utilización efectiva del agua son adecuados, cuando el costo de un aumento de datos o de precisión sería superior a los beneficios económicos obtenidos al disponer de una mayor cantidad de datos o de datos más precisos.

Por otra parte, cuando al disponer de más datos o de datos más precisos se salvan vidas humanas se pueden aplicar otros criterios. En cuanto a los criterios aplicables para determinar si los datos sobre los recursos hídricos son adecuados para los proyectos de desarrollo reales e individuales se ha considerado que están fuera del alcance de este proyecto ya que no se pueden aplicar a nivel regional o nacional.

En el Apéndice V se sugieren los niveles de referencia para la EBRH, basándose en parte en las recomendaciones de la OMM (WMO, 1994a) y en las pruebas preliminares realizadas en algunos países donde la EBRH es adecuada.

4.3 Datos sobre los proyectos de recursos hídricos y su utilización

4.3.1 Necesidades

Además de medir los distintos componentes del ciclo hidrológico, en zonas desarrolladas, la EBRH debe disponer de datos sobre los cambios introducidos por el hombre en la variación espacio-temporal de dichos componentes. Estos datos deberían utilizarse para evaluar los efectos de los proyectos sobre recursos hídricos y para volver a establecer las condiciones hidrológicas naturales que son necesarias para la EBRH. Se necesitan datos sobre esos cambios especialmente para:

- (a) reconstruir el régimen natural de los componentes del balance hídrico para poder eliminar el carácter no estacionario de las series espacio-temporales de datos y para desarrollar relaciones entre los parámetros de las series cronológicas y las características fisiográficas;
- (b) evaluar mediante modelos físicos y estadísticos los cambios futuros en la variación de las características cuantitativas y cualitativas de los recursos hídricos debidas al desarrollo.

4.3.2 Utilización de los recursos hídricos.

La utilización de los recursos hídricos y los proyectos conexos afectan directa o indirectamente a todos los componentes del ciclo hidrológico.

Las organizaciones que se ocupan de la concentración de los datos sobre el régimen natural de los componentes del ciclo hidrológico o los usuarios pueden concentrar los datos sobre la utilización de los recursos hídricos y sobre los proyectos conexos. En algunos países, tal vez convenga adoptar un sistema combinado, en el que ambos grupos de organismos pueden participar de diversas formas. Dado que los datos que comunican los usuarios pueden a veces ser parciales, conviene asegurarse que existe un sistema independiente que los verifica.

Las observaciones necesarias para registrar la mayoría de los usos del agua son usualmente efectuadas por el grupo usuario de esa agua. La agencia a cargo de adjudicar recursos de agua usualmente hace de la medida del agua usada una parte del derecho a usar el agua. Los registros son entonces enviados a oficinas regionales donde son sujetos al mismo escrutinio que el agua superficial y los registros de agua subterránea. Además de las cifras reales de uso, se acostumbra a incluir un registro de la operación de grandes derivaciones, embalses, desagües de aguas residuales, canales de irrigación y proyectos de reclamación de tierras y drenaje (UNESCO, 1990).

Estos datos, almacenados en archivos de computadora, son retenidos en su forma más básica a fin de que cada usuario los pueda utilizar para que sirvan a las necesidades individuales. Así, usos diarios, y en algunos casos usos horarios y aún instantáneos pueden ser encontrados en el computador. Estos datos están también resumidos e impresos en catálogos de uso hídrico y reportes anuales para el subsiguiente beneficio de la comunidad de usuarios y planificadores hídricos.

Los datos de uso hídrico, una vez reunidos, verificados y archivados en alguna manera sistemática, pueden ser almacenados en un banco computarizado de datos que sea compatible con los bancos de datos usados para agua superficial y subterránea; la configuración de tales bancos de datos varía, dependiendo de las necesidades de los usuarios de tal información.

La agencia responsable por los recursos hídricos debe decidir acerca del grado de detalle necesario para su propio uso. Cuando se mantiene un exhaustivo banco de datos, todas las posibilidades están cubiertas y así los patrones mostrados por el uso hídrico pueden ser examinados en detalle. Las desventajas son financieras. Un banco limitado es menos costoso pero puede no proveer al usuario con información suficientemente detallada para el análisis en profundidad de las condiciones locales. Sólo el usuario eventual de los datos puede decidir la cantidad de datos necesarios para estudiar la relación entre el abastecimiento hídrico de la cuenca y la demanda de agua. El personal responsable para registrar y almacenar datos de uso hídrico debería desarrollar un sistema que sea tanto comprensivo como económicamente factible.

Los aspectos de calidad de agua de los datos de uso hídrico incluyen la obtención de datos que identifique restricciones de calidad de agua natural sobre usos de agua y establecen relaciones de causa efecto entre usos, dentro de la cuenca y los efectos de tales usos en la calidad del agua.

4.3.3 Adecuación de los datos sobre la utilización de recursos hídricos y proyectos conexos

El tamaño de los proyectos relacionados con la utilización de los recursos hídricos varía, pasando de un sistema sencillo de pozo que extrae una pequeña cantidad de agua subterránea, a grandes proyectos de almacenamiento, de extracción y de desviación que pueden cambiar completamente el régimen hidrológico de los ríos más grandes del país en cuestión.

En la mayoría de los casos, es imposible obtener datos de todos los proyectos sobre recursos hídricos y es necesario disponer de un sistema de muestreo. Una regla empírica sencilla para evaluar la utilidad de un sistema de control de los proyectos sobre recursos hídricos sería suponer que es necesario controlar todos los proyectos importantes de cierta categoría y realizar muestreos de los proyectos medianos y pequeños. Los proyectos importantes deberían definirse en función de su influencia sobre el régimen hidrológico. Las características de los proyectos sobre recursos hídricos que pueden producir cambios en el régimen hidrológico, son el caudal, el almacenamiento, la extracción, la desviación y el retorno de las aguas usadas. Se propone que un proyecto se considere importante cuando las características que producen cambios hidrológicos, sean por lo menos, superiores de una desviación típica a la característica media del proyecto en el grupo dado. Sobre esa base se han elaborado los elementos de apreciación de la Tabla 4.2. En la medida de lo posible se deberá rellenar esa Tabla.

4.4 Datos fisiográficos

4.4.1 Necesidades de datos

Los datos fisiográficos se definen en el marco de este proyecto, como los datos relacionados indirectamente con los recursos hídricos y deberían utilizarse junto con los datos hidrometeorológicos para determinar las características de los recursos hídricos.

En la EBRH se necesitan los datos fisiográficos para diversos fines especialmente:

- (a) explicar las causas de la variación espacio-temporal de los elementos del ciclo hidrológico y utilizarla para la interpolación de los datos de medida del ciclo hidrológico a estaciones donde no se realizan aforos;
- (b) predicción de los cambios espacio-temporales de las características de los recursos hídricos debido al uso del agua y cambios en las condiciones de la cuenca, (incluyendo el impacto del potencial cambio climático);
- (c) estimación de los costos del desarrollo de los recursos hídricos para determinados usos.

Para todos los objetivos de la ERH, los datos fisiográficos tratan principalmente de la topografía, de la geología, (incluida la geomorfología), la pedología, la utilización de la tierra y la capa vegetal. Sin embargo, el grado de detalle (escala) de los datos varía según sea el objetivo de los mismos. Se puede considerar que

todos los datos antes mencionados son invariables en el tiempo, excepto los datos sobre la utilización de la tierra y la capa vegetal, cuya variación temporal afecta directamente la variación temporal de la escorrentía y de otros elementos del ciclo hidrológico conexos. Además, para predecir los cambios temporales de las características de los recursos hídricos es necesario disponer de los datos sobre los proyectos de uso de agua (existentes o que se están realizando), tal como se menciona en la Sección 4.3 anterior.

4.4.2 Sistemas de datos

Los sistemas de datos necesarios para la EBRH son un poco diferentes para cada tipo de característica fisiográfica según la particularidad de la característica y su aplicación en las actividades de EBRH. (Ver Capítulo 5)

4.4.2.1 Datos topográficos

Estos son requeridos como aporte a casi todos los tipos de modelos de balance hídrico y son usados para evaluar el costo de desarrollar recursos hídricos, dado que la topografía es un factor explicativo para la variación de valores de elementos del ciclo del agua. Inicialmente la escala necesaria suele variar entre 1/250.000 y 1/1.000.000. Las escalas mayores (p.ej. 1/100.000) sólo son necesarias para los estudios de las cuencas relativamente pequeñas (inferiores a 1.000 km²) y no deben considerarse necesarias en general para las evaluaciones a nivel de un país. Sin embargo, la escala de los mapas topográficos necesarios para evaluar el costo del desarrollo de recursos hídricos específicos varía entre 1/25.000 y 1/50.000. Estos mapas también pueden ser útiles para los estudios hidrológicos, especialmente el establecimiento de mapas sobre inundaciones en zonas urbanas.

Un elemento muy importante de los mapas topográficos para la ERH es la red hidrográfica. Los mapas topográficos se suelen obtener al combinar las fotografías aéreas y los datos verdaderos en tierra. En las zonas cubiertas por bosques muy densos suele ser muy difícil trazar la red hidrográfica sobre la base de fotografías aéreas y deberían utilizarse mapas a gran escala, estudios sobre el terreno u otras técnicas para completar la red hidrográfica.

4.4.2.2 Datos geológicos y geomorfológicos

Las condiciones geomorfológicas y las formaciones geológicas que constituyen afloramientos importantes son los principales factores que determinan los coeficientes de escorrentía y de infiltración y la calidad del agua subterránea. Por consiguiente los datos geomorfológicos son esenciales, tanto para las estimaciones indirectas de las características de las aguas superficiales y subterráneas como para elaborar diversos tipos de modelos para evaluar dichas características.

Los principales datos geológicos y geomorfológicos que se necesitan son los siguientes: geomorfología de la red hidrográfica, incluidos los datos de secciones transversales, meandros, canales entrelazados y demás; características litológicas-estratigráficas y distribución de rocas permeables e impermeables; tectónica de la región; características hidrológicas (porosidad-capacidad de campo, permeabilidad, transmisividad) de los acuíferos y la geoquímica de los acuíferos reales y potenciales, y la presencia de sistemas fracturados (incluyendo lecho de roca).

4.4.2.3 Datos pedológicos

En la mayoría de las zonas existe una relación entre las características del suelo y el clima, principalmente las características de la precipitación, la escorrentía, la infiltración y otras características hidrometeorológicas. Por lo tanto, los datos pedológicos son sumamente importantes como aportes a los modelos hidrológicos de diversos tipos. También es importante el tipo de suelo en relación con las características de la sedimentación y la erosión y la calidad del agua. Por lo tanto, los datos pedológicos necesarios para la ERH son datos sobre el tipo de suelo, el espesor de sus capas, la composición químico-mineralógica, y la distribución granulométrica de cada una de ellas, las características de infiltración y de permeabilidad, la poro-

sidad, la retención de agua (capacidad de campo), las características de cohesión y de erosión, etc. En la mayoría de los casos, todo este tipo de datos no están necesariamente disponibles cuando se hacen estudios del suelo (generalmente combinando técnicas de teledetección y de verificación en tierra), ya que la mayoría de los estudios están destinados a la silvicultura y a la agricultura y los datos importantes para el estudio de los recursos sólo se suelen obtener de forma secundaria.

Salvo para los países pequeños, las escalas adecuadas para los mapas pedológicos destinados a la investigación hidrológica varían entre 1/250.000 a 1/1.000.000. Una escala superior sería antieconómica y difícil de procesar, mientras que las escalas inferiores no contendrían los detalles necesarios.

4.4.2.4 Datos de Usos de la Tierra y Capa Vegetal

Las características de la utilización de la tierra y de la capa vegetal reflejan de diversas formas las condiciones hidrometeorológicas de la zona. En general, la utilización de la tierra y la capa vegetal varían lentamente en el tiempo. Sin embargo, ocasionalmente la variación puede ser rápida, por ejemplo después de incendios forestales o de una extensa deforestación realizada por el hombre. Las modificaciones del régimen hidrológico que ocurren después de esos cambios rápidos pueden ser dramáticas. Por consiguiente, tanto para obtener aportes a los modelos hidrológicos como para detectar las modificaciones rápidas (no estacionarias) en el régimen hidrológico, es importante actualizar periódicamente los mapas sobre la utilización de la tierra y la capa vegetal, incluyendo también las áreas / niveles de urbanización.

Los mapas sobre utilización de la tierra y la capa vegetal para la EBRH deben tener una escala de 1/250.000 y cuando se trata de zonas extensas 1/1.000.000. Generalmente estos mapas se obtienen realizando estudios con técnicas de teledetección y de verificación en tierra. Estos mapas deben actualizarse periódicamente más a menudo en las zonas donde pueden ocurrir cambios rápidos. Esto puede hacerse por ejemplo interpretando de forma manual o automática las imágenes Landsat (WMO;1994b).

4.4.3 Adecuación de los datos fisiográficos

Se puede evaluar fácilmente hasta que punto son útiles los datos topográficos, geológicos (geomorfológicos) y pedológicos para la ERH, evaluando el porcentaje de tierra que cubren los mapas del tipo específico para el país de que se trata. Para los mapas pedológicos es importante el porcentaje del país para el que puedan estimarse las características hidráulicas de los suelos. En el caso de los datos sobre la utilización de la tierra y la capa vegetal, la adecuación también depende del lapso de tiempo que transcurre entre las actualizaciones de los mapas disponibles.

La Tabla 4.3 presenta una lista de elementos de evaluación que deben utilizarse con respecto a los datos fisiográficos. Se debería completar esa Tabla en la medida de lo posible.

4.5 Almacenamiento, proceso primario y difusión de datos

4.5.1 Necesidades

Los datos sobre el ciclo hidrológico así como los datos auxiliares generalmente son almacenados, procesados en forma primaria, y a veces distribuidos a otros usuarios por los organismos que los concentran. Para que una ERH sea útil es esencial que se almacenen y conserven correctamente los datos, que su proceso primario sea coherente y su difusión adecuada. Los sistemas de Información Geográfica (GISs) son una tecnología evolucionante que ayuda en el establecimiento de sistemas de almacenaje de datos puestos al día y fácilmente accesibles.

4.5.2 Almacenamiento de datos

En la OMM (WMO, 1994a) y en la UNESCO/OMS (UNESCO/WHO, 1977) y UNESCO/OMS/ PNUMA (UNESCO/WHO/UNEP, 1992) figura una descripción completa de los procedimientos recomendados para el archivo y el proceso primario de los datos sobre el ciclo hidrológico.

Estos datos pueden almacenarse en forma de hojas originales de datos (libreta del observador, gráficos de registradores de nivel, etc.) en microfilm o en forma compatible con computadora (FCC). La utilidad del sistema de almacenamiento puede evaluarse mediante dos características básicas: la probabilidad de que se conserven completamente todos los datos originales y el tiempo que se necesitan para localizar los datos específicos. El tiempo necesario para localizar los datos almacenados en FC es de algunos segundos para los sistemas de almacenamiento en línea y hasta unas horas para los sistemas fuera de línea. Los datos en FCC también pueden envejecer y deben tomarse medidas de conservación adecuadas.

Los datos sobre el funcionamiento de los proyectos de recursos hídricos suelen concentrarse y almacenarse de una forma similar a los datos del ciclo hidrológico. Sin embargo, suele ser el usuario el que almacena estos datos y por lo tanto resulta difícil recuperarlos. Se recomienda que los datos sobre la operación de proyectos de recursos hídricos sean almacenados de manera que puedan ser conectados con los datos del ciclo hidrológico y así facilitar la reconstrucción de régimen natural hidrológico de flujos.

Los datos convencionales topográficos, geológicos y patológicos representan volúmenes relativamente limitados que pueden conservarse en su forma original o en microfilm. En estos casos la preservación de los datos y la localización de los datos específicos pueden ser difíciles. Con este sistema de almacenamiento se plantean otras dificultades cuando se intenta verificar la coherencia de los datos o combinarlos para diferentes propósitos. Puesto que cada vez se recopilan más datos topográficos, geológicos, pedológicos y sobre la utilización de la tierra y la capa vegetal con equipo automatizado, especialmente por teledetección, es conveniente y eficaz almacenar esos datos en FCC (en GIS) y trasponer los datos convencionales a esa misma forma.

4.5.3 Proceso primario

El proceso primario se compone de dos operaciones básicas: la primera es el establecimiento de catálogos y de bancos de datos y la segunda es la preparación de datos coherentes destinados al usuario. Ambas operaciones se examinan detalladamente en la OMM (WMO, 1994a) y en la UNESCO/OMS/PNUMA (UNESCO/WHO/UNEP, 1992).

4.5.3.1 Establecimiento de catálogos de datos

Para esta operación habrá que establecer un inventario eficaz de los datos en consideración, para permitir una evaluación de la medida en que los datos están disponibles y pueden recuperarse rápidamente. Aunque existen diferencias fundamentales entre las series temporales de datos, la mayoría de las cuales representan datos del ciclo hidrológico, y las espaciales que representan sobre todos los datos fisiográficos la mejor forma de catalogarlos sería mediante un método que identifique cada dato en un sistema común de coordenadas. Estas coordenadas podrían solucionarse de acuerdo con el tema (tipo de datos), el objeto al que se refiere el dato, el tiempo, el espacio, la calidad y la fuente de los datos ("seis dimensiones"). En general es ineficaz un sistema de catalogación que sólo permite localizar los datos respecto a alguna de las coordenadas antes mencionadas.

4.5.3.2 Bancos de datos convencionales

Los datos del ciclo hidrológico o fisiográficos, una vez catalogados y accesibles a través de las seis coordenadas o al menos por las coordenadas tema-objeto-espacio-tiempo para todos los usuarios, constituyen un banco convencional de datos. En el caso de organizaciones horizontales o complejas, por lo menos uno de los organismos que intervienen en la recolección de cierto tipo de datos debe tener todos los catálogos pertenecientes a dicho tipo, como base del correspondiente agrupamiento en un banco convencional de los mismos.

4.5.3.3 Bancos de datos automatizados

Al estar computarizados los datos del ciclo hidrológico y los datos auxiliares se facilita mucho la tarea de los organismos que los recopilan y de los que los utilizan. Los bancos automatizados de datos auxiliares suministran además de aumentar la eficacia, la posibilidad de aplicar numerosos tipos de modelos para la interpolación de datos del ciclo hidrológico. (WMO/FAO, 1985).

El primer paso, el más importante y más sencillo en la automatización de un banco de datos del ciclo hidrológico o de datos auxiliares, consiste en automatizar los catálogos de datos. Esto permite buscar datos de acuerdo con cualquiera de las seis "dimensiones" mencionadas en 4.5.3.1. Los datos apropiados son entonces transferidos gradualmente a FCC (GIS) según las necesidades.

La verificación de los errores de transcripción es un elemento muy importante en un banco automatizado, y debería ser altamente prioritario. Evidentemente, pueden verificarse los bancos de datos convencionales. Sin embargo, para esta operación se necesita más mano de obra. En lo que respecta a los datos fisiográficos, se pueden verificar superponiendo (ej. a través de GIS) mapas de datos conexos (por ejemplo mapas del suelo, de la geología de superficie y mapas topográficos).

4.5.3.4 Preparación de datos destinados al usuario

Aunque se trata de extraer los datos pertinentes de los registros originales y de realizar su proceso preliminar para presentarlos a los usuarios de forma coherente. Se trata de una operación muy importante en el marco de las actividades de la EBRH sin la cual algunos de los datos concentrados pueden ser inútiles o engañosos (WMO, 1994a; UNESCO/WHO/UNEP, 1992).

4.5.4 Publicaciones

Los datos del ciclo hidrológico suelen publicarse en boletines mensuales, anuarios o resúmenes a más largo plazo, incluidos los mapas y las tablas. Las publicaciones periódicas suelen contener datos primarios procesados (4.5.3) cuyo formato es conforme a ciertas directrices descritas detalladamente por la OMM (WMO, 1994a), y la UNESCO/OMS (UNESCO/WHO, 1977) y en la UNESCO/OMS/ PNUMA (UNESCO/WHO/UNEP, 1992). Hay un creciente uso de FCCs tales como CD ROM para almacenaje, presentación y acceso a datos. Pueden publicarse informes y boletines para satisfacer las necesidades de determinados usuarios que pueden complementar las publicaciones ordinarias.

Los datos fisiográficos se publican ordinariamente en forma de mapas y menos frecuentemente como tablas (por ejemplo, tablas de zonas donde la utilización de la tierra, el tipo de suelo, las características del suelo varían). Recientemente se han utilizado fotografías aéreas interpretadas e imágenes para publicar datos auxiliares útiles para la ERH incluyendo mapas digitales y GIS. Generalmente los mapas pedológicos e hidrológicos se publican en el marco de informes sobre los estudios que permitieron establecer dichos mapas. Estos estudios son sumamente importantes cuando se utilizan mapas pedológicos e hidrogeológicos.

4.5.5 Adecuación del almacenamiento, del proceso primario y de la difusión de datos

En la Tabla 4.4 se indican algunos elementos que deben considerarse al determinar la adecuación del almacenamiento, del proceso primario y de la publicación de datos. Están basados en lo siguiente.

La relación entre el número total de datos almacenados y datos recolectados, excluidos los datos perdidos o descartados, es una indicación general de la eficacia de un relevamiento. Otro aspecto de la eficacia de la concentración de datos es la relación entre los datos perdidos (fallos en los registros) y los descartados (debido a graves errores, etc.) y los datos realmente recolectados (es decir excluidos los anteriores).

Una característica importante de fiabilidad del sistema de almacenamiento de datos, es la relación entre el número de datos protegidos (datos almacenados en dos lugares distintos donde será difícil que les afecten accidentes comunes) y el número total de datos almacenados.

El tipo de almacenamiento (original, microfilm, FCC) y el lapso de tiempo necesario para localizar determinados datos son también índices importantes de la eficacia del relevamiento.

En el futuro, el disponer de imágenes repetitivas Landsat (fotografías o en FCC) puede ser una fuente importante de información para la EBRH.

La existencia y el alcance de los catálogos que incluyen todas las coordenadas es un criterio importante del nivel de acceso a los datos. Esto es importante tanto para los datos del ciclo hidrológico como para los datos auxiliares y constituye la primera etapa para la creación de un banco de datos.

Al proponer índices para determinar la utilidad de los bancos de datos se toma en consideración lo siguiente:

- (a) Cuando la automatización de un banco de datos no está dentro de las posibilidades de un país o no es necesaria, los bancos de datos convencionales son esenciales para el flujo uniforme de datos; los índices que pueden caracterizar estos bancos de datos son los porcentajes de datos incluidos y el lapso de tiempo que transcurre entre el momento en que se solicita el dato y el momento en que se localiza;
- (b) cuando se introducen bancos de datos automatizados, los índices no deben referirse al número de datos almacenados ni a los programas disponibles, ni al intervalo que transcurre entre el momento en que se solicita un documento (dato) y el momento en que se recibe sino más bien a la formación profesional y a la experiencia del personal que opera el banco, a la capacidad (memoria) de la computadora y al equipo periférico.

La medida en que los datos concentrados se han preparado para presentarlos en función de las necesidades del usuario, también es una indicación de la eficacia del sistema que se evalúa. Puesto que los errores en las estimaciones del flujo diario de datos son muy importantes para la EBRH y puesto que es difícil evaluar dichos errores, se propone un índice para ellos. Se trata de la relación entre los niveles para los que se ha medido dicho flujo y el total de los niveles registrados. El número de medidas de descarga durante un año es también un componente importante de este índice, pues la inestabilidad del lecho del río, fenómenos de hielo y vegetación del lecho afectan el cálculo de los caudales diarios. Para la calidad del agua se propone un índice similar.

La publicación de una serie mínima de datos sobre el ciclo hidrológico es el mejor medio para informar a un gran número de usuarios sobre la disponibilidad de datos y sobre los datos propiamente dichos y si se publican a tiempo es mayor aún su utilidad. El evaluador debería, en lo posible, completar la Tabla 4.4.

4.6 Técnicas de ERH

4.6.1 Técnicas convencionales

Diferentes metodologías pueden ser usadas para analizar el potencial del recurso hídrico de una cuenca (UNESCO, 1990; UNESCO, 1996). Numerosos textos y artículos sobre hidrología han sido escritos describiendo cómo usos hídricos existentes y propuestos, y constreñimientos pueden ser usados, con datos registrados y estimados, para determinar el grado y tipos de uso hídrico que puede desarrollarse racionalmente con fuentes disponibles de agua.

Los registros de caudales pueden ser usados para establecer caudales máximos y mínimos, caudales medios y, a través del uso de una curva de valores clasificados, una estimación de la probabilidad de que niveles específicos de caudales, sean excedidos o no alcanzados. Estos registros pueden ser usados para evaluar la aptitud del río para afrontar presentes y anticipadas retiros sin la adición de almacenaje del embalse. Los estudios de este tipo pueden analizar caudales diarios por períodos tan largos como 20 años o tan cortos como un año, y la validez de sus resultados es usualmente consistente con el período de tiempo estudiado con períodos más largos, dando estimaciones del potencial de uso hídrico más confiable (menor riesgo). Similarmente el potencial de aprovisionamiento hídrico de acuíferos no desarrollados puede ser estimado aproximadamente usando los registros de niveles de agua subterránea y pruebas (por bombeo) de acuífero básico para determinar el porcentaje del recurso que puede ser prontamente recuperado.

4.6.2 Balances de administración hídrica.

Desarrollos aguas arriba (derivaciones, represas y usos) pueden perturbar el flujo natural fluvial hasta el punto que estos métodos tradicionales son inadecuados, y métodos más completos de administración hídrica deben ser usados. La ecuación básica usada en la preparación de balances de administración hídrica para una cuenca o sub-cuenca es una modificación de la ecuación del balance hídrico:

$$\text{CAUDAL AFLUENTE} + \text{ALMACENAMIENTO AL INICIARSE EL PERÍODO} - \text{USO DEL AGUA} - \text{CAUDAL EFLUENTE} = \text{ALMACENAMIENTO AL FINAL DEL PERÍODO}$$

Cada parte de la ecuación de balance hídrico puede ser subdividida entre tantos componentes y sub-componentes como se necesiten. Cada uno de los componentes puede ser desarrollado en más o menos detalle dependiendo de su impacto en el almacenamiento hídrico, la disponibilidad de los datos y en el propósito para el cual se necesitan los estudios presupuestales. Cuando caudal afluente y efluente, almacenamiento al comienzo del período y el uso hídrico hayan sido calculados, ellos pueden ser sumados algebraicamente para conocer el almacenamiento al final del período.

Históricamente, el período de estudio usado era el año hídrico o un balance anual de flujo. Ahora, con la disponibilidad de computadoras, períodos mensuales, semanales y ocasionalmente diarios de balance se usan en los estudios computarizados. Cuando se usan períodos estacionales o menores, la ecuación se hace más compleja. Los componentes de cambios de estación tales como almacenamiento en las márgenes, y en el cauce, etc. deben ser incluidos. El período de tiempo seleccionado es una función de los datos disponibles.

CAUDAL AFLUENTE puede incluir caudal afluente natural o registrado para un período de tiempo extendido. Datos sobre flujo fluvial, precipitación y usos pueden ser utilizados para sintetizar registros del flujo fluvial mensual para el período de estudio seleccionado. Similarmente, estimaciones de derivaciones, caudal afluente subterráneo y caudal de retorno de usos usuarios aguas arriba pueden ser usados para producir estimaciones de total caudal afluente en puntos críticos de estudio.

ALMACENAMIENTO AL INICIARSE EL PERÍODO incluye el volumen de almacenamiento al comienzo de cada período de tiempo, el primer día de cada mes en un estudio mensual, ALMACENAMIENTO AL FINAL DEL PERÍODO es almacenamiento al final del mismo período. El almacenamiento al final del primer período, entonces se convierte en el almacenamiento al comienzo del siguiente período para el que se hace balance.

LOS USOS DEL AGUA pueden incluir tanto los usos existentes como los que se proponen, e incluirán los usos no-consuntivos necesarios para mantener el caudal aguas abajo. La evaporación de embalses, en la mayoría de los estudios es tratada como un uso hídrico. En años recientes se ha convertido en práctica común, quitar los efectos del uso hídrico y la regulación, de los caudales registrados, de manera que el caudal estimado se aproxime al río en su estado natural. El nivel de uso actual entonces se substraer de los caudales estimados para demostrar los constreñimientos existentes en el potencial del río. Los planificadores pueden entonces substraer los propuestos usos futuros del caudal estimado, para determinar si modificaciones específicas (tales como embalses propuestos o derivaciones) satisfacen las necesidades del área. Hay dos ventajas para este proceder. Primero, los planificadores pueden desear determinar el efecto de cortar o modificar algunos de los usos existentes, y con ésta aproximación se les permite hacerlo. En segundo lugar los estimados de flujo natural son más apropiados para usar en los tipos de análisis de regresión necesarios para rellenar los registros faltantes de flujo porque la estimación del flujo natural no incluye los usos hídricos que gradualmente aumentan en el curso de los años.

El caudal EFLUENTE es el flujo estimado de canal debajo del embalse o punto de derivación. Incluirá vertimientos de embalses, flujo del cauce (menos usos internos ya tenidos en cuenta bajo la parte del uso hídrico de la ecuación) derivaciones alrededor de estaciones de aforo de caudales, agua exportada, y puede incluir componentes considerables de corrientes subfluviales o subterráneas al pasar estaciones de aforo de caudales.

Los balances de administración hídrica que usan este tipo de contabilidad de abastecimiento de agua han sido objeto de numerosos refinamientos en las pasadas dos décadas. Casi todos estos estudios están ahora computarizados y la mayoría de los estudios de este tipo usan un registro histórico extendido para asegurar que varios períodos de sequías de características variables están incluidos en el estudio.

4.6.3 Modelos de computadora

Modelos de computadora han sido diseñados para tratar simultáneamente con embalses múltiples y derivaciones, ayudando a decisiones sobre de qué embalses ha de extraerse agua, basadas en las cantidades almacenadas en cada embalse. Estas aproximaciones computarizadas no pueden ser clasificadas como modelos simuladores, sin embargo, porque ellas usan la computadora sólo para calcular el mismo balance del agua que ha sido usado históricamente en los estudios de balances de administración hídrica. La computadora ha hecho práctico el simular las características de una cuenca construyendo un modelo para determinar cómo la cuenca reaccionaría ante cambios propuestos a su régimen. Las técnicas de simulación representan lógicamente instrumentos apropiados para evaluaciones de recursos hídricos, en oposición a los modelos de optimización que se aplica más a aspectos administrativos. Esta aproximación puede ser una herramienta muy efectiva en situaciones complicadas de administración hídrica donde datos históricos no están disponibles para ensayar cambios propuestos en el sistema. Puede ser aplicada para resolver los siguientes tipos de problema:

- (a) Planificación de la operación de proyectos hídricos existentes;
- (b) estimación de la eficiencia del uso hídrico en un complejo administrativo de recursos hídricos;
- (c) establecimiento de líneas de base para repartir, adjudicar y distribuir agua durante períodos de escasez;
- (d) determinación de parámetros técnicos para proyectos planeados;
- (e) selección de planes racionales para futuro desarrollo en una cuenca o región.

Al desarrollar modelos de simulación, la importancia de mantener una precisión equivalente en datos de entrada y salida adquiere significado especial.

