

8 2 7

C O 7 9

Referencia: Centro  
y Water Supply

REPÚBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS

DIVISION DE HIDROGEOLOGIA

PLAN NACIONAL DE AGUAS SUBTERRANEAS

Preparado por:

Francisco Mosquera Miranda

Asesoría :

Frans Walter-Hugo Schoute

Bogotá, D.E., Noviembre de 1.979

8270079-1314

**LIBRARY**  
**International Reference Centre**  
**for Community Water Supply**

REPUBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS  
DIVISION DE HIDROGEOLOGIA

PLAN NACIONAL DE AGUAS SUBTERRANEAS

Preparado por : Francisco Mosquera Miranda

Asesoría : Frans Walter- Hugo Schoute

Bogotá, noviembre de 1979

## CONTENIDO

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCION	
JUSTIFICACION .....	3
EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUBTE- RRANEOS .....	4
Fase 1 Inventario de Datos.....	5
Fase 2 Exploración y Estimación del Recurso.	5
Fase 3 Estudios para el Manejo del Agua...	6
Fase 4 Estudios de Comprobación.....	6
SITUACION ACTUAL EN COLOMBIA EN LA INVESTI- GACION DEL RECURSO.....	8
ESTIMACION DE REQUERIMIENTOS PARA EL ESTU- DIO DEL RECURSO.....	9
Base de Estimación.....	9
Cifras Promedias.....	10
CALCULO DE NECESIDADES A NIVEL PROFESIONAL EN EL CAMPO DE AGUAS SUBTERRANEAS PARA TO- DO EL PAIS.....	13
CALCULO DE NECESIDADES PARA EVALUACION DEL RECURSO.....	16
Evaluación a Escala Nacional.....	16
Cálculo de Necesidades para Evaluación de Aguas Subterráneas en la Zona Occidental .....	17

	Pág.
Profesionales.....	17
Auxiliares.....	18
Análisis de Costos .....	18
Recursos Humanos.....	18
Materiales y Gastos Generales.....	21
Renovación de Equipo .....	21
Cálculo de Necesidades para la Evaluación de Aguas Subterráneas en la Subzona de la Costa Atlántica ...	23
Profesionales.....	23
Auxiliares.....	24
Análisis de Costos .....	24
Renovación de Equipo.....	24
RESTRICCIONES ACTUALES.....	26
PROPUESTA PARA UN PLAN DE DESARROLLO.....	27
Capacitación de Profesionales.....	27
Cursos Internacionales .....	29
Capacitación del Personal Técnico .....	30
Fortalecimiento de la División de Hidrogeología .....	30

#### TABLAS

No. I	Requerimientos a nivel profesional evaluación, explotación y manejo -Fases 1,4	14
No. II	Tasa de Crecimiento	19

## TABLAS

Págs.

No.	III	Relación de Personal y Costos en la Zona Occidental	20
No.	IV	Relación de Personal y Costos en la Subzona de la Costa Atlántica	25
No.	V	Capacitación de Profesionales	28

## FIGURAS

No.	I	Mapa Índice	11
No.	II	Gráfico de Necesidades de Profesionales y Costos de Investigaciones	15

## ANEXO

Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua- Mar de Plata - Págs. 6-9- 42-50 y 66.

## 1. INTRODUCCION

La utilización del agua subterránea se remonta a los primeros tiempos de la civilización. Su explotación se ha hecho preferentemente en zonas áridas, pero debido a que es una fuente segura y económica y casi siempre constante durante todo el año, su extracción se ha extendido a áreas con precipitaciones altas y donde el agua superficial se obtiene a distancias intermedias o aún pequeñas.

El uso del agua subterránea seguirá incrementándose en el futuro cercano, debido a que por una parte se presenta mayor aumento en su demanda por el desarrollo de la industria, la agricultura y el crecimiento de la población, y por otra es de prever el desplazamiento del agua superficial por el de agua subterránea, como resultado de la degradación en la calidad del agua superficial para el consumo humano y agrícola.

Se ha considerado que Colombia posee una gran riqueza hídrica superficial; sin embargo el análisis de la situación del país, en lo que a recursos hídricos se refiere, muestra que vastas regiones contemplan escasez de agua. Un sinnúmero de causas tales como el cambio en los regímenes hidrológicos debido a la deforestación intensa,

la polución producto entre otras causas del desarrollo industrial no controlado, las concentraciones masivas de población no planificadas, están ocasionando la escasez del recurso a escala nacional en zonas hasta hoy alimentadas por agua superficial. El país que basa su economía fundamentalmente en la agricultura tiene varias regiones subutilizadas por falta de agua superficial y desconoce las soluciones a base de agua subterránea. La falta de agua potable para el consumo humano cada día toma dimensiones más dramáticas ya que el alto porcentaje de población que usa agua contaminada va en aumento.

Es por lo tanto fundamental que el país esboce un plan de estudio de los recursos hídricos del país para tener un conocimiento más consciente y que conduzca a soluciones positivas.

Los planes para las investigaciones de aguas subterráneas y su desarrollo deben ser involucrados en la estrategia del país y no deben formularse por separado.

## 2. JUSTIFICACION

2.1. El Departamento Nacional de Planeación "DNP" se ha interesado en adelantar un programa nacional a largo plazo de exploración de aguas subterráneas con prioridad al consumo humano, por lo tanto ha solicitado al INGEOMINAS con fecha 11 de julio de 1979, que elabore un programa inicial de acuerdo al Plan Nacional de Acueductos.

2.2. En el Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el agua, reunida en Mar de Plata entre el 14 y el 25 de marzo de 1977, E/CONF. 70/29, se plantean recomendaciones y resoluciones de las cuales se extraen los siguientes puntos que se consideran de interés ( Ver Anexo No. 1 ).

En la Resolución No. 1 Evaluación de los Recursos Hídricos esta conferencia reconoce que "A fin de que los planes de acción adoptados por la Conferencia para la intensificación y el mejoramiento de la utilización y el aprovechamiento del agua en la agricultura y para el suministro de agua potable y de servicios de saneamiento a todos los asentamientos humanos se ejecuten hacia 1990; es necesaria



una evaluación adecuada de los recursos hídricos en todos los países del mundo, y en particular en los países en desarrollo ".

En la "Recomendación A. Evaluación de los recursos hídricos, la conferencia comprueba que " En la mayoría de los países existen graves deficiencias en la disponibilidad de datos sobre los recursos hídricos, especialmente en relación con las aguas subterráneas y la calidad del agua. Hasta ahora, se ha asignado relativamente poca importancia a la medición sistemática de estos recursos. También se ha descuidado mucho lo relacionado con la elaboración y compilación de datos ".

### 3. EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS

Para lograr una explotación óptima de las aguas subterráneas, son necesarios estudios hidrogeológicos para la evaluación y el manejo de estos recursos. Explotación sin investigación, conduce al derroche de dinero en pozos secos, o pozos con producciones más bajas de las posibles o de mala calidad del agua. La explotación del agua subterránea sin un estudio consciente con el que previamente se puedan ponderar las alternativas de extracción, conducirá a una sobreexplotación que significará la pérdida de las inversiones rea-

lizadas.

Por estas razones la evaluación de los recursos hídricos subterráneos debe considerarse indispensable.

En la evaluación de los acuíferos se distinguen las siguientes fases:

#### Fase 1 Inventario de Datos

Esta fase comprende la recolección y evaluación de todos los datos pertinentes y disponibles : históricos, geográficos, geológicos, (Informes y mapas ) geofísicos (resultados de levantamiento geoelectricos, registros físicos de pozo ), hidroquímicos ( análisis y mapas), isotópos , pozos (descripción de perforaciones, producción) , hidrogeológicos ( niveles estáticos, estacionales pruebas de bombeo, modelos hídricos).

La información se archiva sistemáticamente en un Banco de Datos y se evalúa en mapas y cortes de progreso.

#### Fase 2 Exploración y Estimación del Recurso

En esta fase se ejecutan estudios en el campo para delimitar la geometría de los acuíferos y de las formaciones permeables, sus características y la composición química del agua subterránea; estos parámetros son más o menos independientes del tiempo.

Simultáneamente o poco después se ejecutan las actividades que definen los parámetros que varían con el tiempo: niveles estáticos, precipitación, evaporación, descarga superficial. Esta fase dará base para el balance hídrico con la determinación de la recarga dentro de áreas dadas, y la información sobre la capacidad de los pozos de producción contemplados. Estos estudios suministrarán los datos para la definición de planes regionales integrados (Water master plans), con miras a determinar el uso racional del recurso.

#### Fase 3 Estudio para el Manejo del Agua

Por medio de modelos análogos o matemáticos se estudia el efecto proveniente del cambio de los términos del balance hídrico (Ej. descarga por extracción de agua subterránea), con miras al aprovechamiento óptimo del recurso.

De preferencia se ejecutarán estos estudios en combinación con datos socioeconómicos.

#### Fase 4 Estudios de Comprobación

La fase precedente conducirá a obras de dotación basadas sobre planes maestros (Water Master plans); o en caso de sobreexplotación, a valores que suministren una base para la utilización del recurso hídrico.