A los efectos de estudiar los procesos en una cuenca se podrían emplear modelos de balance hídrico o modelos basados en ecuaciones matemático-físicas tales como ecuaciones diferenciales en derivadas parciales o sus análogos. La segunda clase puede ser todavía sub dividida en tres tipos, analítico, analógico o numérico.

Los modelos usados en técnicas de simulación pueden ser aplicados ya sea para simular condiciones para una serie dada de circunstancias o para optimizar performances de sistemas sujetos a constreñimientos operacionales. Los modelos de simulación pueden también ser usados para seleccionar la más factible solución de una serie de alternativas. Modelos de optimización pueden también ser usados para comprobar las soluciones más factibles y desarrollar estrategias para optimizar los beneficios potenciales para usos múltiples.

Estas metodologías proveen un ejemplo de cómo los estudios de recursos hídricos han sido llevados a cabo históricamente y cómo ellos están ahora siendo definidos. La lista no estaría completa sin alguna descripción de métodos que ahora están siendo examinados o desarrollados ofreciendo promesa para el futuro. La nueva aptitud adquirida para obtener imágenes satelitales de todas las áreas de la tierra en base continua, abre varias nuevas maneras de adquirir datos hidrológicos y éstos están siendo activamente explorados por muchas naciones. Imágenes satelitales se nos informa, han sido usadas para hacer evaluaciones de recursos hídricos en África del Norte y, dado que la calidad de las imágenes y las habilidades de los modeladores mejoran, estos estudios, indudablemente serán refinados a niveles más exactos. Similarmente la fotografía aérea ha sido usada para obtener datos hidrométricos e hidrográficos adicionales en varios países del mundo.

Algo debemos decir acerca de los requerimientos operacionales al analizar la capacidad de evaluar recursos hídricos. La capacidad de efectuar respuestas operacionales oportunas a rápidamente cambiantes condiciones hidrológicas ha mejorado mucho en años recientes por el desarrollo de sistemas de datos en tiempo real. Éstos son sistemas integrados por los cuales datos hidrológicos son recolectados, usualmente por instrumentos automáticos, y rápidamente transmitidos a una ubicación central por medio de líneas telefónicas o radio-telemetría. Los sistemas de tiempo real permiten a los operadores en la estación receptora central de informarse rápidamente y formular respuestas respecto de eventos tales como una intensa lluvia, niveles crecientes de agua, y cambios en almacenamientos hídricos y calidad de los cursos de agua.

4.7 Estandarización y control de calidad

4.7.1 Estandarización

La estandarización en el campo de mediciones hidrológicas y métodos de observación (WMO 1988, WMO 1994a) ha mejorado, principalmente como resultado de esfuerzos por agencias especializadas de las Naciones Unidas y la Organización Internacional de Estandarización (ISO). Estos estándares son también aplicables a otras mediciones relacionadas con proyectos hídricos, por ejemplo, diseños de drenaje de techos y diseño de conexiones de comunicación. La estandarización de muestras de calidad hídrica y análisis está también mejorando (por ejemplo, OMM Manual de monitoreo de calidad hídrica, OMM Reglamento Técnico, volumen III - Hidrología.)

Por otro lado, la estandarización del proceso total de ERH no ha sido conseguida a nivel de cuenca o de escalas regionales. En ciertos países desarrollados una aproximación más o menos estandarizada como los métodos descritos en el subcapítulo 4.6.1-4.6.3 ha sido desarrollada e implementada. Para evaluaciones globales o regionales (nivel de cuenca), los países participantes han acordado un procedimiento conjunto que permite la homogenización del método (por ejemplo, el caso de los estudios del Rin o Danubio). La estandarización de la metodología está a veces obstaculizada por diferencias de interés entre beneficiarios de aguas arriba y los de aguas abajo. Esfuerzos internacionales para promover uniformidad de las evaluaciones por diferentes países que comparten la misma cuenca fluvial son efectuados corrientemente.

4.7.2 Control de calidad

El propósito del control de calidad es el de asegurar el más alto estándar posible de los datos antes que sean dados a los usuarios. Ello incluye establecimiento y el cumplimiento con los estándares relacionados con la inspección de estaciones, chequeo de datos, detección de errores y correcciones.

Los procedimientos de control de calidad relacionados con datos observados han sido identificados por varios parámetros del ciclo hídrico y están resumidos en la guía (WMO, 1994a, Capítulo 22) y en el Reglamento Técnico (OMM). Ellas se expresan principalmente en forma de estimaciones de las incertidumbres y la detección de errores en las mediciones. Los niveles requeridos de exactitud, por ejemplo, incertidumbres toleradas, son fijadas para varios parámetros (ver Tabla 8.2) Si la presente incertidumbre de los valores medidos es menor del valor tolerado, los datos son aceptables. Las capacidades analíticas de los laboratorios de calidad hídrica son monitoreados dentro del marco de los programas de intercalibración, donde laboratorios de referencia evalúan los resultados del análisis, como el elemento básico del control de calidad. En muchos países desarrollados la acreditación de los laboratorios es obligatoria; por lo tanto, los pre-requisitos para la participación de inspecciones nacionales o regionales significa la acreditación de tales laboratorios.

La ERH de por sí no está, a esta hora, sujeta a cualquier clase de acreditación en la mayoría de los países. Algunas instituciones nacionales, (por ejemplo los Servicios Hidrológicos) mantienen y actúan de acuerdo a sus propios procedimientos de control. Un número de agencias de recolección de datos han ganado acreditación de sus procedimientos de recolección de datos en asociación con los estándares de ISO. La exactitud del EBRH depende de los procedimientos de control de calidad. Por lo tanto es deseable que tales instituciones:

- (a) Siguen sus propios reglamentos de control de calidad, si existen; o
- (b) establezcan tales reglamentos de acuerdo con las reglamentaciones o recomendaciones internacionales aceptadas.

4.8 Cálculo del índice de capacidad

Una indicación de la capacidad del país para la recolección de datos, procesamiento y actividades de recuperación de los mismos para apoyar la EBRH puede ser obtenida de la información recolectada en respuesta a la discusión de este Capítulo. Un índice de esta capacidad puede ser calculado como se describe más abajo.

Sobre la base de la información obtenida por el evaluador, él o ella deberían completar la Tabla 4.5 calculando los siguientes valores:

4.8.1 Recolección de datos (datos básicos)

Para cada estación tipo en Tabla 4.1 determinar la proporción de nivel de actividad al nivel de referencia para esa estación tipo (ver Apéndice V). Si esta proporción es mayor que 1.0, ella debería colocarse en 1.0. Para todos los tipos de estación de relevancia (por ejemplo, pistas de nieve pueden no ser de importancia en muchos países), sumar estas proporciones y dividir por el número de tipos de estaciones. El resultado debería ser un valor entre 0.0 y 1.0, que representa la capacidad del país con respecto a la recolección básica de datos.

Valor de recolección de datos (datos básicos) = $(\sum a_i)/n$ para $i=1, n$

Donde n = número de tipos de estación correspondiente

a_i = nivel de actividad/nivel de referencia (si el valor es ≥ 1)

Nota: $a_i = 1,0$, si nivel de actividad/nivel de referencia > 1.0

4.8.2 Recolección de datos (proyectos de recursos hídricos)

Sumar cada uno de los porcentajes entrados en Tabla 4.2 y dividir por el número total de elementos de evaluación de relevancia al país bajo revisión. Un valor entre 0 y 100 debería resultar. Dividir este resultado por 100 para obtener un valor entre 1.0 y 0.0. Este resultado debería representar la capacidad del país con respecto a la recolección de datos del proyecto de recursos hídricos.

Datos recolectados (proyectos de recursos hídricos), valor = $(\sum a_i)/(n \cdot 100)$ para $i= 1, n$

Donde n = número de elementos relevantes de evaluación

a_i = nivel de actividad.

4.8.3 Recolección de datos (datos fisiográficos)

Sumar cada uno de los porcentajes entrados en Tabla 4.3 y dividir por el número total de elementos de evaluación de relevancia para el país bajo revista. Un valor entre 0 y 100 debería resultar. Dividir este resultado por 100 para obtener un valor entre 1.0 y 0.0. Este resultado debería representar la capacidad del país con respecto a la recolección de datos fisiográficos.

Datos recolectados (fisiográficos) = $(\sum a_i)/(n \cdot 100)$ para $i= 1, n$

Donde n = número de elementos de evaluación relevantes

a_i = nivel de actividad

4.8.4 Procesamiento de datos

Sumar cada uno de los porcentajes entrados en Tabla 4.4 por el porcentaje de datos que están almacenados como originales, porcentaje de datos archivados en microfichas y el porcentaje de datos archivados en formulario compatible de computadora (FCC) y dividir por el número total de elementos de evaluación para los cuales los porcentajes están disponibles. Un valor de entre 0 y 100 debería resultar. Dividir este resultado por 100 para obtener un valor entre 1.0 y 0.0. Este resultado debería representar la capacidad del país con respecto a procesamiento de datos.

$$\text{Procesamiento de datos} = (\sum a_i) / (n \cdot 100) \text{ para } i = 1..n$$

Donde n = número de elementos de evaluación para los cuales los porcentajes están disponibles

a_i = nivel de actividad

4.8.5 Recuperación de datos

A pesar de que la EBRH no requiere acceso a datos en tiempo real, el acceso fácil a los datos es una ventaja significativa cuando se lleva a cabo la evaluación. Por lo tanto, el tiempo para localizar un dato específico debería ser preferiblemente en términos de unos pocos días como mucho. Sin embargo, esto dependerá del método del análisis y el marco de tiempo para el proyecto de ERH. Se recomienda que el evaluador use la siguiente escala para calcular un valor para la capacidad de recuperación de datos con respecto a la EBRH basada en la Tabla 4.4:

Clasificación	Valor	Comentarios
Totalmente capaz	1.0	Acceso a datos dentro de marco de tiempo requerido para todos los parámetros
Alta capacidad	0.75	Acceso a datos dentro del marco de tiempo requerido para la mayoría de los parámetros
Capacidad moderada	0.5	Acceso a datos dentro de marco de tiempo requerido para la mitad de los parámetros
Baja capacidad	0.25	Acceso a datos dentro de marco de tiempo requerido para menos de la mitad de la mayoría de parámetros
Ninguna capacidad	0.0	Acceso a datos, dentro de marco de tiempo requerido, imposible para cualquier parámetro

4.8.6 Estandarización y control de calidad

El valor de la capacidad para la estandarización y control de calidad es relativamente simple. Si una agencia ha establecido y comprobado que los procedimientos de control de calidad están en su lugar el valor es 1.0. Si tales procedimientos no existen, entonces el valor es 0.0

4.8.7 Índice de capacidad

El índice de capacidad puede ser determinado sumando los valores para cada actividad y dividiendo por 6. El índice de capacidad será un valor entre 0 y 1. Cuando más se acerque el valor a 1, mayor será la capacidad del país para llevar a cabo recolección de datos, y actividades de procesamiento, almacenaje y recuperación.

4.9 Referencias

UNESCO (1977) - Groundwater Studies: An International Guide for Research and Practice. Studies and Reports in Hydrology No. 7, París.

UNESCO (1990) - Guidelines for Water Resources Assessments of River Basin. Technical Document in Hydrology, París

UNESCO/WMO (1991) - Report on Water Resources Assessment

UNESCO/WHO/UNEP (1992) - Water Quality Assessment. Chapman and Hall, London

UNESCO (1994) - Methodological Guide: Water Resources Assessment studies for use in the preparation of Water Resources Master Plans and Environmental Studies. IHP - IV Project M-1 -1 (a).

WMO/FAO (1985) - Guidelines for computerized Data Processing in Operative Hydrology. WMO No. 634, Geneva.

WMO (1986) - Technical Regulation. Volume III. Hydrology No 49. Geneva.

WMO (1988) - Manual on Water Quality Monitoring. WMO - No. 680, Geneva.

WMO (1994a) - Guide to Hydrological Practices. Fifth edition. WMO - No 168, Geneva.

WMO (1994b) - Application of Remote Sensing by Satellite, Radar and other methods to Hydrology. OHR No. 39, WMO - No. 804, Geneva.

WMO (1995) - INFOHYDRO Manual. WMO No 683. O. H. Report, NO 28.

WMO/WHO/UNEP (1991) - Information needs for water quality assessment and management. WMO/TD No 522. Technical Reports in HWR. No 34, Geneva.

TABLA 4.1 Recolección de datos básicos

ELEMENTOS DE EVALUACIÓN	NIVELES DE ACTIVIDAD							
	TEMPLADO				TROPICAL			
	ÁRIDO SED.	N.SED	HÚMEDO SED.	N.SED	ÁRIDO SED.	N.SED.	HÚMEDO SED.	N.SED.
Estaciones pluviométricas; no registradoras (Número por 10 ⁴ km ²)								
Estaciones pluviométricas; registradoras (Número por 10 ⁴ km ²)								
Estaciones de evaporación; no registradoras (Número por 10 ⁵ km ²)								
Estaciones de evaporación; registradoras (Número por 10 ⁶ km ²)								
Ruta nivométrica; convencional (Número por 10 ⁴ km ²)								
Estaciones de calidad del líquido y precipitación sólida (número por 100 estaciones de precipitación y ruta de nieve)								
Estaciones de nivel de agua superficial no registradoras (Número por 10 ⁴ km ²)								
Estaciones de nivel de agua superficial; registradoras (Número por 10 ⁴ km ²)								
Estaciones de medida del flujo ¹ (Número por 10 ⁴ km ²)								
Estaciones de descarga de sedimento (Número por 10 ⁴ km ²)								
Estaciones de temperatura de agua superficial (Número por 10 ⁴ km ²)								
Calidad de agua superficial (Número por 10 ⁴ km ²)								
Estaciones de nivel de agua subterránea; no registradora (Número por 10 ⁴ km ²)								
Estaciones de nivel de agua subterránea; registradora (Número por 10 ⁴ km ²)								
Estaciones de agua subterránea midiendo características hidráulicas. (Número por 10 ⁴ km ²)								
Estaciones de calidad de agua subterránea (Número por 10 ⁴ km ²)								

¹ Estaciones no registradoras o registradoras de nivel de agua donde se efectúan medidas de flujo.

- NOTAS:
- a) Además de dividir el país entre regiones de acuerdo al clima, aridez y tipo de geología superficial, los países bien evaluados en ciertas áreas limitadas deben ser divididas, antes de rellenar la tabla de arriba, entre regiones bien evaluadas y otras, y una tabla separada debería ser completada para cada área. Esto es válido aunque la evaluación sea satisfactoria para uno o varios elementos del ciclo hídrico.
 - b) Las filas correspondientes a elementos de agua subterránea pueden ser subdivididos entre agua subterránea freática o profunda.
 - c) El apéndice V presenta niveles de referencia sugeridos para usarse en conjunto con esta tabla.

TABLA 4.2 Disponibilidad de datos sobre proyectos de recursos hídricos

TIPO DE DATOS EVALUADOS	ELEMENTO DE EVALUACIÓN	NIVELES DE ACTIVIDAD			
		SEDIMENTARIO HÚMEDO ÁRIDO		NO SEDIMENTARIO HÚMEDO ÁRIDO	
Grandes proyectos (aguas de superficie o subterránea)	Porcentaje de almacenamientos observados. Porcentaje de extracciones observadas. Porcentaje de retornos de agua contaminada observados.				
Proyectos medianos y pequeños (aguas de superficie o subterránea)	Porcentaje de almacenamientos observados. Porcentaje de extracciones observadas. Porcentaje de derivaciones observadas. Porcentaje de retornos de agua contaminada observados.				

Nota: a) Usando aún estimaciones aproximadas del total de almacenamiento, extracciones, derivaciones y retornos, evaluar los porcentajes de éstos para los cuales datos e información están disponibles que podrían ser usados para evaluar el impacto de los proyectos sobre el régimen hidrológico.

TABLA 4.3 Datos fisiográficos

TIPO DE DATOS EVALUADOS	ELEMENTO DE EVALUACIÓN	NIVELES DE ACTIVIDAD			
		SEDIMENTARIO		NO SEDIMENTARIO	
		HÚMEDO	ÁRIDO	HÚMEDO	ÁRIDO
Topográficos	<p>Porcentaje de área cubierta por mapas de 1:1 000 000</p> <p>Porcentaje de área cubierta por mapas de 1:250 000</p> <p>Porcentaje de área para la cual la red fluvial fue comprobada en tierra o con técnica especial.</p>				
Geológico, geomorfológico y geofísico.	<p>Porcentaje de área cubierta por mapas de 1:1 000 000</p> <p>Porcentaje de área cubierta por mapas de 1:250 000</p> <p>Porcentaje de área para la cual niveles de pozo de observación están disponibles.</p> <p>Porcentaje de área para la cual características geofísicas están disponibles.</p>				
Suelo	<p>Porcentaje de área cubierta por mapas de 1:1 000 000</p> <p>Porcentaje de área cubierta por mapas de 1:250 000</p> <p>Porcentaje de área para la cual características hidrogeoquímicas de suelo pueden ser estimadas.</p>				
Uso y cobertura de la tierra	<p>Porcentaje de área cubierta por mapas de 1:1 000 000.</p> <p>Porcentaje de área cubierta por mapas de 1:250 000.</p> <p>Porcentaje de área cubierta por mapas puestos al día (bienal).</p>				

Nota: a) Indicar exactitud de mapa donde posible. Consistencia de mapas, en especial de sus antecedentes para varias escalas y tipos de mapas puede constituir un índice adicional de evaluación.

TABLA 4.4 Almacenamiento de datos, procesamiento primario y publicación

TIPO DE ACTIVIDAD EVALUADA	ELEMENTO DE EVALUACIÓN	NIVELES DE ACTIVIDAD
ALMACENAMIENTO Y CATALOGACIÓN		
Datos del ciclo hídrico		
Hidrometeorológicos	<p>Porcentaje almacenado como originales. Porcentaje almacenado en microfilm. Porcentaje almacenado en FCC. Porcentaje almacenado en duplicado. Porcentaje perdido o no almacenado. Porcentaje totalmente catalogado (1). Tiempo requerido para ubicar un dato específico.</p>	
Hidrológicos	<p>Porcentaje almacenado como originales. Porcentaje almacenado como microfilm. Porcentaje almacenado en FCC. Porcentaje almacenado en duplicado. Porcentaje perdido o no almacenado. Porcentaje totalmente catalogado (1). Tiempo requerido para ubicar un dato específico.</p>	
Hidrogeológico	<p>Porcentaje almacenado como originales. Porcentaje almacenado como microfilm. Porcentaje almacenado en FCC. Porcentaje almacenado en duplicado. Porcentaje perdido o no almacenado. Porcentaje totalmente catalogado (1). Tiempo requerido para ubicar un dato específico.</p>	
Datos fisiográficos		
Topográficos	<p>Porcentaje almacenado como originales. Porcentaje almacenado en microfilm. Porcentaje almacenado en FCC. Porcentaje perdido o no almacenado. Porcentaje totalmente catalogado (1). Tiempo requerido para ubicar un dato específico.</p>	
Geológicos y Geomorfológicos	<p>Porcentaje almacenado como originales. Porcentaje almacenado como microfilm. Porcentaje almacenado en FCC. Porcentaje almacenado en duplicado. Porcentaje perdido o no almacenado. Porcentaje totalmente catalogado (1). Tiempo requerido para ubicar un dato específico.</p>	
Geofísicos	<p>Porcentaje almacenado como originales. Porcentaje almacenado como microfilm. Porcentaje almacenado en FCC. Porcentaje perdido o no almacenado. Porcentaje totalmente catalogado (1). Tiempo requerido para ubicar un dato específico.</p>	
Suelo	<p>Porcentaje almacenado como originales. Porcentaje almacenado como microfilm. Porcentaje almacenado en FCC. Porcentaje almacenado en duplicado. Porcentaje perdido o no almacenado. Porcentaje totalmente catalogado (1). Tiempo requerido para ubicar un dato específico.</p>	

Utilización de la tierra y capa vegetal	Porcentaje almacenado como originales Porcentaje almacenado en microfilms Porcentaje almacenado en FCC Porcentaje perdido o no almacenado Porcentaje totalmente catalogado 1) Tiempo requerido para ubicar un dato específico Imágenes de Landsat disponibles (fotos y CCT's)
---	---

BANCOS CONVENCIONALES DE DATOS**Datos de ciclo hídrico**

Hidrometeorológicos	Porcentaje de datos incluidos Demora entre pedido y recepción de los datos
Hidrológicos	Porcentaje de datos incluidos Demora entre pedido y recepción de datos
Hidrogeológicos	Porcentaje de datos incluidos Demora entre pedidos y recepción de datos

Datos fisiográficos

Topográficos	Porcentaje de datos incluidos Demora entre pedidos y recepción de datos
Suelo	Porcentaje de datos incluidos Demora entre pedido y recepción de datos Demora entre pedido y recepción de datos
Geológicos, geomórficos y geofísicos	Porcentaje de datos incluidos
Utilización de tierra y capa vegetal	Demora entre pedido y recepción de datos

BANCOS AUTOMATIZADOS DE DATOS¹**Datos del ciclo hidrológico**

Hidrometeorológicos	Tipos de computador, memoria de núcleos y equipo periférico (listar separadamente). Programadores (número).
Hidrológicos	Tipos de computador, memoria de núcleos y equipo periférico (listar separadamente). Programadores (número).
Hidrogeológicos	Tipos de computador, memorias de núcleo, equipo periférico y sistemas básicos de datos (listar separadamente). Programadores (número).

Datos fisiográficos

Topográficos	Tipos de computador, memoria de núcleos y equipo periférico (listar separadamente). Programadores (número).
Suelo	Tipos de computador, memoria de núcleos y equipo periférico (listar separadamente). Programadores (número).

Geológicos, geomorfológicos
y geofísicos

Tipos de computador, memorias de núcleo,
equipo periférico y sistemas básicos de datos
(listar separadamente).
Programadores (número).

Utilización de tierra
y capa vegetal

Tipos de computador, memorias de núcleo,
equipo periférico y sistemas básicos de datos
(listar separadamente).
Programadores (número).
Número, promedio de años de edad, educación y experiencia.

PROCESAMIENTO PRIMARIO

Datos del ciclo hídrico

Hidrometeorológicos

Porcentaje de registros gráficos transcriptos.
Porcentaje de cálculos diarios realizados.

Hidrológicos

Porcentaje de registros gráficos transcriptos.
Porcentaje de caudales diarios estimados.
Relación entre el intervalo de niveles de medidas
de caudales y el intervalo total.

Hidrogeológicos

Porcentaje de registros gráficos transcriptos.
Porcentaje de observaciones regulares
mensuales 1 - 3 - 6 días.
Porcentaje de observaciones de la temperatura
y la calidad del agua.

Datos fisiográficos

Topográficos

Porcentaje de la zona con fotografía aérea
y para las que se han trazado curvas de contorno.

Suelo

Porcentaje de la zona para la cual se ha
procesado el trabajo sobre el terreno.

Hidrológicos, red fluvial

Porcentaje de la zona para la cual se ha
procesado el trabajo sobre el terreno.

Utilización de la tierra
y capa vegetal

Porcentaje de imágenes (incluidas las del Landsat)
que se han rectificado e interpretado.

PUBLICACIONES

Datos del ciclo hidrológico publicados regularmente

Hidrometeorológicos

Intervalo de publicaciones (meses).
Retraso en la publicación (meses).

Hidrológicos

Intervalo de publicaciones (meses).
Retraso en la publicación (meses).

Hidrogeológicos

Intervalo de publicaciones (meses).
Retraso en la publicación (meses).

Datos fisiográficos

Topográficos³

Mapas topográficos
Mapas de 1:1 000 000 publicados
Área total
Porcentaje de país
Retraso en la publicación

	<p>Mapas de 1: 250 000 publicados Área total Porcentaje de país Retraso en la publicación</p>
Suelo	<p>Mapas de suelo Mapas de 1:1 000 000 publicados Área total Porcentaje de país Retraso en la publicación</p> <p>Estudios de mapas de 1:1 000 000 sí/no Porcentaje de país</p> <p>Mapas de 1: 250 000 publicados Área total Porcentaje de país Retraso en la publicación</p> <p>Estudios de mapas de 1:250 000 sí/no Porcentaje de país</p>
Geológicos e hidrogeológicos	<p>Mapas geológicos e hidrogeológicos Mapas de 1:1 000 000 publicados Área total Porcentaje de país Retraso en la publicación</p> <p>Otra pequeña escala (1:500 000) Área total Porcentaje de país Retraso en la publicación</p> <p>Estudios de mapas de 1:1 000 000 sí/no Porcentaje de país</p>
Utilización de la tierra y capa vegetal	<p>Mapas de utilización de la tierra y capa vegetal Mapas de 1:1 000 000 publicados Área total Porcentaje de país Retraso en la publicación</p> <p>Estudios de mapas de 1:1 000 000</p> <p>Mapas de 1: 250 000 publicados Área total Porcentaje de país Retraso en la publicación</p> <p>Estudios de mapas de 1:250 000 sí/no Porcentaje de país</p>

- Nota:
- 1) Datos totalmente catalogados significa datos que pueden ser ubicados de acuerdo al objeto, sujeto, espacio, tiempo, calidad y fuente.
 - 2) Si un computador es utilizado para un número de componentes del ciclo hídrico y/o tipos de datos auxiliares, esto debería ser establecido y los datos completados solamente para un componente del ciclo hídrico o tipo de datos auxiliares.
 - 3) Mapas topográficos 1:50 000 y 1: 10 000 pueden ser incluidos dependiendo del tamaño del país y también para estudios hidrológicos particulares (por ejemplo, mapas urbanos de inundaciones).

TABLA 4.5 Índice de capacidad de recolección, procesamiento y recuperación¹

Actividad	Valor
Recolección de datos (datos básicos)	
Recolección de datos (proyectos de recursos hídricos)	
Recolección de datos (datos fisiográficos)	
Procesamiento de datos	
Recuperación de datos	
Estandarización y control de calidad	
Índice general ¹	

¹ El índice general de capacidad puede ser determinado sumando los valores para cada actividad y dividiendo por seis. El índice de capacidad será un valor entre 0 y 1. Lo más cercano que el valor sea a 1, mayor será la capacidad del país para emprender EBRH.

5 EVALUACIÓN ZONAL DE ELEMENTOS HIDROLÓGICOS

5.1 Introducción

La EBRH se lleva a cabo esencialmente a través de una red de estaciones. Sin embargo, los datos sobre los elementos hidrológicos son necesarios, para la EBRH (inventario, planificación y diversos otros fines), no sólo en las estaciones de aforo sino en numerosos otros lugares no aforados. Estos datos pueden estimarse combinando los datos obtenidos en las estaciones de aforo con los datos fisiográficos en el marco de la interpolación de datos o de las técnicas de transferencia de datos (UNESCO, 1990). Los datos auxiliares consisten normalmente en datos fisiográficos y, un tipo determinado de datos de un componente determinado del balance hídrico, en datos obtenidos sobre modelos y en métodos menos elaborados, como la interpolación lineal. La utilidad de estas técnicas de interpolación depende de la precisión de los datos medidos, de la técnica de interpolación utilizada y de la disponibilidad y precisión de los datos fisiográficos necesarios. En general, la precisión de las estimaciones varía, para una técnica determinada y los correspondientes datos, con la densidad de la red de estaciones. Al comparar la relación entre la precisión de la estimación y la densidad de la red para diversas técnicas, se puede evaluar la utilidad de los modelos e implícitamente de los datos fisiográficos conexos. Con el desarrollo de herramientas tales como los Sistemas de Información Geográfica (GIS) el análisis de elementos de hidrología zonal se ha hecho común y más fácil de llevar a cabo.

En efecto, el problema se convierte en la habilidad de arribar desde datos puntuales a la estimación de variables zonales. Este es un problema que permanece en gran parte insoluble a pesar de esfuerzos significantes de los hidrólogos. Sin embargo, con el creciente poder de computadoras y herramientas tales como GIS, la habilidad de proveer estimaciones zonales de variables hidrológicas mejorará. Otro factor significativo es la disponibilidad de datos zonales teledetectados y la integración de estos datos con datos hidrológicos basados en datos de campo puntuales terrestres. Esto mantiene significado potencial para la medida, en base zonal, de la cobertura de nieve, humedad del suelo, vegetación, precipitación (basada en radar), y muchas otras variables hidrológicas (WMO, 1992a; WMO, 1992b; WMO, 1992c; WMO, 1994a; WMO, 1994b)

5.2 Agua superficial

Los componentes del balance hídrico que se interpolan con mayor frecuencia para la ERH son las características de la precipitación y de la escorrentía (WMO, 1992a). Estos componentes del balance hídrico pueden ser medidos o derivados usando técnicas de modelismo (sección 4.6). La evaporación real y potencial también se representa a menudo en los mapas para fines hidrológicos o de otro tipo (WMO, 1992b). Las variaciones zonales de los valores a largo plazo son las que más se necesitan pero también se necesitan a menudo las variaciones estacionales o las relacionadas con episodios determinados.

Las variaciones zonales de las características estadísticas de la precipitación y de la escorrentía también se utilizan muy frecuentemente. En la práctica los valores de la calidad del agua se interpolan con menos frecuencia, aunque las técnicas para esa interpolación son en principio las mismas que para las de la cantidad de agua, al menos para una serie de parámetros. (WMO, 1991; UNESCO/WHO/ UNEP, 1992; WMO, 1994c)

5.2.1 Trazado de mapas

Las técnicas para el trazado de mapas hidrológicos y meteorológicos se han examinado detalladamente en UNESCO/OMM (UNESCO/WMO, 1977) y en OMM (WMO, 1972, 1994e, 1995a, 1995c & 1996). El trazado de mapas de los parámetros hidrológicos con técnicas convencionales (isolíneas) sólo aprovecha parcialmente los datos auxiliares, como por ejemplo los topográficos y los pedológicos en la medida en que se consideran como indicadores básicos para el trazado de las isolíneas. El trazado automatizado de mapas por la técnica de cuadrícula (WMO, 1972. WMO/PNUD 1979) ofrece la ventaja de la utilización objetiva de los datos fisiográficos. Más recientemente el uso de GIS en el trazado de mapas y análisis de datos hidrológicos se ha hecho muy extendido. (IAHS, 1993)

5.2.2 Modelos

OMM (WMO, 1975, 1990, 1992d, 1993a) describió una serie de modelos determinísticos que relacionan la precipitación con la escorrentía y que permiten sintetizar las series cronológicas del caudal y en el caso de los modelos determinísticos, otros componentes del balance hídrico tales como la humedad del suelo y las aguas subterráneas, en un sitio de medición para el que el modelo se ha calibrado. En la documentación se han descrito diversos tipos de modelos. Dada su capacidad de sintetizar las características del agua subterránea, los modelos determinísticos ofrecen la técnica más adecuada cuando se debe realizar una evaluación zonal simultánea de las aguas superficiales y de las aguas subterráneas. Los modelos son también importantes para estimar el caudal y los niveles de crecida a partir de los datos extremos de la precipitación (WMO, 1992d; WMO, 1994d)

5.2.3 Teledetección

El uso de datos teledetectados (satélites, radar, inspecciones aéreas etc.) en análisis zonales de variables hidrológicas se expande rápidamente (WMO, 1992b; WMO, 1994b). Datos teledetectados proveen una representación zonal mejor; sin embargo, ellos dependen fuertemente de la disponibilidad y calidad de los datos de campo usados para calibrar los datos imaginarios y requieren equipos adecuados y personal entrenado junto con una continua provisión de imágenes (y los recursos para adquirirlos).

5.2.4 Otras técnicas

Estas técnicas pueden variar desde métodos basados en regresiones múltiples o kriging y regionalización, utilizando las características hidrológicas, climáticas y de la cuenca hasta la simple interpolación lineal de esas características en las zonas con una red muy densa. Al igual que ocurre con otras técnicas de interpolación, el único criterio que permite determinar la pertinencia es la precisión de los resultados obtenidos que se evalúan por validación.

5.3 Aguas subterráneas

Los datos que se interpolan con mayor frecuencia para la evaluación de los recursos en aguas subterráneas se refieren a los índices hidrogeológicos (UNESCO, 1972), a la identificación de los sistemas de acuíferos y a los parámetros hidráulicos con variación espacial definible. Los niveles de agua y las características hidrogeoquímicas varían a menudo en el tiempo y en el espacio y son difíciles de interpolar. Al igual que para el agua superficial pueden utilizarse técnicas de trazado de mapas y de establecimiento de modelos (WMO, 1989; WMO, 1993b; WMO, 1995b). La técnica de kriging ha sido también aplicada exitosamente para el análisis de datos hídricos subterráneos.

5.3.1 Trazado de mapas

En 1977 la UNESCO/OMM trató detalladamente las técnicas de trazado de mapas hidrogeológicos. Actualmente también Struckmeier y Margat (1995) y OMM (WMO, 1994d), la UNESCO también coordina la publicación de los mapas hidrogeológicos consistentes de Europa, de Sudamérica y de los Estados Arabes. (UNESCO, actividad continua). En el marco de un proyecto de OUA/CEPA se está elaborando un mapa hidrogeológico de África.

Los conceptos desarrollados por el IAH/IAHS/IHP -grupo conjunto de trazado de mapas hidrológicos proveen una excelente guía sobre este tema. Ellos han sido publicados como "Mapas Hidrológicos, una Guía y Leyenda Standard". En particular, la clasificación propuesta en la guía y la leyenda desarrollada son recomendadas para uso por las agencias de la ERH.

Pueden ser usados mapas para representar el sistema acuífero junto con parámetros hidrogeológicos, particularmente determinadas características hidrogeológicas tales como la transmisividad, la profundidad de la capa de agua o el rendimiento específico de las aguas subterráneas a escala regional o nacional.

Similarmente, GISs. están siendo usados para desplegar y analizar mapas de características de agua subterránea y datos fisiográficos relacionados.

Es también válido evaluar y trazar en un mapa la vulnerabilidad del agua subterránea. IAH/UNESCO (1996) publicaron el "Libro-guía sobre Trazado de Mapas de Vulnerabilidad de Agua Subterránea". El modelo leyenda para trazado de mapas de vulnerabilidad de agua subterránea preparado en este libro-guía puede facilitar la preparación de mapas de vulnerabilidad en una forma estandarizada internacionalmente.

5.3.2 Modelos

En la práctica, para las aguas subterráneas se han utilizado tres tipos de modelos. En el primer tipo se hace uso de la similitud entre el campo eléctrico y el campo del flujo de las aguas subterráneas y generalmente se ha utilizado para resolver problemas locales limitados. El segundo tipo se basa en un análisis hidráulico y matemático del balance hídrico y del flujo de agua en el terreno. En el tercer tipo se realiza un análisis de las series cronológicas de los registros de datos, de la misma manera que para los registros del agua superficial. El análisis hidráulico y matemático puede servir para resolver los problemas de la calidad y de la cantidad de agua y puede acoplarse a modelos similares del agua superficial para permitir un análisis completo de los recursos hídricos de una región (WMO, 1993b; WMO, 1995b).

5.4 Adecuación de la evaluación zonal

Esta utilidad puede evaluarse a partir del porcentaje de la zona de un país (o región) para la que se dispone de mapas o de modelos que pueden servir para la interpolación de los datos y del correspondiente error relativo de estimación.

Similarmente, otro indicador sería el área de porcentaje del país (región) para el cual los datos teledetectados están disponibles y el correspondiente error relativo de estimación de los datos teledetectados calibrados.

Las técnicas sencillas de interpolación no se toman en consideración ya que sólo son adecuadas en zonas muy limitadas. (Véase la sección 5.2.3). En la Tabla 5.1 se indican los elementos de evaluación que deben usarse para determinar la utilidad de la ERH desde el punto de vista de la interpolación zonal. Al establecer dichos índices se han considerado los puntos siguientes:

- (a) desde el punto de vista del inventario de los recursos hídricos es importante conocer la distribución zonal de la precipitación media, de la escorrentía, de la humedad del suelo, niveles de las aguas subterráneas, de sus variaciones estacionales y de sus características estadísticas que permiten realizar la síntesis de los datos en los lugares no aforados.
- (b) lo que se menciona más arriba puede realizarse principalmente mediante el trazado de mapas y el establecimiento de modelos determinísticos o estadísticos. El GIS provee una combinación de mapeado y modelado/análisis, en un solo paquete. Para establecer los modelos es importante disponer de los datos de entrada necesarios para que sean útiles para la EBRH;
- (c) al determinar la capacidad de una agencia en hacer uso de sistemas de computación corrientes tal como GIS, una evaluación de la disponibilidad del trazado de mapas (tanto hidrológicos como fisiográficos), en la requerida forma compatible con el computador, es un indicador clave.
- (d) para estimar los episodios extremos de crecida es importante disponer de datos sobre la precipitación extrema y de modelos debidamente calibrados;
- (e) el criterio final de adecuación para todos los datos interpolados, es el error de validación, por ejemplo el error obtenido por muestreo fraccionado aleatorio. No conviene utilizar un mapa o un modelo que no se haya evaluado sobre esa base ya que el modelo puede representar los resultados de un ajuste exagerado que no tiene valor para la interpolación.

El nivel de referencia para porcentaje de zona para la que se han trazado mapas es 100%, salvo que el evaluador pueda establecer el no requerimiento de información en parámetros dados, en áreas dadas, con una sólida base hidrológica. Por ejemplo, una falta de mapas hidrogeológicos en un área con ningún potencial de recursos de agua subterránea.

La información sobre errores de validación debería ser provista donde está disponible y proveerá un instrumento valioso cuando una escala de tales valores es conocida. Referencias de niveles han sido en efecto establecidas por el apéndice VII, que contiene niveles de referencia acerca del uso de datos de recursos hídricos para proyectos. El apéndice provee permisibles errores de porcentaje para una serie de parámetros para un número de usos de datos de recursos hídricos.

La Tabla 5.1 puede subdividirse de forma tal que se presente la información sobre modelos y modelado en otra tabla separada. Puesto que diferentes modelos se utilizan a menudo para diversos fines, puede ser útil establecer una lista separada de cada modelo.

El evaluador deberá completar la Tabla 5.1 en la medida de lo posible.

5.5 Cálculo del índice de capacidad

Una indicación de la capacidad para la evaluación zonal de actividades en el país para apoyar la EBRH puede ser obtenida de la información recolectada en respuesta a lo presentado en este Capítulo. Un índice de esta capacidad puede ser calculado como se describe más abajo.

Sobre la base de la información recolectada por el evaluador, él o ella deberá completar la tabla 5.2 calculando los siguientes valores:

(a) Evaluación zonal (área cubierta)

Sumar cada uno de los porcentajes entrados en la Tabla 5.1 y dividir por el número total de elementos de relevancia para el país bajo revisión. Un valor entre 0 y 100 debería resultar. Dividir este resultado por 100 para obtener un valor entre 1.0 y 0.0. Este resultado debería representar la capacidad del país con respecto a la recolección de datos de proyectos de recursos hídricos.

Evaluación zonal (área cubierta), valor = $(\sum a_i)/(n \cdot 100)$ para $i = 1, n$

Donde: n = números de elementos relevantes de evaluación.

a_i = nivel de actividad

(b) Evaluación zonal (errores de validación)

Es reconocido que los errores de validación pueden no darse en muchos de los casos arriba mencionados y también que los niveles de referencia para datos a usarse en proyectos pueden no ser relevantes para todos los países y todos los propósitos. Por lo tanto, se recomienda que el evaluador use la siguiente escala para calcular un valor que represente el impacto de los errores de validación estimados sobre la capacidad de un país para la EBRH, basado en la información provista en la Tabla 5.1 y en Apéndice VII.

El índice de capacidad puede ser determinado sumando los valores para cada actividad y dividiendo por 2. El índice de capacidad será un valor entre 0 y 1. Los más cercano que sea al valor de 1, mayor será la capacidad del país para llevar a cabo la EBRH.

Clasificación	Valor	Comentario
Totalmente capaz de requerimientos	1.0	Todos errores de validación dentro
Alta capacidad dentro de requerimientos	0.75	Mayoría de errores de validación
Moderada capacidad dentro de requerimientos	0.5	50% de errores de validación dentro
Baja capacidad de requerimientos	0.25	Pocos errores de validación dentro
Ninguna capacidad de requerimientos	0.0	Ningún error de validación dentro

5.6 Referencias

IAHS (1993) Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management. Proceedings of the HydroGIS 93 Conference, Vienna, April 1993, IAHS Publ. No. 211.

IAH/IHP (1996) International Contributions to Hydrogeology. Vol. 16. Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. IAH, Hanover, 1996.

Struckmeier, W. F. and Margat, J. (1995) Hydrogeological Maps, A Guide and a Standard Legend. Vol. 17 IAH International Contributions to Hydrogeology. IAH, Hanover, 1995.

UNESCO (1972) - Groundwater Studies - An International Guide for Research and Practice, Studies and Reports in Hydrology No. 7, Paris.

UNESCO (1990) Guidelines for Water Resources Assessments of River Basins. Technical Document in Hydrology, UNESCO, Paris.

UNESCO/WMO/UNEP (1992) A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring.

UNESCO/WMO (1977) - Hydrological Maps, Studies and Reports in Hydrology No. 20, Paris. WMO (1972) - Casebook on Hydrological Network Design Practice, WMO - No. 324, Geneva.

WMO (1975) - Intercomparison of Conceptual Models used in Operational Hydrological Forecasting, Operational Hydrology Report No. 7, WMO No. 429, Geneva.

WMO (1989) Management of groundwater observation programmes. OHR No. 31, WMO No. 705, Geneva.

WMO (1990) Hydrological models for water resources system design and operation. OHR No. 34, WMO No. 740, Geneva.

WMO (1991) Information needs for Water Quality Assessment and Management. Report of a WMO/WHO/UNEP Consultation in Bratislava. HWR Tech. Rpt No. 34, WMO/TD No. 522, Geneva.

WMO (1992a) Snow cover measurement and areal assessment of precipitation and soil moisture. OHR No. 35, WMO No. 749, Geneva.

- WMO(1992b) Remote sensing for hydrology - Progress and prospects. OHR No. 36, WMO No. 773, Geneva.
- WMO (1992c) Project on estimation of areal evapotranspiration. HWR Tech. Rpt 32, WMO/TD No. 464, Geneva.
- WMO (1992d) Simulated real-time intercomparison of hydrological models. OHR No. 38, WMO No. 779, Geneva.
- WMO (1993) Groundwater modelling. HWR Tech. Rpt No. 38, WMO/TD No. 540, Geneva.
- WMO (1994a) Land surface processes in large scale hydrology. OHR No. 40, WMO No. 803, Geneva.
- WMO (1994b) Applications of remote sensing by satellite, radar and other methods to hydrology. OHR No. 39, WMO No. 804, Geneva.
- WMO (1994c) Advances in Water Quality Monitoring. Report of a WMO Regional Workshop (Vienna, 7-11 March 1994). HWR Tech. Rpt No. 42, WMO/TD No. 612, Geneva.
- WMO (1994d) Models and Methods for assessing and forecasting Floods in areas affected by Tides, and Storm Surges. WMO/TD-NO. 644, Geneva.
- WMO (1994e) Guide to Hydrological Practices. Fifth Edition. WMO No. 168, Geneva.
- WMO (1995a) International Workshop on Network Design Practices. HWR Tech. Rpt 50, WMO/TD No. 67 1, Geneva.
- WMO (1995b) Artificial recharge of aquifers. Methods and techniques. HWR Tech. Rpt No. 45, WMO/TD No. 620, Geneva.
- WMO (1995c) Casebook on operational hydrology networks in RAIV (Europe). HWR Tech. Rpt No. 47, Geneva.
- WMO (1996) An overview of selected techniques for analysing surface water data networks. OHR No. 41, WMO No. 806, Geneva.

TABLA 5.1 Evaluación zonal

TIPO DE ACTIVIDAD	ELEMENTO DE EVALUACIÓN*	NIVELES DE ACTIVIDAD
Hidrometeorológica	<p>Área con mapas de isoyetas anuales (% del área total) Porcentaje de mapas en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área con mapas de isoyetas estacionales (% del área total). Porcentaje de mapas en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área con parámetros estadísticos de precipitación anual (% área total). Porcentaje de mapas en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área con parámetros estadísticos de precipitación estacional (% del área total). Porcentaje de mapas en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área con mapas de estadísticas de precipitación de tormentas (% del área total). Porcentaje de mapas en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área con mapas de evaporación/evapotranspiración anual (% del área total). Porcentaje de mapas en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área para la cual mapas de evaporación/evapotranspiración estacional están disponibles (% del área total). Porcentaje de mapas almacenados en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área para la cual mapas de parámetros estadísticos de evaporación anual están disponibles (% del área total). Porcentaje de mapas almacenados en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área para la cual mapas de parámetros estadísticos de evaporación estacional están disponibles (% del área total). Porcentaje de mapas almacenados en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p>	
Hidrológicas (aguas superficiales)	<p>Área con mapas de escorrentía anual (% del área total). Porcentaje de mapas almacenados en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área con mapas de escorrentía estacional (% del área total). Porcentaje con mapas almacenados en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área con mapas de parámetros estadísticos de escorrentía anual (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área con mapas de parámetros estadísticos de la escorrentía estacional (% del área total). Porcentaje de mapas almacenados en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área con modelos lluvia – escurrimiento calibrados (% del área total). Error de validación (%).</p>	

	<p>Área para la cual parámetros modelo de escorrentía de lluvia han sido regionalizados (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área con mapas de humedad anual del suelo (% del área total) Porcentaje de mapas almacenados en FCC (% del área total) Error de validación (%).</p> <p>Área con mapas de humedad estacional del suelo (% del área total). Porcentaje de mapas almacenados en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p>
Hidrológicas (aguas subterránea)	<p>Área con mapas de niveles anuales de agua subterránea. (% del área total). Porcentaje de mapas almacenados en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área con mapas de niveles estacionales de agua subterránea (% del área total). Porcentaje de mapas almacenados en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área cubierta por relevamientos geofísicos (% del área total). Porcentaje de los totales de acuíferos para los cuales están disponibles los exámenes geofísicos (% de los acuíferos). Área con modelos de agua subterránea calibrados (% del área total) Error de validación (%).</p> <p>Área para la cual están disponibles aportes a modelos de agua subterránea (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área para la cual se dispone de mapas de vulnerabilidad de agua subterránea (% del área total). Porcentaje de mapas almacenados en FCC (% del área total). Error de validación (%).</p>
Hidrológicas (otra)	<p>Error de validación (%).</p> <p>Área para la cual aportes en relacionamientos entre parámetros de series temporales y características fisiográficas están disponibles (% del área total). Áreas para las cuales están disponibles las relaciones entre series de tiempo de los parámetros y las características fisiográficas (% del área total) Área para la cual datos teledetectados (satélites) están disponibles (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área para la cual datos teledetectados (radar) están disponibles (% del área total). Error de validación (%).</p> <p>Área para la cual otros datos teledetectados están disponibles (% del área total). Error de validación (%).</p>

* El error de validación es definido como el error obtenido al fraccionar aleatoriamente en dos partes la muestra de datos disponibles, usando una parte para calibrar el modelo (por ejemplo trazar isoyetas) y la otra parte para estimar los errores, como diferencia entre los valores medidos y estimados (a partir de isoyetas). Esta información debería ser provista donde esté disponible. Futuras intercomparaciones pueden estar disponibles basadas en esta información.

TABLA 5.2 Índice de capacidad de Evaluación zonal¹

Actividad	Valor
Evaluación zonal (área cubierta)	
Evaluación zonal (errores de validación)	
Índice general ¹	

¹ El índice de capacidad general puede ser determinado sumando los valores para cada actividad y dividiendo por 2. El índice de capacidad será un valor entre 0 y 1.

6. MANO DE OBRA, ENSEÑANZA Y FORMACIÓN DE PERSONAL

6.1. Introducción

La evaluación correcta de los recursos hídricos sólo puede realizarse con una mano de obra adecuada, tanto desde el punto de vista de la cantidad como de la calidad a todos los niveles necesarios y para todas las especializaciones. La mano de obra puede considerarse calificada si es capaz de realizar, con suficiente competencia y velocidad las tareas para las que ha sido contratada.

El Plan de Acción Mar del Plata (MPAP) identificó un número de necesidades para el mejoramiento de la ERH y la administración. La necesidad de esfuerzos genuinos para mejorar la cantidad y calidad de los recursos humanos a todos los niveles fue enfatizada. El MPAP recomendó que los países deberían otorgar alta prioridad a la implantación de programas de formación de personal basados en una exhaustiva evaluación de mano de obra profesional, técnica y experta en el campo de la ERH y administración. Una evaluación del progreso en la implementación de las recomendaciones del MPAP en el área de la ERH, llevada a cabo por OMM y UNESCO, reveló que se había efectuado un buen progreso con relación al Desarrollo de Recursos Humanos (HED) pero que, sin embargo, diversas zonas de preocupación habían sido identificadas. Una causa mayor de preocupación, que ha sido reconocida, es el problema de reclutar y retener personal de evaluación de ERH y jerarquizarlo en función de sus habilidades. La provisión de condiciones satisfactorias de empleo, motivación y perspectivas de carrera han de ser una necesidad primaria (WMO/UNESCO, 1991).

Instituciones capaces y recursos humanos de alta calidad se necesitan para asegurar que una ERH completa pueda ser efectuada en forma continua. La importancia del proceso de construcción de capacidades fue enfatizada en la declaración de Delft. Los programas de construcción de capacidades de un país incluyen mejoras de política ambiental y la creación de ambiente habilitante en el que las instituciones pueden desarrollarse. El fortalecimiento o desarrollo de instituciones, sus sistemas administrativos y sus recursos humanos constituyen los elementos básicos de la construcción de capacidades, (Declaración de Delft, Delft, 1991).

La Agenda 21 (Capítulo 18) incluye a la construcción de capacidades y al desarrollo de recursos humanos entre cuatro áreas, como un medio de implementación de seis áreas de programas principales propuesto para el sector de agua dulce. Fue considerado un pre-requisito para la administración integrada de recursos hídricos. La construcción de capacidades de acuerdo a la Agenda 21 consiste de cuatro elementos básicos interrelacionados:

- (a) Creación de un ambiente habilitante con apropiados marcos políticos y legales.
- (b) Fortalecimiento institucional y desarrollo, incluyendo participación local comunitaria.
- (c) Desarrollo de recursos humanos, incluyendo el fortalecimiento de sistemas administrativos e intereses de usuarios hídricos.
- (d) Desarrollo de conocimientos y educación a todos los niveles sociales.

Formación de personal y educación han sido instrumentos clave de construcción de capacidades que apoyan las estrategias de desarrollo hídrico a largo plazo (Alaertes et al, 1991).

6.2 Descripción del sistema educacional

En la mayoría de los países, el Ministerio de Educación o su equivalente, mantiene toda la información sobre el sistema formal de educación. Sin embargo, en algunos casos, puede encontrarse que hay facilidades formales de educación bajo otros ministerios, tales como el Ministerio de Agricultura. Cualquier institución privada debería también ser descripta.

La descripción debería ser dividida entre educación formal general y educación formal especializada. La educación formal general cubre escuela primaria, secundaria y formación universitaria. Para cada tipo de

educación el número de graduados, requerimientos de ingreso y posible especialización debería ser dado. Estas estadísticas están normalmente disponibles.

La educación especializada incluye la formación de personal a ser empleado más o menos directamente para actividades de administración de recursos hídricos. Esta educación especializada debería ser descripta más detalladamente. Por ejemplo si los hidrólogos son normalmente reclutados entre los graduados de ingeniería civil, el plan de estudios de ingeniería civil debería ser descrito en tal detalle como para facilitar una evaluación apropiada de su capacidad para la ERH. Debe tomarse un cuidado particular en la descripción de la educación y facilidades de entrenamiento para técnicos principales puesto que una gran proporción de problemas pueden surgir en este campo. Educación formal especializada en recursos hídricos para estos técnicos existe sólo en un número pequeño de países. En muchos casos estos especialistas son reclutados entre graduados de instituciones que tratan con tales temas como ingeniería de trabajos públicos e irrigación o ingeniería de desarrollo rural. Importantes detalles descriptivos son; requerimientos de ingreso, plan de estudio, números de estudiantes en los últimos cinco años, capacidad de la institución para aumentar el número de estudiantes, perfil de los docentes, proporción de horas de trabajo práctico con respecto a educación en clase, aspectos administrativos tales como disponibilidad de becas, oportunidades de empleos y la clase de trabajo que los respectivos graduados podrán encontrar y el eventual perfil social de los ingresados en esta clase de educación.

En algunos países existen escuelas técnicas especiales para algunos aspectos de actividades de desarrollo hídrico (por ejemplo escuelas para perforar para alumbrar agua subterránea). Éstas deberían ser descriptas en detalle. Si es relevante, escuelas de entrenamiento regionales deberían ser descriptas. Si la educación formal en el exterior es una práctica normal, también debería ser descripta.

Hay muchas posibles maneras de clasificar niveles de mano de obra. Una muy simple es dada en Figura 6.1 que hace una distinción entre profesionales, técnicos y personal auxiliar y observadores. El nivel de técnico está subdividido entre técnico superior o inferior. El sistema en la Figura 6.1 está basado en diferencias en requerimientos educacionales y, debido a que la situación puede diferir en los distintos países, debe ser considerado solamente un ejemplo. La introducción de estaciones de observación automáticas eventualmente disminuirá la necesidad de observadores. Sin embargo, por otro lado, la educación de técnicos necesitará ser jerarquizada para alcanzar las necesidades de desarrollo.

6.3 Educación formal

Los siguientes niveles de educación formal y de formación de personal pueden distinguirse:

- (a) Educación primaria y secundaria general - importante como preparación para futura formación.
- (b) Educación de técnico inferior - usualmente llevada a cabo en instituciones de educación técnica.
- (c) Educación de técnico superior - generalmente realizada en obras públicas, ingeniería civil y escuelas de agricultura y otras instituciones de educación.
- (d) Educación universitaria, - normalmente tiene lugar como una especialización dentro de la ingeniería civil, agrícola y minera o en otros campos, particularmente geología, geografía, etc.

Se dio especial atención en el PHI-IV a la educación hidrológica y una serie de "Documentos técnicos" fue publicada dentro de este marco. En cuanto al desarrollo de los sistemas educacionales convencionales en hidrología de una manera costo-efectiva, fue previsto un desarrollo gradual del sistema educacional existente.

Antes que repetir las características esenciales de los varios niveles educacionales sólo se dan breves definiciones, y por más detalles, el lector deberá referirse a las respectivas publicaciones PHI.

Figura 6.1. Esquema de posibles sistemas de educación

6.3.1 Técnicos

Los técnicos inferiores normalmente han recibido educación primaria y secundaria y, adicionalmente, limitado entrenamiento sobre temas técnicos.

Los técnicos superiores, de acuerdo a Maniak (1989) están “ejerciendo un grado no-académico, por ejemplo un graduado de escuela superior con doce o más años de educación formal, una especializada formación formal en un campo técnico y generalmente tres a cinco años de experiencia como técnico inferior”. Ellos están “entrenados en el uso de los más sofisticados instrumentos de laboratorio y equipo de oficina, abordando los crecientes problemas diarios, y asumiendo también un rol de instructor en los servicios hidrológicos”.

Publicaciones del PHI pertinentes son:

- (a) R. Allaburton (1991): Efectiva formación en el trabajo en hidrología
- (b) M. Bruen (1993): Sistemas educacionales para técnico en hidrología
- (c) V. Maniak (1989): Plan de estudios para formación a corto plazo de técnicos principales en hidrología.
- (d) Th. Winkler (1994): Plan de estudio para la formación a largo plazo de técnicos en hidrología.

6.3.2 Profesionales

Los profesionales han desarrollado estudios académicos completos, en el sector hídrico generalmente en ingeniería civil, pero uno también encuentra hidrólogos, (hidro) geólogos, geógrafos, ambientalistas, técnicos en estadísticas, ingenieros agrícolas, biólogos, químicos, rara vez economistas, abogados, etc. Muy a menudo, continuando sus estudios de pre-graduados, la educación de post-graduado ha sido a veces coronada por un PHD.

La presente tendencia a considerar a las ciencias hídricas como parte del espectro ambiental, definitivamente amplía la elección de disciplinas con el resultado de que las agencias hídrico-relacionadas están haciéndose más y más interdisciplinarias.

Publicaciones del PHI pertinentes son:

- (a) U. Maniak (1993): Planes de estudio y programas en educación universitaria
- (b) P. Kovar/W.H. Gilbrich (1995): Educación de post-graduado en hidrología.

6.4 Desarrollo de sistemas educacionales para hidrólogos y técnicos en hidrología

La clasificación de niveles de mano de obra usualmente sigue a aquella de los niveles educacionales. En general, estos niveles dependen de la duración e intensidad del proceso de aprendizaje. Es importante anotar, que el empleo en una administración o compañía hidro-relacionada no exige en todos los casos conocimientos hídricos.

Gran número de personal auxiliar, como secretarios, conductores, artesanos, aún observadores hidrológicos no requiere educación hidro-relacionada alguna: no existe la educación semental. Asimismo, esta categoría de mano de obra es absolutamente necesaria para el funcionamiento de un servicio y también constituye un enorme factor de costo. Dado que esta categoría será contratada en los mercados de trabajo libre y dado que no tiene implicancia en las facilidades de educación hidro-relacionadas, no será tratada aquí, a pesar de la enorme importancia de esta categoría y los costos que involucra. La proporción de los costos puede fácilmente exceder un tercio de los gastos de personal. Exámenes de la mano de obra para esta categoría nunca han sido hechos. Sin embargo, sería relativamente fácil obtener cifras pertinentes por el simple análisis

de las planillas de sueldos. La razón para no contar a este tipo de personal es que probablemente no requiere educación hidro-relacionada. Puede ser erróneo no hacerlo, porque lo interesante para un servicio, administración, etc. es el costo del personal total en su relación con las tareas a ser cumplidas. De hecho, en muchas instancias tales costos están incorporados en un componente corriente de los gastos generales fijos.

Como se mostrará más adelante, la tendencia de emplear personal no entrenado en temas hidro-relacionados se mantiene intacta. No solamente el servicio general está adquiriendo mayor importancia, sino que también al más alto nivel educacional, especialistas no-hídricos serán contratados en mayor cantidad: expertos en física, matemáticas, biología, química, leyes, informática, etc. Esta falta de información puede explicar los problemas de correlacionar en encuestas de mano de obra las necesidades de diferentes categorías profesionales y las necesidades de educación (y subsiguientes facilidades de entrenamiento).

Durante la pasada década un gradual corrimiento pudo ser observado desde el concepto del desarrollo de recursos hídricos, con énfasis en la explotación de recursos hídricos al concepto de la sana administración hídrica holística y ambiental. La administración racional de recursos hídricos necesita ser basada en una comprensión del fenómeno hidrológico e información exacta de las condiciones y tendencias de recursos hídricos (WMO/UNESCO, 1991). En 1965, UNESCO lanzó el Decenio Hidrológico Internacional (DHI) seguido en 1975 por un programa a largo término, Programa Hidrológico Internacional (PHI). El DHI-PHI era básicamente un programa científico concerniente al estudio del ciclo hidrológico. El programa de investigación estaba complementado por un componente mayor relacionado con educación y formación hidrológica. Gilbrich (1991) después de revistar "25 años del programa de UNESCO sobre educación hidrológica bajo el DHI-PHI" concluyó que los esfuerzos hechos por estos programas con relación a entrenamiento de post-gradado habían alcanzado madurez, pero poco ha sido cumplido a nivel de sub-gradado y con relación a la educación de técnicos. Durante la siguiente fase (1990-1995), sin embargo, mayor atención ha sido prestada a la educación universitaria y a los sistemas educacionales de los técnicos de hidrología. Tentativas anteriores de encarar este tema no han sido totalmente exitosas (Gilbrich, 1994).

Las dos mayores orientaciones de la hidrología, una hacia la geociencia y la otra hacia la ingeniería que fueron observadas en el pasado, continuarán en el futuro previsible. De acuerdo a esto, es posible desarrollar un programa decidido totalmente dentro de las estructuras universitarias existentes (Maniak, 1993). Idealmente, el entrenamiento completo de "hidrólogos profesionales" debe ser provisto en un curso de pregrado, pero el relativamente limitado número de perspectivas de empleo para tales graduados hace esa temprana especialización impráctica, excepto en países grandes. El desarrollo de los planes de estudio de ingeniería civil o geociencia, sin perder los componentes esenciales de la ingeniería o la geociencia parece ser, por lo tanto, una solución viable. Para el futuro inmediato, sin embargo, el método convencional de entrenamiento de "hidrólogos profesionales" continuará siendo a través de la educación de post-gradado. La principal ventaja de esta aproximación es que los estudiantes que siguen cursos de postgrado, en muchos casos han tomado la decisión de continuar una carrera en hidrología o ya han obtenido un empleo en esta área (Maniak, 1993).

Van del Beken (1993) en la figura 6.2 ha visualizado el ambiente educacional y de aprendizaje. En el contexto de este Capítulo, la sección "Vocacional, especial y de educación a distancia" puede ser desatendida en vista a su baja relevancia con relación a problemas y técnicas hídricas.

Nuevamente, siguiendo a Van del Beken (1993), la sección "educación no formal" necesita consideración cuidadosa. La educación continua y la formación en el empleo forman parte esencial en la práctica. Ciencia, tecnología y aplicaciones prácticas pero también cambiantes condiciones socio-económicas requieren frecuente adaptación del conocimiento del personal a las necesidades reales. La educación continuada es un proceso que dura toda la vida sea cual sea el nivel educacional. Muchos servicios ofrecen frecuentes oportunidades para educación continua; el conjunto de cursos de entrenamiento, seminarios y paquetes de entrenamiento sirven para la educación continua. La introducción de nuevas técnicas (informática, instrumentos electrónicos, nuevos programas de medidas) condicionan la educación continua. La indudable importancia de la educación continua (por la inherente filosofía pero también detalles prácticos, el lector es referido a Van del Beken (1993)), tiene sin embargo sólo limitada influencia en la evaluación de la mano de obra. Aunque indispensable para la continua mejora de la performance del personal, raramente cambia el patrón educacional y las categorías de personal tales como se derivan de la educación formal. El evaluador debería completar tan

cuidadosamente como sea posible la Tabla 6.1 para proveer información para la revisión de la educación y las capacidades de formación de personal.