Durante la Fase 4 se establecerá si la situación prevista en la Fase 3 respecto a niveles de agua, descarga superficial, etc. corresponde a la situación real.

No hay que olvidar que un área con explotación del recurso subterráneo, necesitará continuos estudios de control.

Desarrollos adicionales de un área, tales como recarga artificial y cambios en el uso del agua y en el aprovechamiento de los suelos necesitan actividades complementarias en el campo hidrogeológico. De otra parte la creciente amenaza del deterioro de la calidad del agua, es otra causa de inquietud que reclama soluciones urgentes.

Considerando que los estudios relacionados con la explotación de las aguas subterráneas, y el manejo del recurso exigen medios eficaces y utilización de métodos modernos el INGEOMINAS, juzga indispensable el establecimiento de :

- Un Banco de Datos pertinentes al Recurso Hídrico Subterráneo
- Redes regionales para medir periodicamente los niveles piezométricos y ciertos parámetros cualitativos
- Laboratorios de granulometría, geofísica, electrónica, etc.
- Centro de computadores, laboratorios de modelos matemáticos
- De otra parte la Oficina de Planeación del INGEOMINAS coordinará entre otros los estudios hidrogeológicos y las

relaciones con otras entidades. (INSFOPAL, INAS, etc.)

#### 4. SITUACION ACTUAL EN COLOMBIA EN LA INVESTIGACION DEL RECURSO

En el país todos los estudios efectuados hasta el presente únicamente han cumplido con las Fases 1 y 2 .

Los estudios regionales efectuados en Colombia cubren, La Alta y Media Guajira, parte del Río Cauca, parte del Valle Medio del Magdalena, El Valle del César, La Sabana de Bogotá ( La parte norte actualmente en ejecución), La Isla de San Andrés, El Valle del Río Ariguaní, La zona de Santa Marta y el área de Cúcuta (actualmente en elaboración).

De todas las áreas anteriormente citadas, solamente en la que corresponde al Río Cauca se ha establecido una red de observación manejada por la CVC para el control de la explotación.

De otra parte hay peligro inminente de sobreexplotación de las reservas de agua subterránea en el Valle del Río Cauca debido a grandes extracciones; en la Media Guajira debido a una recarga muy limitada con el peligro de la salinización de los acuíferos; y en la Sabana de Bogotá, por la utilización intensa del área.

## 5. ESTIMACION DE REQUERIMIENTOS PARA EL ESTUDIO DEL RECURSO

### 5.1. Bases de Estimación

La evaluación de los recursos de aguas subterráneas del país, es una de las funciones del Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras INGEOMINAS, establecidas por el Decreto No.441 de 1968.

La estimación de los requerimientos para el desarrollo del Plan Nacional de Aguas Subterráneas se plantea en tres puntos para lograr un mejor enfoque :

- a) Cálculo de las necesidades de profesionales, para completar la evaluación del recurso en todo el país en cuarenta años.
- b) El cálculo de las necesidades humanas y materiales para completar evaluación en la zona Occidental en veinte años.

El país puede dividirse de acuerdo a las concentraciones de población en dos partes, la zona Occidental densa -

mente poblada y la zona Oriental de baja población. (Fig.1). Se puede predecir que para el año 2.000 la población se habrá duplicado con respecto a la actual. Es entonces prioritario plantear soluciones de agua potable en función de la mayor concentración de población que será lógicamente en la zona Occidental.

- c) El cálculo de las necesidades humanas y materiales para completar el estudio en la subzona prioritaria de la Costa Atlántica en veinte años. ( Fig.1). Es lógico que el desarrollo del Plan Nacional de Aguas Subterráneas se efectúe de acuerdo con las prioridades del país. Por esto de acuerdo con el Documento de Trabajo UINF.DIS del 21 de mayo de 1979, producido por el Departamento de Planeación Nacional DNP se tiene como prioritaria la Costa Atlántica, conformada por los departamentos de Córdoba, Bolívar, Sucre, Atlántico, Magdalena, César, y La Guajira, que presentan gran deficiencia en abastecimiento de agua para consumo humano.

## 5.2. Cifras Promedias

Las cifras promedias se calculan en base de estudios a nivel mundial publicados en el documento preparado por la Unesco

para la Conferencia del Mar de Plata, E/CONT 70/29; tomando como referencia las cifras del DANE y el Mapa Hidrogeológico de Colombia.

- a) Necesidad de personal profesional ( geólogos- hidrogeólogos- hidrolólogos- geofísicos-ingenieros de perforación) en el campo de la evaluación, explotación y manejo de las aguas subterráneas ( Fases 1 a 4 ).

Esta necesidad se calcula con base en la población y la relación es de 2 a 4 profesionales por un millón de habitantes. La función de estos profesionales será la evaluación que corresponde al INGEOMINAS y la explotación y el manejo que corresponde a las instituciones de servicios INSFOPAL, INAS etc.

- b) Incremento de la Población Colombiana :

De acuerdo a cifras del DANE se plantea el siguiente incremento de población en los próximos veinte años.

Año 1980 = 27.700.000 habitantes

Año 2000 = 50.000.000 habitantes

- c) Necesidades del Personal Auxiliar

Para el cálculo de las necesidades del personal auxiliar



se estima que existe la relación de 2 auxiliares por cada profesional.

d) Necesidades de profesionales, para la evaluación del potencial de agua subterránea por área ( Fases 1 y 2 ) :

En áreas sedimentarias	45 hm. por $10^3$	Km <sup>2</sup> .
En áreas Igneo Metamórficas	5 hm. por $10^3$	Km <sup>2</sup> .

## 6. CALCULO DE NECESIDADES A NIVEL PROFESIONAL EN EL CAMPO DE AGUAS SUBTERRANEAS PARA TODO EL PAIS

De acuerdo al planteamiento hecho en el numeral 5.2.a), la función de estos profesionales será la evaluación, explotación y manejo ( Fases 1 a 4 ).

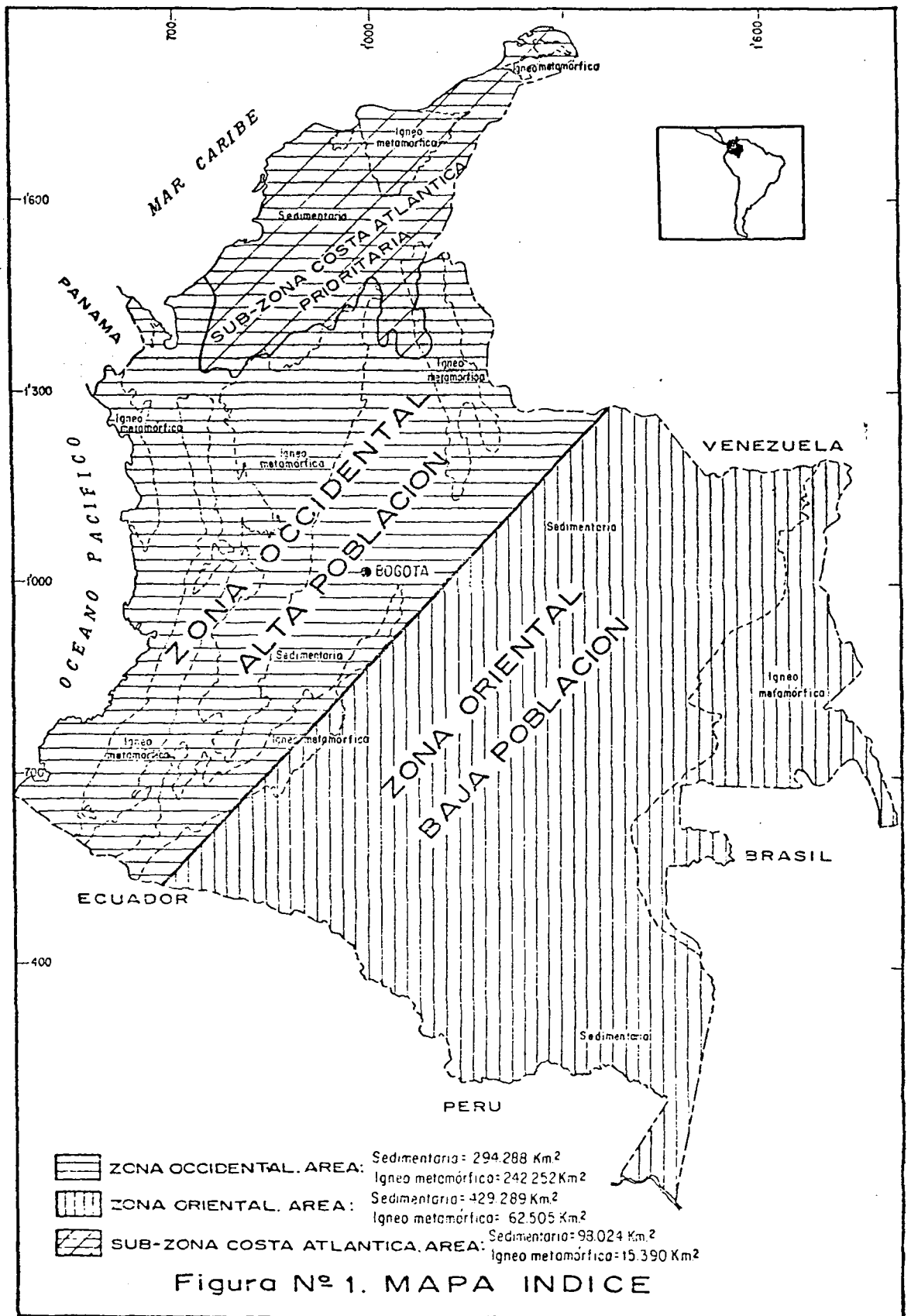
Las necesidades se calculan para el período comprendido entre los años 1980-2000; si se considera que la población del país llegará a un tope de 50.000.000 en el año 2000 y se toma el promedio de 2 a 4 profesionales por cada millón de habitantes ( 5.2.a.), se puede calcular la necesidad de profesionales en promedio para veinte años, los datos se presentan en la Tabla 1, Fig.2 .

TABLA I

REQUERIMIENTOS A NIVEL PROFESIONAL EVALUACION, EXPLOTACION Y MANEJO - Fases 1, 4 -

Años	Habitantes x millón	NECESIDADES			Existentes	Déficit	Cantidad a formar en períodos de 5 años *
		Máx. 4/10 <sup>6</sup>	Mín. 2/10 <sup>6</sup>	Prom. 3/10 <sup>6</sup>			
1980	27,8	111	56	83	20	63	40
1985	32	128	64	96		36	51
1990	37	148	74	111		0	18
1995	43	172	86	129		0	21
2000	50	200	100	150		0	

\* Excluido el reemplazo de la capacidad existente por razones de deserción profesional, promoción y jubilación.



## 7. CALCULO DE NECESIDADES PARA EVALUACION DEL RECURSO

### 7.1. Evaluación a Escala Nacional

Para la evaluación del recurso a escala nacional se toma como base el cálculo de necesidades profesionales ( Fases 1 y 2 ).

Para el Area Sedimentaria

$$821.601 \text{ Km}^2. \times 0,045 \text{ hm /Km}^2. \quad 36.972 \text{ hm..}$$

Para el Area Igneo-Metamórfica

$$320.147 \text{ Km}^2. \times 0,005 \text{ hm./ Km}^2. \quad \underline{1.600} \text{ hm..}$$

$$\text{Total.} \quad 38.572 \text{ hm..}$$

El promedio anual de profesionales necesarios durante cuarenta años para la ejecución completa del estudio y evaluación será de :

$$\frac{38.572 \text{ hm}}{12 \times 40 \text{ m}} = 80 \text{ h.}$$

## 7.2. Cálculo de Necesidades para Evaluación de Aguas Subterráneas en la Zona Occidental

El cálculo de las necesidades se plantea para el intervalo año 1980 - 2000. ( Fases 1 y 2 ).

### 7.2.1. Profesionales

Para el Area Sedimentaria

$$294.288 \text{ Km}^2. \times 0,045 \text{ hm /Km}^2. \quad 13.243 \text{ hm}..$$

Para el Area Igneo-Metámorfica

$$242.252 \text{ Km}^2. \times 0,005 \text{ hm /Km}^2. \quad \underline{1.211} \text{ hm}..$$

$$\text{Total ..} \quad 14.454 \text{ hm}..$$

El promedio de profesionales para veinte años es :

$$\frac{14.454 \text{ hm}}{12 \times 20 \text{ m.}} = 60 \text{ h.}$$

La tasa de crecimiento de profesionales se plantea en vista de la escasez de especialistas en este ramo y suponiendo que en los pró-

ximos tres años las posibilidades de formación de profesionales y auxiliares en el ramo se ajusten a los planteamientos dados en la Tabla II.

Con 85 profesionales en el año 1990 se obtiene el promedio de 60 profesionales durante 20 años necesarios para completar la evaluación del potencial de los recursos en aguas subterráneas en la Región Occidental entre los años 1980 - 2000. (Fases 1 y 2 ).

#### 7.2.2. Auxiliares

El cálculo de las necesidades de auxiliares se hace de acuerdo al promedio establecido de dos auxiliares por cada profesional. ( Tabla II ).

#### 7.2.3. Análisis de Costos

El análisis de costos está basado en el valor promedio de los Proyectos que la División de Hidrogeología ha realizado en el período 1977-79. Tabla III, Fig. 2.

##### 7.2.3.1. Recursos Humanos

Para el cálculo de los recursos humanos se adoptan los siguientes promedios anuales de costos :

TABLA II  
TASA DE CRECIMIENTO

Intervalo de tiempo	Aumento Anual *	Total de Profesionales a la iniciación del intervalo de tiempo	Total de Auxiliares
1980			
1980 - 1982	3	10	16
1983	6	19	38
1984 - 1990	10	25	50
1990 - 2000	0	85	170

\* Excluido el reemplazo de la capacidad por razones de deserción profesional, promoción y jubilación.

TABLA III

RELACION DE PERSONAL Y COSTOS EN LA ZONA OCCIDENTAL - Fases 1,2 -

Años	Aumento de profesionales	<u>TOTAL AL PRINCIPIO DEL AÑO</u>		<u>C O S T O S ** A N U A L E S</u>			
		Profesionales	Auxiliares	<u>En millones de pesos</u>			
				Personal	Materiales y gastos	Compra equipo	TOTAL
1980 - 1982	3	10	20*	5,6	13,0	84	102,6
1983 -	6	19	38	10,6	24,9	84	119,5
1984 - 1990	10	25	50	14,0	32,6	84	130,6
1990 - 2000	0	85	170	47,6	111,0	84	242,6

\* en la actualidad : 16

\*\* nivel 1979



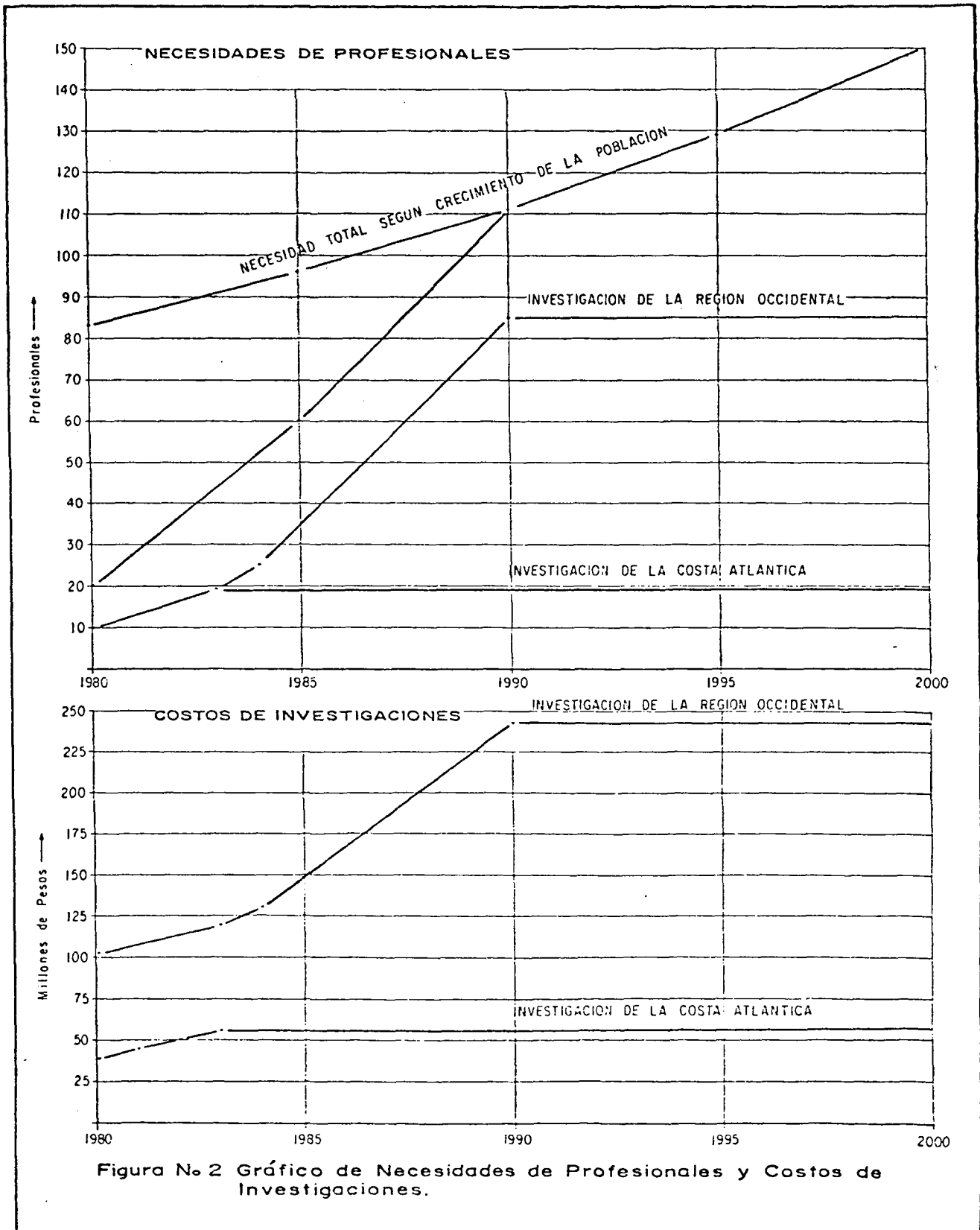


Figura No 2 Gráfico de Necesidades de Profesionales y Costos de Investigaciones.