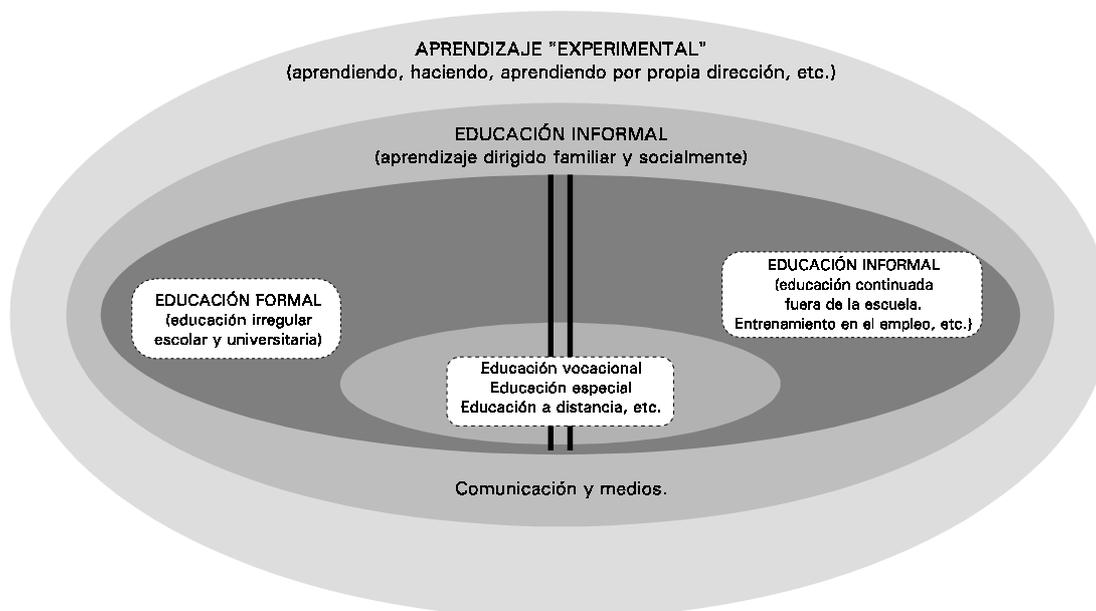


Figura 6.2 La Educación y el ambiente de aprendizaje (ref.: Van der Beken, 1993)

6.5 Mano de obra existente y necesidades futuras

El tema de mayor preocupación que ha afectado y continúa efectuando una gran presión sobre los recursos hídricos es el rápido aumento de población, especialmente en áreas urbanas. La explosión urbana exige atención especial porque la urbanización está asociada con la industrialización y la contaminación concomitante. El continuo aumento de población en áreas rurales requiere un sustancial aumento del número de los profesionales de recursos hídricos así como también un incremento de sus habilidades técnicas y administrativas. La demanda del personal formado en el sector hídrico depende mucho de la política gubernamental y su actitud hacia la integración de problemas ambientales concierne, efectivamente, al planeamiento y desarrollo de recursos hídricos. Esto será influenciado por el desarrollo económico y la percepción pública de la calidad ambiental.

El análisis del estado actual y las necesidades en la esfera hídrica en general y en el área de la ERH en particular deberían estar basados en el concepto de que la educación y el entrenamiento representan el núcleo del ambiente del aprendizaje que rodea la educación formal y no formal "continua". (Figura 6.2). La evaluación de lo adecuado del sistema educacional para cumplir con las necesidades de las instituciones de la ERH deberían tener en cuenta no solamente el papel de la educación universitaria (de pre-grado y de post-grado) sino también lo adecuado de la educación informal, que comprende entrenamiento en el empleo, cursos cortos, talleres técnicos, seminarios, etc.

6.5.1 Necesidades de mano de obra

Desde el comienzo de los años 60 numerosos países y organizaciones internacionales y regionales han realizado estudios sobre la mano de obra para los recursos hídricos, con o sin asistencia externa, para indicar a los respectivos gobiernos el personal que se necesita y las calificaciones que se deben exigir.

Una evaluación de los datos disponibles en la UNESCO, muestra que los referidos estudios no se han realizado en el marco de una acción concertada sino según cada caso particular. Los estudios no son comparables entre sí, ni desde el punto de vista científico ni en términos de definición, finalidad y alcance. Por consiguiente, las cifras obtenidas sólo dan una visión limitada de algunos países o casos particulares y no pueden usarse a escala mundial. Sin embargo el evaluador tratará de completar las Tablas 6.2 y 6.3. Sobre la base de las encuestas y de los estudios disponibles en la UNESCO, se ha preparado la Tabla del Apéndice VI, en la que se da una indicación muy aproximada de la demanda de profesionales y de técnicos en el campo de los recursos hídricos desde el punto de vista de la población del país. En esta Tabla se indican los niveles de referencia que se sugieren para la mano de obra. De la misma manera, la OMM ha elaborado directrices para determinar las necesidades de mano de obra para las estaciones hidrométricas y meteorológicas, tal como se indica en el Apéndice XI. Al evaluar esta información, debe anotarse que cuanto más estables sean los niveles de personal, es más eficiente la educación y entrenamiento. Profesionales y técnicos con de 10 a 20 años de experiencia en el campo de los recursos hídricos son muy valiosos.

En la mayoría de los países en todo el mundo, y también en organizaciones internacionales, se cuenta con una gran cantidad de información sobre mano de obra existente y predicciones sobre necesidades futuras. Aunque estos datos no son totalmente confiables, ellos pueden a menudo ser usados para al menos estimar las necesidades educacionales.

6.5.2 Evaluación de situación de la mano de obra y necesidades futuras

La evaluación se lleva a cabo separadamente para los principales campos de la ERH, a saber:

- (a) Requerimientos de datos para planeamiento de recursos hídricos;
- (b) Recolección de datos, procesamiento y recuperación;
- (c) Evaluación zonal de los componentes del balance hídrico;
- (d) Investigación y desarrollo.

Deberían indicarse los problemas de mano de obra que existen o es probable que ocurran en los campos arriba mencionados. Cuando exista un problema que caiga bajo cualquiera de los campos arriba mencionado, el "campo principal" debería ser repartido de acuerdo a la sección en el respectivo capítulo de este manual. Podría haber, por ejemplo, ausencia de personal entrenado, falta de interés en los empleos ofrecidos o fondos insuficientes para emplear personal. En caso de la ausencia de personal entrenado las razones deberían ser exploradas en los sub-capítulos 6.2 a 6.4. La evaluación no debería cubrir solamente el aspecto cantidad sino también el de calidad. El factor humano en condiciones de entrenamiento y de trabajo debería ser considerado, por difícil que pueda ser cuantificarlo. Otro aspecto que puede ser evaluado, por lo tanto, es el de trabajo y condiciones sociales relacionadas al personal de diferentes categorías. Por ejemplo, ¿presenta problemas el trabajo en el tema, o hay allí suficientes posibilidades de carrera para hacer atractivo el trabajo de ERH?

Dado que las instituciones son esencialmente gente, la evaluación del estado de mano de obra y requerimientos es un paso esencial en el proceso de evaluar capacidades institucionales. La organización de una institución es menos importante que la gente que los ocupa. Una causa de preocupación mayor, sin embargo, es el problema de reclutar y retener personal bien calificado. Encarar este problema trae como consecuencia el establecimiento de un ambiente político favorable. Tal "ambiente habilitante" es el resultado de factores internos socio-económicos y políticos, apoyados por factores externos como políticas y acuerdos internaciona-

les y regionales, así como procedimientos de trabajo de agencias externas de apoyo. (Alaerts et al, 1991). Para la evaluación de las posibilidades nacionales con referencia a la creación de ambiente habilitante, varios factores internos y externos necesitan ser examinados:

- (a) Prioridad acordada al sector hídrico;
- (b) Política gubernamental, actitud y compromiso para encarar y levantar el perfil nacional del tema hídrico.
- (c) Ley de aguas y reglamentaciones y compulsión de la ley y las reglamentaciones;
- (d) Oportunidades de carreras, condiciones de trabajo y remuneración;
- (e) Opinión pública;
- (f) Factores internacionales, acuerdos y procedimientos de financiación de las Agencias Externas de Apoyo (ESAs).

6.5.3 Definición de necesidades

La estructura de la enseñanza oficial de un país debería permitir suministrar suficientes graduados de escuelas y universidades con adecuada capacitación para cubrir las necesidades de mano de obra de los diferentes servicios y cuerpos que realizan tareas de ERH. En una situación estable, el número anual de egresados debería representar el 15% del conjunto del personal correspondiente. con este porcentaje se satisfarían normalmente las necesidades adicionales de mano de obra para llevar a cabo las actividades y reemplazar al personal jubilado y fallecido, que ha ascendido o que ha cambiado de orientación profesional. El porcentaje necesario puede variar de acuerdo con las circunstancias locales, tales como los cambios en el ritmo de desarrollo, la inmigración y la emigración y la política administrativa.

6.5.4 Adecuación de criterios y evaluación

Como se menciona en 6.5.3 bajo condiciones estacionarias el número de graduados anual debería representar más o menos el 15% del personal correspondiente. Si se anticipa un considerable aumento de mano de obra, un porcentaje de crecimiento adicional debería ser agregado al 15%. la evaluación de los sistemas educacionales debería iniciarse con los resultados de la evaluación de la situación de la mano de obra y en particular desde los problemas identificados en ese campo. Los problemas principales pueden estar relacionados a política, ambiente habilitante, condiciones de trabajo, oportunidades de carreras y remuneración. Inadecuaciones a este respecto deberían ser evaluadas a fin de definir los requerimientos de la construcción de capacidades.

Si los medios materiales para la educación existen pero el número requerido de egresados aún no se produce, las razones pueden ser falta de interés en esta clase de estudio o un inadecuado número de estu­disantes con el requerido pre requisito escolar. En el último caso el sistema de pre requisito escolar debería ser evaluado.

Aspectos de calidad deberían ser tomados en cuenta continuamente. Estos aspectos puede tener consecuencias de largo alcance. Por ejemplo, puede ocurrir que una escasez de ingenieros y científicos puede ser el resultado de mala enseñanza de temas científicos en el nivel escolar primario o secundario.

Deberían ser usados criterios que son relevantes para la situación del país en cuestión. La tarea de los sistemas educacionales es la de producir personal que pueda y quiera ejecutar el trabajo necesario en el ambiente particular del país dado y no la producción de mano de obra de acuerdo a una u otra norma internacional.

6.6 Formación profesional en el servicio y otras actividades de formación

En la formación pueden distinguirse los niveles siguientes:

- a) Nivel técnico inferior: la formación de personal en el servicio es la más práctica y adecuada a este nivel. La formación en el servicio es toda la formación que recibe este personal. Un problema puede ser que los supervisores no están formados para enseñar. Por lo tanto, la primera medida que se debe tomar es dar una formación pedagógica a los supervisores;
- b) nivel técnico superior: incluso en los países que disponen de institutos docentes oficiales de nivel medio es necesario la formación posterior para los que desempeñen el cargo de supervisor, cuando todavía no se imparte esa enseñanza oficial y formación profesional en el Servicio;
- c) nivel post-universitario: en general existe la posibilidad de una formación post-universitaria y en la mayoría de los casos su nivel es alto. Este tipo de formación se suele prestar a la participación internacional y, de hecho gran número de estos cursos aceptan extranjeros.

6.6.1 Determinación de las necesidades

La formación profesional en el servicio y los cursos post escolares o de postgrado pueden ser necesarios para:

- a) adaptar los conocimientos generales adquiridos en la escala a las necesidades específicas del trabajo que ha de realizarse.
- b) adquirir nuevos conocimientos a medida que éstos están disponibles o cuando se producen cambios en el equipo, en las circunstancias o en las exigencias del trabajo.
- c) para mantener la calidad del personal al nivel exigido.

Estas tres clases de formación profesional post-oficial son necesarias a todos los niveles del personal hidrológico.

6.6.2 Descripción de la situación actual

La situación debe describirse a diversos niveles:

6.6.2.1 Nivel técnico inferior

La descripción ha de referirse a diferentes preguntas pertinentes: ¿Cuál es el nivel de capacitación del personal contratado y como se le capacita inicialmente para realizar sus tareas?, ¿Existe un esfuerzo organizado de formación en el ministerio o servicio, o han sido capacitados en el trabajo por sus supervisores inmediatos?, ¿Existe documentación escrita que le explique sus tareas?

Si, por ejemplo, se introducen nuevos instrumentos, ¿Cómo se capacita a los observadores para que los utilicen?, ¿son conscientes los superiores jerárquicos de la necesidad de formar a los técnicos inferiores y a los observadores?

6.6.2.2 Técnicos superiores e ingenieros

En principio, se plantean las mismas preguntas que para los técnicos inferiores, pero a un nivel más alto. En muchos países no existe este nivel y si existe no se llevan a cabo actividades especiales de formación profesional a nivel nacional. En cuyo caso debería indicarse. También deberían mencionarse las actividades regionales o internacionales de formación que se han llevado a cabo en el pasado inmediato.

Un aspecto muy importante que hay que destacar es la actitud hacia la formación continua de esta categoría de personal, tanto de los interesados propiamente dichos como de sus supervisores.

6.6.2.3 Nivel postuniversitario

Se ha previsto que los ingenieros y los científicos organicen las actividades de formación profesional por sí mismos. Al describir las actividades de formación profesional de este nivel se indicarán los cursos organizados a nivel nacional, regional o internacional a los que han participado los especialistas del país y los contactos oficiosos con colegas establecidos a través de asociaciones profesionales o internacionales.

6.6.3 Criterio de adecuación y su evaluación

Las actividades de formación profesional en el servicio tienen una función social y técnica y tienen una gran importancia para mantener la competencia del personal así como para que siga siendo consciente de su papel económico y social. El responsable de la apreciación deberá ser capaz de juzgar hasta que punto la formación profesional en el servicio contribuye al programa de EBRH.

La información proporcionada a los que toman las decisiones, a los planificadores y al público sobre los problemas del uso racional del agua de su gestión y de su control, puede considerarse parte integrante de la ERH. Algunos países tienen cierta experiencia ya que han organizado cursos especiales en los colegios y han preparado folletos, películas y videocasetes. Tal vez se desee incluir información al respecto a la hora de examinar las actividades de la ERH.

6.7 La aproximación multi-disciplinaria y su impacto en las necesidades de mano de obra.

Debido a recientes desarrollos en el campo del ambiente en general, y en el área de recursos hídricos en particular, los siguientes factores de influencia deberían ser tenidos en cuenta.

- (a) El contar únicamente con el personal en la administración hídrica del gobierno omitiría a todo el sector privado, asociaciones profesionales y administraciones locales. En países altamente descentralizados y privatizados la parte gubernamental se supone que es menos del cinco por ciento (en tanto que en los anteriores países socialistas estaba cerca del 100%).
- (b) El hecho de que un profesional sea empleado no necesariamente significa que su nivel sea necesario. En países con una superproducción de personas académicas hay una fuerte presión de estas personas para puestos menores (con menores salarios). En países con alta educación de técnicos superiores muchos puestos de calificaciones académicas son mantenidos por técnicos experimentados superiores.
- (c) La clásica fórmula de que una administración de recursos hídricos sólo emplea a ingenieros de recursos hídricos ya no es válida. Cada día más, otros profesionales entran a los servicios hídricos, en particular hidrogeólogos, geógrafos, ambientalistas, etc.
- (d) "Recursos hídricos" ya no es una expresión bien definida. Mientras por un lado usuarios de agua tales como expertos en agua potable, salubridad, navegación, deben ser incluidos en una encuesta, y pueden ser relativamente fácil de delinear, otras ramas presentan problemas. El ímpetu de superación del pensamiento ecológico y ambiental ha abierto las puertas de las administraciones de recursos hídricos a personas tan extrañas al agua como biólogos, químicos, sociólogos, economistas, abogados y expertos financieros. Ramas tales como el descanso, la recreación, la salud, el bienestar público pueden ser incluidos. Ningún servicio puede existir sin expertos en informática, reparación de instrumentos y electrónica. En tanto que el número de estas personas empleadas, por lo menos en oficinas seleccionadas (rara vez en toda la nación) pueden ser contadas con algún grado de confiabilidad, cualquier conclusión de estas cifras sobre las necesidades de entrenamiento o capacidad de escuelas o universidades, será falso.

- (e) Cada estudio de mano de obra crea expectativas entre las personas contactadas y examinadas. Con referencia a necesidades, existe la tentación de indicar cifras muy altas asumiendo que por lo menos parte del personal adicional solicitado se hará presente. La presión financiera puede llevar al funcionario de personal a indicar una cifra más baja pensando en una oportunidad de cancelar puestos. Ambas extrapolaciones han sido observadas.
- (f) Se pide precaución acerca de si la tarea hidro-relacionada continuará siendo llevada a cabo por el Estado o si ella será descentralizada o privatizada. A través del mundo la tendencia prevé considerable privatización, aún de las tareas que años atrás no habrían sido dejadas salir de las manos del Estado.
- (g) El número de estudiantes no es indicador de las necesidades reales, en particular en países donde la educación superior es gratuita. El haber estudiado un tema específico no implica automáticamente que la persona trabajará luego en tal profesión. Aún en los cursos de post-graduados patrocinados por UNESCO, el número de abandonos es considerable, tal como lo indican las encuestas. Muchos, en particular países pobres y pequeños no proveen la formación requerida. El hecho de que muchos países industrializados proveen tal entrenamiento es más una consecuencia de una política de desarrollo que de una equivalencia con los requerimientos. La provisión de becas es vulnerable y puede ser detenida en cualquier momento cuando la situación económica del donante haya cambiado. Hay abundantes ejemplos.
- (h) El flotar entre disciplinas y trabajos, algunas veces sin tener en cuenta un grado ya adquirido perturba una evaluación estadística. La gran cantidad de personas trabajando en otros campos que los educados y de personas desempleadas es otra perturbación estadística. La aspiración de un estudiante y la realidad profesional tienen poca congruencia.
- (i) Un relevamiento es tan bueno como su preparación. El dará resultados útiles sólo si permite la consideración de todos los aspectos marginales. Simples tablas fallarán. Dados los altos costos de un estudio, sus objetivos deben ser claros y el objetivo ha de ser el traer transparencia a un servicio y servir para un óptimo funcionamiento de las agencias responsables de los asuntos hídricos.
- (j) Extrapolaciones de un país a otro pueden fallar, aún donde la estructura parezca similar. Aún dentro de un país federal, diferencias de estado a estado son generalmente mayores que lo que se espera.

Toda la información disponible apunta al hecho de que, a esta altura, el problema más crucial de la mano de obra en la mayoría de países en desarrollo es la ausencia o insuficiencia de facilidades de entrenamiento y programas de entrenamiento dentro del servicio a nivel medio técnico (sub-profesional). A diferencia de hidrólogos profesionales e ingenieros de recursos hídricos, cuyas tareas y requerimientos educacionales son más o menos similares en la mayoría de países, UNESCO (1974, 1983), los requerimientos educacionales y de trabajo para técnicos pueden diferir mucho de una región a otra (Bruen, 1993). El problema de formar a tales técnicos puede ser más difícil que el entrenamiento de hidrólogos profesionales e ingenieros de recursos hídricos. Las organizaciones internacionales pueden ser de particular ayuda en la formación de instructores y para la publicación de material apropiado al entrenamiento.

Muchas encuestas hechas se han restringido a los recursos hídricos y eventualmente a la hidrología. Ellos han excluido las aplicaciones en agricultura, industria, agua potable, sanidad, navegación, etc. Esto es una separación artificial, aplicable sólo en países altamente centralizados con una especialización administrativa creada artificialmente. Es también una consecuencia de la división de responsabilidades en el sistema de las NU. La administración nacional no sigue el patrón de las NU. Hoy en día, la manera inter sectorial, multi-disciplinaria de pensar y de hacer funcionar el sector hídrico está prevaleciendo. Esto debe tener repercusiones en las encuestas pero mucho más en las capacidades educacionales. Los tiempos en que una administración estadual entrenaba a su propio y únicamente su propio personal parecen pasados. Por el contrario, en un tiempo de alta flexibilidad en que el personal cambia de un empleador a otro, sólo aquellas instituciones de entrenamiento que atienden a todas las posibles casos de futuros empleos tendrán un futuro.

Un relevamiento podría tener sentido dentro de una rama de administración para evaluar si ella tiene carencias o exceso de personal. El criterio, sin embargo, no depende de la tarea de "administración de recursos hídricos" sino de las competencias y de la cantidad y tratamiento en profundidad concerniente al trabajo que realmente ha de ser efectuado. En otras palabras, solamente un examen individual sobre la base de consultores conducirá a resultados significativos. El sector privado escapa a todos los exámenes y reglamentaciones en vista de las fuerzas auto-regulatorias. La auto-regulación ayuda a mantener al personal en un nivel equilibrado con los recursos financieros disponibles y con las capacidades individuales más bien que siguiendo un sistema rígido de empleos que a menudo está basado en un desarrollo histórico y no en uno racional. Las administraciones tienden a crecer.

La Figura 3.1 (Capítulo 3) ilustra dos casos extremos: una administración estadual totalmente centralizada cubriendo la administración de recursos hídrico de cabeza a pie, y un sistema federal con una muy alta proporción de descentralizadas (autónomas), actividades privatizadas y privadas y con un concepto multidisciplinario de enfrentar problemas hídricos. En el primer lugar puede observarse una estructura claramente vertical; los varios ministerios responsables por diferentes aspectos hídricos están trabajando paralelamente. Cada columna vertical es responsable por planear y la supervisión está al tope y la ejecución en la base. El flujo de la acción es estrictamente vertical. En el segundo caso, una multitud de agencias con estructuras administrativas completamente distintas están trabajando complementariamente. Las decisiones se toman no solamente en el más alto nivel, sino en cada nivel como consecuencia de descentralización. El flujo de la acción semeja a una red.

Con relación a la mano de obra, en el primer caso el ministerio respectivo tiene planes exactos acerca del número y nivel del personal (en tal sistema rígido no importa si el personal es necesario o no: el plan decide) y un examen evidenciará inmediatamente desviaciones al plan. La cuestión, sin embargo, no será planteada sobre si el personal es realmente adecuado (condiciones estacionarias). En el segundo caso, los ministerios estaduales tienen sólo funciones de guiar; la ejecución se deja a los distritos autónomos, agencias locales o compañías privadas (condiciones dinámicas). Ninguna cifra sobre personal puede ser obtenida puesto que el personal depende casi totalmente de las condiciones financieras y los factores económicos. La adaptación ad-hoc es la regla. En la realidad, la mayoría de los países estarán ubicados entre estos dos casos extremos. Sin embargo, la tendencia se muestra claramente a favor del segundo caso.

6.8 Cálculo del índice de capacidad

Una indicación de la capacidad de la mano de obra, educación y actividades de formación en apoyo de la habilidad del país para emprender EBRH puede ser obtenida de la información recogida en respuesta a lo presentado en este Capítulo. Un índice de capacidad puede ser calculado como se describe abajo.

Sobre la base de la información recolectada por el evaluador, él o ella deben completar la Tabla 6.4 calculando los siguientes valores:

(a) Educación y formación de personal

Hay pocas posibilidades de un cálculo numérico directo de capacidad con respecto a educación y oportunidades de entrenamiento dentro de un país y para lo cual el país tenga acceso. Por lo tanto, se recomienda que el evaluador use la siguiente escala para calcular un valor para las capacidades de educación y entrenamiento con respecto a la EBRH basada en la información provista en la Tabla 6.1.

Clasificación	Valor	Comentario
Totalmente capaz	1.0	Educación y entrenamiento en un nivel adecuado prontamente disponible para todos los requerimientos para la ERH.
Altamente capaz	0.75	Educación y entrenamiento en un nivel adecuado prontamente disponible para de la mayoría de los requerimientos para la ERH. (Alguna prevención sobre adecuación).
Moderadamente capaz	0.5	Educación y entrenamiento en un nivel adecuado prontamente disponible para sólo el 50% de los requerimientos para la ERH. (Algunas preocupaciones adicionales sobre la adecuación).
Baja capacidad	0.25	Educación y entrenamiento en un nivel adecuado prontamente disponible para menos del 50% de los requerimientos para la ERH. (Algunas preocupaciones significativas sobre adecuación).
Ninguna capacidad	0.0	Educación y entrenamiento a nivel inadecuado y no prontamente disponibles a través de la escala de requerimientos para la ERH.

(b) Niveles de profesionales y técnicos en el campo de los recursos hídricos.

Para cada valor de la Tabla 6.2 determinar la relación entre el nivel de actividad y el de referencia para ese valor (ver Apéndice VI). Si esta relación es mayor que 1.0 debe ser fijada en 1.0. Sume estas razones y divida por los niveles de actividad. El resultado debe ser un valor entre 0.0 y 1.0 que representa la capacidad del país con respecto a los niveles profesionales y técnicos en el campo de recursos hídricos.

$$\text{Niveles de personal profesional/técnico} = (\sum a_i) / n \text{ para } 1=1, n$$

Donde n = (número de valores en Tabla 6.1)
 a_i = Nivel de actividad/nivel de referencia

Nota: si $a_i > 1.0$, $a_i = 1.0$

(c) Mano de obra existente para recolección, procesamiento y análisis de datos de agua superficial.

Para cada valor de la Tabla 6.3 determinar la razón del nivel de actividad con el nivel de referencia para tal valor (ver Apéndice VI). Si esta razón es mayor que 1.0, debe ser fijada en 1.0. Sume estas razones y divida por los niveles de actividad. El resultado debe ser un valor entre 0.0 y 1.0 que representa la capacidad de una país con respecto a la mano de obra existente para la recolección, procesamiento y análisis de datos de agua superficial.

$$\text{Mano de obra existente para recolección etc.} = (\sum a_i) / n \text{ para } 1=1, n$$

Donde n = número de valores en Tabla 6.2
 a_i = Nivel de actividad/nivel de referencia

Nota: si $a_i > 1.0$, $a_i = 1.0$

(d) Formación en el servicio

Sobre la base del juicio del evaluador, usando lo presentado en este Capítulo e información obtenida durante el estudio, se recomienda que sea calculado un índice de capacidad con respecto a la disponibilidad de entrenamiento durante el servicio. La siguiente escala es recomendada:

Clasificación	Valor	Comentario
Totalmente capaz	1.0	Todos los aspectos de entrenamiento en servicio están totalmente cubiertos.
Alta capacidad	0.75	Alto nivel de entrenamiento en servicio
Moderada capacidad	0.5	Moderado nivel de entrenamiento en servicio
Baja capacidad	0.25	Bajo nivel de entrenamiento en servicio
Ninguna capacidad	0.0	Ningún entrenamiento en servicio

(e) Capacidad multi-disciplinaria

Basada en el juicio del evaluador usando lo presentado en este Capítulo y la información obtenida durante el estudio, se recomienda que alguna indicación de capacidad con respecto a la disponibilidad de personal multi-disciplinario sea calculada. La siguiente escala se recomienda:

Clasificación	Valor	Comentario
Totalmente capaz	1.0	>25% del personal es multidisciplinario en agencias hídricas.
Alta capacidad	0.75	15-25% del personal es multi-disciplinario en agencias hídricas.
Moderada capacidad	0.5	10-15% del personal es multidisciplinario en agencias hídricas.
Baja capacidad	0.25	0-10% del personal es multidisciplinario en agencias hídricas.

El índice de capacidad puede ser determinado sumando los valores para cada capacidad y dividiendo por el número total de valores. El índice de capacidad será un valor entre 0 y 1. Lo más cercano al valor de 1, mayor será la capacidad del país para emprender EBRH.

6.9 Referencias

Alaerts, G. B.(1991). Training and Education for Capacity Building in the Water Sector. Proceedings of the UNDP Symposium on Strategy for Water Sector Capacity Building , Delft 3-5 June, 1991.

Alaerts, G. J., Blair, T. L., Savenige, H., Blocklands, M. W. and Van Hof Wegen, P., (1991). Procedures and partners for capacity building in the water sector. Proceeding of the UNDP Symposium, A Strategy for Water Sector Capacity Building, Deift 35 June, 1991.

Allaburton, R., (1991). Effective on-the-job training in hydrology, a guide for supervisors of hydrology technicians. Technical Documents in Hydrology, UNESCO, Paris, 85p.

Bruen, M., (1993). Education Systems for hydrology technicians. Technical Documents in Hydrology. UNESCO, Paris , 68p.

Gilbrich, W. H., (1991). 25 Years of UNESCO's Programme in hydrological education under IHD/IHP, Technical Documents in Hydrology, UNESCO, Paris, 87p.

Gilbrich, W. H., (1994). Hydrological education during the fourth IHP phase (1990-1995), TDH, UNESCO, Paris, 44p.

Kovar, P. and Gilbrich, W. H. (1995). Postgraduate education in hydrology, TDH, UNESCO, Paris, 56p.

Maniak, U., (1989). Model curriculum for short-term training courses for senior hydrology technicians, TDH, UNESCO, Paris, 46p.

Maniak, U., (1993). Curricula and syllabi for hydrology in university education. Technical Documents in Hydrology, UNESCO, Paris .

TECHWARE (1995) Evaluation and Assessment of present and future activities of Continuing Education and Training (CET) in Water Resources Engineering. Workshop Document. EUROWORKSHOP, Brussels, 20-22 April, 1995.

UNESCO (1974). The Teaching of Hydrology, Technical Papers in Hydrology No. 13, Paris.

Van der Beken, A., (1993). Continuing education in hydrology. Technical Documents in Hydrology, UNESCO, Paris, 47p.

Winkler, Th., (1994). Curriculum for long-term training of hydrology technicians, TDH, UNESCO, Paris, 74p.

WMO/UNESCO (1991) Report on Water Resources Assessment. Progress in the Implementation of the Mar del Plata Action Plan and a Strategy for the 1990s.

TABLA 6.1 Educación y formación en áreas de recursos hídricos y relacionadas

Curso	Nº de escuelas		Duración (meses)	Promedio anual de Enrolamiento	Notas
	Regulares	Ocasionales			
Observador meteorológico					
Observador hidrológico					
Observador hidrogeológico					
Técnico en meteorología					
Técnico en hidrolgía					
Técnico en hidrogeología					
Técnico computador					
Meteorólogo					
Hidrologo (aguas superficiales)					
Hidrogeólogo					
Hidráulico					
Analista de sistemas					
Computador científico					

Nota: Ejemplos de información a ser incluidos en esta tabla son presentados en el Apéndice VI.

TABLA 6.2

Niveles de profesionales y técnicos en el campo de recursos hídricos

Clasifique las características naturales y económicas del país	Profesionales por millón de habitantes	Técnicos por millón de habitantes
Bajo desarrollo económico, régimen hidrológico simple, sin mayores problemas en uso hídrico. Condiciones promediales. Alto desarrollo económico; régimen hidrológico complicado; grandes problemas en uso hídrico; múltiple uso de agua.		