Profesionales	\$	280.000 / año
Auxiliares	\$	140.000 / año

En estos promedios no se tienen en cuenta los viáticos por ser variables, estos se incluyen dentro del rubro de gastos generales. ( Tabla III ).

#### 7.2.3.2. Materiales y Gastos Generales

Con base en el valor promedio de los Proyectos actuales, se pueden dar los costos de materiales y gastos generales en porcentaje. El análisis de dichos datos muestra que el 70% de los recursos de un Proyecto debe ser utilizado en materiales y gastos generales y el 30% restante debe cubrir los recursos humanos. El porcentaje para materiales y gastos generales se ha calculado teniendo en cuenta la deficiencia de equipo existente, por lo cual es necesaria la renovación progresiva de dicho equipo.

#### 7.2.3.3. Renovación de Equipo

Para la renovación de equipo con fines de evaluación de las aguas subterráneas de la zona Occidental, se calcu-

la que es necesaria la perforación de 1 pozo exploratorio por cada 100 Km<sup>2</sup>. en la región sedimentaria, y 1 pozo exploratorio por cada 300 Km<sup>2</sup>. en la región ígneo-metamórfica. En base a los planteamientos anteriores, el número de pozos que es necesario perforar se calcula en 190 /año. Si se logra la perforación de 7 pozos/ año /máquina, serán necesarias en promedio 27 máquina en 20 años.

En el presente estudio se plantea la posibilidad de compra en los 10 años futuros de un promedio de 3 máquinas /año a un costo de \$ 84 millones / año.

El costo de perforación de estos pozos exploratorios al valor presente de contratación se calcula en \$ 220 millones, valor que se ajusta a los costos dados en la Tabla III.

7.3. Cálculo de Necesidades para la Evaluación de Aguas Subterráneas en la Subzona de la Costa Atlántica

El cálculo de las necesidades se plantea para el intervalo año 1980-2000 (Fases 1 y 2 ).

7.3.1. Profesionales

Para el Area Sedimentaria

$$98.024 \text{ Km}^2. \times 0,045 \text{ hm./Km}^2. \quad 4.411 \text{ hm.}$$

Para el Area Igneo-Metamórfica

$$15.390 \text{ Km}^2. \times 0,005 \text{ hm./Km}^2. \quad \underline{76.95 \text{ hm.}}$$

$$\text{Total.} \quad 4.487.95 \text{ hm.}$$

El promedio anual de profesionales para veinte años es :

$$\frac{4.487.95 \text{ hm}}{12 \times 20 \text{ m.}} = 19 \text{ h.}$$

Según el aumento supuesto en la Tabla I se llegaría a 19 profesionales en principios del año 1983.

### 7.3.2. Auxiliares

De acuerdo al planteamiento hecho en el numeral 5.2.c. se calcula que el número de auxiliares es de 38 en promedio durante veinte años.

### 7.3.3. Análisis de Costos

El análisis de costos se hace en base a los mismos datos que se plantean en el numeral 7.2.3. y se relacionan en la Tabla IV.

Las cifras presentadas son indicativos del promedio. En vista de que se parte con retraso en la sustitución de equipo, los costos reales de la investigación serán más elevados en los primeros años. Tabla IV, Fig.2

#### 7.3.3.1. Renovación de Equipo

Hechos los mismos planteamientos que en el numeral 7.2.3.3. se calcula que para la evaluación en la Costa Atlántica es necesaria la perforación de 50 pozos anuales y por lo tanto son necesarias 7 máquinas /20 años; de modo que es posible en los 10 años futuros la compra de 0,7 máquinas/año, a un costo de 20 millones/año.

El costo de perforación de estos pozos exploratorios se calcula en 37 millones/año al valor presente de contratación, valor que se ajusta a los costos dados en la Tabla IV.

TABLA IV

RELACION DE PERSONAL Y COSTOS EN LA SUBZONA DE LA COSTA ATLANTICA- Fase 1,2 -

Años	Aumento de profesionales	<u>TOTAL AL PRINCIPIO DEL AÑO</u>		<u>COSTOS** ANUALES</u>			
		Profesionales	Auxiliares	<u>En millones de pesos</u>			
				Personal	Materiales y gastos	Compra Equipo	TOTAL
1980	3	10	20*	5,6	13,0	20	38,6
1981	3	13	26	7,3	17,0	20	44,3
1982	3	16	32	8,9	21,0	20	49,9
1983	0	19	38	10,6	24,9	20	55,5
1984 - 2000	0	19	38	10,6	24,9	20	55,5

\* en la actualidad : 16

\*\* nivel 1979

## 8. RESTRICCIONES ACTUALES

1. El problema fundamental para el desarrollo del Plan Nacional de Aguas Subterráneas, es la escasez de profesionales del ramo.

El nivel de la educación en hidrología no es satisfactorio.

El número de estudiantes en geología, base para la especialización en hidrogeología, es insuficiente.

2. Existe un éxodo de hidrogeólogos, geofísicos y otros profesionales de los centros de investigación, en búsqueda de mejores oportunidades económicas, lo cual está resultando funesto para la investigación del recurso. Por lo tanto para consolidar los planteamientos de este documento en cuanto al número de profesionales requeridos, es necesario lograr la estabilidad económica para estos profesionales en dichos centros.

3. La capacitación para el personal auxiliar (perforadores, interventores, etc.) no existe en forma institucional.

4. La calidad de los equipos es deficiente.

Actualmente las investigaciones se llevan a cabo con equipos que ya han cumplido su tiempo límite de servicio, y su uso se torna antieconómico; pero las dificultades en la renovación

por falta de presupuesto obligan a su utilización para que los proyectos aquí presentados sean factibles, es necesaria una solución satisfactoria al respecto. (Ver Anexo 1 puntos 73 a 79 , Págs. 43 a 47 ).

## 9. PROPUESTA PARA UN PLAN DE DESARROLLO

### 9.1. Capacitación de Profesionales

De acuerdo a los planteamientos del Capítulo Séptimo la demanda calculada de profesionales en la próxima década (1980-90) será la indicada en la Tabla V.

El porcentaje de profesionales necesarios de acuerdo a las disciplinas es el siguiente:

Hidrogeólogos( geólogos especializados en Hidrogeología)	40%
Geofísicos ( físicos, geólogos, ingenieros especializados en métodos geofísicos )	30%
Hidrólogos ( ingenieros civiles, especializados en aguas subterráneas)	30%



TABLA V  
CAPACITACION DE PROFESIONALES

Período	<u>Cantidad a formar por año</u>	
	Para Evalua- ción (Tabla II)	Para evaluación explota- ción y manejo ( Tabla I )
1981 - 1985	5	8
1986 - 1990	10	10

Facilidades de Capacitación Existentes :

Cursos Internacionales en :

Hidrogeología Ej. Madrid-Barcelona-Lóndres- Bogotá. ( muy corto)

Hidrología Ej. Barcelona- Delft.

Facilidades de capacitación futuras :

Geofísica Aplicada Ej. Delft, los cursos se iniciaran en el año 1981.

Se propone la fundación de un curso de postgrado en hidrogeología con asistencia internacional para desarrollarse a partir de 1981 en Bogotá. Este curso tendría una duración de siete a nueve meses y dará entrenamiento tanto a los hidrogeólogos futuros, como al 70% de los geofísicos futuros.

A partir de 1986 se contempla la extensión de este curso al campo de la hidrología.

Esta propuesta necesita la elaboración de un plan en detalle.

## 9.2. Capacitación del Personal Técnico

Dentro del plan de capacitación de técnicos en el ramo, se considera como prioritaria la formación de perforadores, ya que se ha detectado un aumento notable en el número de taladros en uso para pozos de producción.

Se propone por lo tanto la realización de un curso de perforación bienal, con una duración de seis meses, para personal a nivel medio.

Esta propuesta necesita la elaboración de un plan en detalle.

## 9.3. Fortalecimiento de la División de Hidrogeología del INGEOMINAS

Para el cumplimiento de las labores de la División de Hidrogeología se contempla el aumento en el número de profesionales así:

1980 Aumento de 3 profesionales para un total de 10

1981 Aumento de 3 profesionales para un total de 13

Teniendo en cuenta la capacitación inadecuada y la experiencia limitada de los profesionales que ingresarán al Instituto, dentro de los próximos dos años, será posible la investigación de un área sedimentaria durante este tiempo de 3.500 Km<sup>2</sup>.

Para mejorar la capacitación se contempla la realización de varios cursos cortos de 2 a 4 semanas en áreas hidrológicas en 1980 y 1981 antes de iniciar el curso mencionado en el numeral 9.1.

Para el fortalecimiento de la infraestructura de la División, se contempla la vinculación de un hidrogeólogo extranjero por año, que podría colaborar en tareas de ejecución y entrenamiento.