TABLA 6.3

Mano de obra existente para recolección, procesamiento y análisis de datos de agua superficial

Tareas	Nº de personal por cien personas			
	Profesionales	Técnicos		Observadores
		Senior	Junior	
I. Estaciones hidrométricas. - Operaciones de campo y mantenimiento. - Procesamiento, análisis e interpretación de datos. - Supervisión. Sub-total				
II. Estaciones de lluvia y evaporación. - Operaciones de campo y mantenimiento. - Procesamiento, análisis e interpretación de datos. - Supervisión Sub-total				

Debe notarse que:

- 1) Muchos observadores trabajan tiempo parcial o voluntariamente.
- 2) El mismo personal de campo realiza tareas en I y II.
- 3) Características topográficas e hidrográficas y facilidad de acceso condicionan las necesidades de mano de obra en operaciones de campo y mantenimiento. Por lo tanto, las cifras indicadas tendrán que ser ajustadas en cada caso.
- 4) Es conveniente para cada país llevar a cabo la evaluación basados en esta tabla, teniendo en consideración las presentes y recomendadas condiciones de operación de sus estaciones de hidrométrica, precipitación y evaporación. Será posible determinar los futuros requerimientos de mano de obra por medio de la subsiguiente tabla comparativa mediante la observación del porcentaje esperado de crecimiento durante un período dado.
- 5) Más detalles sobre niveles de personal se dan en Apéndice VI.

TABLA 6.4

Índice de capacidad para mano de obra, educación y formación de personal.

Actividad	Valor
Educación y entrenamiento. Niveles de profesionales y técnicos en el campo de recursos hídricos. Mano de obra existente para recolección, procesamiento y análisis de agua superficial. Entrenamiento en servicio. Capacidad multidisciplinaria. Creando un ambiente habilitante. Índice General ¹	

¹ El índice de capacidad general puede ser determinado sumando los valores para cada actividad y dividiendo por el número total de valores. El índice de capacidad será un valor entre 0 y 1. Cuanto más cercano al valor de 1, mayor será la capacidad del país para llevar a cabo EBHR.

7 INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TÉCNICO E INTERCAMBIO TECNOLÓGICO

7.1 Introducción

Investigación, desarrollo técnico intercambio tecnológico son importantes para todas las actividades de la EBRH. La investigación y el desarrollo técnico implican estudio crítico y detenido para mejorar o adaptar los métodos, las técnicas o los instrumentos con objeto de intensificar una o varias actividades nacionales de recursos hídricos, independientemente de si se descubren o no hechos nuevos.

Al evaluar las actividades de I y D se debe considerar no solo las que se realizan en el marco de institutos de investigación sino las que realizan grupos o individuos en los servicios y los departamentos gubernamentales.

Al analizar las actividades de I y D se deben considerar las siguientes características de los recursos hídricos:

- (a) el desarrollo de los recursos hídricos suele tener un carácter multidisciplinario, exige una estrecha colaboración entre varios sectores (por ejemplo abastecimiento de agua, irrigación, cría de animales, medio ambiente);
- (b) las necesidades de investigación son muy diferentes de un país a otro y dependen principalmente del clima, de la geografía y de la utilización de la tierra;
- (c) para la exploración y la explotación de los recursos hídricos es necesario utilizar tecnología avanzada, especialmente en el caso de las aguas subterráneas;
- (d) para invertir en proyectos de desarrollo de los recursos hídricos se requieren a menudo disponer de fondos de importantes montos en moneda fuerte.

7.1.1 Investigación

La lista que se indica a continuación, aunque no es exhaustiva cubre los temas de la investigación que se refieren a los programas de EBRH:

- (a) explotación de equipos y técnicas eficaces de medida de los elementos del balance hídrico y de las características fisiográficas (incluidas las técnicas de medida por teledetección);
- (b) diseño de redes para los elementos del balance hídrico y de estudio de las características fisiográficas y estimación de los errores de interpolación
- (c) análisis de las relaciones espacio-temporales entre los elementos del ciclo hidrológico, factores meteorológicos y fisiográficos y preparación de modelos correspondientes para la interpolación en el espacio y en el tiempo de los elementos del balance hídrico, incluidas las técnicas de interpolación de los datos de la red del ciclo hidrológico;
- (d) determinar las características y establecer modelos de la calidad del agua;
- (e) características estadísticas de las series cronológicas de los datos del ciclo hidrológico y relaciones entre esas características y las fisiográficas y técnicas conexas para la síntesis de las series cronológicas.

Los temas que se indican a continuación están fuera del alcance de la EBRH propiamente dicha. No obstante, se mencionan por su vínculo con los temas específicos de la EBRH en los proyectos de I y D. Se trata de los temas siguientes:

- (a) análisis de los efectos de la actividad humana sobre los elementos del ciclo hidrológico y técnicas para predecir las variaciones en el régimen de esos elementos incluidos los cambios en las estadísticas de las correspondientes series cronológicas;
- (b) técnicas para la conservación de la cantidad y calidad del agua para el mejor uso del agua incluida en distintos elementos del ciclo hidrológico (por ejemplo, reducción del uso específico del agua y contaminación en diversas industrias, uso del agua salobre para el riego de ciertos cultivos, uso de agua caliente y eutrofizada en granjas piscícolas);
- (c) técnicas para aumentar la cantidad de agua en algunos elementos del ciclo hidrológico usando el agua incluida en otros (por ejemplo, recarga de agua subterránea, retención del agua de las crecidas, reducción de la evaporación, mayor infiltración en los suelos, aumento de la condensación de la humedad del aire);
- (d) técnicas para mejorar la calidad del agua y para utilizar los residuos originados en los procesos de tratamiento;
- (e) técnicas para mejorar la extracción del agua del suelo, mejorar su transporte y la eficacia de las plantas hidroeléctricas y de bombeo.

La investigación de cambio climático ha sido introducida recientemente como un nuevo tópico que está relacionado tanto a la EBRH como también a los siguientes pasos de la EBRH.

7.1.2 Investigación aplicada

Los tópicos de investigación e investigación aplicada son básicamente los mismos, pero la intención es diferente. La investigación trata con el aumento de conocimiento (nuevas metodologías y técnicas), en tanto que la investigación aplicada tiene que ver con la adaptación de metodologías disponibles a condiciones locales y facilitar su aplicación por los usuarios (incluyendo instituciones de recursos hídricos).

La investigación aplicada puede también contribuir a la investigación y a hacer resaltar los temas principales de la investigación.

7.1.3 Desarrollo técnico e intercambio tecnológico

Para alcanzar un cierto nivel de desarrollo técnico no hay una manera única. La investigación que se lleva a cabo dentro del país es solo una de las posibilidades. La tecnología puede ser obtenida desde el exterior comercialmente. Existe también la posibilidad de obtener tecnología gratis. El acceso a información sobre nueva tecnología es uno de los aspectos que deberían ser considerados por el evaluador.

El uso de sistemas de información geográfica (GIS), técnicas de teledetección para recolección de datos y monitoreo, banco de datos computarizados, son desarrollos técnicos que dan una indicación del nivel de desarrollo técnico.

Una importante y en muchos países exitosa manera de transferir tecnología, es HOMS, sigla del Sistema Hidrológico Operativo Multi-propósito, establecido por la Organización Meteorológica Mundial para la transferencia de tecnología en hidrología operativa.

Esta tecnología está usualmente en forma de descripciones de instrumentos hidrológicos, manuales técnicos o programas de computadora, material que se ha hecho disponible para inclusión en HOMS por los servicios hidrológicos de países miembros de OMM. Consiste en las técnicas que se usan en las operaciones normales. Éste es un importante aspecto de la filosofía de HOMS en cuanto a que asegura que la tecnología transferida no solamente está lista para ser usada sino que también trabaja confiablemente.

Por mayor información contacte a:

Oficina HOMS
Departamento de Hidrología y Recursos Hídricos
Organización Meteorológica Mundial
Código Postal No 2300
CH-1211 Genève 2
Suiza

Información sobre la organización del Centro Nacional de Referencia HOMS (HNRC), sobre el número de instituciones que están representadas en HNRC (las tablas rellenas del Capítulo 4 proveen información sobre todas las instituciones que realizan EBRH), sobre la frecuencia de las sesiones del HNRC y sobre la transferencia de componentes proveerán información al evaluador sobre el uso que se hace de HOMS.

Aparte de la posible transferencia de tecnología que podría ser llevada a cabo en base internacional a través de HNRC, también la transferencia de tecnología dentro del país a través de cuerpos de coordinación, entre ellos los HNRCs y los Comités Nacionales para PHI debería ser estudiada.

7.2 Estructura de política científica. Instituciones de investigación e investigación en el servicio.

La mayoría de los países tiene una política para la ciencia y la investigación claramente definida. Estas políticas varían desde un "laissez-faire" a una total coordinación de la Investigación Científica y Técnica a cargo de un cuerpo central que tiene poder para determinar los fondos que se van a destinar a la investigación de acuerdo con los objetivos nacionales de desarrollo.

Usualmente se incluyen los que tienen alta prioridad en la política y los proyectos en esos campos encuentran más fácil financiación.

La inclusión o no de recursos hídricos en la política de ciencia nacional es un indicador de la importancia relativa de la investigación hídrica. En el proceso de revisar la capacidad nacional de la ERH, las mencionadas características de la estructura de política científica deberían ser cubiertas.

La investigación y desarrollo en el marco de la EBRH varía de un país a otro. Sin embargo, puede afirmarse que el establecimiento de institutos de recursos hídricos es un medio eficaz para reforzar la ERH en cualquier país. En estos institutos se llevan a cabo diferentes proyectos de investigación. La tabla 7.1 resume la información necesaria para el evaluador de las instituciones de investigación y los aspectos básicos sobre los proyectos de investigación.

La investigación "en servicio" es la que se hace por las instituciones de recursos hídricos entre otras actividades de rutina. Por un lado, la investigación en servicio muestra la capacidad del servicio en llevar a cabo una investigación por sí mismo y por el otro indica la posición del servicio dentro de la estructura de investigación de un país. También la inclusión de actividades de investigación da a la institución una mejor posición para contratar servicios de consultantes.

7.3 Investigación aplicada

7.3.1 General

La investigación aplicada está relacionada con aquella efectuada para ejecutar la EBRH misma. El capítulo 3, Marco Institucional, cubre información sobre las instituciones que están involucradas en actividades de EBRH. Un importante aspecto entre esta información es si estas instituciones son del sector privado o del público.

Recientemente, en la mayoría de los países, hay una nueva definición del rol del estado. Hay una tendencia a mantener la estructura en el sector público si las actividades son definidas como esenciales. Estas actividades esenciales son llevadas a cabo directamente por las instituciones del sector público correspondiente. Hay también actividades que son consideradas no esenciales, pero convenientes para ser efectuadas en el

sector público. Estas actividades podrían ser efectuadas por compañías consultoras, pero son hechas en el sector público sólo por conveniencia. Hay actividades que son consideradas inconvenientes para ser llevada a cabo dentro de la estructura pública. En este caso hay dos posibilidades:

- (a) las actividades son todavía efectuadas por las instituciones públicas o
- (b) las actividades son llevadas a cabo por firmas consultoras.

El evaluador debería incluir una descripción acerca de las actividades de investigación que son consideradas esenciales y no esenciales con respecto a EBRH. Planes para modificar la presente situación deberían ser informados.

7.3.2 Servicios de consultoría

La expresión de servicios de consultoría abarca todas las actividades de investigación y los estudios relacionados con la ERH realizados por órganos nacionales o extranjeros. Aquí se incluyen los estudios efectuados por organismos bilaterales o multilaterales de asistencia técnica.

Las necesidades de consultoría pueden determinarse simplemente restando al total de las actividades previstas, las posibilidades del instituto. La totalidad de las actividades previstas debe determinarse sobre la base de la información disponible tal como se indica en los Capítulos 3 a 6.

La frecuencia con la que se contrata consultores depende de su disponibilidad, la posibilidad de recurrir a medios para obtener los conocimientos necesarios y, evidentemente de la estructura económica y política del país en cuestión.

La mejor forma de determinar la eficacia de las empresas consultoras nacionales es estudiar sus logros presentes y pasados en los que respecta al personal y al equipo disponible.

Las posibilidades de las empresas consultoras extranjeras son prácticamente ilimitadas y no es necesario describirlas. Sin embargo, es conveniente indicar el número y el tipo de consultoría que han realizado y mencionar las que se han llevado en el marco de acuerdos de asistencia técnica.

7.3.3 Evaluación

Acerca de investigación aplicada que es efectuada dentro de instituciones públicas, debe prestarse atención a la capacidad real y los planes para aumentar esta capacidad. El Capítulo 4 trata sobre todos estos aspectos.

Para contratar servicios de consultoría deben tomarse en cuenta cuatro aspectos. El primero es la capacidad real de la empresa contratante de poner en práctica los contratos de consultoría. Para ello, deben tener la debida competencia científica y administrativa a un nivel comparable al de la empresa consultora. En este caso esto significa que los supervisores deben comprender perfectamente el trabajo de la empresa consultora.

El segundo aspecto es la capacidad ideal de los posibles contratistas nacionales. Cuando la ley prohíbe la contratación no hay evaluación posible, pero si no hay restricciones, puede esperarse que la capacidad de las empresas consultoras sea satisfactoria, si no serían eliminadas por la competencia del mercado libre. Sin embargo, esto no sucede en la mayoría de los países. La limitación más corriente es la necesidad de dar preferencia a las empresas nacionales. En este caso es importante evaluar la capacidad de los contratistas nacionales.

El tercer aspecto es la relación ideal entre la contratación nacional y la internacional. En general puede afirmarse que cuando su competencia técnica es comparable debería darse preferencia a los contratistas nacionales puesto que probablemente conocen mejor el medio y las condiciones sociales y económicas loca-

les. Por otra parte, puede esperarse que al aumentar la capacidad nacional de consultoría mejorarán las actividades de ERH del país.

El cuarto aspecto es la relación ideal, entre contratación directa y contratación a través de asistencia técnica del exterior. En general, en el primer caso, la empresa contratante tiene más influencia sobre el trabajo.

De estos cuatro aspectos la capacidad de la empresa contratante es el más importante.

Al evaluar los sistemas para los servicios de consultoría para la investigación en la esfera de la ERH, es importante tomar en consideración la situación social política y económica existente y los objetivos de desarrollo del país.

La investigación aplicada efectuada en las universidades bajo contrato debería ser considerada, de ser apropiado, de manera separada. La mayoría de las consideraciones mencionadas arriba con relación a las firmas consultoras son aplicables.

La investigación aplicada llevada a cabo a través de proyectos de asistencia técnica dentro del sistema de las Naciones Unidas, probablemente incluyendo OMM o UNESCO, debería ser considerada también separadamente.

7.4 Intercambio de información y documentación

El intercambio de información y documentación para así disponer y obtener la tecnología más apropiada es un aspecto indispensable de la investigación y el desarrollo técnico.

La concentración, el procesamiento, el almacenamiento y la recuperación de los datos necesarios para la ERH se han tratado en los Capítulos 3 y 5. En este subcapítulo, hablaremos de información sobre los conocimientos científicos y técnicos y de la experiencia adquirida con los métodos, las técnicas y el equipo para la ERH es decir de los resultados de la investigación. La documentación en este caso conlleva la catalogación, el tratamiento, el almacenamiento y la distribución de la información en cualquier soporte disponible (papel, archivo, cinta magnética, correo electrónico, etc.)

La necesidad de información para la investigación en el marco de la ERH es muy similar a la de los recursos hídricos en general. Por consiguiente un sistema general de información sobre los recursos hídricos será adecuado en prácticamente todos los casos.

La existencia de organismos como los Comités Nacionales para PHI y los Centros Nacionales de Referencia HOMS u otros cuerpos similares que puedan ser establecidos en los países, aseguran un cierto grado de diseminación de información acerca de la investigación necesaria, la investigación llevada a cabo, y las tecnologías disponibles y las diferentes maneras en que puede obtenerse.

La existencia de organismos como los arriba mencionados es uno de los aspectos que deberían ser incluidos en el proceso de revisión. La información sobre estos cuerpos, frecuencia de sesiones, etc., deberían ser tenidos en cuenta en el proceso de revisión.

7.4.1 Determinación de necesidades

Los especialistas en recursos hídricos deberían como mínimo disponer de documentación actualizada nacional e internacional, en forma de libros y revistas especializadas, información en medios magnéticos y acceso a redes de computación, cosa que aún no se ha logrado en la mayoría de los países. Como consecuencia, los especialistas van perdiendo confianza en sí mismos y por consiguiente se recurre a menudo a los servicios de consultoría extranjera.

La información más útil tratará, en muchos casos del estudio y de los resultados de la investigación en el propio país, aunque los órganos que hayan llevado a cabo la investigación sean extranjeros. Estos informes

deben ser fáciles de recuperar y de consultar. El segundo tipo de información que se necesita es la extranjera, sobre situaciones o fenómenos similares.

El tamaño y la complejidad del sistema informativo dependerá de las necesidades, de la capacidad del usuario para emplear esa información y de los retrasos que pueden aceptarse entre el momento en que se solicita la información y el momento que se prepara.

7.4.2 Descripción de situación existente

Debería prepararse una lista de los institutos y de los órganos que disponen de un servicio de documentación o de información sobre los recursos hídricos. Además debe elaborarse una lista de los que a nivel nacional facilitan la información.

Conviene mencionar la relación que existe entre los usuarios y los que producen información, es decir se debe describir el flujo de la información. También habrá que describir la forma en que un especialista nacional obtiene la información y lo que sucede en general con los informes sobre los estudios después de haber sido elaborados.

Lo que se menciona más arriba se refiere a la información producida y utilizada en el país. En cuanto a los conocimientos internacionales, conviene indicar si la información extranjera está disponible en el país si se tiene acceso a ella y si se puede obtener documentación extranjera fuera del país.

7.4.3 Evaluación

La persona más importante en el ciclo de la información es el usuario. Por consiguiente es necesario en primer lugar, determinar si el usuario está dispuesto a aplicar la información y si puede hacerlo. Si sus posibilidades son muy limitadas por ejemplo por falta de mano de obra especializada, es aún necesario que las empresas consultoras y los expertos extranjeros dispongan de los resultados de los estudios realizados en el país. El acceso a esa información debe ser evaluada. Cuando exista la posibilidad y la voluntad de aplicar la información se deberán tomar en consideración las dificultades encontradas para obtener la información útil.

Puesto que los usuarios de la información suelen producirla también, deberá considerarse si están dispuestos a ayudar a los institutos, a las bibliotecas y a los centros nacionales de documentación suministrándoles la información pertinente.

7.5 Cálculo del Índice de Capacidad

Una indicación de la capacidad de investigación, desarrollo técnico e intercambio de actividades tecnológicas en el país para apoyar la EBRH puede ser obtenida de la información recolectada en respuesta a lo presentado en este Capítulo. Un índice de esa capacidad puede ser calculado como se describe abajo.

Sobre la base de la información obtenida por el evaluador, él o ella deberían completar la Tabla 7.2 calculando los siguientes valores:

(a) Investigación

Sobre la base del juicio del evaluador, usando lo presentado en este capítulo e información obtenida durante el estudio, se recomienda calcular un índice de capacidad con respecto al nivel de investigación que es efectuada dentro del país. La siguiente escala es recomendada:

Clasificación	Valor	Comentario
Totalmente capaz	1.0	Todos los aspectos de investigación totalmente cubiertos
Alta capacidad	0.75	Alto nivel de investigación
Moderada capacidad	0.5	Moderado nivel de investigación
Baja capacidad	0.25	Bajo nivel de investigación
Ninguna capacidad	0.0	Ninguna investigación en proceso

(b) Intercambio de tecnología

Basada en el juicio del evaluador, lo discutido en este Capítulo e información obtenida durante el estudio, se recomienda que alguna indicación de capacidad con respecto a la disponibilidad del intercambio de tecnología dentro del país sea calculada. La siguiente escala es recomendada:

Clasificación	Valor	Comentario
Totalmente capaz	1.0	Todos los aspectos de intercambio tecnológico totalmente cubiertos
Alta capacidad	0.75	Alto nivel de intercambio tecnológico
Moderada capacidad	0.5	Moderado nivel de intercambio tecnológico
Baja capacidad	0.25	Bajo nivel de intercambio tecnológico
Ninguna capacidad	0.0	Ningún intercambio

El índice de capacidad puede ser determinado sumando los valores para cada actividad y dividiendo por el número de actividades (en este caso 2). El índice de capacidad será un valor entre 0 y 1. Lo más cercano al valor de 1, mayor será la capacidad del país para emprender EBRH.

7.6 Referencias

UNESCO (1994) Methodological Guide: Water Resources Assessment studies for use in the preparation of Water Resources Master Plans and Environmental Studies. IHP-IV Project M-1-1(a). UNESCO, Paris 1994.

WMO (1981) HOMS Reference Manual. WMO, Geneva.

WMO (1995) INFOHYDRO Manual. WMO OHR No. 28. WMO-No. 683, Geneva.

TABLA 7.1 Investigación sobre EBRH y otros proyectos hidro relacionados

	INSTITUCIÓN	PROYECTO	ESTADO (en progreso o planeado)	PRESUPUESTO Adjudicación	DURACIÓN
EBRH Investigación	Institución 1	Proyecto 1			
	Institución 1	Proyecto 2			
	Institución 3	Proyecto 1			
	Institución 3	Proyecto 1			
	Institución 3	Proyecto 2			
Otros proyectos hidro - relacionados	Institución 1	Proyecto 1			
	Institución 1	Proyecto 2			
	Institución 3	Proyecto 1			
	Institución 3	Proyecto 1			
	Institución 3	Proyecto 2			

Notas:

1. Este formulario puede utilizarse para preparar un inventario de los proyectos pertinentes realizados en el país.
2. El formato de la Tabla puede modificarse para clasificar los proyectos por temas y no por Institutos.
3. La columna Asignación Presupuestaria puede dividirse, si procede, en Inversiones, Funcionamiento, mantenimiento y demás.
4. El porcentaje de presupuesto adjudicado con referencia al PBI debería intentarse calcular.

TABLA 7.2

Índice de capacidad para Investigación, Desarrollo Técnico e Intercambio Tecnológico.

Actividad	Valor
Investigación	
Intercambio tecnológico	
Índice general ¹	

¹ El índice general puede ser determinado sumando los valores para cada actividad y dividiendo por el número total de actividades (en este caso 2). El índice de capacidad será un valor entre 0 y 1. Lo más cercano a valor de 1, mayor será la capacidad del país para emprender EBRH.

8. DATOS HIDROLÓGICOS E INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA PLANIFICACIÓN

El programa de EBRH se considera adecuado si sus tres componentes (redes de datos, datos auxiliares y técnicas de interpolación) están disponibles y son suficientemente precisos como para suministrar la información sobre los recursos hídricos necesaria para la planificación en cualquier punto del área por evaluar. (Ver sección 1.5).

Así pues, aunque la EBRH sólo se ocupa del aspecto del suministro de la ecuación suministro-demanda de agua, para apreciar la adecuación del programa de EBRH es necesario examinar que uso se hace de los datos para la planificación de los recursos hídricos.

Este Capítulo da indicaciones generales sobre el tipo de datos necesarios para los distintos proyectos, particularmente para diversos elementos de proyectos típicos y sobre la precisión que deben tener los datos en términos de los componentes del proyecto. En este Capítulo se examina que tipo de datos es más importante para los diversos componentes del proyecto. No se propone que se realice un estudio de las necesidades de cada proyecto individual. Se deberá definir sólo los tipos de proyectos y sus elementos típicos que deberían incluirse en el futuro plan de recursos hídricos. Esto permitirá juzgar si el tipo de datos concentrados y su precisión son pertinentes para la planificación, siendo ésta una conclusión muy importante que se obtendrá de la apreciación de programa de EBRH.

8.1 Clasificación de datos de recursos hídricos e información necesaria para la planificación.

8.1.1 Datos hidrológicos

Los tipos de datos sobre los recursos hídricos necesarios para planificar los proyectos de recursos hídricos varían según las características del proyecto y del recurso hídrico correspondiente. Según el tipo de proyecto, su planificación puede exigir la combinación de los datos y de la información siguiente:

Precipitación: series cronológicas de la precipitación diaria, estadísticas de la precipitación, distribución en superficie de la precipitación para varios meses, estaciones, etc., series cronológicas del espesor del manto de nieve y su contenido en agua, nieve acumulada sobre el terreno (más probabilidad de acumulaciones máximas de nieve); datos sobre la temperatura, la radiación y la humedad, series cronológicas de los factores que determinan la calidad del agua, relación altura/duración de la lluvia.

Evaporación: series cronológicas de la evaporación en tanque y de los datos meteorológicos para estimar la evaporación, especialmente radiación solar, temperatura del aire, humedad del aire y viento;

Niveles de los ríos y de los lagos: series cronológicas de los niveles diarios (ocasionalmente horarios o instantáneos), niveles máximos y mínimos diarios e instantáneos con diversas probabilidades; hidrogramas de los niveles de crecida para distintas probabilidades o períodos de retorno; niveles de humedales.

Caudales de los ríos: series cronológicas de los caudales diarios (ocasionalmente horarios), caudales máximos y mínimos, diarios e instantáneos con diversas probabilidades y con hielo.

Sedimentos: series cronológicas de las concentraciones diarias y del caudal total de los sedimentos;

Calidad del agua: series cronológicas de los parámetros que determinan la calidad del agua, relaciones entre el caudal y los parámetros de calidad del agua; incluyendo temperatura del agua.

Características del cauce del río: variación del área, ancho y profundidad con el nivel (caudal); velocidad del agua, pendiente de la superficie; etc.

Agua subterránea: series cronológicas de los niveles de agua subterránea y estimación del rendimiento hídrico y de los parámetros que determinan la calidad del agua. Datos hidrogeológicos (ej. registros de perforaciones, mapas).

Además de las medidas hidrológicas más convencionales, hay un creciente reconocimiento de la necesidad de medir otros aspectos de medio ambiente del agua dulce, y del más amplio medio ambiente donde el agua dulce es solamente un componente (WMO/UNESCO, 1991). Estos incluyen:

- (a) los volúmenes de agua necesarios para uso industrial, doméstico y agrícola, y para navegación. Éstos son ahora modificadores significativos del ciclo hidrológico en muchas cuencas;
- (b) atributos de ríos relacionados con usos internos tales como hábitats de pesquerías de agua dulce o recreación, vegetación ribereña;
- (c) características de cuencas que pueden estar relacionadas con hidrología, tales como patrones de vegetación, humedad de suelo, topografía y características acuíferas como la permeabilidad;
- (d) efectos ambientales (eutrofización de lagos, daños al agua dulce natural y ecosistemas de estuarios);
- (e) Recarga/descarga de agua subterránea, agotamiento de aguas subterráneas y degradación de calidad.
- (f) Indicadores de monitoreo de condiciones ambientales relacionados con agua continental y costera y para evaluar la efectividad de políticas hídricas y comportamiento de países de acuerdo con objetivos establecidos y constreñimientos identificados.

En conjunto, éstos implican una amplia variedad de datos e información que el Servicio Hidrológico y otras agencias relacionadas pueden ser requeridas de recolectar y archivar. Diferentes países tienen prioridades distintas, dependiendo del nivel de desarrollo económico y social que tengan, la sensibilidad del ambiente natural a la perturbación por la actividad humana, y la naturaleza del propio ambiente físico (clima, topografía, la abundancia o no de agua, etc.)

Hay varios requerimientos críticos para un programa efectivo de EBRH:

- (a) datos de alta calidad y exactitud debe de ser colectados para permitir análisis estadísticos confiables;
- (b) los datos e información que el programa provee deben ser ajustados a los requerimientos de los usuarios;
- (c) para proveer los mayores resultados totales se necesita un programa integrado de observación, en el cual las medidas de varias variables se efectúan simultáneamente;
- (d) otras formas de información deben estar disponibles, ser compatibles y poder ser analizadas con la información de los recursos hídricos.
- (e) un sistema efectivo es necesario para archivar y disseminar datos para asegurar que ellos no se pierdan o adulteren y se hagan disponibles de una manera que habilite su análisis.

Los anteriores requerimientos pueden ser cumplidos en forma creciente por la aplicación de nueva tecnología tal como telemetría, para hacer que los datos estén disponibles en tiempo casi real, archivándose y procesándose por computadoras personales, utilizando teledetección para recoger información zonal en forma más eficiente, usando sistemas de información geográfica para proveer un medio de analizar datos espaciales. Al mismo tiempo, nuevas micro-computadoras que almacenan (por ejemplo, discos ópticos), hacen que los datos sean más fácilmente accesibles. Sin embargo, la tecnología no es el único requerimiento; un personal entrenado y bien administrado es todavía de fundamental importancia. A medida que los recursos financieros se hacen más limitados en muchos países, se hace cada vez más vital que las estructuras organizacionales efectivas estén en su lugar para asegurar que esos recursos sean utilizados con la mayor eficiencia.

8.1.2 Elementos estructurales y no estructurales

La naturaleza de los proyectos de recursos hídricos es sumamente variada y puede presentar grandes variaciones tanto en tamaño como en complejidad y, en consecuencia, en el tipo de datos. Sin embargo, puede considerarse que todos estos proyectos consisten en una serie de elementos típicos, que cuando se agrupan de acuerdo con las necesidades y los objetivos locales específicos, generan el proyecto de referencia. Los tipos de datos sobre recursos hídricos que necesitan los elementos del proyecto, son más fáciles de definir que los del proyecto en su conjunto. Los elementos del proyecto pueden agruparse en elementos estructurales y no estructurales.

Los principales elementos estructurales son:

- a) Los que modifican los componentes del balance hídrico (aumentando o disminuyendo la escorrentía, la precipitación, la evaporación, la humedad del suelo, por medio de tratamiento superficial, siembra de nubes, etc.);
- b) Los que realizan una redistribución espacial del agua (tomas para transporte y distribución, canales y tuberías, tomas, salidas);
- c) Los que realizan una redistribución temporal del agua (embalses superficiales y subsuperficiales, otras estructuras de almacenamiento hídrico);
- d) Los que consumen o suministran energía hidráulica (turbinas y bombas);
- e) Los que confinan el agua (represas, diques, malecones, estructuras de protección contra inundaciones, etc.);
- f) Los que alivian el agua (instalaciones para vertimientos);
- g) Los que mejoran la calidad en la fuente (reducción de la erosión del suelo, salinación, etc.);
- h) Los que mejoran la calidad en el punto de uso (plantas de abastecimiento de agua y de tratamiento de líquidos residuales, torres y lagunas de enfriamiento, etc.);
- i) Desarrollo fluvial.

Los principales elementos no estructurales son:

- a) La legislación y las normas sobre recursos hídricos;
- b) La zonificación (para la gestión de las crecidas, la preservación de recursos hídricos, la gestión de la escorrentía y la erosión de suelos, la protección de la vida silvestre y del hábitat de los peces, etc.);
- c) Los seguros (con relación a la inundación de estructuras permanentes o temporales (ataguías), interrupciones en el funcionamiento, accidentes y desastres);
- d) La predicción del caudal y del nivel (pronóstico continuo, aviso de crecidas, operación de embalses, etc.)

8.1.3 Importancia de los elementos de proyecto

Aunque a veces la información sobre todas las características de los recursos hídricos pertinentes es importante para un elemento determinado de un proyecto de recursos hídricos, normalmente sólo una serie de características suelen ser muy importantes, mientras que otras sólo tienen un interés relativo y las demás no

tienen ningún interés. Por ejemplo, para los aliviaderos, la información sobre el caudal máximo es de importancia fundamental, la información sobre las características de los sedimentos (que pueden obstruir compuertas) tiene cierto interés, mientras que la información sobre el caudal mínimo no es en absoluto pertinente. En el Apéndice VII se hacen sugerencias a este respecto.

Si se conocen o pueden preverse los tipos de proyectos que podrían incluirse en el plan de recursos hídricos y los correspondientes elementos típicos, es posible completar la Tabla 8.1 indicando los tipos de datos de recursos hídricos que son necesarios. Esto puede servir para determinar si en el programa de EBRH se resaltan las características correctas del recurso hídrico. La Tabla 8.1 puede ser completada ya sea indicando con un tilde las áreas de interés al país, o proveyendo estimaciones de la exactitud requerida o nivel corriente de exactitud para cada aplicación y elemento. La información corriente sugiere el uso de límites de tolerancia en porcentaje (excepto para niveles hídricos donde el nivel es dado en cm) tal como se sugiere en el Apéndice VII.

Los proyectos hídricos pueden cambiar el régimen hidrológico. Por lo tanto, la observación de los elementos que influyen en este régimen debería ser considerado. Los datos medidos en conexión con proyectos de recursos hídricos deberían también ser juntados e incorporados a los estudios que pueden habilitar la estimación del cambio régimen hídrico natural. La reconstrucción de las series hidrológicas de tiempo en términos del régimen de flujo natural es a veces requerida para ERH.

En 1982 la UNESCO y en 1994 la OMM describieron detalladamente los datos de recursos hídricos necesarios para diversos proyectos de este tipo, indicando la forma en que se utilizan los datos hidrológicos y otros datos sobre recursos hídricos para determinar las principales dimensiones de los proyectos.

8.2 Precisión de los datos de recursos hídricos para la planificación

La precisión de los datos determina su utilidad para fines de planificación y el uso debería definir la precisión que se requiere. Si el error típico de la estimación de una característica de un recurso hídrico que se utiliza para la planificación es muy grande, a veces no es posible decidir si se debe incluir o excluir un determinado proyecto en el plan de desarrollo. La precisión de medidas hidrológicas puede ser definida en niveles de incertidumbre expresados en el intervalo de confianza al 95%. Los niveles de precisión recomendados están formulados en la Tabla 4.4 de la guía de Prácticas Hidrológicas (WMO, 1994). Esta Tabla se adjunta al final de este capítulo (como Tabla 8.2). Por supuesto, el porcentaje crítico del grado de precisión depende del tipo del elemento del proyecto, y de la relación entre el valor medio estimado de la característica y la dimensión correspondiente del proyecto. Así pues, si por ejemplo, ha de realizarse una desviación de un metro cúbico por segundo a partir de un río cuyo caudal mínimo, con un nivel de probabilidad aceptable para el planificador es de 2000 m³/s, no es importante un error del 90% en la estimación del flujo mínimo. Sin embargo, si se ha de construir una planta hidroeléctrica sobre un río con flujo totalmente regulado, por ejemplo de 100 m³/s, y el margen de rendimiento financiero es sólo de un 15% anual, no puede tolerarse un error de 10 a 15% en la estimación de ese flujo medio.

8.3 Adecuación de los datos

Para determinar la adecuación y suficiencia de un programa de ERH, desde el punto de vista de necesidades para la planificación de los RH, se demuestra si los datos necesarios para la planificación en el área de estudio se están obteniendo, y si su precisión satisface los fines de planificación. (WMO, 1989).

El evaluador deberá completar la Tabla 8.1 para todos los elementos del proyecto, incluidos en los planes presentes y futuros de recursos hídricos en el área que se considera.

Los niveles de actividad a ser entrados pueden ser, o bien un tilde indicando áreas de interés para el país o, si disponibles, estimaciones de la precisión requerida o nivel corriente de precisión de datos para cada aplicación y elemento.

No será fácil disponer de las estimaciones necesarias del error. Los valores que se utilicen por último para rellenar la Tabla deberían basarse en la medida de lo posible en mediciones objetivas del error probable, pero en muchos casos se basarán en la experiencia y el criterio personal de los hidrólogos, ingenieros y planificadores responsables del proyecto.

La Tabla 8.1 puede, por lo tanto, constituir una ayuda para diseñar un nuevo programa de ERH o para mejorar un programa existente con respecto a su alcance y para dar directrices sobre las mejoras cualitativas que se requieren en la concentración de datos y en la técnicas de interpolación. Cuando se han definido claramente los emplazamientos de los futuros proyectos habrá que contar principalmente tanto con estaciones de aforo como de mejoramiento de la concentración de datos y de las tácticas de medición. Cuando se tienen dudas en cuanto a la ubicación de los futuros proyectos se debería, como medida prioritaria, mejorar las técnicas de interpolación además de aumentar la densidad de la red.

8.4 Acceso y diseminación de datos

Un objetivo fundamental del almacenamiento y sistema de recuperación (WMO, 1994) es que alienta al amplio uso. Esfuerzos especiales y continuos tendrían que ser hechos para asegurar acceso rápido y más fácil recuperación. Para este fin, el acceso directo y único del usuario, tendría que ser empleado, en lo posible con el particular cuidado que dispensa a las bien documentadas rutinas interactivas de recuperación. Los formatos estándar de producción deberían ser bien publicitados para ayudar a los clientes potenciales en la evaluación realista de sus necesidades. Este aspecto tiene ramificaciones prácticas. Tiempo y dinero puede ser desperdiciados abrumando con servicios exagerados a los clientes.

Un aspecto importante de la presentación de datos es que debería precisar exactamente la calidad de los datos. Los recolectores de datos prestan una gran atención a etiquetar y documentar su producto con la intención de que esta información sea retransmitida al usuario eventual. Todo lo producido tiene que ser embanderado con los apropiados símbolos de calidad y acompañado por comentarios explicativos. Los usuarios tienen que saber que documentación más detallada puede ser conseguida con los datos originales.

Además, para proveer resultados en respuesta a solicitudes específicas, periódicas puestas al día de los datos tienen que ser publicadas. Esto normalmente puede hacerse en formularios estándares de producción. Las publicaciones resultantes pueden tener la forma de libro o de micro ficha o estar en forma compatible con computador, tal como un disco o CD-ROM.

La diseminación de información procesada alienta la retro-alimentación de los usuarios de datos. La conciencia de las necesidades del usuario permite a los recolectores rever sus métodos y frecuencia de recolección, la revaluación de la calidad de los datos, la comprobación de la posibilidad de errores al procesar, y ampliará su base de conocimiento con referencia a las estaciones con las que operan.

Un catálogo debería ser diseñado para ayudar a los usuarios a identificar los registros hidrológicos apropiados para sus necesidades particulares. Para esto se debe reunir la información en cada estación hidrológica y, si está sobre una corriente de agua, reunirla a su vez por su cuenca correspondiente (referida como cuenca aforada). El catálogo puede preferiblemente ser hecho a través de un sistema computarizado, tal como Internet.

Esta información debería ser agrupada y presentada bajo tres encabezamientos a saber, información descriptiva, mapa de cuenca y disponibilidad de datos. A fin de ayudar a los usuarios a identificar las cuencas aforadas que son apropiadas para sus propósitos, debe preverse una descripción de características de las mismas y las principales características de los elementos de medición y una indicación de la calidad y confiabilidad del registro de flujo.

Un mapa para cada cauce o grupo de cauces ha probado ser valioso. El mapa debe ser producido a una escala que sea conveniente para exhibir la información. Los cauces de distintas escalas pueden justificar mapas de distintas escalas. En el futuro cercano cualquier información para la producción de mapas de cauces será retenida dentro de sistemas de información geográfica basados en computadoras (WMO, 1994) para facilidad de presentación a una variedad de escalas.

La página de disponibilidad de datos debería presentar un sumario relativamente conciso y fácil de poner al día incluyendo flujo fluvial, precipitación y datos de calidad del agua. El sumario debería ser basado en datos mensuales para precipitación y flujo y en datos anuales de calidad hídrica.

Para cuencas con muchas estaciones de precipitación, es impráctico incluir un sumario para cada estación. Todas las estaciones y sus períodos de registro se muestran en el mapa descrito en la sección anterior, de manera que sería suficiente restringir la disponibilidad de datos a pluviógrafos y a un seleccionado lote de estaciones claves de precipitación diaria. Estaciones con largos períodos podrían requerir varias páginas para asegurar escalas adecuadas de legibilidad.

Muchas organizaciones publican sumarios de datos. Algunos ejemplos incluyen promedios de clima, estadísticas de lluvia, estadísticas/registros de flujo fluvial, y registros/estudios de calidad de agua.

Típicamente, tales publicaciones deberían consistir de información de estaciones incluyendo número de estación, latitud y longitud, tipo de datos recolectado, otras especificaciones del sitio (nombre, nombre del río, referencia a rejilla, área del cauce, etc.), período de operación, período de procesamiento de datos, e instantáneo, sumarios de datos, diarios, mensuales y anuales (incluyendo valores mínimo, máximo y medianos). Los datos pueden ser presentados como parte del texto o adjuntos como micro fichas o provistos en forma compatible con computadora, tal como un disco o CD-ROM. Debido a la comercialización de los servicios hidrológicos, los usuarios pueden ser requeridos de pagar por los datos hidrológicos mismos, y no solamente por el costo de acceder a los datos.

8.5 Publicación de datos

El propósito primario del programa de publicación de datos (WMO, 1994), es el de proveer, en una forma conveniente para la mayoría de los usuarios de datos, tabulaciones, mapas, gráficas y sumarios de observaciones así como el resultado del procesamiento secundario de tales observaciones. Las publicaciones regulares que incluyen procesamientos de datos proveen una salvaguardia contra la pérdida o destrucción de registros irremplazables y pueden reducir el número de solicitudes especiales de datos que deben ser contestados por una oficina central. Mediante la publicación de datos, esto se hace prontamente accesible. Dado que las publicaciones pueden formar un medio apto para el intercambio de datos hidrológicos y climatológicos, es importante que se alcance un alto nivel de confiabilidad en estas publicaciones y que algún grado de estandarización de formato, unidades, etc., sea obtenido.

Si los principales requerimientos de datos están relacionados a aprovisionamiento hídrico mensual y anual, una publicación anual conteniendo sumarios de datos para cada mes probablemente alcanzará. Anuarios de flujo fluvial conteniendo, entre otra información, volúmenes mensuales de flujo fluvial y extremos de nivel y descarga pueden ser suficientes.

Sin embargo, la mayoría de los estudios hidrológicos (por ejemplo estudios de diseño, tormentas y crecientes) requieren datos a intervalos diarios o más cortos. Así, cuando fuera posible, las publicaciones de datos deberían contener datos diarios sobre precipitación, temperatura y flujo fluvial, y tanta información sobre capa de nieve como sea posible, ya sea el intervalo regular de publicación el mes o el año. Si los datos no están publicados en forma regular, deberían ser puestos al día en la base de datos y asociados sumarios de computador deberían ser disponibles en base regular.

En situaciones en que la publicación de datos horarios es garantizada, una publicación mensual es generalmente emitida. También, si hay interés generalizado por pronósticos hidrológicos y sus datos asociados, puede justificarse la publicación semanal de los pronósticos.

En algunos casos, los requerimientos especiales pueden ser evacuados por la infrecuente publicación de datos, por ejemplo a intervalos quinquenales. Este intervalo es particularmente relevante cuando se consideran los impactos de la variabilidad del clima y cambios en los recursos hídricos.

Informes especiales pueden ser emitidos para documentar eventos extremos, tales como grandes crecidas o sequías. Estos informes deberían contener todos los datos relevantes, gráficas, mapas, así como también consideraciones sobre las magnitudes y períodos de recurrencia de los fenómenos en vista de la frecuencia de distribución a largo plazo.

Los contenidos y formatos de publicación deberían ser determinados por los requerimientos de la mayoría de los usuarios de datos. En general flujo fluvial y datos de nivel hídrico son publicados separadamente de las observaciones meteorológicas, aunque algunos países publican todos los datos pertinentes al balance hídrico en un volumen. En el primer caso, puede ser conveniente publicar sumarios de precipitación, manto de nieve y evapotranspiración para cuencas particulares junto con los registros de flujo fluvial. Datos de precipitación para tales sumarios deberían ser valores medios en un área calculados de datos puntuales de precipitación.

Los anuarios deberían contener un índice completo de las estaciones de observación, incluyendo elevación, latitud y longitud, instrumentación (con cambios), registro de años disponible, autoridad responsable para el programa de observación y la dirección en la cual se guardan los registros originales. En países más grandes, el índice y los datos en los anuarios deberían ser agrupados por cuencas de drenaje mayores, antes que por subdivisiones políticas o administrativas, o puramente alfabética. Los mapas de cuencas de drenaje con las estaciones ahí indicadas son muy valiosas y deberían ser incluidas en lo posible en anuarios. En países en los cuales los datos son publicados varias veces al año, sólo una emisión anual necesita contener el índice de estaciones. Si anuarios u otras publicaciones regulares no son emitidos, entonces publicaciones periódicas de un catálogo de estaciones deberían ser llevadas a cabo.

8.6 Referencias

UNESCO (1982) - Methods of hydrological computation for water projects, Studies and Reports in Hydrology N° 38, Paris.

WMO (1988) - Technical Regulations. Volume III. Hydrology, Basic Documents No. 2, WMO No. 49.

WMO (1989) - Adverse effects of insufficient or inaccurate hydrological information. HWR Tech. Report No. 29, WMO, TDN 325, Geneva.

WMO/UNESCO (1991) - Report on Water Resources Assessment (for the Dublin Conference).

WMO (1994) - Guide to Hydrological Practices. Fifth Edition, WMO - N° 168. Geneva.

TABLA 8.1 Aplicación de los datos de recurso hídrico a diferentes proyectos

Características del recurso hídrico	Precipitación			Evaporación	Niveles fluviales			Flujo fluvial			Esquema del cauce			Sedimento	Agua subterránea				
	Tormentas	Series de tiempo	Nieve		Calidad	Series de tiempo	Máx.	Mín.	Series de tiempo	Máx.	Mín.	Calidad	Sección transversal		Planos	Dist.de velocidad	Niveles	Rendimiento	Mapa hidro-geológico
Modificadores de balance hídrico																			
Redistribuidores hídricos en espacio																*	*	*	*
Redistribuidores hídricos en el tiempo																*	*	*	*
Generación de hidro-energía.																*	*	*	*
Extractores o proveedores de energía hídrica																*	*	*	*
Confinadores hídricos																			
Aliviaderos hídricos																			
Mejoradores de calidad en fuente																*	*	*	*
Mejoradores de calidad en el lugar de uso																**	**	**	**
Legislación hidro-relacionada y normas																			
Zonificación																			
Seguro																*			
Pronósticos de caudal y calidad de aguas																*	*	*	

* Si el proyecto trata específicamente con agua subterránea; ** Si el agua tratada se infiltra o es bombeada en el terreno

- Notas:
- 1) Los elementos de proyectos de recursos hídricos (primera columna de esta tabla) se describen en la sección 8.1
 - 2) La información puede ser expresada como tildes o porcentajes (errores), excepto para niveles de agua donde han de ser presentados en centímetros.
 - 3) Los valores exhibidos han de ser usados para fijar blancos de adecuación para datos meteorológicos e hidráulicos interpolados pero no deberían ser interpretados como aplicables a estaciones específicas de medición individuales.
 - 4) El Apéndice VII presenta propuestas sobre niveles de precisión que pueden ser usados conjuntamente con esta tabla.

TABLA 8.2

**Exactitud recomendada (niveles de incertidumbre)
expresada al 95% del intervalo de confianza**

Parámetro	Nivel de Precisión
Precipitación (cantidad y forma)	3 - 7%
Intensidad de lluvia	1 mm/h
Espesor de nieve (puntual)	1 cm bajo 20 cm o 10% encima 20 cm
Contenido de agua en la nieve	2.5-10%
Evaporación (puntual)	2.5%, 0.5 mm
Velocidad del viento	0.5 m/s
Nivel del agua	10 a 20 mm
Altura de ola	10%
Profundidad del agua	0.1 m, 2%
Ancho de superficie del agua	0.5%
Velocidad de la corriente	2.5%
Descarga	5%
Concentración de sedimento en suspensión	10%
Transporte de sedimento en suspensión	10%
Transporte de arrastre de fondo	25%
Temperatura del agua	0.1-0.5 C
Oxígeno disuelto (temperatura del agua es más de 10° C)	3%
Turbidez	5-10%
Color	5%
PH	0.05-0.1 pH unid.
Conductividad eléctrica	5%
Espesor del hielo	1-2 cm 5%
Capa de hielo	5% por >20 kg/m ³
Humedad del suelo	1 kg/m ³ > 20 kg/m ³

Fuente: OMM, Guía de Prácticas Hidrológicas

9. REVISIÓN DE CAPACIDAD PARA ERH

9.1 Introducción

El evaluador o revisor podrá ser un individuo, un grupo técnico, una institución pública o una empresa consultora con un gran conocimiento de los recursos hídricos y con suficiente información sobre la planificación a largo plazo de los RH (Capítulo 8) como para poder determinar las necesidades de datos básicos.

El responsable deberá realizar el trabajo descrito en los capítulos anteriores lo que le permitirá disponer de una amplia descripción de las actividades de EBRH y de los problemas surgidos en la planificación a largo plazo de los RH por la inadecuada información en esa esfera. Para esto, llevará a cabo una apreciación de las actividades presentes utilizando niveles de referencia que habrán de ser específicos para el país o la región contemplados. Se tomarán en cuenta los aspectos siguientes:

- (a) las características hidro-climatológicas del país;
- (b) las características socioeconómicas del país;
- (c) las prácticas recomendadas, incluidos los niveles de referencia mencionados en los Capítulos de este Manual;
- (d) la información disponible sobre niveles de referencia contenida en los apéndices de este Manual
- (e) la información disponible sobre niveles de referencia utilizados en países que disponen programas satisfactorios de EBRH

El proceso de evaluación exige un buen criterio y una amplia experiencia ya que las comparaciones con niveles de referencia no deberían considerarse exclusivas y es necesario adoptar procedimientos flexibles según las condiciones locales. tomemos por ejemplo un país en el que la densidad de la red es suficientemente densa como para permitir la interpolación de los datos hidrológicos de gran precisión en cualquier punto del área, pero en el que los estudios de las características fisiográficas son inadecuados. Puesto que es posible evaluar zonalmente los recursos hídricos de superficie no se debería considerar inadecuado el programa de EBRH desde el punto de vista de los recursos hídricos de superficie.

El evaluador deberá estudiar con gran detenimiento el significado y la relación de los diferentes componentes y tratará de determinar las razones por las cuales no son adecuados. Esto puede deberse a la falta de recursos tecnológicos adecuados, a la falta de fondos, al bajo nivel de competencia, de enseñanza y de formación profesional o una combinación de estos factores. Un análisis completo de la situación y especialmente de los datos históricos permitirá encontrar las principales causas de las deficiencias.

Al hacer la apreciación y al formular sus recomendaciones, el responsable deberá hacer el mejor uso posible de los datos básicos recogidos, aplicando además su conocimiento general de la zona considerada y utilizando su criterio personal. Los contactos que haya tenido con las organizaciones y el personal que se ocupa de los programas de la EBRH deberían ayudarlo en sus trabajos. En consecuencia, las directrices que se indican a continuación deberían considerarse como provisionales y utilizarse con cierta flexibilidad.

Después de analizar y producir recomendaciones sobre cada uno de los componentes de EBRH, debería llevarse a cabo una aproximación, apuntando de ser posible hacia un plan de acción sobre cómo se mejora, si es necesario, la situación presente. Para este propósito sería muy útil establecer prioridades entre los distintos componentes debido a la asignación de recursos y esfuerzos que pueden esperarse como resultado del cumplimiento de la aplicación del Manual.

9.2 Implementación de la revisión

De hecho, el presente capítulo 9 es un resumen de los Capítulos previos

9.2.1 Marco Institucional

Un mapa similar a la Figura 2.1 (f) que incluye las regiones jurisdiccionales debería ser examinado en conjunción con la Tabla 3.1 "Instituciones y tareas involucradas en EBRH". Los puntos específicos a ser considerados incluirán:

- (a) dificultades en obtener caudales en los límites jurisdiccionales y su efecto sobre la planificación a largo plazo de los recursos hídricos;
- (b) duplicación de las actividades y reducción de la eficacia de los equipos de medición y de inspección;
- (c) dificultades debidas a la incoherencia en las normas y en las técnicas.
- (d) adecuaciones e inadecuaciones del marco institucional existente para enfrentar las necesidades de los programas de ERH, incluyendo ambiente favorable, concientización del público, privatización y participación accionaria, y;
- (e) adecuación de las bases legislativa y regulatoria de la ERH.

El resultado del análisis anterior debería ser usado para evaluar si hay una relación entre el tipo de arreglo institucional y la significación de los problemas arriba mencionados.

Las recomendaciones deberían referirse a la posible reducción de las anteriores deficiencias a través de coordinación inter-jurisdiccional y convenios o consejos inter jurisdiccionales.

El evaluador debería identificar y evaluar la ausencia de legislación institucional teniendo en consideración duplicaciones conducentes a utilización ineficiente de recursos, aspectos no cubiertos por institución alguna, diferencias en metodologías y coordinación en fronteras.

La participación de los países en programas de EBRH internacionales y regionales debería también ser incluida. La Tabla completada 3.2 "Participación en programas internacionales de ERH" debería también ser usada.

La experiencia pasada demuestra que es difícil hacer una evaluación objetiva del marco institucional. Sin embargo, el llenado de la Tabla 3.3 (basada en las Tablas 3.1 y 3.2) debería proveer una indicación general del marco institucional en cuanto a su capacidad para la EBRH.

9.2.2 Recolección de datos, procesamiento y recuperación

La recolección de datos tiene una característica muy importante y única, que debería ser mantenida en la mente del evaluador: los datos no recolectados en el presente no serán recolectables en el futuro. Otros aspectos tales como procesamiento y recuperación, acceso a metodología para evaluación zonal, pueden ser hechos en el futuro si se disponen de suficientes recursos.

Las Tablas completadas 4.1 "Recolección de datos básicos," 4.2 "Disponibilidad de datos sobre proyectos de recursos hídricos", 4.3 "Datos Fisiográficos" y 4.4 "Almacenamiento de datos, procesamiento primario y publicación", proveen información al evaluador y un resultado cuantitativo sobre el estado de la recolección de datos, procesamiento y actividades de recuperación los que pueden ser obtenidos por comparación con los niveles de referencia en el Apéndice V.

La experiencia pasada muestra que esto es por lejos uno de los aspectos de EBRH en el cual más conclusiones y recomendaciones pueden ser producidas.

El completado de la Tabla 4.5 (basada en Tablas 4.1 y 4.4) debería proveer una indicación general de las actividades de recolección de datos, procesamiento y recuperación en términos de la capacidad que pueden proveer para EBRH.

9.2.3 Evaluación zonal de elementos hidrológicos

La completada Tabla 5.1 "Evaluación Zonal debería ser usada para evaluar la capacidad del país con respecto a la capacidad de proveer evaluación zonal de elementos hidrológicos".

Las recomendaciones deberían ser hechas en base a un análisis de las principales causas de inexactitud. Éstas pueden estar relacionadas con densidad de red, información fisiográfica, etc., y con las técnicas disponibles. El último aspecto debería ser considerado especialmente, porque los otros aspectos fueron cubiertos anteriormente.

El completado de la Tabla 5.2 debería proveer una indicación general de las actividades de evaluaciones zonales en términos de la capacidad que pueden proveer para EBRH.

9.2.4 Educación y formación de mano de obra

Las tablas completadas 6.1 "Educación y Entrenamiento en áreas de Recursos Hídricos y áreas relacionadas", 6.2 "Niveles de profesionales y técnicos en el campo de Recursos Hídricos" y 6.3 "Mano de obra existente para recolección, procesamiento y análisis de datos de agua superficial" y en comparación con niveles de referencia incluidos en el Apéndice V deberían ser usados para evaluar este componente de la EBRH.

Las capacidades nacionales con respecto a la creación de un ambiente propicio deberían ser consideradas. Varios factores internos y externos deberían ser revistados

- (a) La prioridad acordada al sector hídrico, incluyendo la actitud del gobierno y el compromiso de elevar el perfil nacional de temas hídricos;
- (b) Las oportunidades de carreras, condiciones de trabajo y remuneración del sector hídrico en relación con otros sectores del país; y,
- (c) Una evaluación de los requerimientos de construcción de capacidades.

Deberían hacerse recomendaciones con respecto a ampliar, o a mejorar los programas existentes o hacer uso de cooperación internacional en este campo para entrenar personal en el exterior si no es posible hacerlo en el país.

El rellenado de la Tabla 6.4 debería dar una indicación general de la mano de obra, actividades de educación y formación en términos de la capacidad que pueden proveer para la EBRH.

9.2.5 Investigación, desarrollo técnico e intercambio tecnológico

La tabla 7.1 "Investigación y proyectos de investigación aplicada e instituciones" debería ser usada para evaluar la investigación y desarrollo técnico de actividades para propósitos de EBRH. La Tabla 7.1 provee datos sobre actividades que tienen lugar en el país en base a la política científica del país.

Especial consideración debe ser dada a instituciones como los Centros de Referencia de HOMS y sus actividades de coordinación dentro de los países para promover intercambio tecnológico tanto a nivel nacional como internacional.

El completar la Tabla 7.2 debería proveer una indicación de la investigación, desarrollo técnico y actividades de intercambio tecnológico en términos de la capacidad para la EBRH que puedan ofrecer.

9.2.6 Evaluación general

Después de considerar todas las etapas que se indican en las Secciones 9.2.1 a 9.2.5, y la información obtenida de la evaluación en el Capítulo 8, el evaluador dispondrá de un conjunto de resultados cualitativos y cuantitativos que le indicarán el estado en que se hallan las diferentes actividades correspondientes a la EBRH en dicho país.

El evaluador podrá comparar estos resultados con otros niveles de referencia o de actividad a que tenga acceso, debido a su familiaridad con los programas de ERH, y obtenidos por otros evaluadores en otros países y regiones.

Es difícil desarrollar una fórmula general que conduzca a la definición de un índice único para una evaluación general de todas las actividades involucradas. Las razones para esto han sido discutidas previamente, y relacionadas con los evolucionantes factores socio-económicos, ambientales, políticos y de desarrollo que influyen a cada país al hecho que los datos hidrometeorológicos, hidrológicos e hidrogeológicos varían considerablemente en espacio y tiempo.

El proceso de evaluación requiere experiencia y criterio en su aplicación y aunque los diferentes índices que se determinan constituyan una información de gran valor, estos probablemente no sean la única base para la apreciación final. La experiencia adquirida al aplicar la metodología que se presenta en este Manual ha demostrado que se aplica de diversas formas en diferentes países, cosa que seguirá ocurriendo en el futuro.

La siguiente sección tiene por objeto proveer un método para presentar los resultados de la revisión a manera de sumario. Ello también proveyó una manera de permitir que un parámetro variando de 0 a 1 (a ser calculado) nos de una indicación del nivel de adecuación de la capacidad del país acerca de la EBRH.

9.3 Conclusiones de la revisión

Como fue mencionado antes, las tablas completadas de los Capítulos previos y su comparación con los niveles de referencia (donde aplicable), provee un índice de Capacidad, entre 0 y 1 para cada uno de los aspectos cubiertos en el Manual. Lo más cercano al valor del índice a 1, mayor es la capacidad. El evaluador debería transferir los índices de Capacidad calculados en cada Capítulo del 3 al 7 a la Tabla 9.1.

Los valores numéricos en las tablas permiten al evaluador deducir ciertas conclusiones cuantificadas, como una indicación de la performance general. Ésta puede hacerse independientemente por las tablas (para cada aspecto) o ser calculada como una suma de los resultados (para capacidad general).

El método aproximado sugerido es la más simple y robusta aproximación. Los valores en la Tabla 9.1 son sumados, y luego divididos por el número total de los parámetros de evaluación.

Es evidente que una suma de los varios parámetros sin sopesarlos puede ser calificada sólo como una estimación aproximada; sin embargo la suma absoluta dividida por el número de tablas puede dar una idea de las capacidades del país.

El evaluador puede usar otra combinación de parámetros dependiendo de los fines de la evaluación, como evaluar únicamente los parámetros de agua superficial o subterránea independientemente.

El método puede ser refinado introduciendo factores de peso por promedios de tablas, pero esto no ha sido expandido aquí dado que la objetividad en asignar pesos puede ser cuestionada.

Por supuesto, uno puede preguntar: ¿con cuánta exactitud fue efectuada la cuantificación de los parámetros? Debe quedar claro qué errores pueden aparecer en las estimaciones, y que su total eliminación no es posible.

TABLA 9.1

Evaluación total de capacidad nacional

Capítulo	Tabla Nº	Índice	Causas	Recomendaciones
Marco Institucional	3.3 (Pág.34)			
Recolección de datos, procesamiento y recuperación	4.5 (Pág. 64)			
Evaluación zonal	5.2 (Pág. 75)			
Mano de obra, educación y formación de personal	6.4 (Pág. 94)			
Investigación, Desarrollo Técnico e Intercambio Tecnológico	7.2 (Pág.103)			
Evaluación total ¹				

¹ La evaluación total puede ser calculada sumando los índices en la columna 3 y dividiéndolos por 5. Esto debería resultar en un valor entre 0 y 1. Lo más cercano al valor de 1, mayor será la capacidad del país para emprender la EBRH.

Uno puede evaluar la capacidad total usando la siguiente escala:

Valor	Clasificación
1,0	Totalmente capaz
0,75	Alta capacidad
0,5	Capacidad moderada
0,25	Baja capacidad
0,0	Ninguna capacidad

Debido al carácter objetivo del parámetro del índice de Capacidad total, no se recomienda a esta altura el intercomparar diferentes países. La importancia de la evaluación total no debería descansar en un valor numérico.

9.4 Ejemplos de aplicación del Manual previo, incluyendo ejemplos regionales y nacionales.

En el nivel nacional, la primera edición del Manual fue ampliamente usada en América Latina (se dan detalles en el Apéndice VIII). En el nivel regional, el Apéndice IX es una evaluación de un estudio sobre África Sub-Sahariana.

9.5 Referencias

UNESCO/WMO (1988) Water-resource Assessment activities Handbook for National Evaluation.

UNESCO/Rostlac (1995) (personal communication) Example of National Capability UNESCO/WMO Handbook.

Hernández, Sergio (1993) Evaluación de las actividades nacionales de evaluación de los recursos hídricos de la República de Guatemala.

Mosley, Paul (1990) Water Resources Assesment, ESCAP Region - Regional Assessment of Progress and Needs under the Mar del Plata Action Plan.

Solomon, Shully, A Draft of a plan for the updating of the WMO-UNESCO publication "Water Resources Assessment - Handbook for National Evaluation".

APÉNDICES

APÉNDICE I

CONCLUSIONES DE LAS CONFERENCIAS DE DUBLÍN Y RÍO RELACIONADAS CON LA EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS**CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE EL AGUA Y EL MEDIO AMBIENTE**

Uno de los principales objetivos de la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (ICWE), Dublín, Irlanda, 26-31 de enero de 1992, fue el de evaluar el estado actual de los recursos mundiales de agua dulce con relación al presente y futuro de la demanda de agua, y el identificar temas de prioridad para los 1990s. La Conferencia efectuó las siguientes recomendaciones con respecto a las evaluaciones de recursos hídricos:

Marco institucional financiero en apoyo de la evaluación de recursos hídricos;

- Definición de las necesidades de información de los usuarios y establecimiento de una política nacional, un marco legal, eficientes estructuras institucionales e instrumentos económicos apropiados para la evaluación de recursos hídricos;
- Establecimiento y mantenimiento efectivo de cooperación en la evaluación de recursos hídricos y las actividades de pronósticos hidrológicos entre agencias nacionales dentro de un país, y entre países con respecto a recursos hídricos transfronterizos;
- Fomentar que los responsables de la recolección y almacenamiento de datos apliquen las metodologías que han sido desarrolladas y ratificadas a nivel internacional al evaluar sus actividades de ERH;
- Desarrollo y diseminación de información sobre medios de estimar beneficios y costos de actividades de evaluación de recursos hídricos y asistencia a servicios nacionales para demostrar los beneficios de la evaluación de recursos hídricos; y
- Tomar previsiones prácticas y legislativas para la sustentabilidad a largo término de la evaluación de recursos hídricos y actividades de pronóstico y la asignación de los recursos financieros necesarios, especialmente en el caso de países en desarrollo.