## ANEXO I -

### RECOMENDACIONES

#### A. Evaluación de los recursos hídricos

1. En la mayoría de los países existen graves deficiencias en la disponibilidad de datos sobre los recursos hídricos, especialmente en relación con las aguas subterráneas y la calidad del agua. Hasta ahora, se ha asignado relativamente poca importancia a la medición sistemática de estos recursos. También se ha descuidado mucho lo relacionado con la elaboración y compilación de datos.

2. PARA MEJORAR LA ORDENACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SE NECESITA MAYOR CONOCIMIENTO DE LA CANTIDAD Y LA CALIDAD DE ESTOS. ES NECESARIO PROMOVER LA REUNION REGULAR Y SISTEMATICA DE DATOS HIDROMETEOROLOGICOS, HIDROLOGICOS E HIDROGEOLOGICOS Y ACOMPAÑARLA DE UN SISTEMA PARA LA ELABORACION DE INFORMACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA RESPECTO DE DIVERSOS TIPOS DE MASAS DE AGUA. LOS DATOS DEBEN UTILIZARSE PARA ESTIMAR LA PRECIPITACION, LOS RECURSOS DISPONIBLES DE AGUAS SUPERFICIALES Y DE AGUAS SUBTERRANEAS Y LAS POSIBILIDADES DE AUMENTAR ESTOS RECURSOS. LOS PAISES DEBEN REVISAR, FORTALECER Y COORDINAR LOS ARREGLOS PARA LA RECOPIACION DE DATOS BASICOS; DEBE MEJORARSE LA DENSIDAD DE LAS REDES; DEBEN REFORZARSE LOS MECANISMOS PARA LA REUNION, ELABORACION Y PUBLICACION DE DATOS Y LOS ARREGLOS PARA OBSERVAR LA CALIDAD DEL AGUA.

3. Con este fin, se recomienda que los países:

a) Establezcan un órgano nacional con amplias responsabilidades respecto de los datos sobre recursos hídricos, o asignen las funciones existentes en una forma más coordinada y establezcan bancos de datos para la reunión, elaboración, almacenamiento y difusión sistemáticos de datos en formatos convenidos y a intervalos especificados de tiempo;

b) Amplíen y extiendan la red de estaciones hidrológicas y meteorológicas, adoptando una visión a largo plazo de las necesidades futuras, siguiendo en lo posible las recomendaciones de los organismos especializados de las Naciones Unidas sobre normalización de instrumentos y técnicas y comparabilidad de datos, y utilicen las series meteorológicas e hidrológicas existentes para el estudio de las variaciones estacionales y anuales del clima y los recursos hídricos. Dichos análisis podrían utilizarse también en la planificación y diseño de redes;

---

Nota general. Muchas recomendaciones para la acción contienen referencias a la acción, organización, políticas y legislación nacionales o de los países. Algunos países con sistema de gobierno federal interpretan esas recomendaciones a la luz de su división constitucional de responsabilidades. Por consiguiente, en esos países la acción, la organización, las políticas y la legislación se emprenderán en el nivel apropiado de la administración pública.

c) Establezcan redes de observación y consoliden los sistemas y servicios existentes para la medición y el registro de las variaciones de la calidad y el nivel de las aguas subterráneas; organicen la reunión de todos los datos existentes sobre las aguas subterráneas (perfiles de sondeo, estructura geológica, características hidrogeológicas, etc.); hagan un índice sistemático de tales datos y traten de realizar una evaluación cuantitativa para determinar la situación actual de los conocimientos sobre el tema y sus deficiencias; aumenten la búsqueda y la determinación de distintos tipos de acuíferos, con una evaluación de su potencial y de las posibilidades de recarga;

d) Normalicen y organicen en la medida de lo posible la elaboración y publicación de datos a fin de mantener actualizadas las estadísticas y aprovechar las observaciones realizadas en estaciones explotadas por distintas instituciones;

e) Incluyan la consideración de las enfermedades relacionadas con el agua como parte integrante de la evaluación de los recursos hídricos y examinen las interrelaciones de la calidad y la cantidad del agua y de los usos conexos de las cuencas;

f) Realicen evaluaciones periódicas de los recursos de aguas superficiales y subterráneas, incluidos la lluvia, la evaporación y el escurrimiento, los lagos, las lagunas, los glaciares y campos de nieve, tanto para las distintas cuencas como en el plano nacional, a fin de determinar un programa de investigaciones para el futuro en relación con las necesidades de desarrollo; intensifiquen los programas que ya están en marcha y formulen nuevos programas cuando se necesiten;

g) Suministren los medios necesarios para que los mecanismos nacionales así establecidos usen, según convenga, tecnologías modernas (teleobservación, métodos nucleares, técnicas geofísicas, modelos analógicos y matemáticos) en la reunión, recuperación y elaboración de datos sobre la cantidad o la calidad de los recursos hídricos; aunque los métodos manuales de elaboración de datos pueden satisfacer aún las simples necesidades de pequeñas compilaciones, puede ser necesario implantar diversos grados de automatización que comprendan desde pequeñas máquinas de tarjetas perforadas hasta grandes sistemas electrónicos de computación;

h) Normalicen las técnicas y los instrumentos de medición y automaticen las estaciones según sea necesario; deberán utilizarse las normas y recomendaciones internacionales aprobadas por los gobiernos en las diversas organizaciones internacionales;

i) Apoyen y fomenten las contribuciones nacionales a los programas regionales e internacionales de estudios hidrológicos (por ejemplo, el Programa Hidrológico Internacional y el Programa Hidrológico Operacional);

j) Cooperen en la coordinación, reunión e intercambio de datos pertinentes cuando se trate de recursos compartidos;

k) Asignen recursos financieros considerablemente mayores para actividades relacionadas con la evaluación de los recursos hídricos, y para establecer o fortalecer las instituciones y servicios conexos, según sea necesario;

- l) Establezcan o refuercen programas y medios de capacitación para meteorólogos, hidrólogos e hidrogeólogos en los niveles profesional y subprofesional;
- m) Preparen un inventario de las aguas minerales y termales en los diferentes países que poseen tales recursos para estudiar y desarrollar su potencial industrial, además de las posibilidades de usarlas como balnearios;
- n) Desarrollen métodos para estimar los recursos hídricos disponibles por medio de observaciones aerológicas para calcular el balance hídrico atmosférico en las grandes cuencas fluviales, los ríos y los continentes;
- o) Adopten medidas para que, los datos hidrológicos disponibles sobre las aguas superficiales y subterráneas sean estudiados y analizados por equipos multidisciplinarios a fin de que suministren información adecuada para los fines de la planificación;
- p) Incluyan el desarrollo de métodos de pronóstico como parte de la evaluación cuantitativa y cualitativa, en particular en los países en desarrollo;
- q) Incluyan métodos eficaces de adopción de decisiones sobre la ordenación de la calidad del agua basados en técnicas de regulación natural de la calidad del agua que se hubiesen probado en la práctica;
- r) Tengan en cuenta las características y condiciones nacionales particulares de diferentes países al evaluar la calidad del agua y establecer criterios de calidad del agua.

4. Las organizaciones internacionales y otros órganos de apoyo deberán, cuando corresponda y se les solicite, adoptar las siguientes medidas:

- a) Aguas superficiales
  - i) Ofrecer asistencia técnica, a solicitud de los gobiernos interesados, para determinar si las redes existentes son adecuadas y facilitar medios para emplear técnicas avanzadas, como la teleobservación;
  - ii) Ofrecer asistencia técnica, incluido personal, fondos, equipo y capacitación para fortalecer las redes y establecer laboratorios para análisis de agua detallados;
  - iii) Ofrecer asistencia y servicios para el establecimiento de bancos de datos, elaboración y publicación periódica de datos mediante métodos modernos de elaboración, archivo y recuperación electrónica de datos;
  - iv) Ayudar a hacer evaluaciones cualitativas y cuantitativas de recursos de aguas superficiales, tanto de las cantidades brutas como de las económicamente utilizables, para diferentes usos sectoriales;
  - v) Reforzar, en general, los programas de asistencia técnica para el desarrollo de sistemas nacionales de datos integrados.

b) Aguas subterráneas

- i) Ofrecer asistencia para el establecimiento o reforzamiento de redes de observación para el registro de las características cuantitativas y cualitativas de los recursos de aguas subterráneas;
- ii) Ofrecer asistencia para el establecimiento de bancos de datos sobre aguas subterráneas y para examinar los estudios, establecer las deficiencias y formular programas de investigación y prospección futuras;
- iii) Ofrecer ayuda, incluidos personal y equipo, para la utilización de técnicas avanzadas, como los métodos geofísicos, técnicas nucleares, modelos matemáticos, etc.

c) Nieve y hielo

Asesorar sobre normas internacionales y sobre la creación de redes de observación de la nieve y el hielo para hacer posible el intercambio internacional de este tipo de información, en particular en lo que respecta a los ríos internacionales.



m) Elaboren planes de emergencia para hacer frente a situaciones de urgencia en zonas afectadas por la sequía;

n) Estudien el papel potencial de la integración de las aguas superficiales y subterráneas de las cuencas hidrográficas utilizando las reservas de agua almacenadas en formaciones subterráneas a fin de mantener un abastecimiento mínimo en situaciones de sequía.