Recolección y almacenamiento de información relacionada con el agua

- Instalación de sistemas de monitores diseñados para proveer información hidro-relacionada válida y comparable
- Asegurar la operación continuada de tales sistemas en apoyo de estudios que requieren datos a largo plazo, tales como aquellos relacionados con cambios climáticos
- Mejoramiento de instalaciones y procedimientos para el almacenamiento, validación y salvaguardia de tales datos.
- Implementación de técnicas para el procesamiento de tales datos y asimilación de información relacionada;
- Comparación, selección y aplicación de tecnología apropiada a las necesidades de cada país y asegurar la transferencia de tecnología apropiada, especialmente entre servicios hidrológicos.

Evaluación de los recursos y diseminación de información hídrica.

- Identificación de la necesidad de datos hidro-relacionados y análisis y presentación de tales datos en formas apropiadas para planeamiento y administración del desarrollo de recursos hídricos; y para otros propósitos tales como estudios del impacto de proyectos de desarrollo hídrico sobre el medio ambiente.
- Recolección y diseminación, para cuencas en general, de conjunto de datos regionales y globales hidro-relacionados, e información, entre otras, sobre la administración de recursos dentro de las cuencas internacionales y en estudios de cambios climáticos.
- Evaluación de recursos de agua superficial y subterránea y las inter-acciones entre el agua superficial y subterránea.

- Evaluación del riesgo de crecientes por escorrentía de lluvia, fusión de nieve, mareas de tormenta y deslizamiento de tierra e instalación de sistemas de pronósticos hidrológicos y sistemas de alerta para áreas sujetas a tales riesgos;
- Evaluación del riesgo de sequía en instalación de sistemas de alertas de sequías en apoyo de esquemas para mitigar los efectos de la sequía; y
- Diseminación de estas evaluaciones a todos los que requieren la información, asegurando la incorporación de información sobre recursos hídricos al proceso de tomas de decisión.

Investigación y desarrollo en las ciencias hídricas

- Establecimiento y fortalecimiento de programas de investigación y desarrollo apropiados a las necesidades de los países de manera de aumentar la comprensión del proceso fundamental involucrado en el ciclo hídrico, incluyendo las interacciones entre agua, tierra y atmósfera, y apoyar las actividades de evaluación de recursos hídricos y pronósticos hidrológicos.
- Promoción del desarrollo de nuevas tecnologías para evaluación de recursos hídricos y pronósticos hidrológicos, haciendo amplio uso de expertos locales.
- Transferencia de tecnología apropiada a usuarios; y
- Fortalecimiento de programas relevantes internacionales y regionales, a niveles nacionales y globales.

La Declaración de Dublín, emanante de la ICWE, llamaba a “dar un enfoque radicalmente nuevo a la evaluación, desarrollo y administración de recursos de agua dulce, que tan solo pueden ser alcanzadas por un compromiso político y una participación que abarque desde los más altos niveles del gobierno hasta las más pequeñas comunidades”.

LA CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO (UNCED)

UNCED, Río de Janeiro, 1992, reconoció que el agua dulce es vital para bebida, sanidad, agricultura, desarrollo urbano, generación hidroeléctrica, pesquerías interiores, transporte, recreación y muchas otras actividades humanas y que ella también es crítica para el funcionamiento saludable de los ecosistemas. A través de la Agenda 21, Capítulo 18 (el más largo de todos los Capítulos), Agua Dulce, UNCED reclamó por aumento de personal capacitado para evaluar y desarrollar suministros de agua dulce y administrar proyectos hídricos para uso sustentable. Estableció que los países pobres, en particular, necesitan acceso a tecnologías que les permitan evaluar sus propios recursos hídricos.

COMISIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA DESARROLLO SUSTENTABLE

En 1994, la Comisión de las N.U. para el Desarrollo Sustentable al revisar el Capítulo sobre Agua Dulce de la Agenda 21, pidió “una evaluación exhaustiva de los recursos de agua dulce, con el objeto de identificar la disponibilidad de tales recursos, haciendo proyecciones para futuros requerimientos, e identificando problemas a ser considerados por la sesión especial de la Asamblea General en 1997”. CDS estableció que “lecciones de la experiencia indican que debemos cambiar fundamentalmente nuestra manera de pensar y administrar recursos hídricos. Debemos adoptar nuevas políticas que sean completas, participativas y ambientalmente sanas. Esto requerirá decisiones y acciones difíciles de parte de todos nosotros. Pero un punto fundamental es claro: no tenemos elección. Estamos apostando a nuestra salud, nuestra economía y nuestro futuro sustentable. “Es esencial que estas nuevas políticas estén basadas en un detallado y correcto conocimiento de nuestros recursos de agua dulce y de su distribución en espacio y tiempo. La CDS urgió a PNUMA, FAO, UNIDO, OMS, OMM, UNESCO, PNUD, el Banco Mundial y otros organismos de las Naciones Unidas así como a las ONGs a fortalecer sus esfuerzos con este propósito.

OTRAS REUNIONES

Un número de diversas reuniones se efectuaron como consecuencia del llamado de la Comisión de las N.U. para el Desarrollo Sustentable (CSD) (Nueva York, 1994) para un mejor conocimiento de los recursos hídricos y su administración. Por ejemplo, el Programa Africano de Evaluación de Recursos Hídricos: Política, Estrategia y Plan de Acción fue desarrollando durante la Conferencia Africana sobre Recursos Hídricos, convocada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la Comisión de las Naciones Unidas para África

(UNECA) en Addis Abeba, Etiopía (20-25 de marzo, 1995). Los siete principales pilares de la estrategia son:

1. Debe de haber inequívoca evidencia de una iniciativa nacional para una actividad impulsada por la demanda.
2. La ERH debería estar planeada e implementada dentro de la capacidad de la economía nacional.
3. La voluntad política de cooperar en las cuencas fluvial, lacustre y subterránea en los niveles sub-regional, regional e internacional debería ser acrecentada y apoyada por una acción concreta.
4. Encadenamientos directos deberían ser establecidos con otras estrategias administrativas de recursos hídricos, tales como la que actualmente está siendo preparada para el África Sub-Sahariana por el Banco Mundial.
5. Debería haber voluntad de las agencias a cargo de los sistemas de información de recursos hídricos para mejorar su eficiencia, productividad y la toma de iniciativas para participar en el proceso de desarrollo de recursos hídricos.
6. Donantes y agencias de las N.U., involucrados en el sector hídrico, deberían coordinar sus actividades en la Región y alinear su apoyo tanto como sea posible, siguiendo las líneas de esta estrategia.
7. Una campaña mundial debería ser lanzada para promover esta estrategia, mejorar la atención a los problemas y subrayar los programas de evaluación de recursos hídricos adoptados por los países africanos.

La Conferencia sobre Evaluación y Estrategias de Gestión de Recursos Hídricos en América Latina y el Caribe se llevó a cabo en San José, Costa Rica, 6 - 11 mayo de 1996. Un Plan de Acción para evaluación y gestión de recursos hídricos fue desarrollado durante esta conferencia (OMM/BID, 1996). El Plan de Acción incluye una evaluación exhaustiva de recursos hídricos como uno de los once campos de acción. Dentro de este campo, la conferencia identificó las siguientes ocho acciones específicas a ser llevadas a cabo. Ellas son:

- Establecer programas para la investigación y evaluación de usos y recursos hídricos disponibles y potenciales (cantidad y calidad), incluyendo eventos extremos (inundaciones y sequías); asegurar la puesta al día regular, publicación y diseminación de resultados; y ver que las recomendaciones del programa sean implementadas.
- Establecer programas para evaluación sistemática de agua subterránea y la recarga natural y artificial de acuíferos, considerando el uso de modernas técnicas, tales como métodos isotópicos.
- Listar un inventario de fuentes de polución hídrica, sus niveles de importancia y características, proveer el contralor y la regulación de las mismas; y tomar las medidas legales y técnicas necesarias para la protección de cuerpos de agua superficial y subterránea.
- Diseñar y ejecutar programas especiales de evaluación para restaurar la calidad natural de cuerpos hídricos en los cuales los niveles de polución son lo suficientemente serios como para merecer ser clasificados como un recurso natural en crisis.
- Crear, para los territorios con una escasez extrema de agua, estudios especiales de investigación sobre almacenamiento, recolección y retención de precipitación y escorrentía de superficie.
- Investigar y recomendar los métodos más costo-efectivos para el transporte de agua entre territorios, donde una escasez puede ocurrir debido a una sequía u otros fenómenos naturales, así como otros medios de incrementar la disponibilidad de agua (desalinización, administración de demanda, importación de agua).
- Evaluar el marco institucional respecto a información hídrica y analizar las calidades y deficiencias de las bases de datos nacionales y su capacidad para proveer los datos necesarios para una gestión integrada del agua.
- Promover un más estrecho relacionamiento entre las agencias de usuarios y productores de datos, comités organizativos consultivos y otros tipos de coordinación que satisfagan requerimientos de información, elevando la calidad de los mismos y proveyendo acceso a base de datos y fuentes de información.

Otros campos de acción relevantes para evaluación de recursos hídricos incluidos son el marco institucional y legal, recursos humanos y formación y educación y participación de la comunidad.

APÉNDICE II**CONTRIBUCIÓN DE LAS ORGANIZACIONES INTERNACIONALES A LA EBRH****1. ORGANIZACIONES MUNDIALES****1.1 UNESCO****Evaluación de Recursos Hídricos en el PHI**

El Programa Hidrológico Internacional (PHI) es un programa internacional de cooperación científica desarrollado por UNESCO en el campo de hidrología y recursos hídricos. Su principal objetivo es desarrollar la base científica y técnica para una administración racional de los recursos hídricos, ambos en los niveles cuantitativo y cualitativo, incluyendo la protección del medio ambiente.

Los resultados esperados están relacionados con tres grupos principales:

- (a) Provisión de documentos científicos para establecer la situación actual de conocimiento en campos hidrológicos específicos.
- (b) Establecimiento de metodologías para evaluación y administración de recursos hídricos bajo diferentes condiciones hidrológicas y climatológicas; y
- (c) Educación y formación de personal técnico y post-graduado en hidrología.

La evaluación de recursos hídricos está, de acuerdo a eso, en el corazón del PHI que provee no solamente las metodologías para implementación sino que contribuye en alto grado a la capacidad constructiva, habilitando a los países a emprender sus propias evaluaciones nacionales.

Todas las sucesivas fases del PHI han incluido el componente de evaluación de recursos hídricos. Durante la primera fase (PHI/1975-80), los siguientes componentes básicos fueron desarrollados:

- (a) métodos de computación de balances hídricos y sus elementos, incluida el agua subterránea;
- (b) evaluación de balances hídricos a nivel global, continental, nacional, regional y de cuenca;
- (c) el cálculo de los elementos de regímenes hidrológicos para planeamiento y administración de recursos hídricos; y
- (d) la determinación de fluctuación y tendencias a largo plazo en el régimen hidrológico.

Las siguientes fases del PHI mejoraron los conceptos básicos para la evaluación de recursos hídricos. Estos conceptos fueron adaptados a diferentes condiciones que surgen del desarrollo de recursos hídricos alrededor del mundo.

La tercera fase del PHI (PHI-III, 1984-89) introdujo los componentes sociales y económicos en la evaluación y administración de los recursos hídricos nacionales. La aplicación de técnicas especiales para el estudio de recursos hídricos también fue desarrollada.

Durante el PHI IV (1990-95) se enfatizó el “desarrollo sustentable en un cambiante medio ambiente y el componente de evaluación de recursos hídricos se amplió para:

- (a) el establecimiento de un sistema de información y documentación hidro-relacionada; y,
- (b) la evaluación de los estados de sistemas de agua dulce y la predicción del impacto de actividades de gestión.

La quinta fase (PHI-V, 1996-2000) se orienta hacia la “Hidrología y el desarrollo de los recursos hídricos en un medio ambiente vulnerable”, con énfasis en los aspectos de la contaminación del agua subterránea y estudios regionales en particular de zonas áridas y semidesérticas.

Entre los principales productos de las diferentes fases del PHI, es útil mencionar las siguientes publicaciones:

- (a) Balance hídrico mundial y recursos hídricos de la tierra (1978, siendo revisado para 1996)
- (b) Métodos de computación del balance hídrico de grandes lagos y embalses (1985)
- (c) Manual de metodologías para computar parámetros hidrológicos para proyectos hídricos (1987)
- (d) Papel del agua subterránea en el ciclo hidrológico y en el equilibrio hídrico Continental (1988, siendo puesto al día en 1996)
- (e) Leyendas internacionales de mapas hidrogeológicos (1983, puesto al día en 1995)
- (f) Mapa hidrogeológico de Europa (UNESCO/BGR)
- (g) Lineamientos para evaluaciones de recursos hídricos en cuencas fluviales (1990)
- (h) Limnología e Hidrología del lago Victoria (1995)

1.2. Organización Meteorológica Mundial (OMM)

Prácticamente todas las actividades de la OMM relacionadas con hidrología y los recursos hídricos, y parte de sus actividades sobre meteorología se refieren a la EBRH. La OMM menciona específicamente sus actividades sobre hidrología y recursos hídricos en su documento básico, la Convención de la OMM, como sigue:

“Las finalidades de la Organización serán las siguientes:

- a) facilitar la cooperación mundial para crear redes de estaciones que efectúen observaciones meteorológicas, así como hidrológicas, y otras observaciones geofísicas relacionadas con la meteorología...
- d) intensificar la aplicación de la meteorología a la aviación, a la navegación marítima, a los problemas de recursos hídricos, a la agricultura y a otras actividades humanas.
- e) fomentar las actividades en materia de hidrología operativa y proseguir una estrecha colaboración entre los Servicios Meteorológicos y los Hidrológicos.
- f) fomentar la investigación y enseñanza de la meteorología y cuando proceda, de materias conexas y cooperar en la coordinación de los aspectos internacionales de tales actividades.

Las actividades dentro del campo de la hidrología en OMM son coordinadas a través del Programa de Hidrología y Recursos Hídricos (PHRH). El papel de PHRH es el de promover actividades en hidrología operativa y obtener más cooperación entre los servicios de Meteorología e Hidrología. El objetivo general del PHRH es:

“Aplicar la hidrología para atender las necesidades de desarrollo sustentable y el uso del agua y los recursos relacionados; para mitigar los desastres atribuibles al agua; y para efectuar administración medioambiental a niveles nacional e internacional.”

Estas necesidades se relacionan con el planeamiento, diseño, operación y administración de proyectos hídricos, incluyendo pronósticos y contralor. Este objetivo incluye la promoción del desarrollo, a través de transferencia de tecnología y cooperación técnica para habilitarlos, por sí mismos, evaluar sus recursos hídricos en una base continua, para afrontar amenazas de inundaciones y sequías y así cumplir con todos los requisitos para el agua y sus usos y administración para una variedad de propósitos.

Los temas abordados a través de HWRP se concentran en hidrología operativa y en evaluación de recursos hídricos en general. Ellas incluyen las mediciones de elementos hidrológicos básicos en redes de estaciones hidrológicas y meteorológicas; la recolección, procesamiento, almacenaje, recuperación y publicación de datos hidrológicos; la provisión de tales datos e información relacionada para su uso en planeamiento y operación de proyectos de recursos hídricos; y la instalación y operación de sistemas de pronósticos hidrológicos. Los datos hidrológicos se toman para incluir información sobre la cantidad y calidad de tanto agua superficial como subterránea.

El programa es apoyado por el Sistema Hidrológico Operativo Multi-propósitos HOMS), que facilita la transferencia de tecnología entre Servicios Hidrológicos. El Centro Global de Escorrentía (GRDC) en Coblenza, Alemania, es mantenido bajo los auspicios de OMM. La información sobre las actividades de los Servicios Nacionales Hidrológicos es compilada mediante un sistema basado en computadora referido como INFOHYDRO.

El alcance del “Programa de Hidrología Operativa” de la OMM, en el contexto del Convenio de esa Organización, se define así:

- a) medida de elementos hidrológicos básicos mediante las redes de estaciones meteorológicas e hidrológicas; recopilación, transmisión, proceso, archivo, búsqueda y publicación de datos hidrológicos básicos;
- b) predicción hidrológica;
- c) desarrollo y mejoramiento de los métodos, procedimientos y técnicas en materia de:
 - i) *diseño de redes;*
 - ii) *especificación de instrumentos;*
 - iii) *normalización de instrumentos y métodos de observación;*
 - iv) *transmisión y proceso de datos;*
 - v) *suministro de datos meteorológicos e hidrológicos para fines de diseño;*
 - vi) *predicción hidrológica.”*

La OMM coopera también con la UNESCO en el marco del PHI y con otras organizaciones nacionales e internacionales que se ocupan de la ERH de diversas formas.

1.3. Otras organizaciones del sistema de las N.U.

Estas actividades han sido definidas por las organizaciones interesadas, es decir en el Comité Administrativo de las Naciones Unidas sobre Coordinación (UN-ACC) y se presentaron al Comité sobre Recursos Naturales (CRN) del ECOSOC, en noviembre de 1972 (Doc, E/C.7/38/ADD.1). Estas definiciones figuran en el Anexo 1 de dicho documento y en lo que respecta a la ERH pueden resumirse de la forma siguiente:

Sede de las NNUU: Aspectos económicos e institucionales del desarrollo y de la utilización de los recursos hídricos (administración y derecho de aguas), exploración de los recursos hídricos subterráneos y estudios generales sobre recursos hídricos.

Comisiones Económicas Regionales de las NNUU: En general se coordinan las actividades internacionales sobre recursos hídricos en la región ya que se refieren al desarrollo económico y social.

FAO: En el marco de sus actividades principales, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) está preparando inventarios eficaces de los recursos hídricos, en el marco de su responsabilidad sectorial en lo que respecta al agua como recurso básico para la agricultura, la silvicultura y la pesca.

OMS: La Organización Mundial de la Salud (OMS) se ocupa de recopilar y evaluar datos sobre las condiciones ambientales y sanitarias en los ríos y en otros recursos hídricos naturales que se utilizan para el abastecimiento de las comunidades en agua potable.

OIEA: El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) recopila datos ambientales sobre isótopos y sobre la utilización de isótopos en ERH.

PNUMA: En el marco del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente se controlan las aguas interiores para evaluar su impacto sobre el medio (Sistema Mundial de Control del Medio Ambiente (GEMS), véase PNUMA/OMS/UNESCO/OMM, 1977).

Todas las actividades de ERH arriba mencionadas tratan de todos los aspectos de la evaluación, tanto de exigencias como de necesidades para el abastecimiento de agua, las sedes de las NU para fines múltiples y la FAO y la OMS para fines sectoriales.

Muchos de los proyectos realizados con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) han tenido como propósito fundamental subsidiario, la evaluación de los recursos hídricos en uno o varios países. La mayoría de los proyectos que llevan a cabo la UNESCO, la OMM, la OMS, la FAO y otras organizaciones de las NU como organizaciones técnicas, son financiados por el PNUD. Así mismo, muchos de los proyectos financiados por el Banco Mundial tienen componentes de ERH.

Otras organizaciones internacionales no gubernamentales como el Instituto Internacional de Análisis Aplicado de Sistemas (IIAAS), han expresado su interés por los problemas de recursos hídricos y han llevado a cabo proyectos y estudios en este sector.

2. Organizaciones regionales

La mayoría de las organizaciones multinacionales de carácter regional, con fines económicos o de otro tipo han participado en mayor o menor grado en la ERH, entre las cuales cabe señalarse la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la Comunidad Económica Europea (CEE), el Consejo para la Ayuda Mutua Económica (CAME), el Comité Interestatal sobre el Control de Sequías en el Sahel (CILSS) y la Organización de Estados Americanos (OEA). En el marco de la preocupación de la OCDE por los recursos hídricos se ha llevado a cabo, por ejemplo un proyecto de ayuda para luchar contra la sequía en la región de Sahel. La CEE y el CAME se han ocupado, especialmente del control de la calidad y de la gestión del agua. El CILSS ha realizado investigaciones detalladas sobre la disponibilidad de recursos hídricos en los países del Sahel, y sobre la gestión y el desarrollo de esos recursos en la región. La OEA ha patrocinado varios proyectos regionales de desarrollo, algunos de los cuales sobre recursos hídricos y la mayoría sobre ERH.

Además de las actividades de las organizaciones multinacionales que se mencionan más arriba, conviene señalar la importancia para la ERH de los acuerdos entre organizaciones internacionales, varios países donantes y uno o varios países receptores, comprendiendo proyectos y desarrollo de recursos hídricos, en virtud de que dichos proyectos contienen componentes de la ERH. Algunos ejemplos son los acuerdos entre el PNUD, Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), CEE, Fondo Francés de Asistencia y Cooperación (FFAC) (donantes) y, la Comisión del Río Níger (receptores); y el PNUD, US (AID), FAC, Bélgica, Holanda (donantes) y CILSS (receptor).

3. Acuerdos bilaterales

En la evaluación de los recursos hídricos dos tipos de acuerdos bilaterales son importantes. En primer lugar, los acuerdos completos de interés común para países vecinos y que también tratan de temas relacionados con los recursos hídricos. En segundo lugar, los acuerdos de ayuda entre un país donante y un país beneficiario sobre la evaluación y el desarrollo de los recursos hídricos o proyectos conexos.

En el primer grupo cabe señalar el Tratado de Aguas Límites Canadá - Estados Unidos (1909), el acuerdo Egipto - Sudán sobre las Aguas del Nilo (1959), el Secretariado Permanente Senegambia (Senegal - Gambia). En el segundo grupo se pueden mencionar los acuerdos entre Francia y varios países de África para llevar a cabo EBRH en el marco de la "Office de la Recherche Scientifique d'Outre-mer" - ORSTOM), entre Alemania Occidental y varios países del mundo como Nepal y Bolivia, para realizar estudios de ERH y de gestión (en el marco de la "Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit"), y entre Canadá y Colombia sobre investigaciones hidrometeorológicas (en el marco del Canadian International Development Agency" - CIDA)

APÉNDICE III

EVALUACIÓN EXHAUSTIVA DEL AGUA DULCE

Capacidades de evaluación de recursos hídricos globales y redes de evaluación de recursos hídricos globales han sido consideradas por OMM/UNESCO (WMO/UNESCO, 1992) y por OMM (WMO, 1996). Las siguientes sugerencias y puntos clave fueron resaltados en la revisión por OMM/UNESCO (WMO/UNESCO, 1991).

Sugerencias de la revisión:

- las redes hidrométricas necesitan ser expandidas, especialmente en regiones tropicales y áridas;
- hay una particular escasez de datos de pequeñas cuencas, tales como sistemas de corrientes intermitentes, cauces urbanos, y zonas agrícolas frecuentemente sujetas a presiones de desarrollo;
- redes de precipitación, agua subterránea y estaciones de calidad de aguas son requeridas urgentemente, especialmente en las Regiones ECA, ECLAC, y ESCWA, y éstas deberían ser planeadas y coordinadas con las redes hidrométricas;
- el crecimiento de bancos de datos computarizados provee una oportunidad para agrupar bases de datos regionales, usando la nueva tecnología de microcomputador, como discos ópticos, la que sería extremadamente útil para los fines de la WRA;
- Debido a la falta de coordinación, planeamiento e intercambio de datos en algunas regiones, hay cuencas muy grandes con datos inadecuados o incompletos.

Puntos claves de relevancia global:

- La necesidad de buena legislación, coordinación, e integración en gestión y evaluación de recursos hídricos.
- La todo influyente disponibilidad de recursos financieros como un limitante de la efectividad de los programas de ERH, y la deteriorante situación en muchos países durante los 1980s.
- La falta de datos y de redes de recolección de datos para otras variables además de lluvia y agua superficial - calidad de agua, agua subterránea, sedimento, uso del agua e información asociada como fisiografía y uso del suelo,
- La importancia del propósito específico, datos de proyecto como un recurso de información que tiende a ser desdénado, y en muchos países está en riesgo de perderse.
- El éxito de algunos programas de cuencas fluviales internacionales en promover colaboración e intercambio de información, y el fracaso de otros.
- El creciente papel crítico jugado por los modernos sistemas de procesamiento de datos en asegurar entrega de datos a los usuarios terminales en forma apropiada y oportuna.
- La necesidad particular de transferencia de tecnología existente, suplementada por una rápida investigación y desarrollo para manejar circunstancias específicas y temas tales como la medida de flujo bajo difíciles circunstancias (por ejemplo, corrientes intermitentes, etc.)
- Las severas dificultades experimentadas por las agencias WRA en reclutar y retener personal, debido a condiciones de empleo desfavorables.
- El generalmente buen progreso hecho en educación y formación del personal en la universidad y nivel técnico superior, y el progreso más pobre al nivel de los técnicos inferiores y observadores.
- La necesidad de hacer uso completo de las oportunidades de entrenamiento disponibles mediante planeamiento apropiado, y el efecto de falta de recursos, materiales de entrenamiento, y educadores capaces en algunas áreas, en particular formación de técnicos.
- El impacto beneficioso de programas internacionales y bilaterales en muchas áreas, pero también el gran número de aspectos no deseados o que reducen su valor por debajo del potencial.

El proyecto Básico de Evaluación de Red (BNAP), de OMM (WMO, 1996), resultó en una evaluación global de redes usadas para evaluación de recursos hídricos. Los resultados generales de esta evaluación pueden ser resumidos en la Tabla A1.

Tabla A.1 Adecuación de estaciones básicas basada en fisiografía.

Porcentaje de cuencas inadecuadas (Número de cuencas analizadas)

Parámetro	Región fisiográfica					
	Polar/árido	Costero	Colinas	Interior	Montaña	Isla Pequeña
No registrando precipitación	100 (5)	72 (43)	32 (41)	46 (50)	74 (54)	85 (13)
Registrando precipitación	67 (3)	61 (44)	43 (42)	48 (52)	52 (65)	8 (12)
Temperatura del agua	100 (5)	72 (29)	45 (20)	59 (29)	65 (48)	70 (10)
Evaporación	71 (7)	57 (35)	36 (25)	66 (29)	65 (40)	73 (11)
Caudal	60 (10)	49 (37)	55 (64)	64 (75)	65 (72)	33 (3)
Sedimento	33 (3)	60 (10)	35 (17)	68 (25)	58 (31)	100 (1)
Calidad de agua	0 (4)	13 (15)	7 (15)	0 (24)	8 (25)	0 (3)
Agua subterránea	75 (4)	18 (11)	17 (12)	16 (19)	44 (9)	0 (2)
Promedio	66	57	40	50	59	69

Este porcentaje de cuencas inadecuadas está basado en criterios corrientes de densidad de OMM. Debe notarse que el criterio de densidad para calidad de agua, sedimento y estaciones de agua subterráneas desde entonces ha sido revisado y el porcentaje de cuencas inadecuadas ha crecido de acuerdo. Esta tabla muestra que, globalmente, todavía hay vacíos significativos en nuestra aptitud para emprender la evaluación de recursos hídricos. Las recomendaciones resultantes de este estudio son:

1. Todos los países deberían asignar a la evaluación de recursos hídricos los recursos financieros que se justifican por el valor económico y social de la información sobre sus recursos hídricos. El crecimiento socio-económico ha alcanzado una etapa en la que los temas del agua dulce a menudo han llegado a ser el factor limitante para un desarrollo sustentable.
2. Todos los países deberían establecer los arreglos institucionales necesarios para asegurar la recolección eficiente, procesamiento, almacenaje, recuperación y diseminación de información necesaria de una manera integrada. Las mejoras en la red deben incluir todos los aspectos de monitorear recursos hídricos, no simplemente aumentar los números y densidades de estaciones.
3. La tecnología de evaluación de recursos hídricos debería estar al alcance de todos los países de una manera apropiada a sus necesidades, independientemente del nivel de su desarrollo. Debe aplicarse continuo énfasis en la transferencia de tecnología desde las naciones desarrolladas a las en desarrollo, para reducir la siempre creciente diferencia en la capacidad de evaluación de recursos hídricos.
4. Debería haber suficiente número de personal apropiadamente calificado y capacitado, reclutado y retenido por las agencias de evaluación de recursos hídricos, con entrenamiento para llevar a cabo sus responsabilidades exitosamente. Tal entrenamiento es un requisito previo para la recolección normalizada de datos y una obligación para la comparabilidad y uso. El entrenamiento debe ser formalizado, comprensivo y rutinario.

5. Las densidades mínimas de red, de acuerdo a las zonas fisiográficas y climáticas como están incorporadas en OMM BNAP y la Guía de Prácticas Hidrológicas, son lineamientos útiles para el establecimiento y evaluación de redes hidrológicas básicas, particularmente cuando muy poca otra información hidrológica está disponible.
6. Una de las más importantes etapas en un diseño integrado es la comparación de las necesidades de información, y la aptitud de las estaciones disponibles en las varias redes hidrológicas para suministrar tal información. El desarrollo de las capacidades de los sistemas de información geográfica (GIS) que hacen uso de las bases de datos tales como OMM INFOHYDRO facilitaría aún más la integración de diseño de redes en base local y regional.
7. Bases de datos de información global, tales como OMM INFOHYDRO y BNAP son un inventario útil de condiciones de las redes corrientes.
8. Se fomenta a que los países emprendan su propio análisis de redes para identificar huecos en sus redes básicas hidrológicas y preparar planes para remediar tales debilidades. Los análisis expuestos sólo podrían justificar la distribución espacial de estaciones hidrológicas hasta un punto limitado; cada país está en la mejor posición de evaluar sus propias redes y necesidades de una manera más detallada.
9. Se sugiere a OMM a examinar de nuevo su criterio de densidad; se hacen sugerencias dentro del informe para posibles revisiones de algún criterio de densidad. El criterio de densidad para redes de evaporación debería también ser examinado en consulta con meteorólogos.
10. Mayor esfuerzo debería hacerse en el diseño y análisis de redes regionales; puede ser posible que un país haga uso de los datos de una estación ubicada en otro país, pero cerca de sus fronteras o dentro de una cuenca común. Esto resultaría en mayores recursos y eficiencia de redes.
11. Mayor esfuerzo debería ser efectuado por los servicios hidrológicos nacionales y la comunidad internacional para salvaguardar datos hidrológicos y aumentar su accesibilidad. Los países continúan perdiendo bancos de datos, entera o parcialmente; debido a guerras, desastres naturales, etc. En este estudio un país indicó que había perdido la mayoría de los registros de datos y virtualmente todas sus estaciones hidrológicas. Circunstancias similares se conocen que han ocurrido en otros lugares. La provisión de datos a agencias externas como OMM ayudaría a asegurar que tales registros no se pierdan. OMM puede en su turno considerar hacer tales datos regionales disponibles por computador en formato de disco o CD-ROM. Quizá el Centro de Datos Globales de Escorrentía de OMM (Coblenza) podría ser fortalecido para este propósito.
12. Una serie de rápidas evaluaciones de redes hidrológicas regionales (Regiones de OMM) es requerida a fin de definir aún más deficiencias urgentes de monitores. Estas evaluaciones deberían ser hechas de acuerdo a términos de referencia standard que involucren procedimientos básicos, pragmáticos. Las evaluaciones podrían incluir una visión general de las condiciones de recursos hídricos en la región, una descripción de las condiciones socio-económicas corrientes, comparaciones de redes sobre densidad, cuenca y per capita, una apreciación de actividades de evaluación de recursos hídricos, y recomendaciones para mejoras que cubran integración de redes, recursos financieros y humanos, organización, entrenamiento y un plan de implementación.

En febrero, 1996, el Instituto Hidrológico Estadual de San Petersburgo, Rusia, emprendió una evaluación de recursos hídricos y disponibilidad hídrica en el mundo como un componente de la Evaluación Exhaustiva de Agua Dulce solicitada por la Comisión de las N.U. sobre Desarrollo Sustentable (CSD) (Shiklomanov, 1996). La información provista abajo ha sido extraída del informe sobre esta evaluación global de recursos hídricos.

Los recursos hídricos mundiales se entendieron como los recursos anualmente recuperados de agua dulce comprendiendo escorrentía fluvial y agua subterránea en la zona de intenso intercambio hídrico. Tomando en consideración que la mayor parte del agua subterránea renovable anualmente proviene de ríos, la escorrentía media anual es la proporción significativa de los recursos de agua dulce recuperados anualmente. Los sistemas fluviales, que cubren prácticamente todas las regiones en el mundo contribuyen a más del 90% del aprovisionamiento de agua para distintas necesidades económicas y sociales. Así, la escorrentía media anual puede servir como una indicación de disponibilidad de agua en cualquier región del mundo. Una escala de evaluaciones de la escorrentía media anual desde los continentes ha sido efectuada y los resultados se indican en la Tabla A.2. La alta variabilidad de estos resultados debería ser notada.

Tabla A.2. Escorrentía fluvial total desde continentes, de acuerdo a autores diferentes (mm)

Autor	Año	Europa	Asia	África	Norte América	Sud América	Australia y Oceanía
Lvovich	1969	300	286	139	265	445	218
Lvovich	1972	319	293	139	275	583	226
Balance Mundial hídrico	1974	283	324	153	339	661	280
Baumgartner y Reichel	1975	282	276	114	242	617	269
Instituto de Recursos Hídricos	1992	312	324	126	326	588	263

Usando datos hidrológicos de 2400 estaciones hidrométricas de un total de 38600 en operación globalmente, Shiklomanov (1996) estimó los recursos hídricos renovables y disponibilidad hídrica de los continentes (Tabla A3). Debería notarse que un mayor número de estaciones podrían haber sido usadas si la calidad y homogeneidad de los datos mejoraban.

Tabla A.3 - Recursos renovables hídricos y disponibilidad de agua en los continentes

Continente	Área (km ² x 10 ⁶)	Población (millones)	Recursos hídricos (km ³ /año)				Disponibilidad potencial de agua (10 ³ m ³ /año)	
			Promedio	Max	Min	Cv	por km ²	per capita
Europa	10.46	685	2900	3210	2442	0.1	278	4.2
Norte América	24.25	448	7770	8820	6660	0.1	320	17
África	30.10	708	4040	5080	3070	0.1	134	5.7
Asia	43.48	3403	13508	15010	11800	.06	309	4.0
Sud América	17.86	315	12030	14350	10330	.07	674	38
Australia y Oceanía	8.95	28.7	2400	2880	1890	.10	268	84
Total	135	5588	42650	44460	39660	.02	316	7.6

La información que antecede sugiere que a pesar de las inadecuaciones en las redes de evaluación de recursos hídricos, somos capaces de emprender evaluaciones globales de recursos hídricos. Es la exactitud de esta estimación la que es afectada por la falta de datos en algunas áreas clave. Anteriores estimaciones mostraban errores de hasta 37%. Esto está muy por encima del nivel de referencia de 5-10% como se indica en el Apéndice IV.

Referencias

Braumgartner A., and Reichel E. (1975) *The World Balance*. R. Oldenbourg Verlag Munchen. Wien, p. 180.

Lvovich M. I. (1969) *Water resources of the future*. Moscow, "Prosveshchenie", 175 p., (in Russian)

Lvovich M. I. (1972) *World Water Resources in their future*. Moscow, "Mysl", 263 p., (in Russian).

Shiklomanov I. A. (1996) *Assesment of water resources and water availability in the world (Scientific and Technical Report)* State Hydrological Institute, St. Petersburg, Russia, February 1996, Draft.

WMO (1996) *The Adequacy of Hydrological Networks: A Global Assessment*. WMO Technical Reports in Hydrology and Water Ressources No. 52, WMO/TD No. 740, Geneva, 1996.

WMO/UNESCO (1992) *Report on Water Ressources Assessment. Progress in the implementation of the Mar del Plata action plan and a strategy for the 1990s*. WMO/UNESCO 1992. Input to the ICWE.

World water balance and water resources of the Earth (1974) *Gidrometeoizdat*. Leningrad, 638p., (in Russian). English version published by UNESCO 1978, *Studies and Reports in Hydrology*, No. 25.

Tabla 3.1 Instituciones y tareas involucradas en EBRH

Jurisdicción	Nacional (estado)								Provincia A							
	Institución	Tareas	Área cubierta %	Presupuesto anual US\$ % PBI	Mano de obra y capacidad administrativa			Requerimientos de construcción de capacidades	Institución	Tareas	Área cubierta %	Presupuesto anual US\$ % PBN	Mano de obra y capacidad administrativa			Requerimientos de construcción de capacidades
					Personal total	Personal administ. %	Personal profes. %						Personal total	Personal administ. %	Personal profes. %	
Meteorológica	Servicio meteorol. Dpto. de Transp. Aéreo	Concen-tración de precipit.	Todo el país	120x10 ⁶ 0.5%	482	8%	22%	OD.HRD	Oficina agrome-teorol. Min. Agricult.	Concen-tración de datos	Toda la provincia	40x10 ⁶ 0-2%	18	6%	18%	EE.HRD
		Idem de humedad aire	Id.							Id. de inform. Concen-tración datos de evapor.	Id. Norte humedad paralelo 12° N					
		Idem evapor.	Id.						Oficina meteor. Min. Medio Ambiente	Concen-tración datos calidad agua de precipit.	Id. Toda la provincia					
Hidrológica (Agua superficial)	Servicio hidrolog. Min. Obras Públicas	Concen. datos niveles, caudales y calidad de agua	Todo el país	65x10 ⁶ 0.2%	84	65%	15%	EE	Servicio hidrolog. Min. Energía	Concen. datos niveles y caudales	Sur paralelo 12° N	8x10 ⁶ 0.1%	24	7%	23%	EE
Hidrogeológica	División Hidrogeol. Servicio Geológico	Concen. datos niveles, caract. hidraul. de masas	Norte paralelo 12° N	4.2x10 ⁶ 1.6	62	3%	12%	ID.HRD	División Abastec. de agua Min. Planificac.	Concen. datos niveles y calidad de agua	Sur paralelo 12° N	6x10 ⁶ 0.08%	53	5%	16%	CD

OD: Desarrollo organizativo

ID: Desarrollo institucional

HRD: Desarrollo de recursos humanos

EE: Ambiente habitante

NIVELES DE REFERENCIA PARA RECOLECCION DE DATOS BSICOS

ELEMENTOS DE EVALUACIÓN	NIVELES DE REFERENCIA							
	TEMPLADO				TROPICAL			
	ÁRIDO SED.	N.SED	HÚMEDO SED.	N.SED	ÁRIDO SED.	N.SED.	HÚMEDO SED.	N.SED.
Estaciones de precipitación; no registradoras (Número por 10 ⁴ km ²)	6	6	20	40	6	6	20	40
Estaciones de precipitación; registradoras (Número por 10 ⁴ km ²)	1.5	1	2	2	1.5	1	2	2
Estaciones de evaporación; no registradoras (Número por 10 ⁵ km ²)	3	3	2	2	3	3	3	2
Estaciones de evaporación; registradoras (Número por 10 ⁶ km ²)	1	1	0	0	1	1	0	0
Ruta nivométrica; convencional (Número por 10 ⁴ km ²)	3	3	2	2				
Estaciones midiendo calidad de agua de precipitación líquida y sólida (número por 100 est. de precipitación + nivo)	25	25	10	10	25	25	10	10
Estaciones de nivel de agua superficial; no registradoras (Número por 10 ⁴ km ²)	0.6	1.2	12	24	1.2	2.4	12	24
Estaciones de nivel de agua superficial; registradoras (Número por 10 ⁴ km ²)	0.3	0.3	1	1	0.6	1	1	1
Estaciones de caudal fluvial ^(a) (Número por 10 ⁴ km ²)	0.5	1	10	20	1	2	10	20
Estaciones de caudal de sedimento (Número por 10 ⁴ km ²)	0.3	0.2	3	2	0.7	0.4	5	3
Estaciones de temperatura de aguas superficiales (Número por 10 ⁴ km ²)	0.3	0.2	3	2	0.7	0.4	5	3
Calidad de agua superficial (Número por 10 ⁴ km ²)	0.3	0.2	3	2	0.7	0.4	5	3
Estaciones de nivel de agua subterránea; no registradora (Número por 10 ⁴ km ²)	5	2	2	0.5	5	2	2	0.5
Estaciones de nivel de agua subterránea; registradora (Número por 10 ⁴ km ²)	2	1	2	1	2	1	2	1
Estaciones de agua subterránea midiendo características hidráulicas. (Número por 10 ⁴ km ²)	5	2	2	0.5	5	2	2	0.5
Estaciones de calidad de agua subterránea (Número por 10 ⁴ km ²)	5	3	5	3	5	3	5	3

^(a) Estaciones de registro de nivel de agua superficial donde se efectúan medidas de flujo fluvial.

APÉNDICE VI

TABLA A.1 EJEMPLO DE INFORMACIÓN SOBRE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN DE PERSONAL EN RECURSOS HÍDRICOS Y ÁREAS RELACIONADAS

CURSO	Nº de escuelas		Duración (meses)	Promedio anual de Enrolamiento	NOTAS
	Regular	Ocasional			
Observador meteorológico	1+	2 en 10 años	regular- 3 años oc- 3 meses		12 años de educación pre-universitaria requeridos. Obtenible dentro del país. Indicar periodicidad aproximada
Observador hidrológico					
Observador hidrogeológico					
Técnico en meteorología					
Técnico en hidrología					
Técnico en hidrogeología					
Técnico en computación					
Meteorólogo					
Hidrólogo (agua superficial)					
Hidrogeólogo					
Hidráulico					
Analista de sistemas					
Computador científico					

TABLA A.2 REQUERIMIENTOS PARA PROFESIONALES Y TÉCNICOS EN EL CAMPO DE RECURSOS HÍDRICOS - NIVELES DE REFERENCIA

Características naturales y económicas del país	Profesionales por millón de habitantes	Técnico por millón de habitantes
Bajo desarrollo económico, régimen hidrológico simple sin mayores problemas en el uso hídrico	5	30
Condiciones promediales	15	80
Alto desarrollo económico; régimen hidrológico complicado; grandes problemas en uso hídrico; múltiple uso de agua	40	200

TABLA A.3 REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA PARA RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS DE AGUA SUPERFICIAL -NIVELES DE REFERENCIA

Tareas	Número de personal para 100 estaciones			
	Profesionales	Técnicos		Observadores
		Superior	Inferior	
I. Estaciones hidrométricas				
- Operaciones de campo y manutención	1	5	5	100
- Procesamiento de datos, análisis e interpretación	2	3	3	-
- Supervisión	0.5	-	-	-
Sub - total	3.5	8	8	100
II. Estaciones de lluvia y evaporación				
- Operaciones de campo y manutención	0.5	2	2	100
- Procesamiento de datos, análisis e interpretación	1	2	2	-
- Supervisión	0.25	-	-	-
Sub - total	1.75	4	4	100

Notas:

- 1) Muchos observadores trabajan tiempo parcial o voluntariamente.
- 2) El mismo personal de campo a menudo realiza las tareas en I y II
- 3) Características topográficas e hidrográficas y facilidad de acceso condicionan las necesidades de mano de obra en el trabajo y operaciones de manutención. Por lo tanto, las cifras indicadas deberían ser ajustadas en cada caso.
- 4) Es conveniente que cada país lleve a cabo la evaluación en base a esta tabla, teniendo en cuenta las presentes y recomendadas condiciones de operación de sus estaciones hidrométricas, de precipitación y evaporación. Será posible determinar las futuras necesidades de mano de obra mediante la subsiguiente comparación de la tabla observando los esperados porcentajes de crecimiento durante el período.
- 5) Más detalles sobre el nivel de personal están dados en Tabla A.2.

APÉNDICE VII

NIVELES DE PRECISION CONCERNIENTES AL USO DE DATOS DE RECURSOS HIDRICOS PARA PROYECTOS

Recurso hídrico, características Elemento de proyecto de recurso hídrico	Precipitación			Calidad	Evaporación	Niveles de agua			Flujo fluvial				Esquema del cauce			Sedimento	Agua subterránea			
	Tormentas	Serie de tiempo	Nieve			Serie de tiempo	Máx.	Mín.	Serie de tiempo	Máx.	Mín.	Calidad	Sección transversal	Plan	Dist.de velocidad		Niveles	Rendi- miento	Caract. hidro- geológico	Calidad
Modificadores de balance hídrico	30	10	40		40				5	15	15						5	10	20	
Redistribuidores de agua en espacio					50	5	10	5	5	10	10	20	5	5	5	20	5	10	20	25
Redistribuidores de agua en el tiempo	25	10	40	25	30	10	15	10	5	15	10	20				20	10	20	20	25
Generación hidroeléctrica				25		5	10	5	5	15	10	25	5		5	20	10	20	15	15
Extractores o proveedores de energía hídrica																				
Confinadores de agua				25		5	10	5	5	10		25	5	5	5	30				30
Aliviaderos de agua				25		5	10	5	5	10		25	5	5	5	20				30
Mejoradores de calidad en fuente	35	15	40	20	15							20	5	5	5	20	10	10	20	30
Mejoradores de calidad en puntos de uso									5	15	10	20	5	5	5	20	10	10	20	20
Legislación hidro-relacionada y normas	40	20	50	30	40	10	15	10	10	15	15	25	20	20	20	30	20	20	30	30
Zonificación	40	20	50	30	40	10	15	10	10	15	15	25	5	5	5	30	20	20	30	30
Seguro	25	10					10	5	5	10	10	20					10	20	20	
Pronóstico de caudal y calidad de agua	25	10	40	20	30	5	10	5	5	10	10	20	10		10		10	10	20	20

Niveles de precisión dados como límites de tolerancia en porcentaje, excepto para niveles de agua donde los límites se dan en cm.

APÉNDICE VIII

EJEMPLO DE EVALUACIÓN DE CAPACIDAD NACIONAL

Introducción

La aplicación de la primera edición de este Manual fue efectuada con diferente intensidad en las diferentes regiones. En América Latina y el Caribe, el Manual fue ampliamente usado. La aplicación de la versión anterior del Manual de OMM/UNESCO en América Latina y el Caribe se inició en 1985 y continúa hasta la fecha (1996). La información dada en este Apéndice fue suministrada por la Oficina Regional de UNESCO.

Después de la reunión de los comités nacionales de Sud América, América Central y México (Montevideo, 1990) se decidió hacer una evaluación del sector hídrico usando una aproximación holística, con el objeto de tener un instrumento que habilitara a legisladores, gerentes, investigadores, profesores, antropólogos, hidrólogos, ambientalistas, meteorólogos, geógrafos, universidades y centros de entrenamiento, centros de investigación, cooperación internacional y centros hidro relacionados, a tomar decisiones e implementar actividades de planeamiento multiobjetivo y multidimensional en el campo de hidrología y recursos hídricos en América Latina y el Caribe.

La evaluación del sector hídrico fue implementada por etapas y módulos a fin de armonizar la información recolectada a nivel nacional en documentos regionales, con los siguientes detalles:

- (a) Evaluaciones cuantitativas de recursos hídricos (Ejecución de balances de agua superficial, ejecución de mapas hidrogeológicos, ejecución de balance aerológico)
- (b) Evaluación de las actividades de evaluación de recursos hídricos.
- (c) Evaluación del impacto ambiental de las actividades de recursos hídricos de la región.

El primer paso para la ejecución de estas actividades fue establecer grupos de trabajo para la preparación de una guía metodológica para asegurar la estandarización de todos los proyectos siguiendo una serie de criterios y la elaboración de documentos regionales en los cuales la unidad administrativa sería la cuenca hidrográfica.

Evaluación de las actividades de evaluación de recursos hídricos.

El proyecto fue iniciado en la región invitando a los países a designar un grupo de trabajo y un coordinador de proyecto a nivel nacional. Esto permitió a UNESCO establecer un contrato con el coordinador a fin de garantizar que el proyecto sería ejecutado en aproximadamente de 12 a 14 meses. El proyecto fue desarrollado usando como referencia principal un centro de investigación de hidrología, hidráulica y recursos hídricos, y un servicio nacional de hidrología y meteorología. Desde su lanzamiento a nivel nacional el proyecto enfrentó dificultad de acceso a la información y por lo tanto se decidió que los coordinadores fueran los oficiales responsables para el sector hídrico, esto facilitó el acceso directo a los datos, que en la mayoría de los casos requerían procesamiento.

Aspectos administrativos.- El primer paso fue obtener una carta organizativa de la Rama Ejecutiva de cada gobierno de país y, en base a esta carta efectuar visitas y hacer un estudio de todas las instituciones hidrorelacionadas. En la mayoría de los casos se verificó una sustancial multiplicación de esfuerzos que debilitaba el sector hídrico, si existía como tal.

Aspectos legales.- La estrategia general del trabajo fue hacer un estudio bibliográfico de boletines oficiales en cada país para establecer una cronología de todas las leyes y reglamentaciones en orden jerárqui-

co, empezando con el tema general del medio ambiente y el agua. La experiencia en la región fue que la mayoría de la legislación es de carácter napoleónico y muy imprecisa con respecto al agua (en muchos casos el agua es clasificada como un recurso mineral).

Recolección de datos, procesamiento y recuperación.- El procedimiento fue seguido por los países que habían terminado sus balances hídricos y mapas hidrogeológicos. Una seria degradación del servicio fue observada en lo que concierne a recursos humanos, tecnología e infraestructura. En algunos casos las instituciones querían vender la información necesaria para llevar a cabo la revisión. Se observó que también en muchos casos las series de datos tienen huecos y que el análisis de consistencia no era trabajo rutinario. El tema común para los países es que la información hidrometeorológica no es exclusividad del servicio hidrológico y meteorológico nacional; alguna de ella está también disponible en los siguientes servicios: hidroelectricidad, agua potable, ministerios de agricultura e irrigación, obras públicas, etc. En algunos casos entre estas instituciones no hay ni coordinación ni standard comunes. Por experiencia, la información más confiable es la de los servicios de hidroeléctricos.

Evaluación zonal de elementos hidrológicos.- En esta región se usaron contribuciones de PHI, balances de agua superficial y mapas hidrogeológicos. Debe notarse que los balances hídricos nacionales fueron ejecutados por cuencas en escalas de 1:1.000.000 y 500.000. La duración de los estudios fue de aproximadamente de cuatro a siete años, con aportes de instituciones de investigación y bilaterales, multilaterales y de cooperación internacional así como fondos internos y externos. Cada país preparó un estudio detallado y una síntesis de su balance hídrico. El mismo procedimiento fue seguido para agua subterránea, con la suma de contribución activa de los servicios geológicos de la región.

Datos hidrológicos e información requerida para propósitos de planeamiento.- En el caso de América Latina y el Caribe este Capítulo constituye el resultado global de la cuantificación hídrica. En el presente, por la reestructura del sector hídrico y/o la creación de autoridad hídrica, el ítem de la administración de la oferta de agua está basado en el resultado de este capítulo (el programa para el fortalecimiento del sector hídrico en la región es ejecutado por UNESCO y el Banco Mundial (BM)).

Mano de obra, educación y formación.- Este capítulo partió de un estudio de todas las instituciones involucradas en entrenamiento de mano de obra para el sector de recursos hídricos y otro estudio para usuarios de conocimientos hidro-relacionados, ambos a niveles público y privado. El primer resultado fue el establecer un plan de acción para el programa de formación del PHI en América Latina y el Caribe, apuntando a satisfacer necesidades de formación. Se estableció también que un importante porcentaje de cursos de entrenamiento ofrecidos en la región era innecesario mientras que, cursos de gran demanda no son organizados.

Investigación y desarrollo. Un estudio fue efectuado a nivel nacional para identificar todos los centros de primera categoría. Con estos resultados UNESCO estableció un standard de excelencia y una certificación de todos los centros de investigación que cumplan con este standard. Sólo el 40% de todos los centros identificados fueron certificados y están incluidos en una base de datos (HIDRO) que da una integrada descripción de la investigación en cada institución.

Práctica de evaluación de la ERH

En este capítulo se hace una consolidación de los resultados disponibles en base a la información objetiva en cada tema. Un denominador común de este capítulo fueron las siguientes conclusiones:

- (a) Que el país carece de autoridad de aguas,
- (b) Que el país carece de un plan maestro para administrar sus recursos hídricos.
- (c) Que hay un déficit de mano de obra en ciertos subsectores;
- (d) Que hay una duplicación de esfuerzo en la cooperación internacional, multilateral y bilateral;
- (e) Que el sector hídrico debe ser elevado en importancia
- (f) Con respecto al perfil del evaluador (grupo de trabajo o coordinador) a cargo de llevar a cabo la revisión; la experiencia en la región es la siguiente:

- El grupo de trabajo ha de ser un equipo multidisciplinario bajo la coordinación de un ingeniero en recursos hídricos;
- el coordinador no debe ser integrante del sector de usuarios hídricos (neutral);
- el coordinador debe tener experiencia en administración de recursos hídricos;
- el coordinador debe tener acceso a todos los sectores del sistema estadual y al del sector privado;
- El evaluador debe tener experiencia y/o conocimiento en toma de decisiones multicriterio para la evaluación general.

Productos y aplicación del manual en América Latina y el Caribe

Tan pronto la información sobre el sector está concluida y consolidada, es generalmente usada de la siguiente manera:

- (a) Reestructura y/o fortalecimiento del sector hídrico. La evaluación ahora constituye un documento básico para la reestructura del sector hídrico aplicando los principios de Dublín (6 casos en ejecución por UNESCO/BM);
- (b) Establecimiento de un sistema de información sobre el ciclo hidrológico y las actividades en recursos hídricos en América Latina y el Caribe (LACHYSIS), que es operacional en UNESCO/LAC;
- (c) Establecimiento de criterios y un plan de acción para cursos de entrenamiento para graduados y post-graduados en hidrología y recursos hídricos y cortos cursos de actualización, así como un curso de certificación por PHI/UNESCO;
- (d) Establecimiento de criterios para coordinación a nivel nacional de cooperación gubernamental y no gubernamental internacional, multilateral y bilateral;
- (e) Apoyo al desarrollo de proyectos en cuencas internacionales a través de intercomparación y armonización de información integrada confiable.

Ejemplo guatemalteco

El ejemplo dado ha sido seleccionado entre los países latinoamericanos y el Caribe que usaron la edición previa (1988) del Manual como guía. El informe producido en Guatemala en 1993 contiene casi quinientas páginas y fue preparado por Sergio Hernández, trabajando dentro del servicio hidrológico nacional (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología). La estructura del informe sigue casi exactamente los capítulos o subcapítulos del Manual de 1988.

El capítulo 8 del informe guatemalteco, denominado "Conclusiones y recomendaciones" básicamente sigue al Capítulo 8 del Manual de 1988, llamado "Práctica de la ERH".

Los componentes de la EBRH, de los que se formularon conclusiones son:

- legislación (dos páginas)
- administración hídrica nacional (dos páginas)
- recolección de datos (veinticinco páginas)
- almacenaje, procesamiento y recuperación de datos hidrológicos (tres páginas)
- almacenaje, procesamiento y recuperación de datos fisiográficos (dos páginas)
- evaluación zonal de elementos hidrológicos (media página)
- datos hidrológicos requeridos para propósitos de planeamiento (una página)
- educación y entrenamiento de mano de obra (tres páginas)
- investigación y desarrollo (una página)

Las recomendaciones incluidas en el informe cubren los siguientes aspectos:

- aspectos legales e institucionales (una página)
- recolección de datos (media página)
- almacenamiento, procesamiento y recuperación de datos hidrológicos (media página)
- almacenamiento, procesamiento y recuperación de datos fisiográficos (media página)
- evaluación zonal de elementos hidrológicos (media página)

- datos hidrológicos requeridos para propósitos de planeamiento (un párrafo)
- educación y entrenamiento de mano de obra (una página)
- investigación y desarrollo (una página)

El informe parece haber sido de gran valor y provee una buena base para mejorar los diferentes componentes de la EBRH en Guatemala. El Sub-capítulo 8.2.8 "Evaluación general" del Manual de 1988 no ha sido aplicado en el informe guatemalteco.

Los principales resultados de los análisis llevados a cabo en Guatemala son:

- (a) Disponibilidad de un documento que muestra la presente situación del sector hídrico en Guatemala;
- (b) Creación del Secretariado de Recursos Hídricos de la República de Guatemala y nombramiento del anterior presidente de PHI Guatemala, como Secretario para Recursos Hídricos del Presidente de la República;
- (c) Solicitud por el Banco Interamericano de Desarrollo del informe guatemalteco para definir el plan de acción hídrico.
- (d) El informe guatemalteco fue solicitado por agencias de cooperación internacional y universidades para ser usado en consultas y definición de actividades.

En otros países de América Latina donde el Manual ha sido usado, la experiencia sobre las consecuencias de su aplicación son similares.

EJEMPLO DE EVALUACIÓN DE CAPACIDAD REGIONAL

El ejemplo elegido es la Evaluación Hidrológica del África Sub-Sahariana países del Oeste Africano, producido por Mott MacDonald Internacional y otros (1992) como una de las contribuciones al proyecto Sub-Sahariano Africano de Evaluación Hidrológica. La región cubierta comprende los países de África Occidental (ver figura A1). El informe está basado en una serie de informes nacionales combinados para formar una evaluación regional. La estructura del informe es la siguiente:

- Recursos regionales hídricos (cuarenta y cinco páginas más figuras)
- Organizaciones regionales y programas (trece páginas más figuras)
- Método de evaluación de sistemas de recolección de datos (once páginas más figuras)
- Situación de recolección regional de datos (veinte páginas más figuras)
- Manejo de datos (doce páginas más figuras)
- Desarrollo institucional (dieciséis páginas más figuras)
- Recomendaciones (dieciséis páginas más figuras)

Las conclusiones de la evaluación puede resumirse como sigue:

Recolección de datos

- muchas agencias apenas pueden funcionar y muy pocas lo hacen eficientemente;
- amplia variación en el nivel de desarrollo de organizaciones y la gama de las actividades emprendidas rutinariamente;
- más a menudo que problemas técnicos son los problemas organizacionales y administrativos los que impiden las acciones,
- fondos inadecuados asociados con performance pobre de economía nacional es un impedimento muy común;
- sostenida escasez de fondos ha llevado a reducir niveles de personal, equipos y transporte;
- el mantenimiento y servicio de las estaciones es inadecuado;
- la nueva tecnología permite ahorros potenciales en personal de campo y una menor necesidad de transporte;
- inhabilidad para producir información confiable;
- pocos países intentan tener en marcha un programa de medición de transporte de sedimentos.

Manejo de datos:

- Limitaciones financieras en servicios nacionales han tenido un efecto adverso en las recientes performances de sus sistemas de manejo de datos;
- la mayoría de las agencias están en fase de transición de manejo manual a manejo basado en computador;
- los problemas pueden incluir:
 - malos procedimientos administrativos;
 - desarrollo minúsculo de sistemas (incompatibilidad y duplicación);
 - inadecuadas habilidades y recursos de mano de obra;
 - mal ideados e ineficientes sistemas de almacenaje de datos;
 - malas instalaciones;

- inadecuada supervisión de trabajos;
- falta de apoyo y de mantenimiento de computadoras y software
- apoyo al hardware mínimo;
- contralor de calidad variable (omisiones de chequeo bajo investigación)
- donde asistencia técnica ha sido provista por largo tiempo, o la base de datos ha sido mantenida como parte de un proyecto específico, los sistemas han operado relativamente bien, pero donde insuficiente apoyo ha sido provisto, el sistema no ha mantenido todo su potencial;
- no está claro que el almacenaje de datos computarizados esté correctamente etiquetado.

Desarrollo institucional

- establecer un objetivo común para las agencias de recolección de datos en los ejercicios de ajuste de presupuestos de emergencia;
- los beneficios de datos hidrológicos deben ser conocidos y los tomadores de decisiones estar al tanto de los riesgos de diseñar proyectos con datos hidrológicos inadecuados;
- la disponibilidad de transporte es un problema serio;
- la escasez de mano de obra existe en la mayoría de las organizaciones;
- los servicios hidrométricos muestran un aspecto pobre y a menudo un rumbo y una estructura inciertos;
- bajos niveles presupuestales;
- la cooperación regional se hace cada vez más urgente.

Las recomendaciones consisten principalmente en una lista de proyectos apuntando a mejorar las capacidades de evaluación de recursos hídricos en la región. El sumario de las recomendaciones es el que sigue:

“Firmemente creemos que las mejores perspectivas para una evaluación y gestión de recursos hídricos dependen de un programa a largo plazo de apoyo regional y nacional que cubra todos los aspectos de los servicios hidrométricos. El énfasis debe colocarse en un sustancial período de asistencia; muchos de los problemas hidrométricos de la región tienen una larga historia que la experiencia pasada ha demostrado no puede ser solucionada con dos o tres años de ayuda..... Se necesita un período de diez a quince años de asistencia directa se necesita, con grandes y sistemáticas infusiones de bienes de capital, ayuda de expertos y entrenamiento, diseñados para solucionar las necesidades de cada país.

Nuestras recomendaciones cubren todos los aspectos del monitoreo de los recursos hídricos desde procedimiento de campo básicos, administración de datos, procesamiento y presentación de datos, y aplicaciones de los mismos. A través de los años hemos sido conscientes de las implicancias financieras y administrativas que significan para cada país.

El programa consiste de una serie de proyectos de país que han sido cuidadosamente diseñados para elevar el standard de la operación. Además de los proyectos nacionales, un número de proyectos regionales han sido diseñados para fomentar la cooperación regional y promover apoyo y monitoreo a los servicios hidrométricos”.

En el informe se dan más detalles sobre proyectos regionales y nacionales.

Referencias

Mott MacDonald International *et al* (1992) Sub-Saharan Africa Hydrological Assessment West African Countries, Regional Report, December 1992, The World Bank, UNDP, African Development Bank, French Fund for Aid and Cooperation.

Los 23 países de África Occidental con el Níger y Senegal como las mayores cuencas fluviales

Figura 1 - Países de África Occidental - Grupo III