#### Control de las pérdidas producidas por las inundaciones y las sequías

69. Las organizaciones internacionales y otros órganos de apoyo deberán, según corresponda y cuando se les solicite, adoptar las siguientes medidas:

- i) Fomentar la preparación de modelos hidrológicos como base para el pronóstico de las inundaciones y la ordenación de los sistemas fluviales en general;
- ii) Realizar estudios sobre la evaluación de los peligros y otros aspectos de la zonificación y ordenación de las llanuras inundables y la prevención de desastres;
- iii) Proporcionar asistencia técnica y de otro tipo para realizar obras de control de las inundaciones y de protección contra ellas, así como de ordenación de las zonas de captación;
- iv) Preparar un programa inicial de intercambio de información sobre la limitación de las pérdidas producidas por las sequías y el pronóstico meteorológico a largo plazo mediante reuniones de expertos, y adoptar posteriormente las medidas complementarias adecuadas.

#### -F. Información pública: educación, capacitación e investigación

##### Información pública y servicios de divulgación

70. A fin de garantizar que se preste la mayor atención a las cuestiones relativas a la utilización, protección y conservación adecuadas del agua, reviste vital importancia que todos los ciudadanos tengan conocimiento de las cuestiones fundamentales al respecto. Por esa razón, la educación e investigación deben estar eficientemente complementadas mediante el suministro de amplia información al público. Esa información pública tiene la finalidad de crear una responsabilidad tanto general como personal respecto de los problemas fundamentales relacionados con el agua. Se considera tarea indispensable de los gobiernos motivar a los ciudadanos para que adopten un criterio correcto sobre cuestiones relativas a su uso diario del agua. Al dársele un sentimiento general de responsabilidad por los recursos locales, la gente tendrá conciencia de la importancia de la protección y conservación del agua.

71. LOS PAÍSES DEBEN ASIGNAR PRIORIDAD A LA REALIZACIÓN DE PROGRAMAS DE CAMPAÑAS NACIONALES DE INFORMACIÓN DIRIGIDAS A TODA LA POBLACION ACERCA DE LA UTILIZACION, PROTECCION Y CONSERVACION ADECUADAS DEL AGUA.

72. En este contexto, se recomienda que los países:

- a) Dirijan la información a todos los ciudadanos, primeramente por conducto de todas las vías normales de la enseñanza primaria y la enseñanza para adultos en relación con los programas corrientes de salud y los planes de información para los padres;
- b) Inicie campañas especiales de información mediante el empleo de folletos, periódicos, la radio y la televisión y otras formas de divulgación;
- c) Preparen a la población para afrontar las consecuencias de las modalidades de vida distintas que podría entrañar la mayor disponibilidad de agua en zonas donde la escasez hubiera restringido diversas actividades;
- d) Proporcionen información, en forma simple y adaptada a las condiciones locales, sobre el uso de la tierra, las tradiciones sociales, el clima, la geología y la infraestructura;
- e) Informen a la población sobre las consecuencias ecológicas, hidrológicas y sanitarias negativas del mal empleo del agua;
- f) Destaquen el riesgo de difusión de las enfermedades que se transmiten por el agua, en relación con la contaminación de ésta;
- g) Ejecuten programas de amplia información pública en forma reiterada y examinen constantemente los resultados.

#### Educación y capacitación

73. Muchos países comparten problemas en lo relativo a la educación, la capacitación y la retención de personal adecuadamente calificado y experimentado en todos los niveles profesionales y subprofesionales. Hay incertidumbre respecto de la amplitud precisa de esos problemas, y urgente necesidad de identificarlos y remediarlos. Algunos establecimientos nacionales y subregionales de capacitación han estado desarrollando una labor útil en la capacitación de personal de nivel medio y subprofesional, especialmente en las disciplinas de hidrología, hidrogeología, desalación del agua e hidrometeorología. Algunas becas ofrecidas por el sistema de las Naciones Unidas y otros organismos bilaterales y multilaterales se han usado para la capacitación de profesionales. No obstante, el efecto total de todo este esfuerzo no ha sido suficiente para eliminar la escasez de personal capacitado como obstáculo crítico.

74. LOS PAISES DEBEN ASIGNAR PRIORIDAD A LA REALIZACION DE ESTUDIOS PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES NACIONALES DE PERSONAL ADMINISTRATIVO, CIENTIFICO Y TECNICO EN MATERIA DE RECURSOS HIDRICOS. DEBE INFORMARSE Y HACER SENSIBLES A LOS LEGISLADORES Y AL PUBLICO EN GENERAL EN RELACION CON ESTE PROBLEMA.

75. HAY QUE EMPRENDER PROGRAMAS DE CAPACITACION PARA QUE LOS PLANIFICADORES DE LA ORDENACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS ENTIENDAN Y VALOREN LAS DISTINTAS DISCIPLINAS RELACIONADAS CON EL DESARROLLO Y LA UTILIZACION DE ESOS RECURSOS Y PARA PROPORCIONAR PERSONAL PROFESIONAL, TECNICO Y ESPECIALIZADO EN HIDROLOGIA, HIDROGEOLOGIA, HIDRAULICA, CIENCIAS SOCIALES, BIOLÓGICAS Y SANITARIAS Y DESALACION DEL AGUA, ASI COMO ADMINISTRADORES DE SISTEMAS DE RECURSOS HIDRICOS, ENCARGADOS DE PLANTAS DE DISTRIBUCION Y TRATAMIENTO DEL AGUA E INSPECTORES DE INSTALACIONES DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA. DEBEN ORGANIZARSE ASIMISMO SERVICIOS DE DIVULGACION PARA AGRICULTORES.

76. En este contexto son pertinentes las siguientes consideraciones:

a) La educación y la capacitación son necesarias para el personal de todos los niveles que se ocupe del desarrollo de los recursos hídricos, tales como profesionales, subprofesionales, usuarios del agua, trabajadores sociales a nivel de aldea, etc.

b) Los programas deben incluir cursos de repaso y formación en el empleo para el personal existente, a fin de difundir los nuevos adelantos en métodos y técnicas;

c) Hay que crear incentivos para inducir al personal a permanecer en las esferas de trabajo en las que es pertinente la capacitación que han recibido;

d) Hay que proporcionar capacitación en administración para altos funcionarios en relación con una diversidad de asuntos, incluidas técnicas de preparación y administración de proyectos;

e) La capacitación disponible a nivel profesional y subprofesional a menudo requiere como primera prioridad un considerable mejoramiento cualitativo, más que cuantitativo;

f) Los países, en particular los que ofrecen becas o capacitación para estudiantes extranjeros, o son sede de centros regionales de capacitación, deben ser sensibles al "éxodo intelectual" de los países en desarrollo y deben cooperar para reducir su frecuencia;

g) Hay que alentar el funcionamiento de centros regionales de educación y capacitación para personal administrativo y subprofesional, pero debe tenerse presente que las personas aptas para puestos subprofesionales no dominan a menudo un idioma regional común; los países más pequeños no pueden permitirse preparar programas nacionales y hay que idear algún medio económico de compartir esos programas;

h) Hay que lograr un equilibrio entre el empleo de expertos internacionales y el desarrollo de experiencia autóctona en la planificación y ejecución de proyectos y el desarrollo de los recursos hídricos.

77. En este contexto, se recomienda que los países:

a) Se aseguren de que los estudios sobre fuerza de trabajo previstos cubran todos los aspectos de la ordenación de los recursos hídricos, incluidos la evaluación de esos recursos, los diversos usos del agua, las enfermedades que se transmiten por el agua y los métodos conexos tales como la tecnología de computadoras, la aplicación de instrumentos y modelos y las técnicas de ordenación;

b) Hagan una evaluación amplia de las necesidades de personal en las categorías profesional y subprofesional, superior y subalterna y de nivel medio;

c) Conciban los estudios sobre fuerza de trabajo para el desarrollo de los recursos hídricos como parte integrante de estudios generales de las necesidades de personal capacitado en todos los sectores del desarrollo económico de la nación, a fin de proporcionar instrumentos realmente eficaces para la planificación de políticas y la ejecución de proyectos;

d) Mejoren las condiciones de trabajo y de vida de los expertos profesionales nacionales para alentarlos a que enseñen y desarrollen las investigaciones en sus propios países, y faciliten ese desarrollo;

e) Hagan un inventario de los profesionales que emigran al exterior y creen condiciones que estimulen su regreso a sus propios países.

78. Además, en relación con los programas de capacitación, los países deben:

a) Adoptar medidas para fortalecer y ampliar los servicios y las instituciones, universidades, escuelas, institutos politécnicos y centros de capacitación existentes, proporcionando más profesores, material didáctico, etc., de manera que se pueda aumentar el número y la calidad de sus graduados;

b) Revisar los programas de estudio de las instituciones y centros de capacitación existentes y ampliarlos para incluir temas relativos al desarrollo de los recursos hídricos, conservación de la tierra y de los recursos hídricos, enseñanza de medidas básicas contra la contaminación para reducir en las comunidades rurales la contaminación y las enfermedades que se propagan por el agua, capacitación de agricultores en la práctica de la agricultura de regadío, y capacitación de técnicos en abastecimiento de agua para la comunidad y para la industria y el saneamiento;

c) Adoptar medidas para emprender programas de capacitación y cursos de formación en el servicio, y para establecer centros de capacitación de encargados de plantas de tratamiento de las aguas y de los efluentes cloacales y de encargados de distribución del agua, así como programas de capacitación en otras esferas en que hayan necesidades especiales;

d) Considerar la posibilidad de establecer escuelas especiales de capacitación adscritas con carácter permanente a universidades, escuelas u organismos regionales de aprovechamiento de los recursos hídricos;

e) Alentar la cooperación interregional para establecer instituciones docentes como empresas conjuntas de países interesados en la capacitación de personal profesional y subprofesional mediante, entre otras cosas, el suministro dentro de la región de profesores procedentes de organizaciones encargadas del desarrollo de los recursos hídricos;

f) Proporcionar becas de larga duración para cursos de posgrado sobre temas relativos al desarrollo de los recursos hídricos, a diferencia de las becas de corta duración incluidas en proyectos concretos;

g) Hacer un inventario de las instituciones regionales interesadas en la ingeniería sanitaria y fortalecerlas proporcionando personal, fondos y equipo adecuados;

h) Considerar la posibilidad de establecer centros subregionales o regionales de capacitación en aprovechamiento de los recursos hídricos para formar especialistas en diversos aspectos de la tecnología del desarrollo de los recursos hídricos, a nivel de graduados, para ingenieros procedentes de universidades o institutos politécnicos existentes, contemplando disposiciones para la capacitación in situ y cursos de repaso para ingenieros, incluidos cursos especiales sobre ordenación de los recursos hídricos. En aquellos casos en que ya existan esos centros, deberán consolidarse en lugar de crear otros nuevos;

i) Reconocer a los científicos e ingenieros que trabajan en el desarrollo de los recursos hídricos una condición análoga a la de los profesionales de otros sectores de las economías nacionales a fin de asegurar su concurso;

j) Establecer, en cooperación con organizaciones regionales e internacionales, programas de intercambio de personal para que expertos y técnicos de países en desarrollo trabajen en otros países que sufren de escasez de personal, proporcionar experiencia práctica a aquellas personas dedicadas a la ejecución de planes de ordenación de las aguas en proyectos que se ejecuten con buenos resultados en otros países, y alentar a los estudiantes que llevan a cabo investigaciones de posgrado a que las lleven a cabo en sus países sobre temas apropiados a las necesidades de sus países respectivos;

k) Publicar manuales técnicos y otro material de orientación sobre diseño y construcción de proyectos de recursos hídricos que se adecúen especialmente a las condiciones locales;

l) Tomar las medidas necesarias para que los profesores universitarios y los institutos de enseñanza técnica tengan la experiencia práctica necesaria en formación multidisciplinaria para que perfeccionen su enseñanza y sus investigaciones;

m) Adoptar medidas para alentar a los administradores y supervisores de actividades operacionales a que desempeñen el papel que les incumbe, tanto individual como colectivamente, como instructores no profesionales, a jornada parcial, de su propio personal subordinado.

79. Las organizaciones internacionales y otros órganos de apoyo deberán, según proceda y cuando se les solicite, adoptar las siguientes medidas:

- i) Realizar estudios de la mano de obra disponible y de las necesidades en la esfera de la ordenación y la utilización de los recursos hídricos;
- ii) Reforzar y ampliar las instituciones de enseñanza y de formación existentes a todos los niveles, incluidas las de enseñanza de oficios, y mejorar el contenido de los cursos en las materias vinculadas con el desarrollo de los recursos hídricos;
- iii) Establecer nuevos centros de formación, como y cuando lo soliciten los países;
- iv) Proporcionar becas destinadas a cursos para estudiantes y para graduados;
- v) Establecer en Africa centros de capacitación en desarrollo de los recursos hídricos para la especialización de graduados, con cursos especiales en administración de los recursos hídricos e ingeniería sanitaria;
- vi) Empezar estudios regionales en consulta con los países interesados para identificar la incidencia de los problemas relacionados con la enseñanza y la retención del personal. Convendrá luego, en su caso, adoptar medidas para formular propuestas a los países y a los organismos internacionales para satisfacer las necesidades identificadas. Mientras tanto, se insta a los países a compartir sus conocimientos técnicos y a ofrecer programas de formación adecuados como parte de sus propios programas de asistencia.

#### Necesidades de investigación

80. Las investigaciones planificadas adecuadamente y su aplicación apropiada desempeñan un papel importante en la solución de los problemas relativos a los recursos hídricos, y si bien la diversidad de circunstancias dentro de las regiones exige programas concretos en la mayoría de los países, hay también campo para la coordinación de esfuerzos. Se está haciendo un volumen considerable de investigaciones en institutos de investigación, organizaciones gubernamentales e intergubernamentales y universidades sobre problemas relativos al desarrollo de los recursos hídricos. Es necesario revisar y evaluar la labor realizada hasta ahora para definir las esferas en las que hay que hacer nuevas investigaciones.

81. SE RECOMIENDA QUE LOS PAISES DESARROLLEN, DENTRO DEL MARCO DE LAS POLITICAS CIENTIFICAS NACIONALES, UNA POLITICA ESPECIAL PARA LA LABOR DE INVESTIGACION EN MATERIA DE DESARROLLO, ORDENACION Y CONSERVACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS. SE DEBE ASIGNAR ALTA PRIORIDAD A PROGRAMAS DE INVESTIGACION QUE PROPORCIONEN LOS CONOCIMIENTOS NECESARIOS PARA LA ACERTADA ORDENACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS. SE DEBEN CREAR ESTRUCTURAS INSTITUCIONALES ADECUADAS PARA PROMOVER LA COOPERACION ENTRE LAS LABORES DE INVESTIGACION Y DE ADMINISTRACION RELATIVAS A LOS RECURSOS HIDRICOS, Y LOGRAR QUE LAS TAREAS DE INVESTIGACION RESPONDAN EN PRIMER LUGAR A LOS PROBLEMAS PRIORITARIOS DESIGNADOS EN PLANES NACIONALES PARA EL DESARROLLO DE LOS

RECURSOS HIDRICOS. LAS INVESTIGACIONES DEBEN RESPONDER EN PRIMER TERMINO A PROBLEMAS DE IMPORTANCIA, LAS DUPLICACIONES Y SUPERPOSICIONES REDUCIRSE AL MINIMO Y LOS RESULTADOS SER DIVULGADOS EN FORMAS QUE PUEDAN SER FACILMENTE INTERPRETADAS Y APLICADAS POR OTROS PAISES. SE DEBE ALENTAR LA COOPERACION REGIONAL EN MATERIA DE INVESTIGACIONES Y CONTROL HIDROMETEOROLOGICO Y LAS INVESTIGACIONES QUE PROMUEVEN UNA MAYOR EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA, EN ESPECIAL EN LA AGRICULTURA Y EN LA INDUSTRIA, Y ADOPTAR Y UTILIZAR LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION BASICA Y APLICADA A LARGO Y A CORTO PLAZO PARA RESOLVER PROBLEMAS DETE MINADOS Y CREAR ASÍ UNA RELACION MAS ESTRECHA ENTRE LA INVESTIGACION Y EL DESARROLLO.

82. Con ese fin, se recomienda que los países:

a) Establezcan comités rectores nacionales integrados por todas las partes interesadas pertinentes para que hagan un inventario de los problemas relativos al desarrollo de los recursos hídricos sobre los cuales se han hecho o se están haciendo investigaciones, incluidas las realizadas por organizaciones subregionales y regionales que se ocupan de tales problemas;

b) Coordinen los programas de investigación en el plano nacional por medio de una evaluación sistemática y científica de la labor realizada acerca de esos problemas con miras a identificar lagunas en el conocimiento, evitando la superposición de investigaciones, y a determinar esferas en las que es necesario hacer más investigaciones para lograr el desarrollo futuro de los recursos hídricos;

c) En caso de haber lagunas, fortalezcan las instituciones existentes y establezcan otras nuevas, cuando sea necesario, con el objetivo concreto de hacer investigaciones sobre los recursos hídricos en relación con problemas estrechamente relacionados con las necesidades del desarrollo;

d) Adopten y utilicen los resultados de las investigaciones para resolver problemas concretos y establecer así vínculos más estrechos entre investigación y desarrollo;

e) Hagan mayor uso de los mecanismos institucionales existentes y promuevan otros nuevos, cuando sea necesario, para la continua celebración de consultas y la coordinación constante entre los investigadores que trabajan en la materia a fin de lograr soluciones adecuadas para los problemas relativos a los recursos hídricos de los países de la región;

f) Promuevan las investigaciones sobre los problemas de las metodologías de evaluación de las existencias de recursos hídricos superficiales y subterráneos, su uso, desarrollo y ordenación. Las organizaciones de investigación deben utilizar sus recursos, en primer término, a fin de realizar investigaciones aplicadas y de emplear los resultados de que ya se disponga para resolver algunos de los problemas nacionales más apremiantes. A medida que se disponga de personal y equipo científicos, podrán emprenderse investigaciones de un carácter más fundamental, así como investigaciones en campos de alta tecnología;

g) Promuevan las investigaciones en las esferas relacionadas con sus respectivas necesidades, entre ellas, cuando corresponda, las siguientes:

Modificación de las condiciones climáticas (no debe ser incompatible con las resoluciones 3475 (XXX) y 31/72 de la Asamblea General)

Climatología y agroclimatología

Pronóstico del tiempo

Teleobservación

Posibles efectos de los cambios en las condiciones climáticas y la disponibilidad de agua

Recarga artificial de acuíferos

Erosión del suelo y control de la sedimentación

Métodos para aumentar la eficiencia de la agricultura de regadío y de secano

Conservación del agua en depósitos y métodos de explotación de depósitos con fines múltiples

Preparación de modelos del medio físico

Aplicación de técnicas del análisis de sistemas para la planificación y ordenación de los recursos hídricos

Desalación, con especial referencia al tratamiento de aguas salobres

Reciclaje del agua

Tratamiento de las aguas y los desechos

Preparación de modelos de la contaminación y de la calidad del agua

Enfermedades relacionadas con el agua y efectos sanitarios de los proyectos relativos al agua

Uso del agua salobre en la agricultura

Contaminación de las aguas subterráneas

Necesidades de agua para los cultivos

Cultivos que toleran la sal

Cultivos hidropónicos

Métodos para aumentar la eficacia del control de las inundaciones y para mitigar los efectos de las sequías



Prevención y mitigación de los efectos de fenómenos naturales tales como los terremotos, los huracanes y las erupciones volcánicas sobre los recursos hídricos

Uso y control del agua en zonas húmedas, o en zonas de gran precipitación pluvial

h) Alienten las investigaciones multidisciplinarias en coordinación con programas de capacitación en las esferas de la evaluación, utilización, protección, conservación y ordenación de los recursos hídricos;

i) Alienten la participación de los institutos nacionales de investigación y de la comunidad científica en programas e instituciones internacionales, y el intercambio de información pertinente con otros países.

83. Las organizaciones internacionales y otros órganos de apoyo deberán, según proceda y cuando se les solicite, adoptar las siguientes medidas:

- i) Hacer un examen y evaluación de la labor de investigación realizada hasta ahora, con miras a esbozar la orientación de los futuros trabajos de investigación que se necesiten;
- ii) Fortalecer las instituciones de investigación existentes y establecer otras nuevas, en los casos necesarios, ofreciendo asistencia técnica, fondos, equipo y expertos;
- iii) Intercambiar información y experiencia y difundir los resultados de las investigaciones;
- iv) Preparar proyectos de investigación, incluso estudios globales de las tendencias del ambiente;
- v) Normalizar los métodos de elaboración de los datos pertinentes;
- vi) Investigar las posibilidades de utilizar nuevas tecnologías como la modificación del clima (conforme a los términos de las resoluciones de la Asamblea General 3475 (XXX) y 31/12) el pronóstico del tiempo a largo plazo, la desalación y la teleobservación para aumentar las disponibilidades de agua.

## RESOLUCIONES

### I. Evaluación de los recursos hídricos

#### La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua,

Reconociendo que, a fin de que los planes de acción adoptados por la Conferencia para la intensificación y el mejoramiento de la utilización y el aprovechamiento de agua en la agricultura y para el suministro de agua potable y de servicios de saneamiento a todos los asentamientos humanos se ejecuten hacia 1990, es necesaria una evaluación adecuada de los recursos hídricos en todos los países del mundo y, en particular, en los países en desarrollo,

Considerando que esta evaluación sólo puede lograrse si todos los países refuerzan y coordinan los arreglos para la reunión de datos de conformidad con las recomendaciones de la Conferencia,

#### Resuelve que:

a) Debe hacerse todo lo posible en el plano nacional para aumentar considerablemente los recursos financieros destinados a actividades relacionadas con la evaluación de los recursos hídricos y para consolidar las instituciones y los servicios operacionales conexos que sean necesarios y convenientes en los planos nacional y regional;

b) Deben establecerse o reforzarse los programas y servicios de capacitación de hidrólogos, hidrogeólogos y meteorólogos;

c) Debe reforzarse o crearse la infraestructura científica nacional para las actividades de evaluación de recursos hídricos, en particular en los países en desarrollo;

d) La cooperación internacional encaminada a intensificar la evaluación de los recursos hídricos, en particular en el ámbito del Programa Hidrológico Internacional y del Programa de Hidrología Operacional, debe coordinarse con los objetivos fijados por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua y contar con un apoyo adecuado de las instituciones gubernamentales y no gubernamentales nacionales e internacionales.

3. Considera que la planificación apropiada, el desarrollo adecuado y la prudente ordenación de los recursos hídricos deben tener prioridad dentro de los esfuerzos encaminados a combatir la desertificación, a prevenir el deterioro ambiental y a promover el desarrollo económico y social en las regiones áridas y semiáridas;

4. Recomienda que las naciones formulen programas con retos de acción para que se examinen en la próxima Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Desertificación;

5. Recomienda asimismo que en la mayoría de los países afectados por problemas de desertificación se adopten urgentemente las medidas necesarias para:

a) Definir claramente la política relativa al agua en las actividades corrientes de lucha contra la desertificación y formular un programa cabal de desarrollo y ordenación de los recursos hídricos, enunciando, a corto plazo y a largo plazo, los objetivos y las metas concretos fijados para el futuro;

b) Intensificar y mejorar los arreglos existentes para la evaluación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos;

c) Considerar, a base de estudios sobre el ambiente y los efectos sobre la salud, un programa de utilización y conservación de las aguas superficiales y subterráneas que lleve aparejadas la movilización intensiva de la participación del público mediante el esfuerzo propio. Este programa debería prever la construcción de pequeñas presas o pozos y el mantenimiento de los ya existentes, con la asistencia nacional e internacional apropiadas;

d) Preparar diligentemente estudios de viabilidad de proyectos particulares sobre recursos hídricos encuadrados en las políticas y programas globales de lucha contra la desertificación;

e) Formular arreglos institucionales apropiados, en los planos nacional y regional, a fin de que se preste la atención debida a los problemas de la ordenación y el desarrollo de los recursos hídricos superficiales y subterráneos en las regiones áridas y semiáridas, incluidos el cotejo de las políticas conexas y el fomento de la utilización eficaz de las aguas mediante la aplicación de tecnologías apropiadas, entre ellas las tecnologías que permiten economizar agua;

g) Promover la investigación de todos los aspectos de la tecnología de los recursos hídricos, especialmente los referentes a los problemas y las necesidades de las zonas áridas y semiáridas;

6. Insta a que se preste asistencia internacional a los gobiernos de los Estados Miembros en la formulación de planes y proyectos concretos para el desarrollo y la ordenación de los recursos hídricos con miras a combatir la desertificación, en la búsqueda de fuentes de financiación para la ejecución de proyectos útiles en la lucha contra la desertificación, y en la preparación y ejecución de programas de formación en todos los niveles.

VI. Cooperación técnica entre países en desarrollo en lo relativo al agua

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua,

Recordando las resoluciones 3201 (S-VI) y 3202 (S-VI) de la Asamblea General, de 1.º de mayo de 1974, que contienen la Declaración y el Programa de Acción sobre el establecimiento de un nuevo orden económico internacional, 3281 (XXIX) de 12 de diciembre de 1974, que contiene la Carta de Derechos y Deberes Económicos de los Estados, y 3362 (S-VII) de 16 de septiembre de 1975, sobre el desarrollo y la cooperación económica internacional,

Tomando nota de las recomendaciones que figuran en el informe del Grupo Especial de Expertos sobre cooperación técnica entre países en desarrollo en materia de desarrollo de los recursos hídricos 1/,

Convencida de que la ordenación y el desarrollo de los recursos hídricos constituyen una esfera promisoría en que puede realizarse la cooperación técnica entre los países en desarrollo,

Consciente de que algunos países en desarrollo han desarrollado otras tecnologías apropiadas en el sector de los recursos hídricos que pueden aplicar con provecho otros países en desarrollo,

1. Acoze complacida la convocación de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cooperación Técnica entre Países en Desarrollo en la Argentina en 1978;

2. Insta a todos los gobiernos a apoyar la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cooperación Técnica entre Países en Desarrollo, así como a participar plenamente en ella y en el proceso de su preparación;

3. Invita al Administrador del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo a formular de inmediato, y en consulta con los gobiernos interesados, un proyecto experimental 2/ sobre ordenación de los recursos hídricos, y a presentar su propuesta al Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en su 24.º período de sesiones, de ser posible;

4. Recomienda además que, a solicitud de los gobiernos interesados, las comisiones regionales presenten propuestas sobre el fortalecimiento o, cuando corresponda, la creación de institutos regionales de capacitación e investigación en el sector de los recursos hídricos;

5. Recomienda también que el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, en cooperación con las comisiones regionales del sistema de las Naciones Unidas, coadyuve a promover programas de cooperación técnica entre países en desarrollo en relación con el aprovechamiento de los recursos hídricos, incluidos aspectos tales como el aprovechamiento de los recursos superficiales y subterráneos, el avenamiento y la bonificación de tierras, el establecimiento de centrales hidroeléctricas y la navegación por vías interiores;

1/ E/CONF.70/12.

2/ Definido en el documento E/CONF.70/12, párr. 54.